

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



SOLUCIONES DE INGENIERIA AMBIENTAL  
PARA EL CONTROL DE PARTICULAS EN  
UNA PLANTA INDUSTRIAL CERAMICA

POR

*MARIA CRISTINA da COSTA SILVEIRA*

Como requisito parcial para obtener el grado de  
MAESTRIA EN CIENCIAS  
con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Esta Tesis corresponde a los estudios realizados  
con una beca otorgada por el Gobierno de México,  
a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores

SEPTIEMBRE DE 2000

2000

2000

2000

2000

2000

2000

2000

2000

2000

2000

2000

2000

TM

TD884

.S5

.S5

2000

c.1

2000

2000

2000

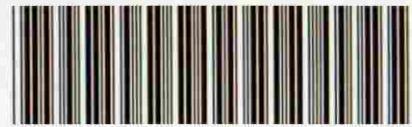
2000

2000

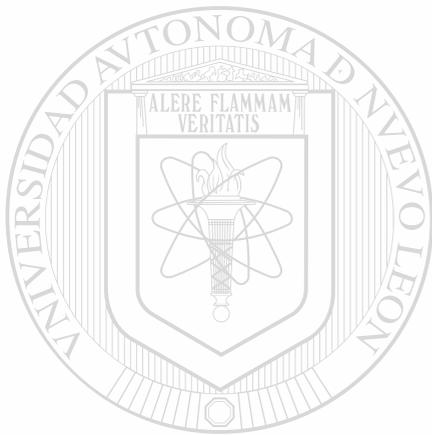
SOLUCIONES DE INGENIERIA AMBIENTAL

PARA EL CONTROL DE PARTICULAS EN

UNA PLANTA INDUSTRIAL CERAMICA



1080091539



# UANL

---

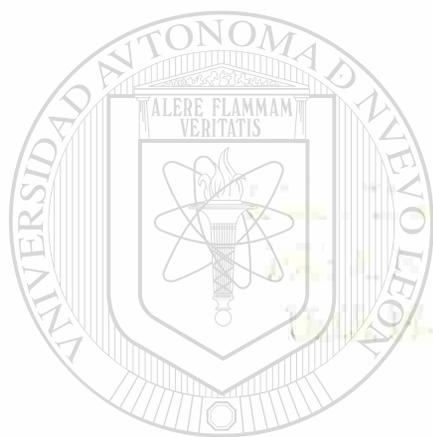
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

INGENIERÍA DE INGENIERÍA CIVIL



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

*ARANDA CRISTINA de COSTA SILVEIRA*

®

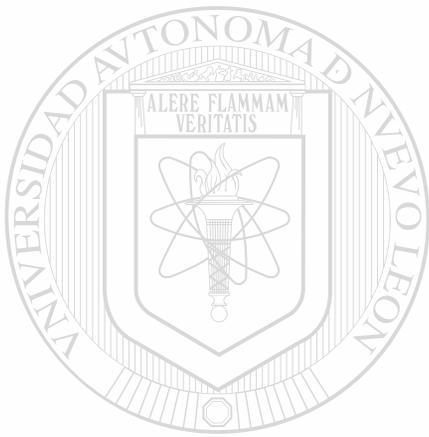
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Como requisito parcial para obtener el grado de  
MAESTRIA EN CIENCIAS  
con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Esta Tesis corresponde a los estudios realizados  
con una beca otorgada por el Gobierno de México,  
a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

SEPTIEMBRE DE 2000





# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

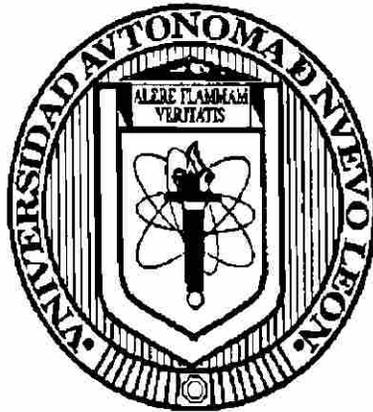


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**SOLUCIONES DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PARA EL CONTROL DE PARTÍCULAS EN  
UNA PLANTA INDUSTRIAL CERÁMICA**

**POR:**

**MARÍA CRISTINA da COSTA SILVEIRA**

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

Como requisito parcial para obtener el grado de

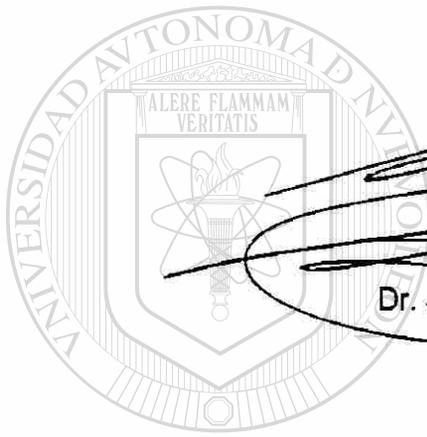
**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Esta Tesis corresponde a los estudios realizados  
con una beca otorgada por el Gobierno de México,  
a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores

**SETIEMBRE DE 2000**

**SOLUCIONES DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PARA EL CONTROL DE PARTÍCULAS EN  
UNA PLANTA INDUSTRIAL CERÁMICA**



**Director de la Tesis:**

**Dr. Juan Manuel Barbarín Castillo**

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Evaluadores de la Tesis:**

---

**M.C. Jimmy Loaiza Navia**

---

**M.C. Juan Manuel Chapa Guerrero**

San Nicolás de los Garza, N.L., noviembre de 2000.

**DR. RICARDO GONZÁLES ALCORTA**  
**Secretario de Estudios de Posgrado**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Presente.-**

Estimado Dr. González Alcorta:

Habiendo concluido mi trabajo de tesis titulado **“Soluciones de ingeniería ambiental para el control de partículas en una planta industrial cerámica”**, elaborado como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, y habiendo sido aprobado en el aspecto técnico por mi asesor, el Dr. Juan Manuel Barbarín Castillo y en los aspectos ortográficos, metodológico y estilístico por el Arq. Ramón Longoria Ramírez; por medio de la presente solicito de la manera más atenta, se sirva efectuar los trámites correspondientes para sustentar mi examen de grado.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano sus atenciones a la presente, quedo de Usted.

**Atentamente**

---

ING. MARÍA CRISTINA da COSTA SILVEIRA

San Nicolás de los Garza, N.L., noviembre de 2000.

**DR. RICARDO GONZÁLES ALCORTA**  
**Secretario de Estudios de Posgrado**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Presente. –**

Estimado Dr. González Alcorta:

Por éste conducto, me permito manifestarle que, de acuerdo a mi criterio y como director de la tesis, la Ing. **María Cristina da Costa Silveira** ha terminado de manera satisfactoria el trabajo denominado **“Soluciones de Ingeniería ambiental para el control de partículas en una planta industrial cerámica”**, como parte de los requisitos para optar al grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental que otorga la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ingeniería Civil.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

De acuerdo con el Protocolo Oficial para la Aprobación de<sup>®</sup> Tesis de Maestría, anexo a la presente encontrará Usted el original y dos copias de la tesis mencionada, para que sea turnado al Comité de Maestría para su evaluación.

Agradeciendo las atenciones que tenga a la presente, quedo de Usted.

Atentamente



DR. JUAN MANUEL BARBARÍN CASTILLO

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme dado la vida, y por darme los medios necesarios para concluir mis estudios

A mi padre el Sr. Olis da Costa Silveira, por ser un trabajador incansable y sobre todo por alentarme y apoyarme en mis estudios

A mi madre la Sra. Esther Silveira Silveira, por brindarme sus sabios consejos, su amor, respeto y comprensión infinitos

A mi hermano el Sr. Olis Ma. da Costa Silveira, por su apoyo y comprensión como hermano y amigo

A la Secretaría de Relaciones Exteriores de México, por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios

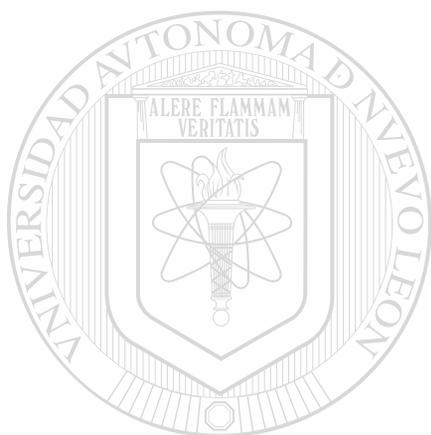
A la Empresa LAMOSA REVESTIMIENTOS S.A. de C.V. por brindarme su apoyo técnico y económico. Al personal de los distintos departamentos que me orientaron y colaboraron en la realización de éste trabajo, en particular al Departamento Médico y de Seguridad Industrial

Al Ing. Rodolfo Ramírez Manuel, gerente de planta de LAMOSA REVESTIMIENTOS S.A. de C.V., por su apoyo intelectual y por haberme impulsado a culminar satisfactoriamente con mi tesis

Al Dr. Juan Manuel Barbarín Castillo y a la Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarín, por su orientación como asesores y su comprensión como amigos

Al personal académico y administrativo de la División de Estudios de Posgrado del Instituto de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León

A todos mis amigos, especialmente, deseo reconocerle a la familia Soler Echeverz el haberme acompañado y alentado incondicionalmente durante toda mi vida



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS *A Rodolfo, mi amor*®

## INDICE

<b>CAPÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Generalidades</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Las Normas ISO 14 000</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Antecedentes</b>	<b>6</b>
<b>1.3.1 La cerámica en la historia</b>	<b>6</b>
<b>1.3.2 Ventajas de los recubrimientos cerámicos</b>	<b>8</b>
<b>1.3.3 Proceso de fabricación de los recubrimientos cerámicos</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Contaminación del aire</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1 Partículas</b>	<b>16</b>
<b>1.4.2 Efectos de las partículas en la atmósfera sobre los materiales, la vegetación y los animales</b>	<b>18</b>
<b>1.4.3 Efectos de las partículas en el aire sobre la salud humana</b>	<b>23</b>
<b>1.4.4 Fuentes de materia particulada</b>	<b>24</b>
<b>1.4.5 Normas Oficiales Mexicanas de emisión para el control de la calidad del aire</b>	<b>26</b>

<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>32</b>
2.1 Eficiencia de la colección de partículas	32
2.2 Mecanismos de colección de las partículas	34
2.3 Equipo de control de partículas	36
2.3.1 Filtros de tela	38
2.4 Puertos de muestreo	42
<b>3. GENERACIÓN DE POLVOS EN LA INDUSTRIA CERÁMICA</b>	<b>46</b>
3.1 Desarrollo	46
3.2 Generalidades de la empresa donde se realizó el estudio	49
3.2.1 Aspectos geográficos de la zona	49
3.2.2 Aspectos de la planta industrial cerámica	51
3.3 Proceso de fabricación de pisos y azulejos	51
3.4 Proceso de fabricación de ladrillos	56
3.5 Análisis realizados en la planta para la determinación de la concentración de partículas	61
3.6 Condiciones en las cuales se encuentran los sistemas de colección de polvos existentes en la planta	64
3.7 Determinación de los puntos críticos	66
3.8 Objetivos del trabajo	67
3.9 Hipótesis	68
<b>4. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE COLECCIÓN DE POLVOS EN EL MICRO AMBIENTE DE UNA PLANTA DE PRODUCTOS CERÁMICOS</b>	<b>69</b>
4.1 Introducción	69
4.2 Métodos de cálculo para un sistema de colección de polvos	70
4.2.1 Método A: Balance de flujo sin válvulas de ajuste	71

4.2.2	Método B: Balance de flujo con válvulas de ajuste	71
4.2.3	Comparación de ambos métodos	72
4.3	Descripción del procedimiento de cálculo por el Método B	73
4.4	Diseño del sistema de colección de polvos para el micro ambiente del área de molienda de ladrillería	82
4.4.1	Resultados de las hojas de cálculos	84
4.4.2	Selección del colector	87
4.4.3	Características del colector seleccionado	93
4.4.4	Selección del ventilador	100
4.4.5	Instalación de los puertos de muestreo	104
4.4.6	Resumen de los resultados para la eliminación de polvos en la sección de molienda de ladrillería	105
4.5	Diseño del sistema de colección de polvos para el micro ambiente de la sección de prensas de muros lado oriente	106
4.5.1	Resultados de las hojas de cálculos	106
4.5.2	Selección del colector	111
4.5.3	Selección del ventilador	112
4.5.4	Instalación de los puertos de muestreo	113
4.5.5	Resumen de los resultados para las prensas de muros lado oriente	114

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE POLVOS EN LOS ALMACENAMIENTOS DE MATERIA PRIMA	115
5.1	Introducción	115
5.2	Propuesta de reubicación de la materia prima	116
5.2.1	Almacenamientos en el área de servicio directo	116
5.2.2	Almacenamientos en el área de molienda de ladrillería	119
5.3	Definición y carpeteo de las rutas de tránsito	122
5.4	Procedimientos de maniobra de la materia prima en los confinamientos de servicio directo y molienda de ladrillería	122

5.4.1	Reglamento para el transportista	123
5.4.2	Reglamento interno para el manejo de la pala Mecánica	124
5.5	Diseño de un sistema de aspersión por niebla de agua, para los almacenamientos de materia prima en servicio directo	124
5.5.1	Selección de los aspersores	124
5.5.2	Ubicación de las líneas de aspersión	129
5.5.3	Origen y características del agua a utilizar	130
5.5.4	Cálculo Hidráulico	134
5.5.5	Cálculo de la estructura de soporte	159
5.5.6	Selección del filtro	160
5.5.7	Determinación del tiempo de secuenciado	161
5.5.8	Equipo secuenciador	162
5.6	Propuesta de control de polvos en los almacenamientos de materia prima en la molienda de ladrillería	165

6.	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>167</b>
----	---------------------	------------

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## **ANEXO 1: LÁMINAS**

- 4.1 Extracción en tolvas**
- 4.2 Elevador de cangilones**
- 4.3 Extracción en la banda de transferencia**
- 4.4 Extracción en tamices**

## **ANEXO 2: CATÁLOGOS**

- Catálogo de colectores de polvo modelo KNC**
- Catálogo del ventilador modelo MAC-SIZE 55**
- Catálogo del ventilador modelo MAC-SIZE 60**
- Catálogo del aspersor QAPA-PP-10-2.5W- de SPRAYING SYSTEMS CO.**
- Catálogo del aspersor FOGJET de SPRAYING SYSTEMS CO.**
- Catálogo del filtro de agua**
- Catálogo del equipo secuenciador**

---

## **ANEXO 3: PLANOS**

- Plano en planta de la sección de Molienda de Ladrillería**
- Plano en elevación de la sección de Molienda de Ladrillería**
- Plano en planta de la sección de las prensas en Muros lado oriente**
- Plano en elevación de la sección de las prensas en Muros lado oriente**
- Plano en planta del sistema de aspersion en el área de servicio directo**

## LISTA DE TABLAS

TABLAS	PÁGINA
1.1 Composición química del aire atmosférico seco	14
1.2 Clasificación general de los contaminantes gaseosos del aire	15
1.3 Tamaños y tipos de partículas	17
1.4 Efectos de los polvos en diferentes plantas	19
1.5 Efectos de los polvos en diferentes árboles	20
1.6 Principales fuentes industriales de contaminación por partículas	25
1.7 Resumen de las Normas Oficiales Mexicanas, actualmente en Vigencia, en materia de control de emisiones a la atmósfera	28
2.1 Equipos colectores mecánicos	37
3.1 Análisis químico del agua de los pozos ubicados en la empresa	50
3.2 Fórmula utilizada en cuerpo rojo	52
3.3 Fórmula utilizada en cuerpo blanco	52
3.4 Fórmula utilizada en la fabricación de ladrillos	58
3.5 Determinación de los contaminantes en el ambiente laboral	61
3.6 Determinación de la concentración de partículas suspendidas totales	63

4.1	Hoja de cálculo utilizada en el Método B	75
4.2	Diámetros y secciones normalizadas para ductos	76
4.3	Longitudes equivalentes de accesorios	78
4.4	Valores porcentuales de resistencia, para cada tramo de tubería	79
4.5	Hoja de cálculo para el área de molienda de ladrillería	85
4.6	Relaciones de filtración recomendadas en términos de flujo de aire sobre área de tela filtrante	88
4.7	Determinación del tamaño y carga de partículas	90
4.8	Comportamiento de algunos materiales frente a algunos factores adversos	95
4.9	Hoja de cálculo para el área de las prensas en muros lado Oriente	108
5.1	Características fisicoquímicas del agua de las pilas de sedimentación de Servicio Directo	131
5.2	Características fisicoquímicas del agua de las pilas de sedimentación de Muros	132
5.3	Largo equivalente representativo en diámetro de tubería (L/D) de varias válvulas y ajustes	137
5.4	Valores promedio de secado de las distintas tierras utilizadas	162

## LISTA DE FIGURAS

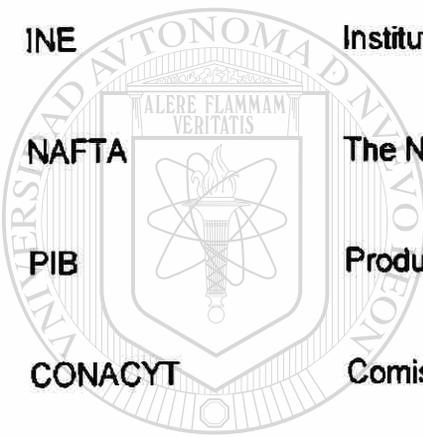
FIGURAS	PÁGINA
2.1 Curva hipotética de la eficiencia colectora, como función del diámetro de la partícula	33
2.2 Tres mecanismos para la eliminación mecánica de partículas	35
2.3 Casa típica de bolsas con sacudimiento mecánico	40
2.4 Croquis de una casa de bolsas con limpieza por impulsos	41
<hr/>	
2.5 Vista lateral y frontal del puerto de muestreo y sus dimensiones	43
2.6 Vista lateral y frontal de la escalera marina	44
2.7 Vista lateral y frontal de la disposición de los puertos de muestreo, de la plataforma de trabajo y de la escalera marina	45
3.1 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de azulejos y Pisos cerámicos	53
3.2 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de ladrillos	57

<b>4.1</b>	<b>Colector de polvos modelo KNC</b>	<b>93</b>
<b>4.2</b>	<b>Detalle mostrando el cabezal de aire comprimido y válvulas para operación de limpieza</b>	<b>94</b>
<b>4.3</b>	<b>Partes de un colector modelo KNC</b>	<b>97</b>
<b>5.1</b>	<b>Esquema indicativo de la ubicación de la materia prima en los almacenamientos de servicio directo</b>	<b>117</b>
<b>5.2</b>	<b>Esquema indicativo de la ubicación sugerida para la materia prima en los almacenamientos de servicio directo</b>	<b>118</b>
<b>5.3</b>	<b>Esquema indicativo de la ubicación de la materia prima en los almacenamientos de molienda de ladrillería</b>	<b>120</b>
<b>5.4</b>	<b>Esquema indicativo de la ubicación sugerida para la materia prima en los almacenamientos de molienda de ladrillería</b>	<b>121</b>
<del><b>5.5</b></del>	<del><b>Esquema indicativo de la constitución de la carpeta antipolvo</b></del>	<del><b>123</b></del>
<b>5.6</b>	<b>Esquema indicativo de la precipitación de las partículas de polvo debido a la presencia de la niebla de agua</b>	<b>125</b>
<b>5.7</b>	<b>Esquema del área de cobertura del aspersor QAPA-PP-10-2.5W</b>	<b>127</b>
<b>5.8</b>	<b>Cálculo trigonométrico de la altura recomendada</b>	<b>127</b>
<b>5.9</b>	<b>Alcance de los aspersores seleccionados a 30° de inclinación. Vista desde arriba</b>	<b>128</b>
<b>5.10</b>	<b>Alcance de los aspersores seleccionados a 30° de inclinación. Vista lateral</b>	<b>129</b>

5.11 Diagrama unifilar del sistema alimentado por la Bomba 3	135
5.12 Resistencia debida a ensanchamientos o contracciones bruscas	142
5.13 Aspereza relativa como una función del diámetro, para tuberías de varios materiales	144
5.14 El factor de fricción como una función del número de Reynolds, con asperezas relativas como parámetro	145
5.15 Planilla de cálculo de la Bomba 3	149
5.16 Gráfico de selección de la Bomba 3	150
5.17 Diagrama unifilar del sistema alimentado por la Bomba 2	151
5.18 Planilla de cálculo de la Bomba 2	152
5.19 Gráfico de selección de la Bomba 2	153
<hr/>	
5.20 Diagrama unifilar del sistema alimentado por la Bomba 1	154
5.21 Planilla de cálculo de la Bomba 1	155
5.22 Gráfico de selección de la Bomba 1	156
5.23 Esquema explicativo del tanque elevado	157
5.24 Perspectiva de la fundación	159
5.25 Vista lateral de la fundación	160

## LISTA DE SIGLAS Y SÍMBOLOS

### SÍMBOLOS



INE	Instituto Nacional de Ecología
NAFTA	The North American Free Trade Agreement
PIB	Producto Bruto Interno
CONACYT	Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología

---

LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
--------	--

LFPA	Ley Federal de Procedimiento Administrativo
------	---

ISO	International Standardization Organization
-----	--

EMS	Environmental Management System
-----	---------------------------------

ppm	Partes Por Millón
-----	-------------------

$\mu\text{m}$	Micrómetros
---------------	-------------

pH	Potencial de Hidrógeno
----	------------------------

<b>NOM</b>	<b>Norma Oficial Mexicana</b>
<b>Gas L.P.</b>	<b>Gas Licuado de Petróleo</b>
$\eta_o$	<b>Eficiencia Total de Colección</b>
<b>STPS</b>	<b>Secretaría del Trabajo y Previsión Social</b>
<b>NMX</b>	<b>Norma Mexicana</b>
<b>NAP</b>	<b>Nivel de Aspiración Deseado de Polvos</b>

<b>CFM</b>	<b>Pies Cúbicos por Minuto</b>
<b>FPM</b>	<b>Pie por Minuto</b>
<b>FPS</b>	<b>Pie por Segundo</b>
<b>MAIN</b>	<b>Ducto Principal</b>

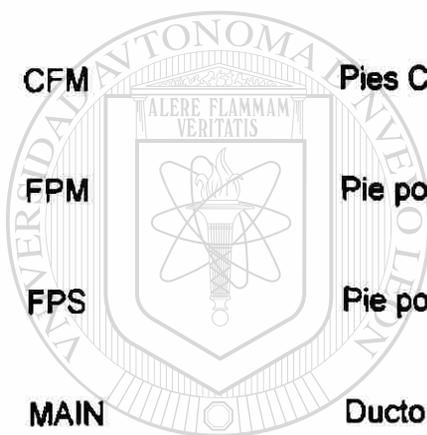
---

**DBO** **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

**DQO** **Demanda Química de Oxígeno**

$N_{RE}$  **Número de Reynolds**

$V_{DC}$  **Tensión de corriente continua**



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## RESUMEN

La industria cerámica, por su naturaleza, utiliza como materias primas: tierras, arcillas, minerales, vidrios y agua. Tierras y arcillas de distintos tipos se mezclan en proporciones adecuadas, constituyendo lo que llamamos FÓRMULAS. La composición de las fórmulas dependerá del producto que se desee obtener.

Toda parte del proceso en donde se maneje materia prima seca implica una generación de polvos o partículas suspendidas; concretamente, en los espacios de almacenamiento a cielo abierto, en donde debido a la acción de los vientos y al transporte y mezclado de materia prima, se generan polvos que se dispersan en la zona o quedan suspendidos en el aire.

Dentro de la planta, en algunas partes del proceso en donde existe transporte de materia prima, o en las moliendas de las mismas, se producen *derrames* en las bandas transportadoras o fugas en los molinos. Esto trae como consecuencia un ambiente inadecuado de trabajo, en el cual se hace imprescindible el uso de mascarillas con filtros y otras medidas de protección. Así mismo, el hecho de que exista materia prima dispersa en varias zonas de la planta implica una pérdida económica.

La estrategia más sensata, desde el punto de vista ambiental, es más que solucionar el problema de polvos una vez que se han generado, tratar de abatirlos en la fuente misma de generación. Es por ello que se considera óptima la colocación de extractores de polvos en algunas partes del proceso, en las cuales se generan mayores cantidades de polvos. De la misma forma, y teniendo en cuenta las dimensiones de los almacenamientos de materia prima a cielo abierto, se propone un sistema adecuado de aspersión con agua, como solución factible al problema de generación de polvos en la

zona de *servicio directo*, mientras que el confinamiento sería una solución en la zona de *molienda de ladrillería*.

En este trabajo se propone y ejecuta el diseño de distintos sistemas de control de polvos; en los ambientes interior y exterior de la planta. Se describen los métodos de cálculo para cada uno de los sistemas propuestos y se indican los recursos con los cuales se llevará a cabo el proyecto. Se incluye un apartado en el cual se ilustra el criterio utilizado para seleccionar *agua residual sedimentada* como alimentación del sistema de aspersión, así como también el resultado de los análisis fisicoquímicos de la misma. Estos análisis indican que esta agua puede utilizarse, siempre y cuando sea tratada antes por medio de un filtro malla N° 100. También se definen los lugares específicos para el almacenamiento de los distintos tipos de materia prima y se hace un planteamiento de las *rutas óptimas* para la transportación de las materias primas hacia el proceso. Finalmente, se incluye un listado de recomendaciones para la adecuación de equipos, accesorios, sistemas de control seleccionados y procedimientos, para optimizar el funcionamiento de las medidas de control.

La aplicación de las recomendaciones planteadas en este trabajo traerá como consecuencia que se sanee la atmósfera del medio estudiado, evitando así: enfermedades respiratorias en los trabajadores, fuga de material y quejas de los vecinos por la contaminación del aire.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

El **DESARROLLO SUSTENTABLE**<sup>1</sup> es un proceso de transformaciones basadas en la armonía entre la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional; todas ellas implican grandes esfuerzos y requieren acciones específicas en los diversos ámbitos de la actividad humana para ser realizadas. Por lo tanto es básico conceptualizar el medio ambiente como un sistema global integrado, con un componente natural y otro socioeconómico, que interactúan en un proceso dinámico e interdependiente, y que la naturaleza no es únicamente la abastecedora de materias primas y receptáculo de los desechos generados por la sociedad, sino el soporte de la vida misma; por ello se deben considerar las características y la evolución de los ecosistemas y de sus componentes, entre ellos, los recursos naturales.

Una de las definiciones más aceptadas de desarrollo sustentable es la que sugiere la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (INE, 1993):

**"EL DESARROLLO SUSTENTABLE ES AQUEL QUE CUMPLE CON LAS NECESIDADES DE LA GENERACIÓN ACTUAL SIN COMPROMETER LA HABILIDAD DE LAS GENERACIONES FUTURAS DE SATISFACER SUS PROPIAS NECESIDADES"**<sup>2,3,4,5</sup>

Según esta misma comisión, los principios fundamentales para el desarrollo sustentable son los siguientes:

- Capacidad de sostener generaciones futuras
- Promover la buena calidad del aire, agua y suelo
- Planear comunidades libres de desechos y congeniales con ciudadanos activos, con acceso a bosques y agua limpia
- Reconocer que los sistemas ambientales, económicos y sociales, están inseparablemente unidos
- Disponer de empleos en industrias limpias, que hagan un uso innovativo y eficiente de la energía, los materiales y los recursos

Entender la realidad y sus problemas, así como la forma de solucionarlos, requiere de nueva perspectiva de análisis, de una nueva manera de pensar, de una nueva **FILOSOFÍA**.

En un esfuerzo para alcanzar nuevos niveles de eficiencia y competitividad los Estados Unidos, México y Canadá han resuelto integrar sus tres economías.<sup>6</sup> El **CONVENIO DEL LIBRE COMERCIO DE NORTEAMÉRICA (NAFTA)**, ha unido las economías norteamericanas en un mercado de 365 millones de personas, con un producto nacional combinado de 6.5 trillones de dólares. El objetivo del NAFTA es maximizar los usos de los recursos de América del Norte. El hecho de unificar las economías trae como consecuencia que tanto Canadá como los Estado Unidos ejerzan presión sobre México, para que regularice la situación medioambiental de sus industrias. ®

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Hasta ahora, la *regulación* de las industrias, con escasa vigilancia, ha propiciado la permanencia de la producción ineficiente, no competitiva y la obsolescencia, además del daño ambiental.<sup>7</sup> Es necesario un cambio del enfoque de la regulación, puesto que intervenir una vez que se han generado los desechos contaminantes no es muy eficiente. La intervención en el momento de la emisión es factible a partir de controles y de un sistema de vigilancia efectivo que, según otros países, puede llegar a ser muy elevado en costos y también insuficiente en sus alcances. En México un sistema de vigilancia y control puede llegar a ser muy costoso, dada la elevada proporción de unidades económicas pequeñas: 7% de las empresas en el ámbito nacional son grandes, 10% medianas, 39.6% pequeñas y 43% microempresas. Tan sólo para la zona metropolitana de la Ciudad de México representa un universo de 10 080 empresas, relevante en

términos de productividad, pero también de factibilidad de vigilancia y seguimiento. La *industria del control ambiental industrial* cuenta en México con un mercado factible de 400 millones de dólares, creciendo 17% por arriba del PIB. El país se está endeudando con más de 200 millones de dólares sólo para reforestar la Sierra de Guadalupe; se ha abierto mercado de manejo de residuos por más de 7 200 millones de dólares; México obtuvo préstamos por 220 millones de dólares, en 1994, para plantas de tratamiento en la frontera Norte del país. Es difícil comparar este gasto con los 80 millones de dólares que el CONACYT y la iniciativa privada han invertido en modernización tecnológica, desde 1992.

Para la realización de los actos de vigilancia <sup>8,9,10,11,12</sup> y comprobación de las obligaciones que los preceptos jurídicos aplicables les imponen a los gobernados que en alguna forma participan en la afectación del medio ambiente, existía hasta el 31 de mayo de 1995, la *LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (L.G.E.E.P.A)*. A partir del día 1° de junio del mismo año, entró en vigor una nueva ley, denominada específicamente: *LEY FEDERAL DE PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO (L.F.P.A)*, la cual expresa que a partir de la fecha de su vigencia, quedan DEROGADAS todas las disposiciones de las leyes federales que se opongan a los preceptos de la nueva ley. El propósito del legislador fue amalgamar en una sola ley, TODO EL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO que se utiliza en el ámbito federal, para manejar bajo un solo criterio y sistema, todos los actos procedimentales de relación jurídica, entre la Administración Pública Federal y las empresas. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.2 LAS NORMAS ISO 14 000

El alto grado de deterioro ambiental que sufre el planeta, por una parte, y la imposibilidad de las instancias gubernamentales para convencer a los industriales de reducir el impacto ambiental que sus instalaciones causan, motivó a los miembros de la Organización Internacional de Normalización (International Standardization Organization, ISO) a emitir las nuevas normas de la serie 14 000, que se enfocan al control integral de la contaminación que provoca la industria, en general.<sup>13,14,15</sup> Cualquier empresa que adopte tales normas obtendrá, automáticamente amplias ventajas competitivas, sobre todo en los mercados internacionales.

Al igual que las ya conocidas normas ISO 9 000, que tratan todo lo relativo al control total de calidad en la producción de bienes y servicios, las normas ISO 14 000 se enfocan a la protección integral del medio ambiente, desde que se produce un bien hasta que termina su vida útil.

Las normas ISO 14 000 incluyen varias áreas de influencia como son:

- **Términos y definiciones**
- **Sistemas integrales de administración**
- **Auditorías ambientales**
- **Etiquetado**
- **Aspectos ambientales en las normas de los productos**

Como un primer paso para la adopción de la nueva normatividad, se contempla la instauración de un sistema integral de administración ambiental (Environmental Management System, EMS) en la empresa interesada en su integración a las normas. Una vez concluida esta etapa, se pasa a las auditorías ambientales y de los resultados de éstas se autorizará o no el uso de la etiqueta correspondiente que informará al consumidor que el producto cumple con las normas ISO 14 000. Finalmente, se pretende que las normas de elaboración de los productos se revisen para identificar los aspectos que causan impactos negativos sobre el medio ambiente y así tratar de reducirlos o eliminarlos definitivamente.

Al igual que las normas de la serie ISO 9 000, las normas ISO 14 000 son de aplicación voluntaria para las empresas; sin embargo, si éstas pretenden incursionar en los mercados internacionales, es muy aconsejable que se integren a esta normatividad debido a las amplias ventajas competitivas que obtendrán. Algunas de las ventajas que las empresas obtienen al adoptar esta normatividad son las siguientes:

1. Al establecer un sistema integral de administración ambiental en cualquier empresa, se descubren y corrigen procesos ineficientes y, por lo tanto, contaminantes, los cuales se pueden optimizar, reduciendo los costos de producción.

2. Similarmente a las normas ISO 9 000, en la nueva normatividad también se incluye a los proveedores dentro del programa de reducción de la contaminación, sugiriéndoles, firmemente, que se integren a las normas ISO 14 000, si quieren seguir siendo proveedores. Esto sobre todo cuando los insumos se originan en procesos de fabricación altamente contaminantes.

3. Parte importante de esta normatividad es el *reciclado, reúso y minimización* de residuos, así como la sustitución de sustancias peligrosas por otras que no lo sean. Lo anterior provoca que las empresas más eficientes y menos contaminantes reduzcan sus costos de producción y por lo tanto puedan ofrecer productos y servicios a un menor precio a sus consumidores. Aquí se hace necesario señalar que la tendencia actual, en relación con el impacto ambiental que produce un proceso de transformación, se dirige principalmente a resolver los problemas, antes de que lleguen al punto de descarga, es decir, en el proceso mismo.

4. Desde el punto de vista del mercado internacional, las empresas que cumplan con las normas ISO 14 000 tendrán un acceso preferencial a los grandes mercados de los países desarrollados, cuyas industrias ya estén integradas a dichas normas, mientras que aquellas empresas que no lo hagan, seguramente sufrirán algún tipo de sanción que reducirá su capacidad competitiva.

5. Finalmente, el empleo de la etiqueta que identifique a los productos que cumplan con las normas ISO 14 000 seguramente atraerá la atención de aquellos consumidores conscientes de la protección del medio ambiente.

Por los motivos anteriores es que actualmente las industrias mexicanas están adoptando tecnologías limpias y planificando métodos de controles eficaces para reducir la contaminación y cumplir con los principios ambientales de manera rentable. Entre ellas la *industria cerámica*, la cual contamina el medio ambiente con partículas de polvo proveniente del manejo de su materia prima: arcillas, barros, etc. En particular, la industria cerámica, objeto de nuestro estudio, tiene por objetivo certificarse con ISO 14 000.

## 1.3 ANTECEDENTES

### 1.3.1 LA CERÁMICA EN LA HISTORIA

Un recorrido histórico por los antecedentes de la industria cerámica muestra la influencia de España en el nacimiento y evolución de las baldosas cerámicas, adaptando las aportaciones de la cultura musulmana desde el siglo XI. La Península Ibérica se convertiría durante la Edad Media en el lugar de encuentro de la rica tradición cerámica tardorromana y visigótica, el bagaje tecnológico y la tradición egipcio-mesopotámica, junto a los aportes estéticos y a los nuevos valores del mundo cristiano, de procedencia nórdica y mediterránea.

Entre las novedades tecnológicas que llegaron con la irrupción en España de la cultura musulmana, se distinguen diversos procedimientos cerámicas dirigidos a dotar al producto de una capa vítrea que lo impermeabiliza y que constituye, además, el soporte y cubierta de su eventual cromatismo. Son el vidriado *plumbífero* transparente o ligeramente coloreado en tono verde, la decoración sobre engobe blanco y bajo barniz transparente, y la decoración de reflejos metalizados originaria de Mesopotamia, Persia o Egipto.

Las primeras muestras de cerámica esmaltada aplicadas a la arquitectura son de finales del siglo XII. Los especialistas parecen entroncar las técnicas utilizadas y su profusa aplicación a la arquitectura con Persia, sospechándose el impulso que tras la irrupción de Gengis Khan en Irán, pudieron haber ejercido en el desarrollo de alicatado en los siglos XIV y XV familias de alfareros emigradas a Al Andalus o Andalucía. El uso de pavimentos alicatados sería costumbre extendida en el sur de España. Antes de 1240, Ibn Said se refiere a la cerámica fabricada en Andalucía, donde se aplicaba al pavimento de las casas llamado *a-zala - iyi* o azulejos.

La zona en torno a Valencia constituía ya en época musulmana un importante foco de producción cerámica y la habilidosa política comercial fue el mejor soporte de una red de distribución de los productos cerámicas por los distintos estados cristianos y musulmanes del Mediterráneo, a través del puerto de Valencia, por entonces el más

activo del Mediterráneo. Es conocido el trato de favor que dispensó a los productos de Manises la República de Venecia. También se colocaron azulejos de Manises y Paterna en construcciones de Liguria, y se enviaron hasta Egipto, Siria e incluso Turquía. Pero fue Italia tal vez el cliente más importante. Entre 1445 y 1457, Alfonso el Magnánimo mandó pavimentar su palacio de Castel Nuovo, en Nápoles.

Estos son los antecedentes más destacados de la cerámica, unos orígenes llenos de historia, tradición y cultura. Más tarde, en los siglos XVII y XVIII, se producirán cambios sustanciales que motivarían fuertes fluctuaciones en los centros de producción, entrando posteriormente, en el XIX y principios del XX, en una etapa postindustrial, que desembocaría en la aparición de los primeros catálogos impresos, la incorporación de aspectos promocionales al producto y la Exposición Universal de Barcelona en 1888. Los azulejos de la primera mitad del siglo XIX se pueden calificar todavía de artesanales, entroncados con las técnicas y decoraciones barrocas. A lo largo de la *centuria* asistimos a una gradual evolución, tanto en la conformación como en la decoración. De este modo se observa una disminución paulatina del tamaño, grosor y peso de las piezas, con tendencia hacia una homologación, propiciada por la gran demanda y los avances técnicos.

---

Solamente el *mercado español* produjo durante el año 1999 un total de 602 millones de m<sup>2</sup> de soportes cerámicos vidriados, lo que representa un incremento del 6.7% respecto a su producción del año 1998. Esta actividad industrial, por su naturaleza, utiliza las siguientes materias primas:

- Tierras y arcillas
- Minerales
- Vidrios

En particular, las tierras y arcillas son las de mayor impacto ambiental, ya que el mal manejo de las mismas, durante el proceso, producen polvos que afectan al medio ambiente por un exceso de partículas suspendidas.

### 1.3.2 VENTAJAS DE LOS RECUBRIMIENTOS CERÁMICOS

Los *azulejos o baldosas cerámicas* son piezas planas de poco espesor, fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas. Generalmente se utilizan como pavimentos para suelos y revestimientos de paredes y fachadas. Las arcillas utilizadas en la composición del soporte pueden ser de *cocción roja* o bien de *cocción blanca*. Los azulejos, tanto de pavimento como de revestimiento de paredes, son piezas cerámicas impermeables que están constituidas normalmente por un soporte arcilloso y un recubrimiento vítreo: el *esmalte cerámico*. La extensa gama de productos cerámicos existente en el mercado actual está condicionada por las variadas utilidades de este material de construcción. En función de su aplicación, existe diferente tipología de producto y características. En la actualidad, se utilizan en *pavimentos y revestimientos*.

Algunos usos de los pavimentos son los siguientes:

- Pavimento interior de viviendas
- Pavimento exterior o de terrazas
- Pavimentos de locales públicos, como los hospitales, escuelas, etc.
- Pavimentos diversos, como piscinas, suelos industriales, etc.

Algunos usos de los revestimientos son los siguientes:

- Revestimiento interior de viviendas, en cocinas, baños, etc.
- Revestimiento exterior como terrazas
- Revestimientos diversos

La utilización del azulejo como elemento de la construcción se está generalizando en todo el mundo. Hoy día ya no sólo se usan en países donde por razones históricas se aplican de una forma generalizada, sino también otras culturas comienzan a descubrir sus ventajas. Estas son algunas de ellas:

## **1. PRODUCTO NATURAL**

Los pavimentos y revestimientos cerámicos son piezas impermeables constituidas por un soporte de naturaleza arcillosa, con o sin un recubrimiento esencialmente vítreo: el esmalte cerámico. Las materias primas que lo forman provienen de la tierra que, junto con el agua y el fuego de cocción, componen un producto natural y de alta calidad. Gracias a la utilización de estos materiales y el alto desarrollo tecnológico, hoy día existe una amplia oferta de productos cerámicos que ofrecen muchas ventajas. Y todo ello, sólo con la utilización de tres elementos básicos del medio ambiente: la tierra o la arcilla, el agua y el fuego.

## **2. FÁCIL DE LIMPIAR**

La cerámica se caracteriza por su alta facilidad de limpieza, su capacidad de preservación de la suciedad y de cualquier tipo de contaminación. La naturaleza de la superficie cerámica evita cualquier fenómeno de adherencia, y las grasas se pueden eliminar con gran facilidad. Gracias a ello, hoy en día se ha generalizado su uso en los baños, cocinas, hospitales, laboratorios, piscinas e instalaciones industriales, donde su uso evita la generación de suciedad y olores. Por otro lado, su capacidad de aislante eléctrico, repercute en que los recubrimientos cerámicos eviten la captación del polvo ambiental eléctricamente activo y, con ello contribuyen al bienestar.

### **3. HIGIÉNICO Y ANTIALÉRGICO**

La capacidad del recubrimiento cerámico de prevenir la humedad, evita el desarrollo de colonias de gérmenes y hongos, que se generan con facilidad en construcciones donde la impermeabilización es deficiente. La acción de estos organismos sobre algunos recubrimientos no cerámicos es progresiva y puede ocasionar manchas en su superficie y deterioro de su interior. Por ello también se ha extendido su utilización en donde el uso del agua es continuado, como en baños, cocinas, instalaciones industriales, laboratorios, piscinas y fachadas.

### **4. INSTALACIÓN DEFINITIVA**

Los recubrimientos cerámicos no necesitan ningún mantenimiento después de su puesta en obra, excepto las normales operaciones de limpieza. Su resistencia a los cambios bruscos de temperatura, a los agentes químicos y biológicos, su dureza y resistencia al rozamiento repercute en su gran durabilidad en las edificaciones. Una nueva instalación de azulejos puede permanecer intocable en cualquier lugar. Por ello se ha proliferado su utilización en todos los lugares, destacando en las fachadas, en los espacios públicos, centros comerciales, paseos y avenidas. También su incombustibilidad evita la propagación de incendios.

### **5. INERTE**

Su carácter inerte, es decir, que repele cualquier posibilidad de vida biológica, evita la degradación del medio ambiente, pues el barro o la arcilla, una vez pasada la fase de cocción, adquiere la misma propiedad que la piedra o elementos de la naturaleza similares.

### 1.3.3 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS CERÁMICOS

La fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos ha experimentado cambios considerables y continuos en los últimos años. Los revestimientos cerámicos son normalmente porosos, lo que favorece la adherencia a la pared. En cambio, los pavimentos poseen una porosidad baja, inferior al 3% frente a la absorción de agua, con lo que se consiguen mejores características técnicas. Tradicionalmente, el azulejo ha sido fabricado siguiendo métodos diferentes y mediante un proceso prácticamente manual. A partir de los años sesenta, se ha ido automatizando y los métodos se han unificado bastante, siendo el más común el de *prensado en seco*, pudiendo continuar la fabricación por medio de un proceso de *bicocción* o de *monococción*.

#### ➤ PROCESO DE BICOCCIÓN

En este proceso, la pasta prensada se quema para formar el bizcocho y, posteriormente se aplica el esmalte sobre éste y se cuece nuevamente para dar el acabado final.

#### ➤ PROCESO DE MONOCOCCIÓN

En el proceso de monococción el esmalte se aplica directamente sobre la pasta prensada y cruda, ambas se queman simultáneamente para dar el acabado final. Durante muchos años ha existido la controversia acerca de cuál de los dos métodos es mejor. En realidad, teniendo la formulación adecuada, tanto del cuerpo como del esmalte, y observando un rigido control de todas las etapas de fabricación, es posible producir un buen azulejo con cualquiera de los dos métodos. Tradicionalmente era más utilizado el proceso de bicocción, con ciclos de cocción de cuarenta y veinte horas para la primera y segunda cocción respectivamente (cocción del soporte y del esmalte). Actualmente es más interesante el proceso de monococción, con ciclos de sólo cuarenta o cincuenta

minutos de duración. Además, junto a la economía del proceso de monococción va unida una gran facilidad para la automatización de los diferentes procesos de fabricación, con el consiguiente resultado en la reducción de costes.

Los pavimentos y revestimientos cerámicos se obtienen preparando una composición de materias primas depuradas, formada por silicatos aluminicos, siendo las composiciones diferentes para el caso de los pavimentos y revestimientos cerámicos en pasta roja o en pasta blanca. Estas composiciones se someten a un tratamiento de molienda vía seca o vía húmeda, hasta una granulometría muy fina, y a una granulación o un secado por atomización posterior para conseguir un granulado de características definidas (tamaño, forma, densidad aparente, fluidez, etc.). El polvo granulado es la base para la consecución del producto cerámico y su homogeneidad garantiza la constancia en las propiedades físicas de estos materiales. El granulado alimenta a una prensa oleodinámica con una fuerza de 600 a 1400 Tm. que conforma la pieza a la forma y espesor elegidos, para lo que se dispone de moldes metálicos de gran exactitud dimensional. Posteriormente se realiza el secado de las piezas conformadas y se esmaltan con varias capas de esmaltes de composición diversa y con decoraciones opcionales según el modelo a elegir. Una vez realizada la etapa de esmaltado y decoración de las piezas se introducen en un horno para su cocción en ciclos más o menos rápido y temperaturas altas según el tipo de productos a fabricar. Las temperaturas máximas dependen del tipo de producto que se desee conseguir.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El esmalte cerámico y la decoración dan a los azulejos su belleza y las características técnicas superficiales deseadas. En el caso de los revestimientos cerámicos la impermeabilidad, resistencia a los detergentes, etc., y en el caso de los pavimentos cerámicos su resistencia a la abrasión, resistencia a los ácidos, resistencia al rayado, etc. La tecnificación, la exigencia del control de proceso, el cuidadoso diseño adecuado para las necesidades de cada ambiente y el esmero en la clasificación, dan como resultado un producto de características homogéneas y de acuerdo con las exigencias de uso.

## 1.4 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La contaminación del aire forma parte de la vida moderna, aunque no es un fenómeno reciente.<sup>16</sup> En 1272, el Rey Eduardo I de Inglaterra trató de despejar los cielos llenos de humo sobre Londres, al prohibir el uso de carbón marítimo.

Procesos naturales, como por ejemplo incendios forestales, descomposición de la vegetación, tormentas de polvo y erupciones volcánicas, siempre han contaminado el aire. A pesar de que la producción mundial total de muchos de los gases y materiales particulados reconocidos como contaminantes es mucho mayor cuando procede de fuentes naturales, la distribución y dispersión global de dichos contaminantes resulta en concentraciones promedio de un bajo valor. Mediante la precipitación, oxidación y absorción en los océanos y el suelo, la atmósfera se puede limpiar por sí sola, si se le da el tiempo suficiente. Además, los contaminantes producidos por el hombre se concentran por lo general en regiones geográficas de poca extensión; por lo tanto, la mayor parte de la contaminación del aire es provocada por el hombre. En realidad, la tasa a la que se descargan los contaminantes a la atmósfera en regiones densamente pobladas, excede a veces la *tasa de limpieza de la atmósfera*.

— Se define **CONTAMINACIÓN DEL AIRE**, como la presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes o sus combinaciones, en cantidades tales y con tal duración que puedan afectar la vida humana, de animales, de plantas o de la propiedad, que interfiera el goce de la vida, la propiedad o el ejercicio de las actividades.

Un método para definir un contaminante del aire consiste primero en especificar la composición del *aire atmosférico seco, limpio*, y luego de clasificar todos los otros materiales o las cantidades aumentadas de dichos materiales presentes en la composición del aire atmosférico, considerados ellos como contaminantes. Los datos de la Tabla 1.1 muestran la composición química del aire atmosférico seco, que se encuentra usualmente en las áreas rurales.

**Tabla 1.1 Composición química del aire atmosférico seco**

<b>SUSTANCIA</b>	<b>CONCENTRACIÓN en ppm</b>
<b>Nitrógeno</b>	780 900
<b>Oxígeno</b>	209 400
<b>Argón</b>	9 300
<b>Dióxido de carbono</b>	315
<b>Neón</b>	18
<b>Helio</b>	5.2
<b>Metano</b>	1.2
<b>Criptón</b>	0.5
<b>Hidrógeno</b>	0.5
<b>Xenón</b>	0.08
<b>Dióxido de nitrógeno</b>	0.02
<b>Ozono</b>	0.01 - 0.04

Es común expresar la concentración de un contaminante presente en el aire en las unidades *partes por millón (ppm)*, de manera que:

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ volumen de contaminante}}{10^6 \text{ volúmenes de aire + contaminante}}$$

Los distintos contaminantes que puede tener el aire son los que a continuación se detallan:

- Materia particulada o partículas
- Compuestos que contienen azufre
- Compuestos orgánicos

- Compuestos que contienen nitrógeno
- Monóxido de carbono
- Compuestos halogenados
- Compuestos radiactivos

La materia particulada se divide frecuentemente en subclases, que incluyen:

- Polvo fino, menor de  $100\mu\text{m}$  de diámetro
- Polvo grueso, mayor de  $100\mu\text{m}$  de diámetro
- Vapores, de  $0.01$  a  $1\mu\text{m}$  de diámetro
- Neblinas, de  $0.1$  a  $10\mu\text{m}$  de diámetro

Los vapores son partículas formadas por condensación, sublimación o reacción química y a veces se los designa como *humos*. Los vapores, humos, niebla y neblina forman una clase más amplia llamada *aerosoles*.

Los *contaminantes primarios* son los emitidos directamente por las fuentes, mientras que los *secundarios* son los que se forman por reacciones químicas entre los contaminantes primarios y las especies químicas que usualmente se encuentran en la atmósfera. La Tabla 1.2 presenta una lista de contaminantes primarios y secundarios para las clases de sustancias.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 1.2** Clasificación general de los contaminantes gaseosos del aire

CLASE	CONTAMINANTES PRIMARIOS	CONTAMINANTES SECUNDARIOS
Compuestos que contienen azufre	$\text{SO}_2 - \text{H}_2\text{S}$	$\text{SO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$ - sulfatos
Compuestos orgánicos	Compuestos de $\text{C}_1$ y $\text{C}_5$	Cetonas - Aldehídos - ácidos
Compuestos que contienen nitrógeno	$\text{NO} - \text{NH}_3$	$\text{NO}_2$ - nitratos
Óxidos de carbono	$\text{CO} - \text{CO}_2$	Ninguno
Halógenos	$\text{HCl} - \text{HF}$	Ninguno

### 1.4.1 PARTÍCULAS

**PARTÍCULA** es un término que se emplea para describir los materiales sólidos y líquidos dispersos y arrastrados por el aire. Son mayores que  $0.0002 \mu\text{m}$  y menores que  $500 \mu\text{m}$ , entre las que se encuentran las partículas de polvo de roca empleadas en la industria cerámica, cuyos tamaños oscilan entre 1 a  $10 \mu\text{m}$ . Las partículas con un tamaño menor a  $0.1 \mu\text{m}$  muestran un comportamiento similar al de las moléculas y están caracterizadas por grandes movimientos aleatorios causados por colisiones con las moléculas de gas, este movimiento se llama BROWNIANO. Las partículas mayores de  $1 \mu\text{m}$ , pero menores de  $20 \mu\text{m}$ , tienden a seguir el movimiento del gas por el que son llevadas; en cambio, las partículas mayores de  $20 \mu\text{m}$  poseen velocidades de asentamiento significativas. Existe una extensa variedad de partículas y tamaños, algunas de las cuales se muestran en la Tabla 1.3.

Entre los efectos adversos que la alta concentración de partículas producen encontramos que:

- Representan un riesgo para los pulmones
- Incrementan las reacciones químicas en la atmósfera
- Reducen la visibilidad
- Aumentan la posibilidad de la precipitación de la niebla y las nubes
- Ensucian las materias que se encuentran en el suelo

La magnitud del problema en cada una de las áreas anteriores es una función del tamaño de las partículas presentes en la atmósfera local, la concentración y la composición fisicoquímica de las mismas. Es por ello que al momento de evaluar los efectos, es necesario examinar cada uno de estos factores.

**Tabla 1.3** *Tamaños y tipos de partículas*

		DIAMETRO DE LAS PARTICULAS EN MICROMETROS												
		0.0001	0.001	0.01	0.1	1	10	100	1000	10000				
Tamaños equivalentes									60	40	20	12	6	3
									100	5	30	16	8	4
Definiciones Técnicas	Dispersoides de gas	Sólidos	Vapores				Polvo							
		Líquidos	Niebla				Rocio							
Dispersoides atmosféricos usuales		Nebuluma				Nubes Niebla		Nebulina		Lluvia				
Dispersoides típicos de partículas y gases				Humo Petroleo		Ceniza fina		Fertilizante						
				Humo cigarro		Polvo/carbón								
		Polvos y vapores metalurgicos				Polvo de cemento		Arena						
				Negro de humo		Carbón pulverizado								
				Pigmentos pinturas		Insectic								
				Vapores de oxido de Zn		Talco molido		Polvo en						
		Seda colada		Vapores alcalinos										
		Polvo atmosférico												
		Combustión		Fovs perjudiciales para los pulmones										
		Virus		Bacterias										
Tipos de equipos de purificación de aire		Ultrasonido				Separadores centrifugos								
		Lavadores húmedos												
		Colectores de tela				Filtros de aire								
		Filtros de aire especiales												
		Lechos empacados								Separadores mecánicos				
		Precipitadores eléctricos												
		DIAMETRO DE LAS PARTICULAS EN MICROMETROS												

#### 1.4.2 EFECTOS DE LAS PARTÍCULAS EN LA ATMÓSFERA SOBRE LOS MATERIALES, LA VEGETACIÓN Y LOS ANIMALES

Las partículas arrastradas por el aire<sup>17</sup> pueden ser en sí, químicamente inertes o químicamente activas; podrán ser inertes pero absorber de la atmósfera sustancias químicamente activas; o si no, se pueden combinar para formar especies químicamente activas. Dependiendo de su composición química y estado físico, las partículas causan grandes daños a los materiales. Las partículas pueden causar daños químicos directos, ya sea por corrosividad intrínseca o por la acción de sustancias químicas absorbidas o adsorbidas, por partículas inertes emitidas a la atmósfera. En general, los metales pueden resistir la corrosión en solo el aire seco o aún en aire limpio húmedo. Sin embargo, las partículas higroscópicas que se encuentran usualmente en la atmósfera pueden corroer las superficies metálicas sin que esté presente contaminante alguno.

Las características de los polvos son importantes cuando se estudian los efectos que ellos provocan sobre la vegetación, los cuales pueden ser físicos o químicos. Al depositarse polvo sobre las hojas de las plantas pueden provocar el ahogamiento de las mismas. Es por ello que el *nivel absoluto de deposición* es un parámetro importante, el cual es afectado por el nivel de emisión de polvos, las condiciones meteorológicas y las condiciones en las cuales se encuentra la planta. Los efectos químicos del polvo sobre la planta son quizás más importantes que los efectos físicos. El polvo de cemento es altamente alcalino, algunas veces alcanza niveles de hasta un pH = 12 y los análisis indican que contiene metales y bisulfatos, todo lo cual podría tener un efecto tóxico sobre la vegetación. El polvo de roca también contiene cierta concentración de metales, lo que provoca que el mismo tenga comportamiento alcalino con altos niveles de calcio. En cambio, el polvo de carbón contiene sustancias tóxicas como lo son los compuestos de fluoruro y sulfuros. La Tabla 1.4 presenta los resultados de un estudio hecho con distintas especies de plantas.

Tabla 1.4 Efectos de los polvos en diferentes plantas

PLANTA	POLVOS	NIVEL mg/cm <sup>2</sup>	EFFECTOS	REFERENCIA
<i>Vitis vinifera</i>	Cemento	-	Bloqueo	Pierce <sup>18</sup> (1909)
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Carbón vegetal, CaCO <sub>3</sub> ó Al(OH) <sub>3</sub>	-	Incremento de transpiración	Duggar & Cooley <sup>19</sup> (1914)
<i>Rubus idaeus</i>	Cemento	-	Inhibición de la germinación con polen	Anderson <sup>20</sup> (1914)
<i>Avena sativa</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Beta vulgaris</i> & <i>Lolium temulentum</i>	Cemento, cal	0.7 – 1.5	No existen efectos	Scheffer & Pajenkamp <sup>21</sup> (1961)
<i>Beta vulgaris</i>	Cemento	-	Muerte celular	Czaja <sup>22</sup> (1961)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Cemento	0.6	Reducción de la fotosíntesis	Darley <sup>23</sup> (1966)
<i>Triticum aestivum</i>	Cemento	7.0	Reducción de la transpiración	Singh & Rao <sup>24</sup> (1981)
<i>Zea mays</i>	Cemento	0.2 – 1.2	Reducción de las semillas	Sree Ramgasay & Jambulingan <sup>25</sup> (1973)
<i>Zea mays</i>	Cemento	0.2 – 10.9	Reducción vegetativa	Parsatharathy <sup>26</sup> (1975)
<i>Beta vulgaris</i> , <i>Medicago sativa</i>	Cemento	-	Incremento de hongos en hojas	Taylor <sup>27</sup> (1986)
<i>Gossypium hirsutum</i>	Cemento	0.4	Incremento de clorofila	Oblisami <sup>28</sup> (1978)
<i>Helianthus annus</i>	Cemento	0.5 – 1.0	Reducción de la fotosíntesis	Borka <sup>29</sup> (1980)

**Tabla 1.4 Continuación**

<i>Brassica campestris</i>	Cemento	3.0 – 5.0 – 7.0	Reducción del crecimiento	Shukla <sup>30</sup> (1990)
<i>Triticum aestivum</i> , <i>Zea mays</i>	Cemento	-	-	Hindy <sup>31</sup> (1990)
<i>Pisum sativum</i>	Inertes	-	Incremento de la transpiración	Eveling <sup>32</sup> (1969)
<i>Pisum sativum</i> , <i>Zea mays</i> , <i>Hordeum distichon</i>	Cenizas	-	Decrecimiento de la resistencia	Krajickova & Mejistrik <sup>33</sup> (1984)

Los efectos que se han observado van desde inhibición del crecimiento hasta muerte celular, es decir, que el polvo depositado sobre las plantas tiene en todos los casos efectos adversos al desarrollo normal de las mismas.

De igual forma, distintos investigadores han estudiado los efectos del polvo sobre distintas especies de árboles y los resultados están vertidos en la Tabla 1.5.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
**Tabla 1.5 Efectos de los polvos en diferentes árboles**  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

<b>PLANTA</b>	<b>POLVOS</b>	<b>NIVEL mg/cm<sup>2</sup></b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>REFERENCIA</b>
<i>Árboles frutales</i>	Cemento	-	Bloqueo del crecimiento	Pierce <sup>18</sup> (1909)
<i>Citrus authantium</i> <i>Citrus limon</i>	Cemento y polvo de roca	-	Reducción de producción de frutas y del crecimiento de las hojas	Parish <sup>34</sup> & Pierce <sup>35</sup> (1910)

Tabla 1.5 Continuación

<i>Prunus avium</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Pyrus communis</i>	Cemento	-	Reducción de la producción de fruta	Anderson <sup>20</sup> (1914)
<i>Tilia cordata</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Prunus spinosa</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Rosa canina</i> , <i>Aesculus hippocastanum</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Sambucus nigra</i>	Cemento	-	Destrucción celular y aumento de muerte de las hojas	Czaja <sup>22</sup> (1961)
<i>Piceae abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Taxus baccata</i> , <i>Rosa canina</i>	Cemento	-	Destrucción celular	Czaja <sup>36</sup> (1962)
<i>Quercus robustus</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Populus alba</i>	Cemento	-	Reducción del crecimiento	Bohne <sup>37</sup> (1963)
<i>Tsuga canadensis</i>	Piedra caliza	14.2	-	Manning <sup>38</sup> (1971)
<i>Acer rubrum</i> , <i>Quercus prinus</i> , <i>Quercus rubra</i> , <i>Liriodendron tulipifera</i>	Piedra caliza	14.2	Reducción del crecimiento	Brandt & Rhoades <sup>39</sup> (1972 - 1973)
<i>Psidium guayava</i>	Cemento	1.8 - 47.5	Incremento de los niveles de Ca, K, Na y P	Lal & Ambasht <sup>40</sup> (1982)
<i>Populus nigra</i> & <i>Prunus laurocerasus</i>	De construcción de edificios	-	Incremento de la temperatura de las hojas	Steinhubel & Halas <sup>41</sup> (1967)

Tabla 1.5 Continuación

<i>Populus tremula</i>	Sílica inerte	1.0	Reducción de la resistencia	Fluckiger <sup>42</sup> (1979)
<i>Populus tremula</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Fraxinus excelsior</i>	Polvo de roca	-	Reducción de la resistencia	Fluckiger <sup>42</sup> (1979)
<i>Rhododendron catawbiense</i>	Polvo de roca	-	Incremento de la absorción del sol	Eller & Brunner <sup>43</sup> (1975)
<i>Populus tremula</i> , <i>Acer campestre</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Alnus glutinosus</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Quercus spp.</i>	Polvo de roca	1.0 – 1.05	Incremento de la temperatura de las hojas	Fluckiger <sup>44</sup> (1978)
<i>Fraxinus excelsior</i>	Polvo de roca	-	Reducción de la resistencia	Fluckiger <sup>45</sup> (1982)
<i>Abies alba</i>	Polvo de roca	-	Reducción del crecimiento e incremento de los niveles de Pb y NO <sub>x</sub>	Braun & Fluckiger <sup>46</sup> (1987)
<i>Fraxinus excelsior</i>	Polvo de roca	-	Incremento de la temperatura en las hojas	Guggenheim <sup>47</sup> (1980)
<i>Mangifera indica</i> , <i>Citrus limon</i>	Cenizas	4.5 – 30.0	Reducción del crecimiento, defoliación y lesiones en las hojas y frutos	Rao <sup>48</sup> (1971)

Como conclusión, se puede decir que los efectos del polvo en las comunidades de plantas y árboles alteran el balance natural entre las especies y la comunidad. Estos cambios en la vegetación también alteran el desarrollo normal de las comunidades de animales, desde vertebrados hasta invertebrados; dado que la salud de un animal puede sufrir cuando éste se alimenta de plantas cubiertas por un particulado tóxico. Dichos compuestos pueden ser absorbidos por los tejidos de las plantas o pueden permanecer como contaminantes sobre la superficie de las mismas. La fluorosis en los animales ha sido atribuida a la ingestión de vegetación cubierta con partículas que contengan flúor. El ganado vacuno y bovino que ha ingerido la vegetación sobre la que se han asentado partículas que contengan arsénico han sido víctimas de envenenamiento por arsénico.

### **1.4.3 EFECTOS DE LAS PARTÍCULAS EN EL AIRE SOBRE LA SALUD HUMANA**

Las partículas solas o en combinación con otros contaminantes representan un peligro muy grave para la salud humana<sup>16</sup>. Los contaminantes entran principalmente al cuerpo humano por las vías respiratorias. Los daños a los órganos respiratorios pueden presentarse directamente, ya que se ha estimado que más del 50% de las partículas entre 0.01 y 0.1 $\mu$ m que penetran a las cavidades pulmonares se depositan allí. Las partículas pueden tener un efecto tóxico de una ó más de las tres maneras siguientes:

1. La partícula puede ser intrínsecamente tóxica debido a sus características inherentes químicas o físicas
2. La partícula puede interferir con uno o más de los mecanismos que despejan usualmente el aparato respiratorio
3. La partícula puede actuar como un conductor a una sustancia tóxica absorbida

Es extremadamente difícil obtener una relación directa entre la exposición a varias concentraciones de partículas y los efectos resultantes sobre la salud del hombre. Lo prolongado del tiempo de exposición es importante. Se ha observado en algunos casos,

que la exposición a las partículas en combinación con otros contaminantes, como el  $\text{SO}_2$ , produce un mayor deterioro de la salud que la exposición separada a cada contaminante. Ha sido necesario hasta la fecha tener que depender de los análisis estadísticos de datos tales como el aumento en los ingresos en los hospitales y clínicas, mortalidad, etc., para tener idea de los efectos combinados de las partículas en el aire sobre la salud humana. Entre las enfermedades más comunes encontramos:

- Infecciones respiratorias
- Afecciones cardíacas
- Bronquitis
- Asma
- Pulmonía
- Enfisema y otras semejantes

Aparte, hay que recordar que gran parte de las partículas en la atmósfera es de naturaleza carcinogénica, especialmente cuando se asocia con el tabaquismo.

#### **1.4.4 — FUENTES DE MATERIA PARTICULADA**

Las fuentes estacionarias de emisiones de partículas se pueden dividir en clases tales como domésticas y comerciales, industriales y de energía. Las principales fuentes industriales de la contaminación por partículas se indican en la Tabla 1.6. Por otro lado, se ha dicho acertadamente que la prevención de la contaminación del aire proveniente de fuentes industriales se inicia dentro de la fábrica o planta y para lograrlo hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Limpieza de los gases
- Reubicación de la fuente
- Sustitución del combustible
- Cambios en el proceso
- Práctica operatoria buena
- Clausura de la fuente

**Tabla 1.6 Principales fuentes industriales de contaminación por partículas**

<b>INDUSTRIA</b>	<b>FUENTES DE EMISIÓN</b>	<b>PARTÍCULAS</b>	<b>MÉTODO DE CONTROL</b>
<i>Fábricas de hierro y acero</i>	Altos hornos, hornos para la producción de acero, máquinas de sinterización	Óxidos de Fe, polvo de humo	Ciclones, casas de bolsas, precipitadores electrostáticos, colectores húmedos
<i>Fundiciones de hierro gris</i>	Hornos de cubilote, sistemas de vibración, fabricación de núcleos	Óxido de Fe, humo, polvo aceitoso, vapores metálicos	Lavadores, colectores centrífugos secos
<i>Metalurgia no ferrosa</i>	Fundiciones y hornos	Humo, vapores metálicos, grasas	Precipitadores electrostáticos, filtros de tela
<i>Refinerías de petróleo</i>	Regeneradores de catalizador, incineradores de lodos	Polvo del catalizador, ceniza de los lodos	Ciclones, precipitadores electrostáticos, lavadores, casas de bolsas
<i>Cemento Portland</i>	Hornos, secadores, sistema de manejo de materiales	Polvos de proceso y alcalinos	Filtros de tela, precipitadores electrostáticos, colectores mecánicos
<i>Fábrica de papel Kraft</i>	Hornos de recuperación, hornos de cal, tanques de beneficio	Polvos de origen químico	Precipitadores electrostáticos, lavadores venturi
<i>Manufactura de ácido fosfórico y sulfúrico</i>	Procesos térmicos, acidulación de las rocas, molienda	Neblina ácida, polvos	Precipitadores electrostáticos, eliminadores de malla para la neblina

**Tabla 1.6 Continuación**

<b>INDUSTRIA</b>	<b>FUENTES DE EMISIÓN</b>	<b>PARTÍCULAS</b>	<b>MÉTODO DE CONTROL</b>
<i>Manufactura del coque</i>	Operación de las estufas, manejo de los materiales a templar	Polvos de carbón y de coque, alquitranes del carbón	Diseño cuidadoso, operación y mantenimiento
<i>Vidrio y fibra de vidrio</i>	Hornos, formación y curado, manejo	Neblina ácida, polvos alcalinos, polvo y aerosoles	Filtros de tela, incineradores
<i>Cerámica</i>	Procesos de prensado, almacenamiento y manejo del material	Polvo de roca, proveniente de la materia prima	Precipitadores electrostáticos, filtros de bolsas

#### 1.4.5 NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE EMISIÓN PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE

La existencia de la contaminación del aire y la necesidad de una legislación para proteger la salud y el bienestar de la población en general, no son fenómenos modernos. En la Inglaterra del siglo XIII, la combustión del carbón bituminoso contaminaba la atmósfera de las áreas urbanas, en un grado tal que en 1273, el gobierno inglés promulgó una ley a fin de reducir la contaminación del aire procedente de dicha fuente. No obstante no fue sino hasta la década del 40 del siglo XX en Estados Unidos de América, que se iniciaron los esfuerzos para controlar la contaminación del aire.

Las *normas de emisión* colocan esencialmente un límite sobre la concentración de un contaminante que pueda ser emitido por una fuente. A fin de mantener o mejorar la calidad del aire ambiental, es necesario que las industrias sean controladas por normas de emisión. Estas normas de funcionamiento reflejan usualmente el grado máximo de

control de la emisión que se considera obtenible en dicha industria con la presente tecnología. Por lo tanto, las normas de emisión pueden resultar más estrictas según mejora con el tiempo el funcionamiento del equipo de control. Para el establecimiento de las normas de emisión se deben tener en cuenta los siguientes factores:

1. La *disponibilidad de tecnologías* que sean apropiadas para efectuar la limpieza de un determinado tipo de industria. En algunos casos puede que un avance tecnológico muestre solamente una promesa de disponibilidad.

2. Se deben establecer *estaciones de muestreo* para medir las emisiones actuales de la industria y la calidad del aire ambiental; de manera que se pueda establecer la eficiencia de las normas o patrones.

3. Se *habrán de organizar las oficinas reglamentadoras* para resolver las dificultades que puedan presentarse en la medición y aplicación de las normas. Las normas de emisión serán inútiles a menos que se le confiera a las autoridades locales el poder para imponerlas y multar a los infractores. Y si las autoridades locales se enfrentan a casos difíciles de resolver, se deberá prever la intervención de las autoridades nacionales.

4. Como quizá estén presentes diferentes contaminantes en las regiones de control, se deben establecer claramente los efectos sinérgicos de dichos agentes en particular. Puede que no baste con establecer normas de contaminación para los contaminantes individuales, sobre la base de sus efectos aislados.

5. En muchas áreas urbanas, es necesario preparar un modelo de difusión que pronostique con razonable exactitud, los efectos de la reducción de varias de las emisiones sobre la calidad del aire ambiente.

6. Se debe hacer una estimación del crecimiento futuro de la industria y la población dentro de la región. El conocimiento de los factores de crecimiento constituye una consideración extremadamente importante en la determinación de las normas de emisión.

La Tabla 1.7 muestra las normas mexicanas de control de la contaminación del aire que actualmente están en vigencia, así como un resumen de la aplicabilidad de cada una de ellas.

**Tabla 1.7 Resumen de las normas oficiales mexicanas, actualmente en vigencia, en materia de control de emisiones a la atmósfera**

<b>NORMAS</b>	<b>IMPLICANCIA</b>
<b>NOM-039-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de SO <sub>2</sub> y SO <sub>3</sub> y neblinas de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , en plantas productoras de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>NOM-040-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas, así como los requisitos de control de emisiones fugitivas, provenientes de fuentes fijas dedicadas a la fabricación de cemento
<b>NOM-041-ECOL-1996</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de gases contaminantes, provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible
<b>NOM-042-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de hidrocarburos no quemados, CO y NO, provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas l.p., gas natural y otros combustibles alternos, con peso bruto vehicular de 400 a 3 857 Kg.
<b>NOM-043-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas

**Tabla 1.7 Continuación**

<b>NORMAS</b>	<b>IMPLICANCIA</b>
<b>NOM-044-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de hidrocarburos, CO y NO <sub>x</sub> , partículas suspendidas totales y opacidad del humo provenientes del escape de vehículos automotores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizan para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3 857 Kg.
<b>NOM-045-ECOL-1996</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.
<b>NOM-046-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de SO <sub>2</sub> , neblinas de SO <sub>3</sub> y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> proveniente de procesos de producción de ácido dodecibencensulfónico en fuentes fijas.
<b>NOM-048-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de hidrocarburos, CO y humo, provenientes del escape de motocicletas en circulación que usan gasolina o mezclas de gasolina-aceite como combustible.
<b>NOM-050-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gas l.p., gas natural u otros combustible alternos
<b>NOM-051-ECOL-1993</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles en peso de azufre, en el combustible líquido gasóleo industrial que se consuma por las fuentes fijas

**Tabla 1.7 Continuación**

<b>NORMAS</b>	<b>IMPLICANCIA</b>
<b>NOM-075-ECOL-1995</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de los separadores agua-aceite de las refinerías de petróleo
<b>NOM-076-ECOL-1995</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de hidrocarburos no quemados, CO y NO <sub>x</sub> , provenientes del escape, así como hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas l.p., gas natural y otros combustibles alternos, y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3 857 Kg.
<b>NOM-085-ECOL-1994</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, SO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> y los requisitos y condiciones de operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión.
<b>NOM-097-ECOL-1994</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material participado y NO en los procesos de fabricación de vidrio.
<b>NOM-EM-102-ECOL-1995</b>	Norma Oficial Mexicana de Emergencia, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de gases contaminantes proveniente del escape de vehículos automotores en circulación en el Valle de México que usan gasolina, gas l.p., gas natural, etanol y metanol, así como las posibles combinaciones de estos con gasolina ó diesel.

**Tabla 1.7 Continuación**

<b>NORMAS</b>	<b>IMPLICANCIA</b>
<b>NOM-105-ECOL-1996</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total, provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.
<b>NOM-121-ECOL-1997</b>	Norma Oficial Mexicana, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (cov's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros.
<b>NOM-128-ECOL-1998</b>	Norma Oficial Mexicana de Emergencia, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas l.p., gas natural y diesel, con peso bruto vehicular que no exceda los 3 856 Kg.

De todas estas normas que hacen referencia a los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera, las que se aplican a la industria cerámica son solo las:

- **NOM-043-ECOL-1993**
- **NOM-040-ECOL-1993**

Ellas son las que principalmente se tendrán en cuenta en la realización del presente trabajo.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 EFICIENCIA DE LA COLECCIÓN DE PARTÍCULAS

Un parámetro<sup>16</sup> para evaluar si el método utilizado para coleccionar partículas es el adecuado es mediante la *eficiencia total de colección*  $\eta_o$ . Este parámetro se emplea para indicar el nivel de operación de un dispositivo para la limpieza de gases, entre ellos el aire. La fórmula que la representa es:

$$\eta_o = \frac{C}{A} = \frac{C}{B+C} = \frac{A-B}{A},$$

siendo:

A: carga o concentración de partículas que entran

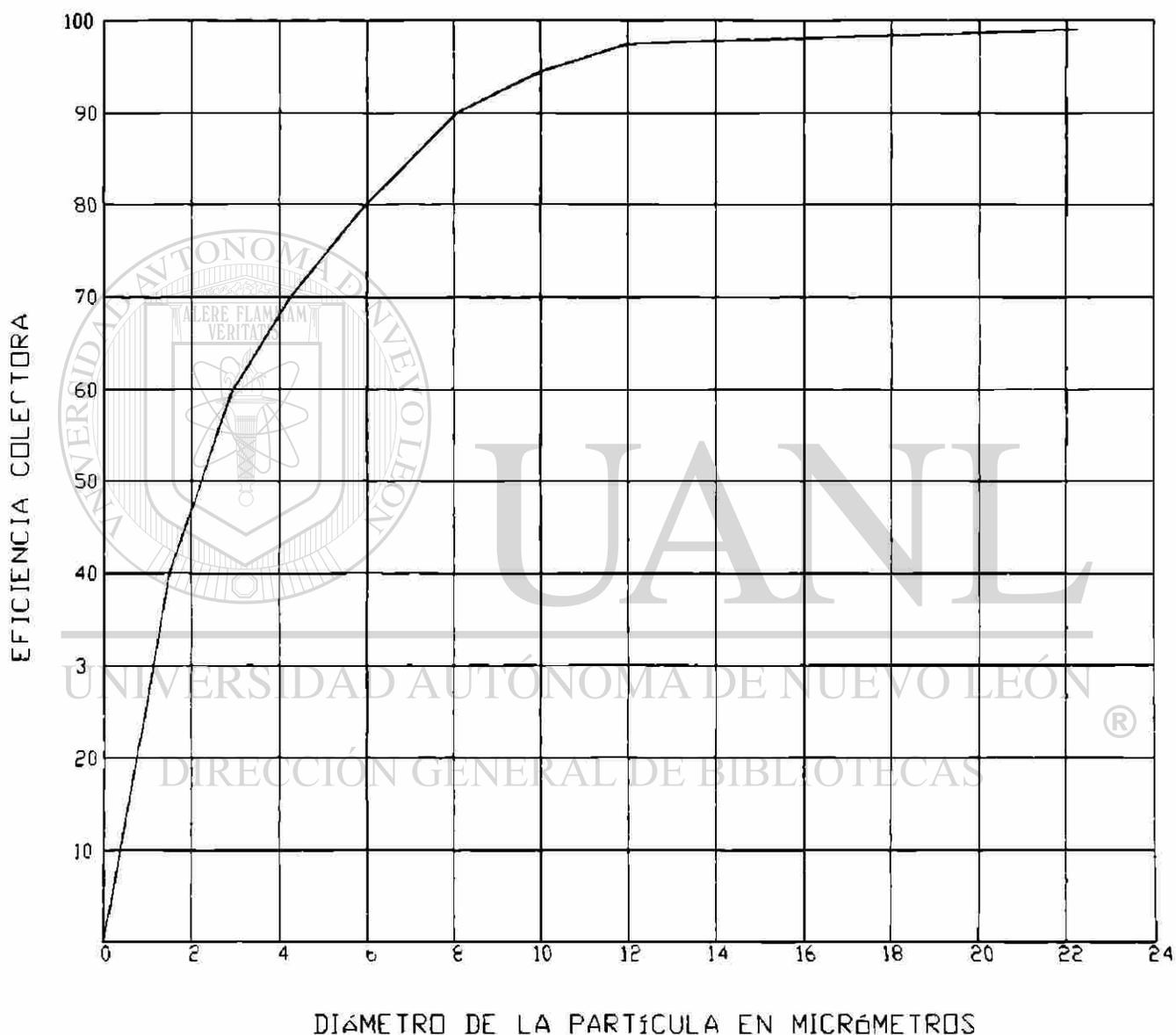
B: carga o concentración de las partículas que salen

C: cantidad atrapada o retenida por el dispositivo de limpieza

Los valores de A, B y C se han de expresar en unidades consistentes. En general, la eficiencia total de colección, por peso, se pronostica con el conocimiento de:

- La distribución en masa o peso entre el tamaño de las partículas de polvo considerado
- La eficiencia de colección como una función del diámetro de la partícula

El graficado de estos últimos datos se conoce como la curva del grado de eficiencia y la Figura 2.1 muestra una curva hipotética, que es la típica de algunos colectores, en la cual se observa que la eficiencia de colección aumenta en forma proporcional con el tamaño de la partícula.



**Figura 2.1** Curva hipotética de la eficiencia colectora, como función del diámetro de la partícula

Sin embargo, es común caracterizar toda una colección de partículas mediante un solo valor de diámetro. Los diámetros típicos utilizados con este fin son el *diámetro modal*, el *diámetro mediano* y el *diámetro medio*.

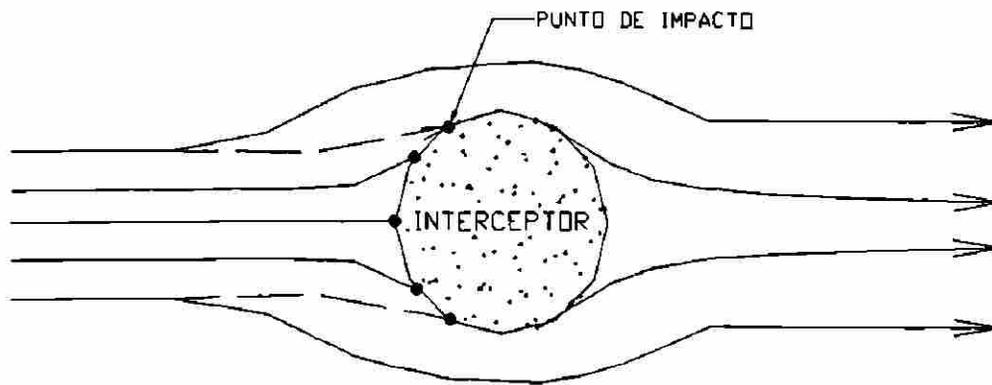
- El *diámetro modal*, se define como aquel diámetro en donde ocurre el mayor número de partículas
- El *diámetro mediano* ( $d_{NM}$ ), se define como aquel diámetro para el que el 50% de las partículas son mayores ó menores que el  $d_{NM}$
- El *diámetro medio* ( $d_M$ ), se define como aquel diámetro resultante de sumar todos los valores de la variable, que luego se divide por la suma del número total de muestras

## 2.2 MECANISMOS DE COLECCIÓN DE LAS PARTÍCULAS

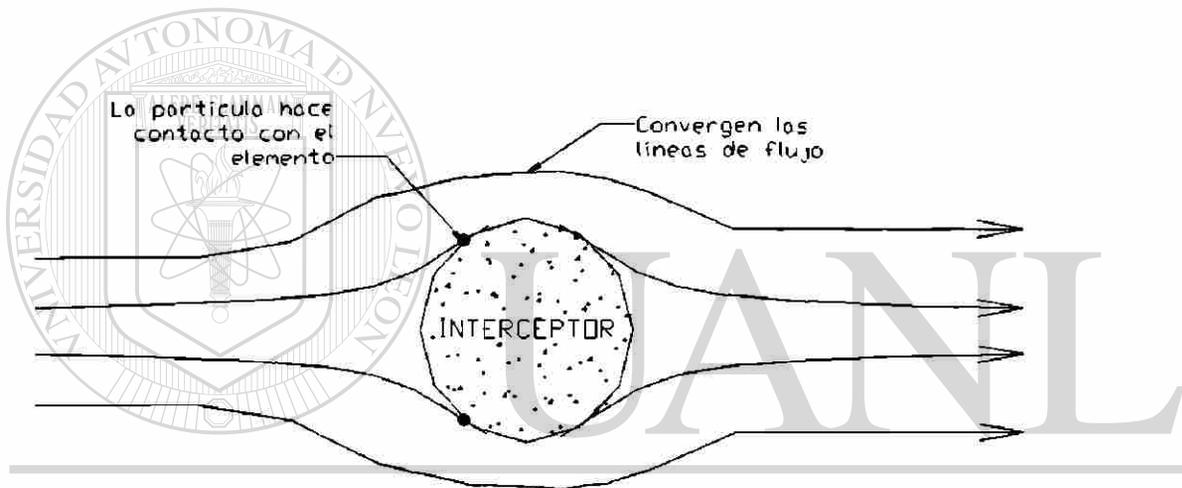
Los seis mecanismos disponibles para la colección de las partículas se pueden clasificar como:

- Sedimentación por gravedad
- Impactación centrífuga
- Impactación por inercia
- Intercepción directa
- Difusión
- Por efectos electrostáticos

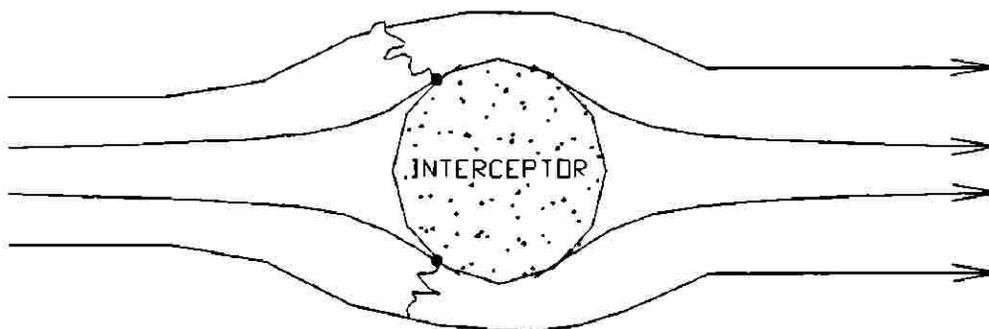
La Figura 2.2 ilustra modelos sencillos de los mecanismos de impactación por inercia, intercepción directa y difusión. Las partículas son arrastradas a aproximadamente la misma velocidad que la del gas en la tubería. Debido a su extrema ligereza, el gas se mueve en flujo laminar alrededor de cualquier objeto, en su camino. Sin embargo; la partícula sólida, con una masa mucho mayor, resiste los cambios de movimiento. Mientras mayor sea la partícula, menor será su tendencia a cambiar de dirección.



a- impactación por inercia



b- intercepción directa



c- difusión

**Figura 2.2** Tres mecanismos para la eliminación mecánica de partículas

La *impactación por inercia* que se muestra en la Figura 2.2.a, está asociada con las partículas relativamente grandes que viajan en una ruta de colisión con el interceptor. La inercia las mantiene en su recorrido, a pesar de que el gas tiende a desviarse y pasar alrededor del interceptor. En la *intersección directa*, ilustrada en la Figura 2.2.b, algunas de las partículas más pequeñas, a pesar de que tienden a seguir el flujo laminar, pueden hacer contacto con el interceptor en el punto de mayor acercamiento. Finalmente la colección por *difusión* se muestra en la Figura 2.2.c. En este caso, las partículas muy pequeñas chocan contra el colector como resultado del movimiento browniano molecular aleatorio o difusión.

### 2.3 EQUIPO DE CONTROL DE PARTÍCULAS

Es necesario determinar cierto número de factores antes de poder hacer una apropiada selección del equipo de colección. Entre los datos requeridos más importantes se encuentran los siguientes:

- Propiedades físicas y químicas de las partículas
- Intervalo de la tasa de flujo volumétrico de la corriente de gas
- Intervalo de las concentraciones de las partículas
- Temperatura y presión de la corriente de flujo
- Humedad
- Naturaleza de la fase gaseosa, por ejemplo la corrosividad y la solubilidad
- Condición requerida por el efluente tratado

Este último elemento de información indica la eficiencia de colección que se ha de cumplir. A continuación se presentan las cinco clases básicas de equipos de colección de partículas:

1. Cámaras de sedimentación por gravedad
2. Separadores ciclónicos o centrífugos
3. Colectores húmedos
4. Filtros de tela

## 5. Precipitadores electrostáticos

Dentro de una misma clase de dispositivos pueden tenerse diferentes nombres descriptivos, basados en sus diferencias individuales de operación y construcción. La Tabla 2.1 ilustra las características generales de algunos equipos colectores mecánicos.

**Tabla 2.1 Equipos colectores mecánicos**

<b>TIPO DE COLECTOR</b>	<b>ESPACIO</b>	<b>CAUDAL cfm</b>	<b>EFICIENCIA EN PESO</b>	<b>CAÍDA DE PRESIÓN pulg.H<sub>2</sub>O</b>	<b>TEMP. °F</b>	<b>ENERGÍA HP por 1000 cfm</b>
<i>Cámara de sedimentación</i>	grandes	espacio	Buena, por encima de 50µm	0.2 – 0.5	700 a 1 000 °F	0.04 – 0.12
<i>Ciclón convencional</i>	grandes	Normal, hasta 50 000	Aprox. 50% con 20 µm	1 – 3	700 a 1 000	0.24 – 0.73
<i>Ciclón de alta eficiencia</i>	medias	Normal, hasta 12 000	Aprox. 80% con 10 µm	3 - 5	700 a 1 000	0.73 – 1.2
<i>Ciclones de tubos múltiples</i>	pequeñas	Normal, hasta 100 000	Aprox. 90% con 7 ½ µm	4.5	700 a 1 000	1.1
<i>Precipitador dinámico</i>	pequeñas	17 000	Aprox. 80% con 15 µm	Sin pérdida, verdadero ventilador	700	40 al 50%

### 2.3.1 FILTROS DE TELA

De las cinco clases anteriormente nombradas de colección de polvos en interiores, se describirá la que utiliza *filtros de tela*, dado que es la que se utilizará para controlar el polvo en el microambiente de la planta.

La filtración es uno de los métodos más antiguos y de uso más generalizado para la separación de partículas del gas que lo transporta. En general, un filtro es cualquier estructura porosa compuesta de material granular o fibroso que tiende a retener las partículas según pasa el gas que lo arrastra, a través de los espacios vacíos del filtro. El filtro se construye con cualquier material compatible con el gas y las partículas, y se puede disponer en lechos profundos, colchones o telas. Los *filtros de colchones y lechos profundos* tienen grandes espacios vacíos que llegan del 97 a 99% del volumen total. Se utilizan para cargas de polvos muy ligeras y están diseñados para permanecer en servicio durante largos períodos. Por lo general se limpian en el mismo lugar, periódicamente a intervalos relativamente cortos. Los *filtros de tela* se forman generalmente dentro de tubos cilíndricos y se cuelgan en hileras múltiples para proporcionar grandes áreas superficiales para el paso del gas. Los filtros de tela tienen eficiencias de 99% ó más, cuando colectan partículas de 0.5  $\mu\text{m}$ , y pueden remover cantidades considerables de partículas de 0.01  $\mu\text{m}$ . Las cargas típicas de polvo manipuladas oscilan entre 0.1 g/pie<sup>3</sup> y 10 g/pie<sup>3</sup> de gas.

Las telas tejidas tienen casi siempre relaciones entre el espacio de aire y el área de la tela de 1:1 a 5:1; por lo tanto, debe haber otro fenómeno distinto de la simple acción de tamiz que sea responsable de la separación inicial de las partículas. De los seis mecanismos generales para la colección de partículas, los más importantes son impactación por inercia, intersección directa y difusión. La atracción electrostática puede usarse sólo en cierto tipos de polvos. Las partículas mayores de 1 $\mu\text{m}$  se colectan principalmente por impactación e intersección directa; mientras que las partículas entre 0.001 a 1  $\mu\text{m}$  se remueven principalmente por difusión y atracción electrostática. Una de las desventajas de los filtros de tela es la necesidad de limpiarlos con frecuencia a fin de evitar caídas de presión irrazonables, de aquí resulta que el diseño básico de los filtros industriales, se basa por lo general, en unas condiciones geométricas que se presten a una relativa facilidad de limpieza. No obstante, otra consideración geométrica debe ser la

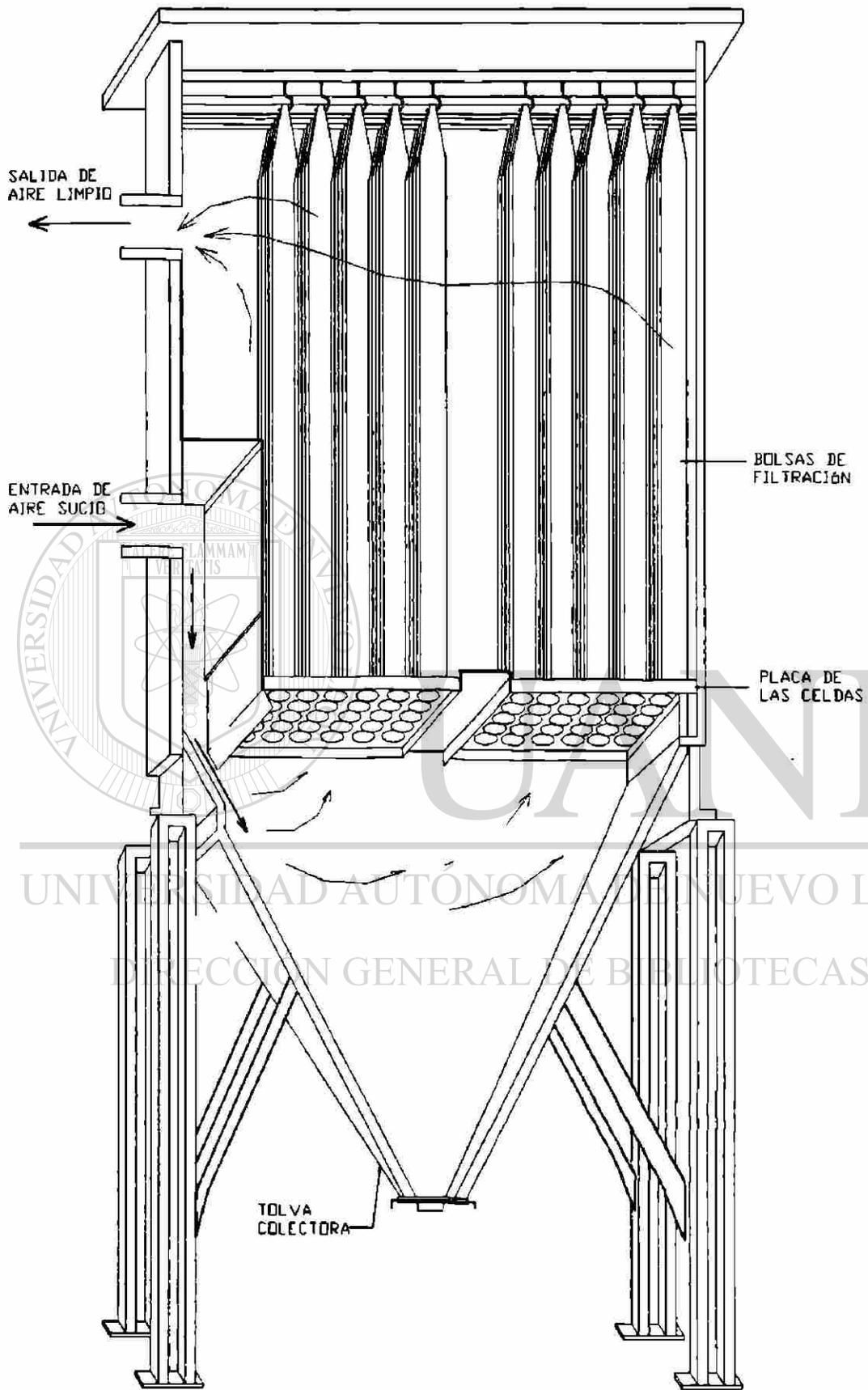
que estipule una gran área superficial por gasto volumétrico de gas contaminado. El inverso de esta relación se conoce como la *relación aire a tela* o la *relación de filtración*, y los valores óptimos van desde 1 a 8 pies/min. Ésta es también la velocidad superficial del gas. Un método básico de ajustarse a estos criterios es un sistema colector basado en la *casa de bolsas*, que se muestra en la Figura 2.3. Los cilindros de tela con diámetros que oscilan entre 5 y 14 pulgadas, y con longitudes de hasta 40 pies, se disponen en hileras verticales. Será necesario utilizar muchas bolsas individuales en una casa de bolsas cuando sea necesario limpiar grandes volúmenes de gas.

Por lo general, el gas impuro entra en la bolsa desde abajo y pasa a través de la tela, mientras que las partículas se depositan en el interior de la bolsa. A pesar de que existe una amplia variedad de diseños para las casas de bolsas, en general se pueden clasificar por el método de limpieza y por su operación, que puede ser periódica o intermitente y automática o continua, pudiéndose cerrar parte de la casa de bolsas a intervalos regulares a fin de proceder a la limpieza. La *operación automática continua* se requiere cuando no sea deseable o práctico el cierre periódico. La *operación intermitente* requiere detener totalmente el proceso a fin de limpiar la tela de los filtros. El gas impuro deja de pasar por el equipo durante el ciclo de limpieza. Este tipo de diseño tiene un uso limitado, ya que son muy pocos los efluentes que se pueden descargar a la atmósfera, aun sobre una base temporal.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
La limpieza se efectúa en una diversidad de maneras, que incluyen: ®  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- la vibración mecánica o sacudidas
- choque de impulso
- flujo invertido

En la Figura 2.3 se muestra un colector tipo casa de bolsas equipado con sacudimiento mecánico. Este tipo de limpieza proporciona frecuentemente el costo más bajo por tasa de flujo volumétrico. La máxima velocidad de filtración para la casa de bolsas con sacudimiento, y que utilizan telas tejidas, está en el intervalo de 2 a 3.5 pie/min.



**Figura 2.3 Casa típica de bolsas con sacudimiento mecánico**

En la Figura 2.4 se ilustra el sistema de *choques de impulso*. Las partículas se acumulan en la parte exterior de las bolsas. En un instante apropiado, se dirige un corto impulso hacia abajo, a través de un *venturi* situado en la parte superior de la bolsa. El impulso pasa rápidamente hacia la parte inferior de la bolsa desprendiendo de la misma grandes capas de polvo. Estos grandes trozos de polvo se asientan por gravedad en el fondo de la casa de bolsas. Como el tiempo de limpieza de bolsa es muy corto, y sólo una fracción de las bolsas se limpia cada vez, se mantiene un flujo continuo a través de la casa de bolsas. Las velocidades típicas de filtración en una casa de bolsas equipada con choques de impulso está dentro del intervalo de 5 a 15 pie/min, dependiendo de su aplicación. La altura de las bolsas en este caso es en general de 15 pies, ya que el fondo de las bolsas extremadamente largas con frecuencia no queda limpio.

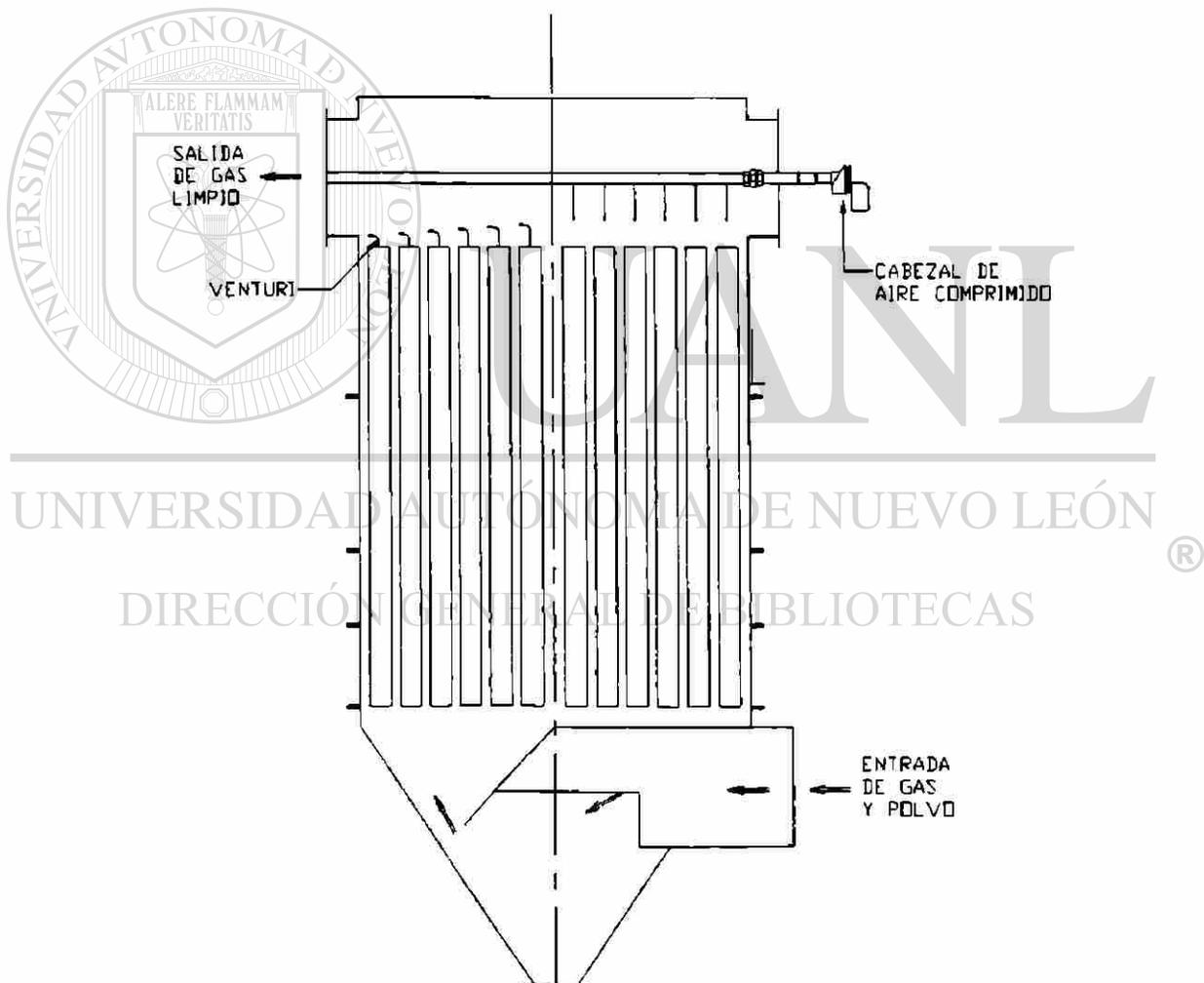


Figura 2.4 Croquis de una casa de bolsas con limpieza por impulsos

Se dispone de una gran variedad de telas. Entre las de uso común se encuentran:

- la lana
- el algodón
- el nylon
- las fibras de vidrio
- los poliésteres
- las poliamidas aromáticas

La selección de la tela depende de la composición química, la temperatura y contenido de humedad del gas, así como de las propiedades fisicoquímicas de las partículas. La composición química de la corriente de gas, como de las partículas, ejerce un efecto sobre la tasa a la que se desgasta la tela. A pesar de que una tela de algodón o lana sería aceptable para un gas hasta una temperatura de 175 a 200°F, una de fibra de vidrio es más adecuada cuando la temperatura del gas se acerca a los 500°F. Este último valor de temperatura es aproximadamente el límite superior actual, a pesar de que se continúa con las investigaciones para encontrar nuevas fibras, enfatizando en el aumento de temperatura de operación más allá de los 500°F.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



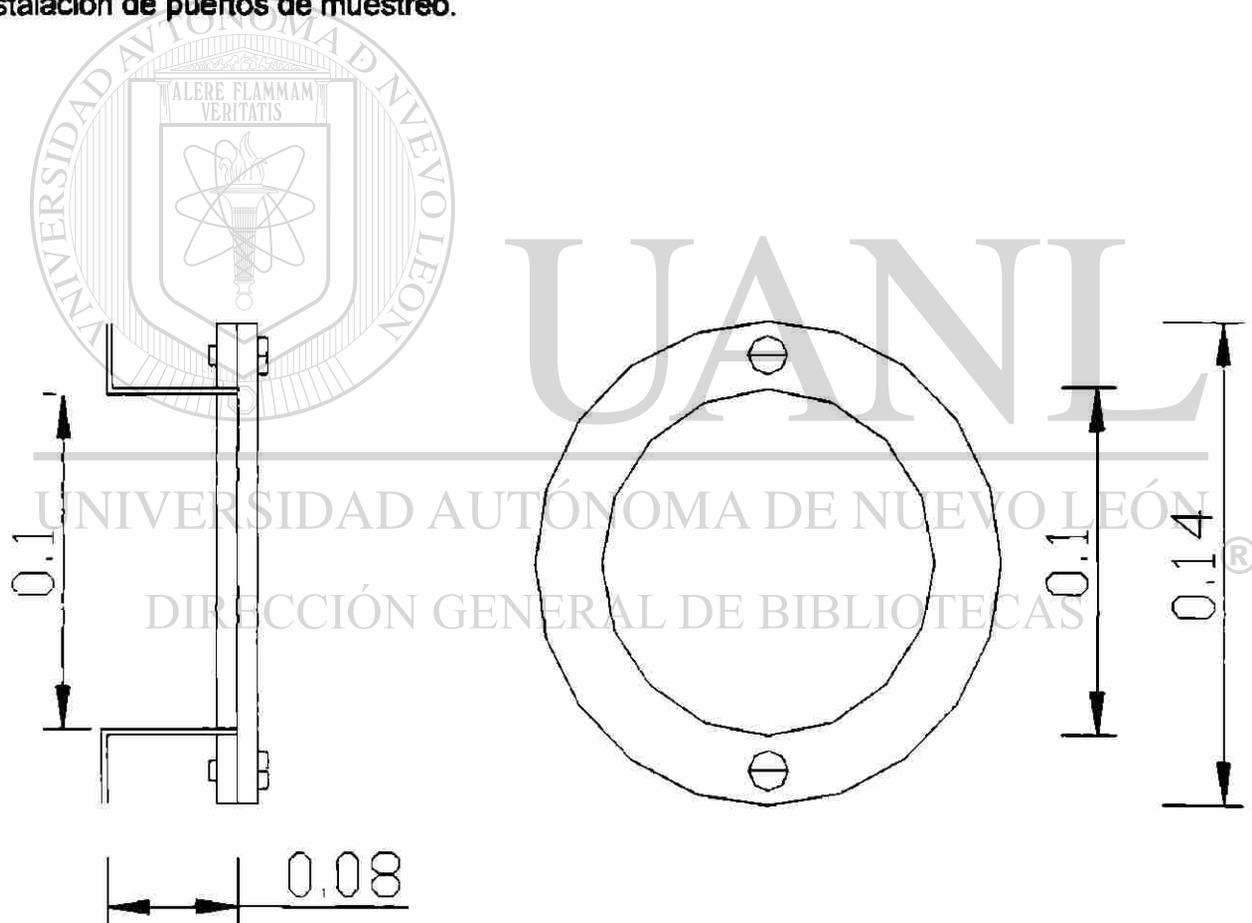
## 2.4 PUERTOS DE MUESTREO

En los colectores de polvo se hace imprescindible la instalación de *puertos de muestreo* en las chimeneas. Los puertos de muestreo tienen como finalidad permitir un acceso rápido y preciso al interior de la chimenea, para que se pueda introducir a través de ellos una *sonda* que permita analizar la composición y calidad de los gases de escape.

Instalar los puertos de muestreo, incluye la instalación la *plataforma de trabajo* y de la *escalera marina*, para tener acceso a dicha plataforma. Las normas mexicanas encargadas de regular la construcción de dichas instalaciones son:

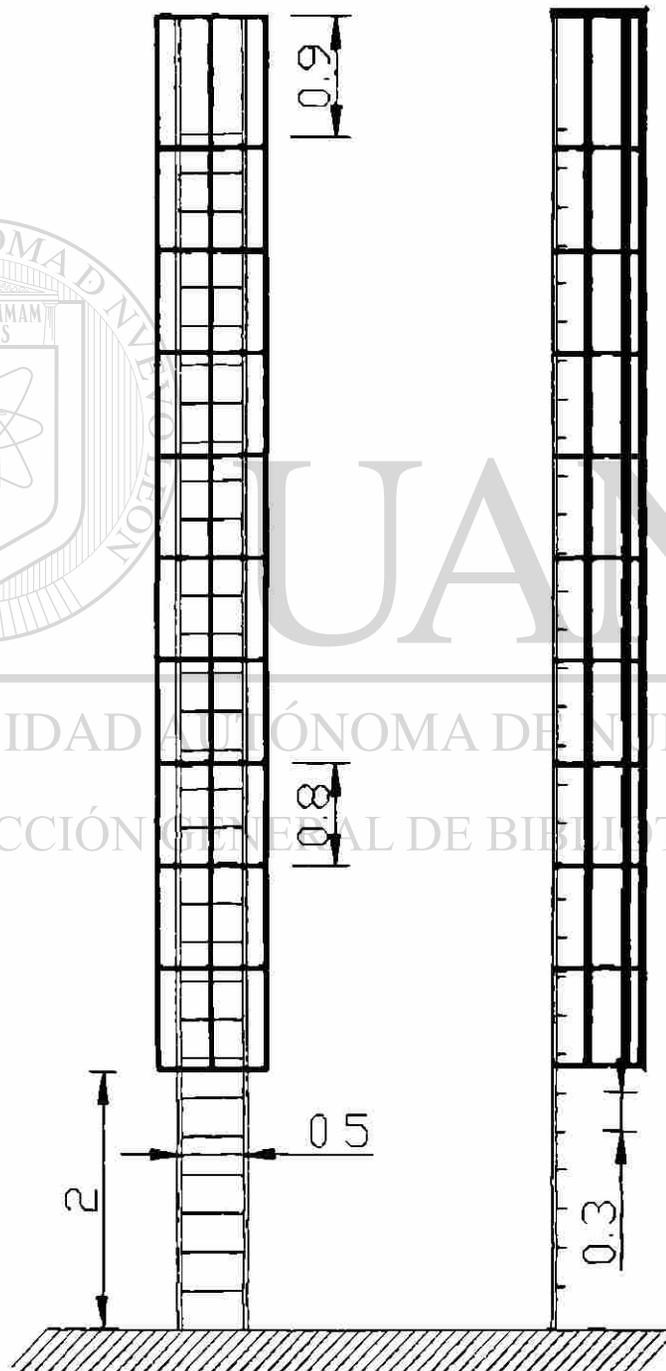
- **NMX-AA-09-1993-SCFI:** norma mexicana que indica las dimensiones recomendadas para los puertos de muestreo y la distancia a la cual se deben encontrar éstos sobre la chimenea. Esta misma norma también hace referencia al tamaño que debe tener la plataforma de trabajo y el lugar óptimo para su ubicación
- **NOM-001-STPS-1999:** esta norma hace referencia a las dimensiones con las que debe contar la escalera marina, por medio de la cual se accede a la plataforma de trabajo

La Figura 2.5 ilustra las dimensiones recomendadas por la norma, para la instalación de puertos de muestreo.



**Figura 2.5** Vista lateral y frontal del puerto de muestreo y sus dimensiones

La norma indica que los puertos de muestreo se deben colocar a una altura tal que conserve la relación de ocho diámetros corriente arriba de la última perturbación del flujo, ocasionado por expansión, contracción, codo, ventilación u otro; y dos diámetros a la salida. Las plataformas deberán ser circulares o de media luna, con un radio de 1.2m y una altura de 1m; mientras que la *escalera marina* debe cumplir con las especificaciones indicadas en la Figura 2.6.



**Figura 2.6** Vista lateral y frontal de la escalera marina

La Figura 2.7 ilustra la disposición del conjunto puerto de muestreo, plataforma de trabajo y escalera marina.

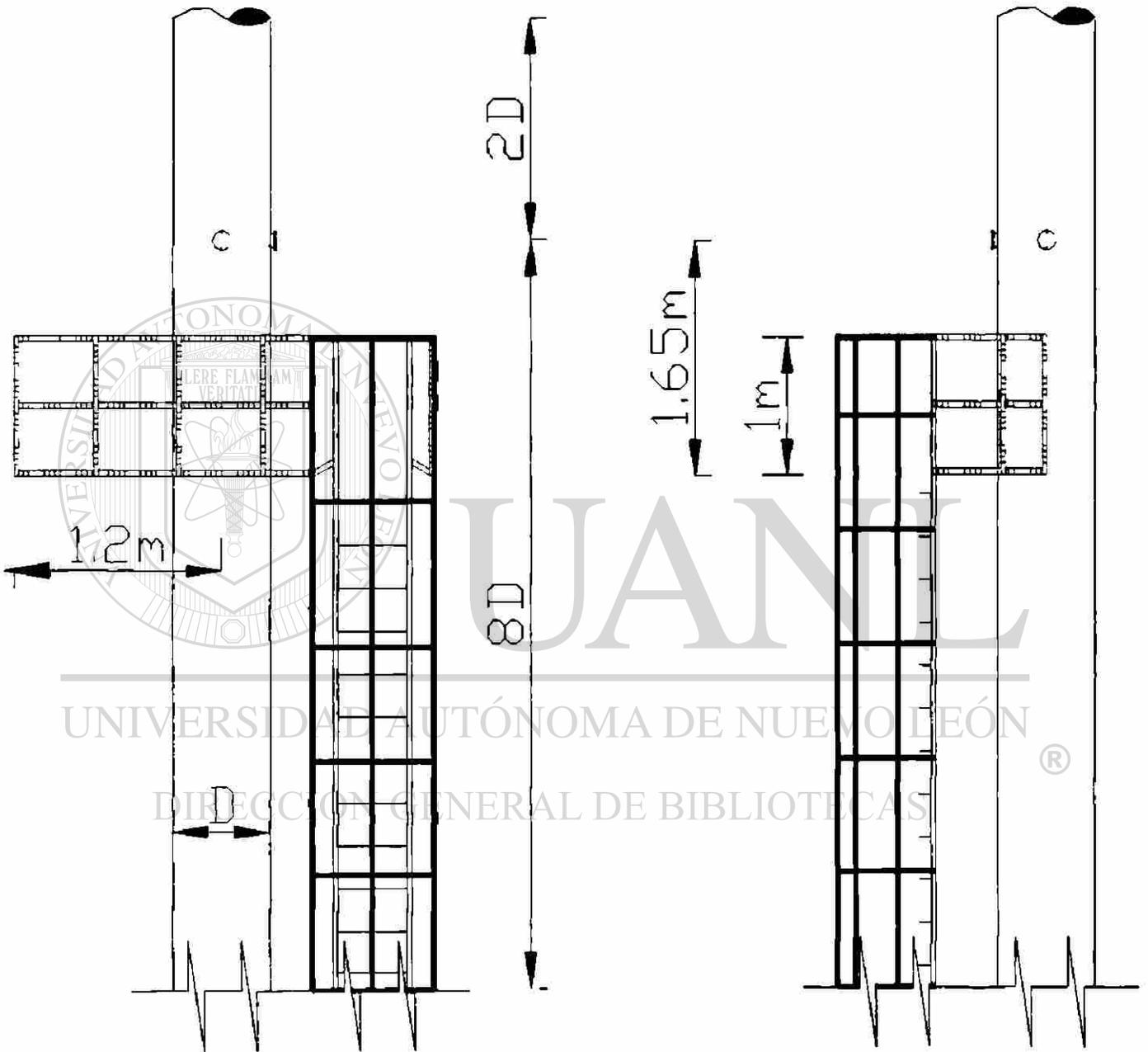


Figura 2.7 Vista lateral y frontal de la disposición de los puertos de muestreo, de la plataforma de trabajo y de la escalera marina

## **CAPÍTULO 3**

### **GENERACIÓN DE POLVOS EN LA INDUSTRIA CERÁMICA**

#### **3.1 DESARROLLO**

Para realizar este trabajo se hizo un recorrido preliminar, se investigó en forma general la manera en la que opera la planta, luego se hizo un diagnóstico de la situación ambiental de la misma y se identificaron los problemas más urgentes de ser resueltos en el tema de control de partículas. Más adelante se revisó la información existente acerca del tema elegido y se hizo una lista de la información faltante. Después se realizaron análisis de laboratorio y finalmente se hizo la propuesta para solucionar el problema. Todo este proceso se desarrolló en las siguientes etapas:

##### **1. PRIMERA ETAPA**

- Se realizó un recorrido preliminar por las instalaciones de la empresa con el fin de conocer todos los procesos que allí se realizan: fabricación de azulejos, pisos, guarniciones o piezas especiales y ladrillos.
- Se hizo un diagnóstico de la actual situación de la empresa desde el punto de vista ambiental y se encontró que en:

## **AGUAS:**

- Exceso de consumo
- Contaminación del suelo, debido a la mala disposición de las aguas residuales, contaminadas con trazas de esmaltes
- No existen medidores que permitan cuantificar el consumo de este recurso

## **AIRE:**

- No existen lugares específicamente señalados para almacenar cada tipo de materia prima
- No existen vías de acceso perfectamente definidas por las cuales circule la maquinaria encargada de transportar la materia prima desde los almacenamientos a cielo abierto hasta el proceso
- Existe un exceso de partículas suspendidas, tanto en el micro ambiente de la planta, como en el exterior de la misma. Esto debido al manejo inadecuado de la materia prima, lo cual ocasiona pérdidas de la misma
- No se cuenta con un *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS* para el mantenimiento de los equipos colectores de polvos ya instalados

## **SUELO:**

- En la *LAGUNA DE RECUPERACIÓN DE ESMALTES*, los residuos de esmaltes están en contacto directo con el suelo
- No se cuenta con procedimientos para la atención en casos de *derrames*, en ninguna área de la planta

## **DISPOSICIÓN DE RESIDUOS:**

- No existe un almacén adecuado para disponer los residuos, en donde esté perfectamente señalados cuáles de ellos son peligrosos
- No existen vías de acceso que permitan la circulación de la maquinaria encargada de transportar los residuos, desde la planta hasta el lugar de su confinamiento final

- Se eligió atacar el problema de la contaminación atmosférica debido al exceso de partículas suspendidas en el medio ambiente de la planta

## 2. SEGUNDA ETAPA

De acuerdo con lo observado y la información proporcionada:

- Se realizaron análisis de laboratorio con el fin de determinar la composición físico químico del agua de las fosas de decantación
- Se realizaron pruebas, para determinar la velocidad de evaporación del agua en las arcillas o tierras

## 3. TERCERA ETAPA

- Se diseñó la propuesta para la colección de polvos en el micro ambiente de:

- Molienda de ladrillería
- Muros lado oriente

- Se diseñó la propuesta para la colección de polvos en los almacenamientos a cielo abierto de:

- Servicio directo
- Molienda de ladrillería

## 3.2 GENERALIDADES DE LA EMPRESA DONDE SE REALIZÓ EL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en una empresa dedicada a la fabricación de revestimientos cerámicos, ubicada en la Ciudad de Monterrey, en el estado de Nuevo León.

### 3.2.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS DE LA ZONA

La ciudad de Monterrey se encuentra ubicada a los 25° 40' de latitud norte y a 100° 19' de longitud oeste y a una altitud de 540 metros sobre el nivel del mar. El clima de la región corresponde al tipo de *semiseco muy cálido y cálido* en donde la temperatura media anual es de 22.1°C, siendo los meses más fríos diciembre y enero con temperaturas que promedian en 10°C y los más cálidos julio y agosto con temperaturas promedio de 30°C. La precipitación promedio anual es de 587.1 mm, la humedad es del 70% y los vientos dominantes del sudeste.<sup>49</sup>

La fisiografía de la zona indica que el accidente más importante es la *Sierra Madre Oriental*, específicamente los Pliegues Saltillo-Parras son los que afectan a la zona donde se encuentra ubicada la planta. La geología de la zona indica que en sus cercanías encontramos rocas de origen *sedimentario* correspondientes al periodo Cuaternario de la era Cenozoica y al período Cretácico de la era Mesozoica.

La hidrología de la región indica que la misma pertenece a la subcuenca del río San Juan; en particular, el río La Silla y el Arroyo Seco son límites naturales de la empresa, ambos afluentes del río Santa Catarina. En la zona existen mantos freáticos cuyas aguas tienen las características que se muestra en la Tabla 3.1. La misma hace referencia específica al pozo de Vigilancia ubicado en la planta objeto de estudio.

**Tabla 3.1 Análisis químico del agua del Pozo de Vigilancia**

<b>DETERMINACIÓN Ó COMPUESTO</b>	<b>VALOR OBTENIDO</b>	<b>LÍMITE PRÁCTICO DE CUANTIFICACIÓN</b>	<b>METODOLOGÍA UTILIZADA</b>
<b>MESOFÍLICOS AERÓBICOS (UFC/ml)</b>	MENOR A 10	NO APLICABLE	NOM-F-253-77
<b>COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)</b>	MENOR A 2	NO APLICABLE	NOM-AA-42-87
<b>pH</b>	7.59	NO APLICABLE	NMX-AA-08
<b>CONDUCTIVIDAD (µmhos/cm)</b>	1 299	NO APLICABLE	NMX-AA-93
<b>COLOR APARENTE</b>	MENOR AL LÍMITE	5 u.c.	NMX-AA-45
<b>ALCALINIDAD A LA FENOFTALEÍNA (mg/l DE CaCO<sub>3</sub>)</b>	MENOR AL LÍMITE	6.0	NMX-AA-36
<b>ALCALINIDAD AL NARANJA DE METILENO (mg/l DE CaCO<sub>3</sub>)</b>	312	6.0	NMX-AA-36
<b>DUREZA TOTAL (mg/l DE CaCO<sub>3</sub>)</b>	544	5.0	NMX-AA-72
<b>CLORUROS (mg/l DE Cl)</b>	44	0.51	NMX-AA-73
<b>SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/l)</b>	1 002	1.0	NMX-AA-20

### 3.2.2 ASPECTOS DE LA PLANTA INDUSTRIAL CERÁMICA

La planta industrial cerámica objeto de nuestro estudio se dedica a la fabricación de:

- Revestimientos para pisos
- Azulejos o revestimientos para muros
- Guarniciones o piezas especiales
- Ladrillos

La empresa cuenta con un área administrativa, la cual funciona en un único turno de trabajo y un área de planta, la cual funciona en tres turnos de ocho horas cada uno.

El estudio se hace en esta planta debido al interés mostrado por los directivos de la misma en solucionar sus problemas de contaminación ambiental, con el fin de obtener más adelante la **CERTIFICACIÓN ISO 14 000**. Es así como ellos contribuyen, brindando la información necesaria para realizar el estudio, prestando equipos e instalaciones de la empresa, además de hacerse cargo de todos los análisis de laboratorio.

### 3.3 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PISOS Y AZULEJOS

El proceso para la fabricación de pisos y azulejos se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura 3.1, en donde las casillas rojas indican los puntos de generación de polvos. Dicho proceso consta de las siguientes etapas:

#### ➤ PRIMERA ETAPA: *ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA*

La materia prima que se ha de llevar al proceso es almacenada a cielo abierto en servicio directo. Los vientos reinantes en la zona y el manejo inadecuado del material hace que estos almacenamientos sean unas de las principales fuentes de contaminación atmosférica por partículas suspendidas. Aquí mismo se mezclan las cantidades adecuadas de materia prima con la finalidad de preparar las *fórmulas de cuerpo rojo y de*

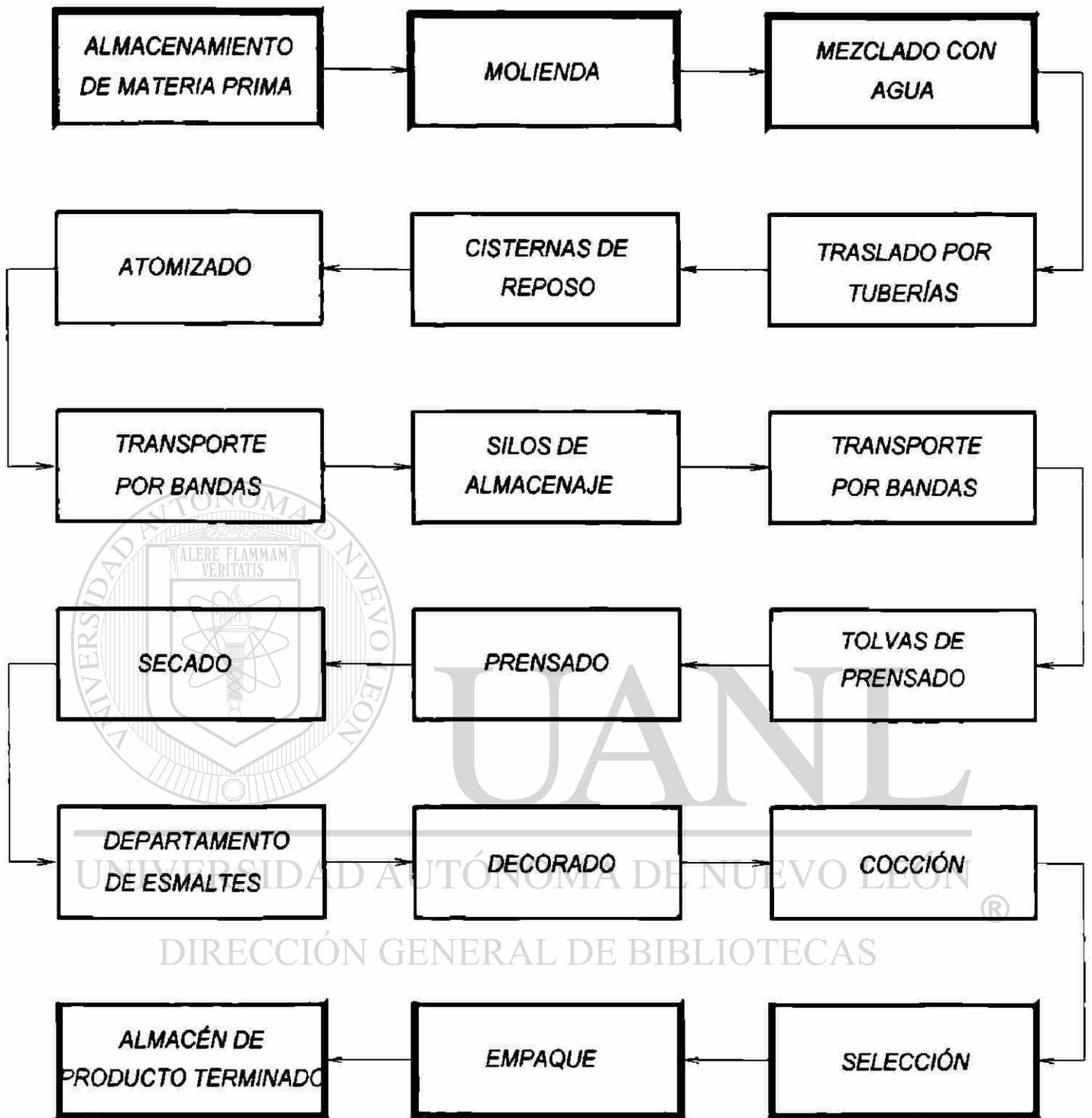
cuerpo blanco, cuyas proporciones se indican en la Tabla 3.2 y en la Tabla 3.3 respectivamente. La fórmula de cuerpo rojo se utiliza en la fabricación de pisos y la fórmula de cuerpo blanco en la fabricación de azulejos.

**Tabla 3.2** *Fórmula utilizada en cuerpo rojo*

<b>COMPUESTO</b>	<b>% EN PESO</b>
Barro amarillo	40
Caolín Rosalía	10
Barro Margarita	10
Arcilla PRE-300	10
Arcilla Feldespática	30
Desperdicio cocido	8
<b>ADITIVOS</b>	
Tripolifosfato	10
KD-30	30

**Tabla 3.3** *Fórmula utilizada en cuerpo blanco*

<b>COMPUESTO</b>	<b>% EN PESO</b>
Caolín Blanco	25
Caolín Rosalía	40
PRE-150	5
CaCO <sub>3</sub>	6
PRE-200	12
Desperdicio cocido	8
<b>ADITIVOS</b>	
Tripolifosfato	35
Reflex	7.5



**Figura 3.1** Diagrama de flujo del proceso de fabricación de azulejos y pisos cerámicos

## ➤ SEGUNDA ETAPA: *MOLIENDA*

La molienda se lleva a cabo en cuatro Molinos Raymond, los cuales se encargan de moler las fórmulas ya preparadas. Este es otro punto de generación de partículas suspendidas dado que la pala mecánica está continuamente volcando material seco a estos molinos. Los molinos tienen anexado un sistema captador de polvo por medio de bolsas de tela, pero no es suficiente.

## ➤ TERCERA ETAPA: *MEZCLADO CON AGUA*

Una vez que el material ha sido molido se mezcla con agua para convertirlo en una pasta llamada *BARBOTINA* cuyas características de color y fluidez son específicas para cada producto deseado. Se preparan dos tipos de barbotinas, las de cuerpo blanco para la producción de azulejos y la de cuerpo rojo para la producción de pisos. Las barbotinas son suspensiones que muestran ciertas características importantes para su manipulación y la calidad del producto final. Entre estas propiedades se encuentran la densidad y la viscosidad.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

## ➤ CUARTA ETAPA: *ATOMIZADO*

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Una vez que se ha formado la barbotina, se traslada la misma hacia el *ATOMIZADOR* por medio de tuberías. Dentro del atomizador la barbotina es pulverizada en forma líquida y se aplica calor bruscamente, de manera que cuando cae lo hace en forma de pequeñas esferas de arcilla secas, las cuales son más fáciles de prensar que el material arcilloso original. Esta etapa del proceso es generadora de polvos dado que se trabaja con barbotina seca. El atomizador tiene un lavador de polvos que es insuficiente para la cantidad de partículas suspendidas que se generan.

#### ➤ QUINTA ETAPA: *ALMACENAJE EN SILOS*

Las pequeñas esferas de arcilla son luego transportadas a los silos de almacenamiento por medio de bandas. El transporte también es una fuente de contaminación atmosférica dado que es común que se produzcan derrames. Pero actualmente este problema lo han solucionado confinando completamente las bandas transportadoras.

#### ➤ SEXTA ETAPA: *PRENSADO*

Luego de almacenar las pequeñas esferas de barbotina en los silos, se las transporta por medio de bandas a las tolvas de prensado. De ahí se derivan a las prensas por medio de un brazo móvil que las deposita en la parte superior de éstas. Se coloca la tierra en unos moldes y se prensa en dos etapas; una de 60 bares llamada de *desaireación* y la otra de 210 bares llamada de *compactación*. De aquí salen las piezas formadas y compactadas.

#### ➤ SÉPTIMA ETAPA: *SECADO*

Una vez que las piezas salen de las prensas, se las pasa por un horno de secado, el cual se encuentra a 1 000 °C de temperatura, durante 40 minutos. Esto se hace con el fin de que la pieza adquiera las propiedades mecánicas y de consistencia física necesarias para los tratamientos posteriores.

#### ➤ OCTAVA ETAPA: *ESMALTADO*

En esta etapa, las piezas se pasan por la línea de esmaltado en donde se les aplica el diseño correspondiente.

### ➤ NOVENA ETAPA: COCCIÓN

Luego que la pieza ha sido decorada se procede a la cocción de la misma. Para ello se la envía durante 30 minutos a un horno que la somete a una temperatura de 64 °C. Esto permite la eliminación del exceso de agua en el esmalte y la consolidación de este material sobre la base.

### ➤ DÉCIMA ETAPA: ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO

Una vez cocida la pieza, se seleccionan manualmente las que tienen algún defecto y se las marca para ser descartadas. Las piezas que no tienen defectos, se las envía a una máquina empaquetadora para finalmente almacenarlas en un almacén de producto terminado.

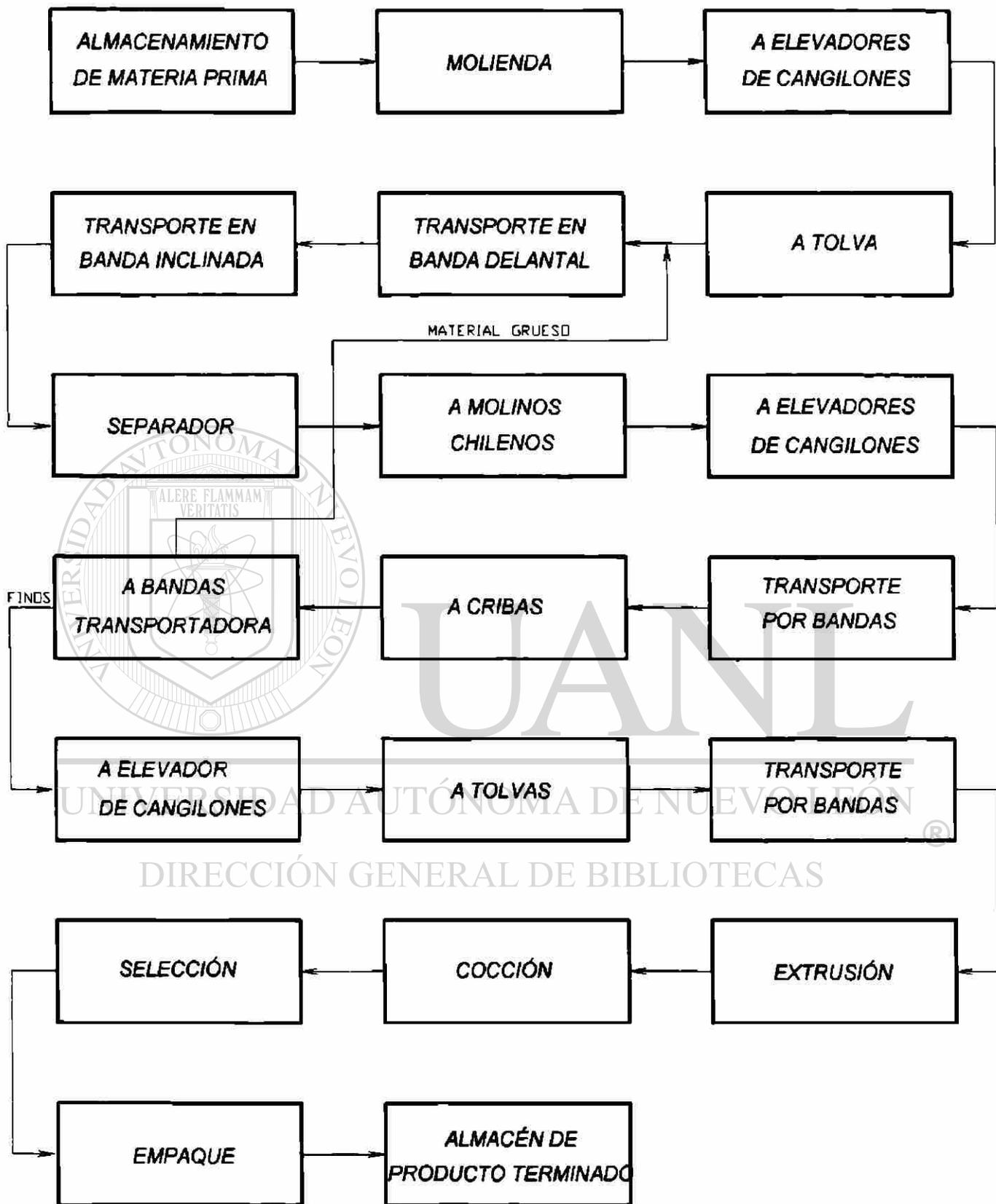
En las etapas de secado, esmaltado, cocción y almacenamiento de producto terminado, no existe generación de polvos dado que ya no se trabaja con materia prima en forma de tierras, sino que la misma está compactada desde la etapa de prensado.

## 3.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS

El proceso para la fabricación de ladrillos se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura 3.2, en donde las casillas rojas indican los puntos de generación de polvos. Dicho proceso consta de las siguientes etapas:

### ➤ PRIMERA ETAPA: ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA

La materia prima que se ha de llevar al proceso es almacenada a cielo abierto al lado de molienda de ladrillería. Los vientos reinantes en la zona y el manejo inadecuado del material hacen que estos almacenamientos sean unas de las principales fuentes de contaminación atmosférica por partículas suspendidas. Aquí mismo se mezclan las cantidades adecuadas de materia prima con el fin de preparar las *fórmulas del ladrillo*, cuyas proporciones se indican en la Tabla 3.4.



**Figura 3.2** Diagrama de flujo del proceso de fabricación de ladrillos

**Tabla 3.4 Fórmula utilizada en la fabricación de ladrillos**

<b>COMPUESTO</b>	<b>% EN PESO</b>
Pizarra de Allende	70
Barro de Allende	29.5
Desperdicio cocido	0.5
<b>ADITIVOS</b>	
Bióxido de manganeso	3

➤ **SEGUNDA ETAPA: MOLIENDA**

En esta etapa se vierte la materia prima en una quebradora encargada de molerla hasta un tamaño adecuado para su posterior uso. Esta es una etapa en la que se generan muchos polvos, es por ello que en la zona de vertido de materia prima se colocó un aspersor de agua.

➤ **TERCERA ETAPA: A TOLVA**

Dado que la quebradora se encuentra a una profundidad de 5.8 m del nivel del piso, se eleva el material triturado hasta una tolva, encargada de depositarlo en una banda horizontal, llamada banda delantal. Esta etapa es generadora de polvos dado que existen muchos puntos de transferencia y ellos son:

- El pasaje del material desde la quebradora a los elevadores
- La transferencia desde los elevadores hasta la tolva
- La transferencia de material desde la tolva hacia la banda delantal

➤ **CUARTA ETAPA: *TRANSPORTE EN BANDAS***

Una vez que el material ha sido depositado en la banda delantal se lo transfiere a una banda inclinada, la cual se encarga de elevarlo hasta colocarlo en un separador. Como en esta etapa se generaban muchos polvos, actualmente en el punto de transferencia desde la banda delantal a la banda inclinada se colocó un rociador.

➤ **QUINTA ETAPA: *MOLINOS CHILENOS***

La función del separador es repartir entre los dos molinos chilenos el material que le llega. Los molinos se encargan de triturar más finamente el material. El separador y ambos molinos son altamente generadores de polvos, dado que en estos puntos las tierras están secas y en constante movimiento.

➤ **SEXTA ETAPA: *A CRIBAS***

Luego que el material sale de los molinos chilenos, es elevado por medio de elevadores de cangilones hasta unas bandas horizontales, las cuales se encargan de alimentar a las cribas. Cuando el material llega a las mismas es porque ya ha pasado por la quebradora y por los molinos chilenos, es decir que debe estar finamente triturado. La función de las cribas es separar el material que tiene el tamaño adecuado para ser usado, de aquel material que aún está grueso. El material grueso se lo envía a la banda delantal para que alimente nuevamente los molinos chilenos y el material fino se lo envía a dos elevadores de cangilones para que lo deposite en las tolvas de almacenamiento. En esta etapa los puntos de generación de polvos son las bandas transportadoras, los elevadores de cangilones y los puntos de transferencia desde las bandas a las cribas o de las cribas a las bandas.

➤ **SÉPTIMA ETAPA: TOLVAS DE ALMACENAMIENTO**

El material fino, que se ha de usar en la fabricación del ladrillo, mezclado en las proporciones adecuadas se almacena en unas tolvas destinadas a ese fin. Luego es transportado por medio de bandas a la extrusora. Estas bandas fueron causantes de la contaminación del aire por medio de polvos, pero actualmente se hallan completamente confinadas.

➤ **OCTAVA ETAPA: FORMACIÓN DEL LADRILLO**

El material seco llega desde las tolvas de almacenamiento y se lo mezcla con agua. Luego pasa por el interior de la extrusora y sale el bloque de ladrillo húmedo. El único punto donde se generan polvos es cuando el material seco cae en el interior de la extrusora.

➤ **NOVENA ETAPA: COCCIÓN DEL LADRILLO**

Una vez que el ladrillo está formado se lo envía a un horno para que se produzca la cocción a 1 000 °C de temperatura, durante 38 horas. De esta manera el ladrillo adquiere la consistencia física necesaria para su manejo en los tratamientos que siguen.

➤ **DÉCIMA ETAPA: ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO**

Una vez cocida la pieza, se seleccionan manualmente las que tienen algún defecto y se las marca para ser descartadas. Las piezas que no tienen defectos son enviadas al almacén de producto terminado.

En las etapas de formación del ladrillo, cocción y almacenamiento de producto terminado, no existe generación de polvos dado que ya no se trabaja con materia prima seca.

### 3.5 ANÁLISIS REALIZADOS EN LA PLANTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS

A raíz de los problemas surgidos por la contaminación del medio ambiente laboral de la planta, con partículas suspendidas, se decidió hacer, en diciembre de 1998, un estudio y análisis de algunas zonas consideradas como críticas. Los resultados obtenidos, resumidos en la Tabla 3.5, fueron comparados con la *NOM-STPS-010-1993*.

**Tabla 3.5** *Determinación de los contaminantes en el ambiente laboral*

<b>ZONA DE MUESTREO</b>	<b>CONTAMINANTE</b>	<b>RESULTADO <i>mg/m<sup>3</sup></i></b>	<b>LÍMITE <i>mg/m<sup>3</sup></i></b>	<b>EVALUACIÓN</b>
<i>Prensa I y II de productos varios</i>	Partículas respirables	2.07	5	CORRECTO
<i>Atomizador de productos varios</i>	Partículas respirables	3.07	5	CORRECTO
<i>Molino de bola de productos varios</i>	Partículas respirables	<b>7.54</b>	5	EXCEDIDO
<i>Línea II y III de productos varios</i>	Partículas totales	0.96	10	CORRECTO
<i>Guarnición</i>	Partículas totales	<b>24.87</b>	10	EXCEDIDO
<i>Prensas IV y V de muros</i>	Partículas totales	1.90	10	CORRECTO
<i>Prensas V y VI de muros</i>	Partículas respirables	<b>7.36</b>	5	EXCEDIDO
<i>Quebradora de ladrillería</i>	Partículas totales	3.37	10	CORRECTO
<i>Molinos Chilenos</i>	Partículas respirables	<b>26.59</b>	5	EXCEDIDO

**Tabla 3.5 Continuación**

<b>ZONA DE MUESTREO</b>	<b>CONTAMINANTE</b>	<b>RESULTADO mg/m<sup>3</sup></b>	<b>LÍMITE mg/m<sup>3</sup></b>	<b>EVALUACIÓN</b>
<i>Molienda de ladrillería</i>	Partículas totales	<b>10.87</b>	10	EXCEDIDO
<i>Extrusora de ladrillería</i>	Partículas totales	<b>37.64</b>	10	EXCEDIDO
<i>Molinos de esmalte</i>	Partículas totales	<b>17.52</b>	10	EXCEDIDO

Los resultados indicaron que existían graves problemas de contaminación por partículas en:

- Los molinos de bolas de productos varios
- En la zona de guamición
- En las prensas V y VI de muros
- En los molinos chilenos
- En donde está la extrusora de la ladrillería
- En general en toda la molienda de ladrillería
- En los molinos de esmalte

Como estos resultados no fueron suficientes, en julio de 1999 se efectuaron otros análisis para determinar la concentración de partículas suspendidas totales y los resultados obtenidos se los comparó con la *NOM-043-ECOL-1994*. La Tabla 3.6 indica las zonas en las cuales se realizó el estudio y los datos obtenidos.

**Tabla 3.6 Determinación de la concentración de partículas suspendidas totales**

<b>ZONA DE MUESTREO</b>	<b>RESULTADO mg/m<sup>3</sup></b>	<b>LÍMITE mg/m<sup>3</sup></b>	<b>EVALUACIÓN</b>
Atomizador de productos varios	96.9	226.6	CORRECTO
Horno Carfer	5.9	622.6	CORRECTO
Horno 4 de Europiso	54.4	337.2	CORRECTO
Colector de polvos en muros	1.2	413.5	CORRECTO
Horno 1 de muros	7.7	613.2	CORRECTO
Secador 1 de muros	4.0	777.5	CORRECTO
Atomizador de muros	133.4	182.0	CORRECTO
Horno 1 Iberia	9.0	276.1	CORRECTO

Las dos tablas anteriores ilustran los estudios que se han hecho para determinar la concentración de partículas suspendidas en todas las áreas de la planta. Cabe aclarar que en muchas zonas de la planta existen sistemas de colección de polvo, algunos de los cuales no son suficientes para atender la demanda o están sin funcionar debido a la falta de mantenimiento.

### **3.6 CONDICIONES EN LAS CUALES SE ENCUENTRAN LOS SISTEMAS DE COLECCIÓN DE POLVOS EXISTENTES EN LA PLANTA**

Actualmente, en la planta existen siete sistemas de colección de polvos instalados y la evaluación que se ha hecho de la calidad del servicio que prestan los mismos es la siguiente:

#### **1. SISTEMA DE LOS MOLINOS RAYMOND**

Esta zona tiene una gran concentración de partículas suspendidas debido a que las palas mecánicas llegan cargadas de tierra seca y la depositan en el interior de los molinos. Además es muy importante que la materia prima tenga menos de un 4% de humedad para que no dificulte el correcto funcionamiento de los molinos. Estos molinos tienen integrado un sistema de colección de polvos por medio de unas bolsas de tela, pero como la demanda supera la capacidad de las mismas y el mantenimiento no es correcto, las bolsas están completamente llenas de polvo y no brindan el servicio correcto.

#### **2. SISTEMA DEL SALÓN DE PREPARACIÓN DE LA BARBOTINA**

A esta sala llega la materia prima seca y molida. Es aquí donde se le agrega agua para formar las barbotinas. Pero el manejo de material fino seco produce polvos que se dispersan por todo el lugar. Para evitar esto último, se instaló un colector de polvos que atiende esta zona, pero el sistema de tuberías que alimenta al colector está en muy mal estado, algunas de sus tomas están abiertas y producen fugas y pérdidas. Además su diseño no es del todo correcto. En cuanto al colector, específicamente, le falta mantenimiento y está en uso intermitente.

#### **3. SISTEMA QUE ATIENDE A LA QUEBRADORA WESTERN**

La quebradora se encarga de moler desperdicio de azulejos cocidos, lo cual genera polvos. A su lado existe un colector, pero actualmente este sistema está en desuso.

#### **4. SISTEMA QUE ATIENDE LAS PRENSAS I Y II DE MUROS**

Ya se dijo que por las características de operación, las prensas generan mucho polvo, es por ello que existe actualmente un colector de bolsas que se encarga de la colección de partículas en las prensas I y II, pero presta servicio a las restantes, es decir, que las prensas III, IV y V se quedan sin servicio. El colector funciona en forma intermitente, debido a que casi no tiene mantenimiento y es necesario cambiar sus bolsas.

#### **5. SISTEMA QUE ATIENDE LAS PRENSAS VI, VII Y VIII DE MUROS**

Este sistema se implementó este año y se le ha estado dando seguimiento, por lo tanto, su funcionamiento es satisfactorio.

#### **6. SISTEMA QUE ATIENDE LA ZONA DE LOS MOLINOS DE BOLAS, AL COSTADO DE LA MOLIENDA DE LADRILLERÍA**

El colector instalado en esta zona cumple correctamente con su función y se le da mantenimiento periódico. Específicamente, este colector no atiende la molienda de ladrillería.

#### **7. SISTEMA QUE ATIENDE LAS PRENSAS DE PISO**

Este sistema fue puesto en marcha el año pasado, el colector cumple con su función a medias, dado que parte del tiempo está parado y no se le da mantenimiento.

Como puede verse, de los siete sistemas instalados, solamente dos brindan servicio satisfactorio y el resto lo hacen a medias o están fuera de servicio. Estos son los problemas que enfrenta la empresa, en lo que se refiere a los sistemas ya instalados para la colección de polvos.

### 3.7 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS

Teniendo en cuenta el resultado de los análisis hechos, para la determinación de la concentración de partículas de polvo en el medio ambiente laboral, el funcionamiento de los actuales sistemas de colección de polvo ya instalados y el funcionamiento del proceso de fabricación de azulejos, pisos, guarniciones y ladrillos, ya es posible determinar los puntos críticos en lo que se refiere a la generación de polvos y ellos son:

#### 1. EN MICROAMBIENTE

- **MOLIENDA DE LADRILLERÍA:** consiste en diseñar un sistema que atienda las generaciones de polvo en los elevadores de cangilones, la quebradora, las tolvas, los molinos chilenos, el separador y las cribas
- **PRENSAS III, IV Y V DE MUROS:** se debe diseñar un sistema que colecte el polvo de las prensas III, IV y V, pero que además sea capaz de recibir todo el polvo colectado en las prensas I y II. Es decir, que un único ducto llevará las partículas colectadas en las prensas I, II, III, IV y V.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 2. EN LOS ALMACENAMIENTOS A CIELO ABIERTO

- **EN SERVICIO DIRECTO:** se debe diseñar un sistema de control de polvos al medio ambiente. Es decir, que se debe evitar que los polvos allí generados escapen al medio ambiente
- **EN MOLIENDA DE LADRILLERÍA:** en forma análoga al anterior, no se diseñará un sistema de colección de partículas, sino que será de control de las mismas

### 3.8 OBJETIVOS DE ESTE TRABAJO

1. Diseño de un sistema de extracción de polvos en los espacios cerrados de dos secciones de la planta:

➤ *MOLIENDA DE LADRILLERÍA*

➤ *PRENSAS I, II, III, IV y V DE MUROS*

2. Diseño de un sistema de control de polvos en los *almacenamientos de materia prima a cielo abierto* en:

➤ *SERVICIO DIRECTO*

➤ *MOLIENDA DE LADRILLERÍA*

3. Definición de los lugares específicos para el almacenamiento de los distintos tipos de materia prima.

4. Planteamiento de *rutas óptimas* para la *transportación de materias primas* hacia el proceso.

5. Propuestas y recomendaciones de *adecuación de equipos, accesorios y procedimientos*, para optimizar el funcionamiento de las medidas de control de la *emisión de polvos*.

### 3.9 HIPÓTESIS

1. Si los polvos que actualmente están siendo depositados en el suelo de la fábrica o están suspendidos en el aire, logran colectarse, se evitará la contaminación del micro ambiente por partículas suspendidas y, además, se evitará la *fuga* de materia prima que la empresa tiene por este concepto.
2. Si una delgada capa de agua, *niebla*, está constantemente depositándose sobre la materia prima en el *almacenamiento a cielo abierto, de servicio directo*, se evitará que la acción del viento y los movimientos de la misma produzcan polvos que puedan afectar la salud y la comodidad de los vecinos.
3. Si se confina el *almacenamiento a cielo abierto de molienda de ladrillería*, se evitarán algunas fugas de polvo. Esta determinación es factible, dado el tamaño pequeño de dicho almacenamiento
4. Si se definen correctamente las vías de acceso a la materia prima, de manera tal que su traslado al proceso represente el *trayecto más corto*, se evitará un *derrame* de polvos en toda el área.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE COLECCIÓN DE POLVOS EN EL MICRO AMBIENTE DE UNA PLANTA DE PRODUCTOS CERÁMICOS

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

La importancia del diseño de un buen sistema de colección de polvos en el micro ambiente de la planta es bien conocida. Los polvos se encuentran presentes en gran parte del proceso, por lo cual es necesario limpiar el aire, en beneficio de la salud de los trabajadores y del medio ambiente laboral.

En este capítulo se abordará el problema del diseño de un sistema de colección de polvos para los micro ambientes de las secciones de "Molienda de ladrillería" y de las prensas ubicadas en "Muros lado oriente".

El diseño de los sistemas de colección de polvos se hizo conforme a la Norma del *Committee on Industrial Ventilation*. Seguidamente, se presentará un resumen del método utilizado para el diseño del sistema, así como también las hojas de cálculo de los mismos y los planos correspondientes a la ubicación sugerida para los ductos. Además, se incluye un procedimiento para el mantenimiento de los colectores que se instalen en este proyecto. Finalmente, se hará una evaluación de los recursos con los que ya cuenta la planta, para ejecutarlo.

## 4.2 MÉTODOS DE CÁLCULO PARA UN SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVOS

Un sistema complejo de extracción de polvos<sup>50</sup> es actualmente un grupo de sistemas simples conectados a un ducto principal llamado "main". Por lo tanto, en el diseño de un sistema de ramales múltiples se aplican las mismas reglas que son utilizadas en los sistemas simples.

Para diseñar un sistema de colección de polvos es necesario contar con cierta información preliminar:

- Un plano de diseño o *layout*, de operaciones del lugar sobre el cual se hará la colección de polvos
- Un plano de la zona, en elevación
- Información acerca de los detalles de operación, la toxicidad de los materiales, etc.

Posteriormente, debe hacerse un recorrido preliminar por la zona, con el fin de identificar los puntos de transferencia de material. Normalmente, los mismos están asociados a la generación de polvos. Los puntos de transferencia serán los escogidos para colocar las "tomas" de colección de polvos. También es importante ver los espacios disponibles para la ubicación de los ductos de los ramales secundarios y del principal o *main*.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Con toda esta información se hace un trazado preliminar, en donde aparezca la ubicación preferida para los ductos, el colector y el ventilador. Las tomas, en las fuentes, se designarán con números y la intersección de dos o más ramales, o nodos, se distinguirán con letras mayúsculas.

Una vez reunida toda esta información, se determina el método de cálculo más conveniente. Existen dos métodos distintos, de diseño:

- Balance de flujo sin válvulas de ajuste
- Balance de flujo con válvulas de ajuste

Ambos métodos mencionados tienen el objetivo de obtener la capacidad de aspiración de polvos requerida en cada ramal del sistema y, al mismo tiempo, sirven para mantener la velocidad adecuada del flujo de polvos dentro de cada ramal y en la línea principal.

En el desarrollo del proyecto se utilizarán unidades del Sistema Inglés, junto con unidades del Sistema Internacional. Las primeras obedecen una costumbre de dimensionar los equipos, ductos, etc.

#### **4.2.1 MÉTODO A: BALANCE DE FLUJO SIN VÁLVULAS DE AJUSTE**

Este método provee de un procedimiento para conseguir el nivel de aspiración deseado de polvos (sistema balanceado) sin el uso de compuertas o de válvulas de ajuste. Es también llamado *Método de la presión estática balanceada*.

En este tipo de diseño, los cálculos comienzan en el ramal de mayor resistencia y siguen sección por sección del ramal principal, hasta llegar al ventilador. En cada nodo, la presión estática necesaria para conseguir el *nivel de aspiración deseado de polvos (NAP)* en el *main* debe ser igual a la presión estática en cada uno de los ramales que convergen a él. Esta condición prevalece en los sistemas en operación, pero si el sistema no está balanceado, quizá no se consiga el NAP en cada uno de los ramales.

Quando los polvos contienen materiales explosivos, radiactivos o con trazas de magnesio, se deberá evitar la acumulación de polvos en los ductos del sistema. Es por ello que normalmente se usa este método cuando el flujo de polvos que se maneja contiene materiales con alta toxicidad.

#### **4.2.2 MÉTODO B: BALANCE DE FLUJO CON VÁLVULAS DE AJUSTE**

Este método depende del uso de válvulas de ajuste, las cuales son ajustadas después de la instalación de los ductos de forma tal que se pueda alcanzar el NAP en

cada ramal. Se comienza el cálculo en el ramal de mayor resistencia y la caída de presión se calcula sección por sección, en los ramales, y en el principal, hasta el ventilador.

En la sección del *main* en donde convergen dos ramales, el volumen de flujo deseado en pies cúbicos por minuto (cfm) es igual a la suma de los volúmenes de flujo de cada uno de los ramales convergentes, en ese nodo.

### 4.2.3 COMPARACIÓN DE AMBOS MÉTODOS

<b>MÉTODO A</b>	<b>MÉTODO B</b>
1. Los volúmenes de flujo no son fácilmente modificables por el operador	1. Los volúmenes de flujo son fácilmente modificables con ciertas precauciones
2. Bajo grado de flexibilidad para la adición de nuevos equipos o cambios sobre los ya existentes	2. Alto grado de flexibilidad para futuros cambios o adiciones
3. Los cambios en los volúmenes de extracción implican una revisión de los ductos	3. Las correcciones en los volúmenes de extracción son fáciles de realizar, dentro de ciertos intervalos
4. Son comunes los problemas de erosión ó de acumulación de material	4. Las válvulas parcialmente cerradas pueden causar problemas de erosión
5. Los ductos no se tapan si las velocidades son modificadas prudentemente	5. Los ductos se tapan si las válvulas de ajuste son maniobradas por personal inexperto
6. El diseño consume más tiempo que en el Método B	6. Diseño rápido
7. El volumen total de flujo es levemente mayor al volumen de diseño, debido a que es necesario aumentar un poco el flujo para conseguir el balance	7. El balance es conseguido con el volumen de diseño

### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO POR EL MÉTODO B

En este apartado se describirá el procedimiento de cálculo por el Método B, ya que éste es el que se adapta mejor a las circunstancias; lo cual quedó en evidencia en el apartado anterior.

Una vez que se seleccionaron los lugares en donde se colocarán las tomas, y que se identificaron las mismas mediante números y los nodos mediante letras mayúsculas, se integró una tabla en donde se colocaron los tramos debidamente identificados (columna 1). Se midió la longitud directa de cada tramo (columna 7) y se anotaron aquellos que tienen algún codo o que se conectan al principal mediante una entrada a 30° (columna 8). Luego se buscó en la norma, ver Láminas 4.1, 4.2, 4.3, y 4.4 en el Anexo 1, el equipo al cual se le colocó la toma y la misma produjo un valor de caudal mínimo recomendado (columnas 4 y 5), al igual que una velocidad óptima (columna 6) y una pérdida de energía a la entrada (columna 14). Se realizó el mismo procedimiento para cada equipo y los datos obtenidos para cada tramo fueron vaciados en una tabla similar a la Tabla 4.1.

— La relación entre caudal, velocidad y sección transversal de un ducto es muy simple, teniendo en cuenta que:

$$Q = v.A,$$

en donde:

Q : caudal de aire, medido en cfm

v : velocidad del flujo, medido en fpm

A: área del ducto, medido en pie<sup>2</sup>,

Entonces, ya que se tienen los datos del caudal y de la velocidad recomendada, se puede calcular el área de los ductos en cada tramo (columna 3) mediante la expresión:

$$A = \frac{Q}{v}$$

Los ductos son todos de sección circular y por lo tanto es posible calcular el diámetro (D) de cada ducto (columna 2) por medio de la relación:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

con lo cual:

$$D = 12.125 \cdot \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

en donde:

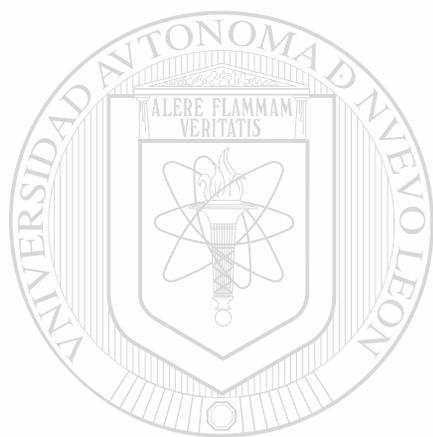
$D$  : diámetro del ducto, medido en pulgadas

12.125 : factor de conversión de pie a pulgadas

Una vez calculado el diámetro de cada ducto, se verifica que los mismos tengan medidas normalizadas, de lo contrario se adopta la medida normalizada más próxima, lo cual implica que en varias oportunidades tenga que modificarse la velocidad recomendada.

Esto es factible de hacer, siempre y cuando la misma no quede por debajo de 3500 pies<sup>®</sup> por minuto (fpm) por tramo. Esto queda ilustrado en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.1 Hoja de cálculo utilizada en el Método "B"**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10	COL 11	COL 12	COL 13	COL 14	COL 15	COL 16	COL 17	COL 18
TRAMOS	DIAM. DUCTO [pulgadas]	VOL. DE AIRE		VELOCIDAD PPM [pie / min]	VELOCIDAD PPM [pie / min]	LONG. DIRECTA [pie]	LONGITUD DEL DUCTO		LONG. TOTAL [pie]	RESISTENCIA POR CIENTO [pulgadas]	RESISTENCIA DIRECTA [pulgadas]	PRESIÓN DINÁMICA [pulgadas]	PÉRDIDA DE ENTRADA VP	CAÍDA DE PRESIÓN CAMPANA BUCCO VP	CAMPANA BUCC. [pulgadas]	RESISTENCIA PRESIÓN ESTÁTICA [pulgadas]	BOV. SP
		ÁREA DUCTO [pie <sup>2</sup> ]	TRAMO [pie / min]				PRINCIPAL [pie / min]	ENTRADAS [metros]									

**Tabla 4.2** Diámetros y secciones normalizadas para ductos

Diámetro pulgadas	ÁREA		PERÍMETRO	
	pulg. <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>	pulgadas	pie
1	0.7854	0.0054	3.1416	0.2618
1 1/2	1.767	0.0123	4.712	0.3927
2	3.14	0.0218	6.28	0.5236
2 1/2	4.91	0.0341	7.854	0.6544
3	7.07	0.0491	9.42	0.7854
3 1/2	9.62	0.0668	11	0.9164
4	12.57	0.0873	12.57	1.047
4 1/2	15.9	0.1105	14.14	1.178
5	19.63	0.1364	15.71	1.309
5 1/2	23.76	0.165	17.28	1.439
6	28.27	0.1964	18.85	1.571
6 1/2	33.18	0.2305	20.42	1.702
7	38.48	0.2673	21.99	1.833
7 1/2	44.18	0.3068	23.56	1.964
8	50.27	0.3491	25.13	2.094
8 1/2	56.75	0.394	26.7	2.225
9	63.62	0.4418	28.27	2.356
9 1/2	70.88	0.4923	29.85	2.487
10	78.54	0.5454	31.42	2.618
11	95.03	0.66	34.56	2.88
12	113.1	0.7854	37.7	3.142
13	132.7	0.9218	40.84	3.403
14	153.9	1.069	43.98	3.665
15	176.7	1.227	47.12	3.927
16	201	1.396	50.26	4.189
17	226.9	1.576	53.41	4.451
18	254.4	1.767	56.55	4.712
19	283.5	1.969	59.69	4.974
20	314.1	2.182	62.83	5.236
21	346.3	2.405	65.97	5.498
22	380.1	2.64	69.11	5.76
23	415.4	2.885	72.26	6.021
24	452.3	3.142	75.4	6.283
25	490.8	3.409	78.54	6.545
26	530.9	3.687	81.68	6.807
27	572.5	3.976	84.82	7.069
28	615.7	4.276	87.96	7.33
29	660.5	4.587	91.11	7.592

Aquellos tramos que tengan codos tendrán una longitud adicional, la cual variará dependiendo del ángulo que forme el mismo (columna 9). Esta longitud adicional, respecto del tramo de tubería o ducto recto, se llama *longitud equivalente* y sus valores para algunos accesorios comunes son reportados en la Tabla 4.3. Con los datos de la longitud de los tramos rectos y la longitud equivalente es posible calcular la longitud total de cada tramo (columna 10). En el caso de que no existan codos u otros accesorios en el tramo estudiado, la longitud total coincidirá con la longitud del tramo recto. Haciendo uso de los datos de los valores porcentuales de resistencia, contenidos en la Tabla 4.4, enseguida se calcula para cada tramo de ducto un valor porcentual de resistencia (columna 11), medida en pulgadas de columna de agua. Con este valor porcentual y conociendo la longitud total de cada tramo se calcula la resistencia directa en los mismos (columna 12).

La presión dinámica (columna 13) se obtiene de la siguiente manera:

$$VP = \left[ \frac{v}{4005} \right]^2,$$

en donde:

$VP$  : presión dinámica, medida en pulgadas de columna de agua.

La caída de presión en la campana de succión (columna 15), es igual a las pérdidas de carga a la entrada más una unidad. Por otro lado, la resistencia en la campana de succión (columna 16) se obtiene multiplicando, en cada tramo, la presión dinámica por la caída de presión en la campana de succión.

Finalmente, para el cálculo de la presión estática en cada tramo (columna 17) se determina la suma de la resistencia directa en cada uno de ellos y la resistencia en la campana de succión. Para calcular la caída de presión total en el principal (columna 18) debe tenerse en cuenta que la caída de presión en un cierto tramo, al cual acceden dos o más secundarios, es igual a la caída de presión propia del tramo más la caída de presión del secundario con mayor caída de presión.

**Tabla 4.3 Longitudes equivalentes de accesorios**

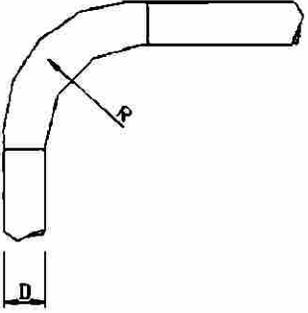
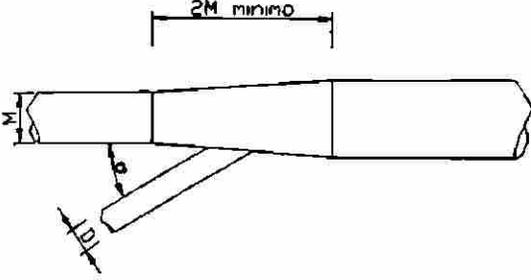
RESISTENCIA EQUIVALENTE EN PIES					
					
DIAM de la TUBERÍA	CODO DE 90° RADIO AL CENTRO			ANGULO DE ENTRADA	
	1.5D	2D	2.5D	30	45°
3"	5	3	3	2	3
4	6	4	4	3	5
5	9	6	5	4	6
6'	12	7	6	5	7
7	13	9	7	6	9
8	15	10	8	7	11
10"	20	14	11	9	14
12'	25	17	14	11	17
14"	30	21	17	13	21
16'	36	24	20	16	25
18"	41	28	23	18	28
20"	46	32	26	20	32
24	57	40	32		
30	74	51	41		
36'	93	64	52		
40"	105	72	59		
48'	130	89	73		

Tabla 4.4 Valores porcentuales de resistencia, para cada tramo de tubería

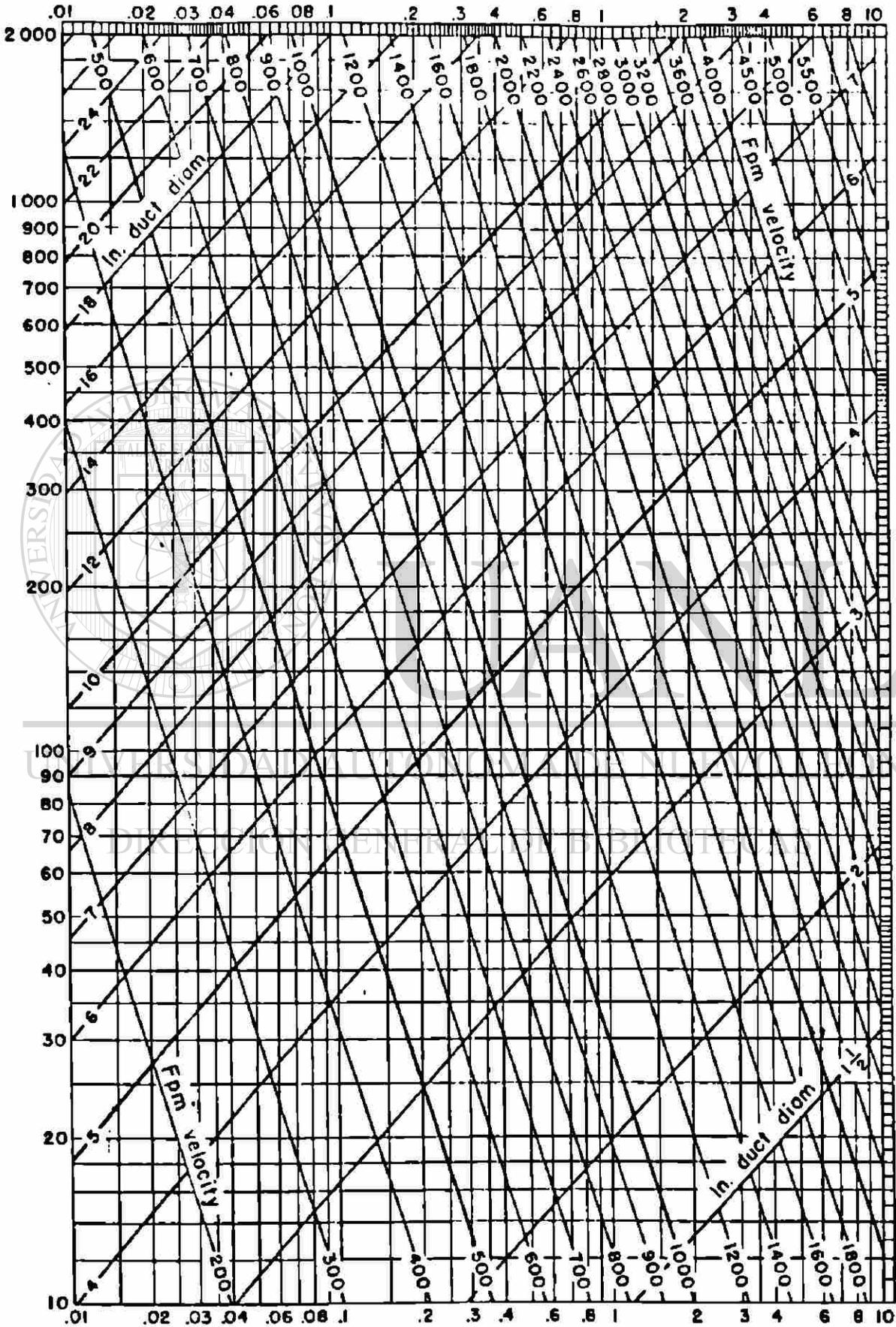
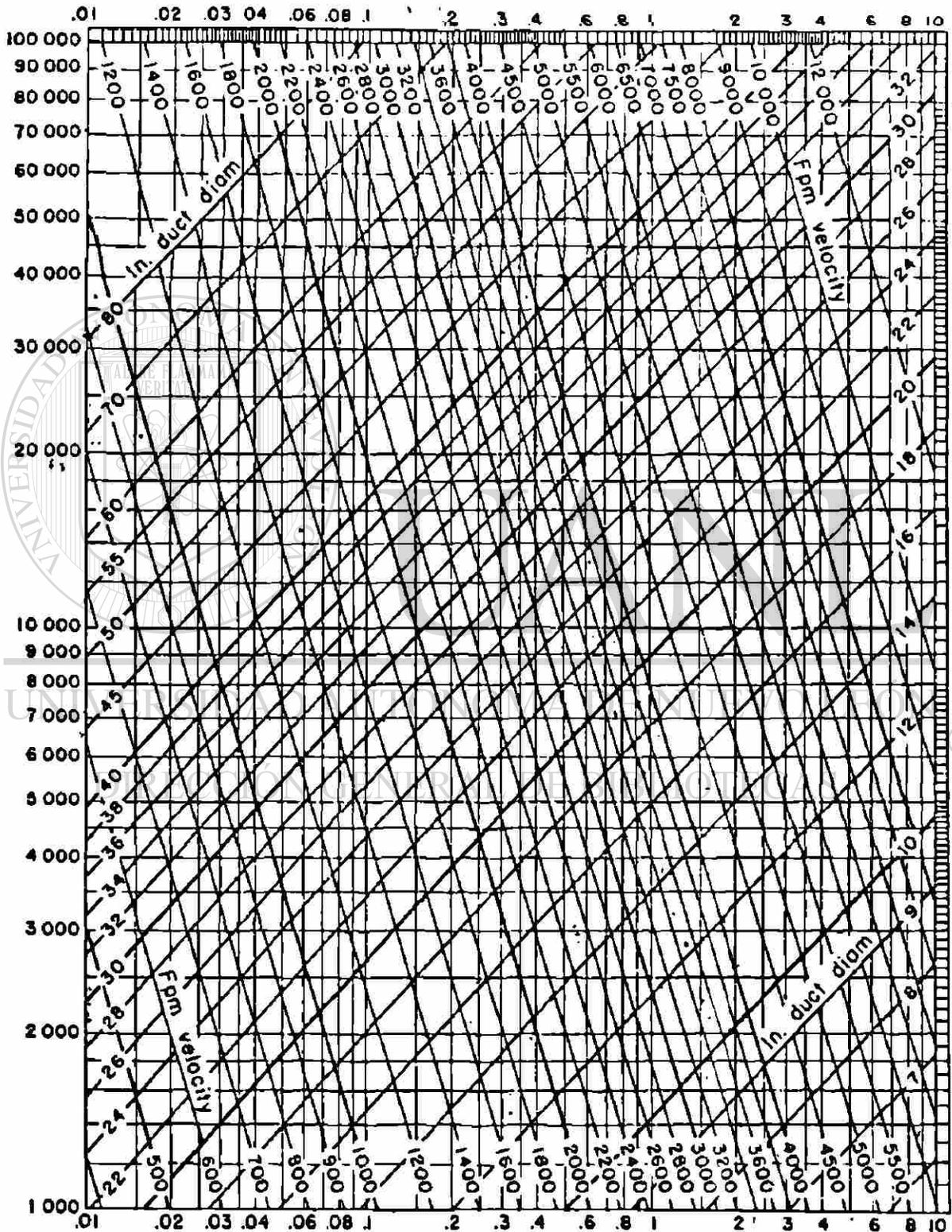
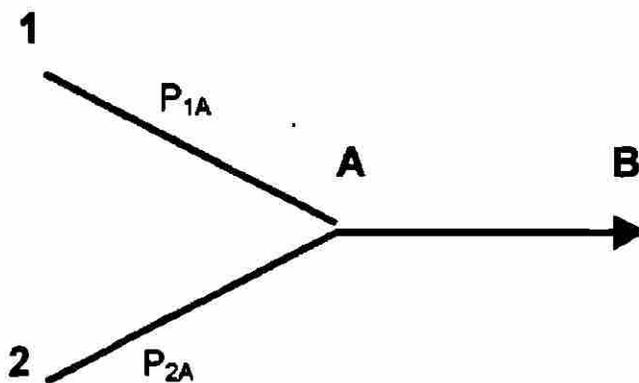


Tabla 4.4 Valores porcentuales de resistencia, para cada tramo de tubería.

Continuación



Tómese como ejemplo el siguiente diagrama:



Los puntos señalados como 1 y 2 son tomas de colección de polvos en dos equipos distintos. Los segmentos 1A y 2A son tramos secundarios que tienen por nodo al punto A, en tanto que el segmento AB es el *main* del sistema de este ejemplo.

El tramo 1A tiene una caída de presión propia P<sub>1A</sub> y el tramo 2A tiene una caída de presión propia P<sub>2A</sub>, en tanto que la caída de presión propia en el *main* AB es P<sub>AB</sub>.

Suponiendo que  $P_{1A} > P_{2A}$ , entonces la caída de presión total en el *main* se calcula como:

$$P_{TOTAL} = P_{1A} + P_{AB}$$

Siguiendo el proceso descrito anteriormente para cada uno de los tramos secundarios, y del principal, se podrá obtener finalmente un valor de caudal total Q y una caída de presión total medida en pulgadas de columna de agua.

#### **4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVOS PARA EL MICRO AMBIENTE DEL ÁREA DE MOLIENDA DE LADRILLERÍA**

Dentro de la planta cerámica uno de los micro ambientes más afectados es el de la Molienda de Ladrillería. La velocidad de flujo mínima considerada en todo el sistema es de 3500 fpm, de manera que se han colocado tomas de extracción de polvos en los siguientes equipos:

##### **➤ MOLINOS CHILENOS**

Se consideró una toma por equipo, con una campana de succión de 18" por 18", lo cual produce una sección de toma de 2.2 pie<sup>2</sup>.

Tomando un caudal de por lo menos 200 cfm/pie<sup>2</sup>, se obtiene un total de 440 cfm por toma en cada uno de los molinos chilenos.

##### **➤ SEPARADOR**

También se le colocó una campana de succión de 18" por 18", de manera que también se obtiene un caudal de extracción de 440 cfm.

##### **➤ ELEVADORES DE CANGILONES**

Existen cuatro elevadores en la molienda de ladrillería, dos elevan el material desde los molinos chilenos hasta la banda que alimenta a las cribas y dos elevan el material desde la quebradora hasta las tolvas.

Para cada uno de ellos se consideraron dos tomas; una ubicada en la parte superior del elevador y la otra al pie del mismo. En cada toma se colocó una campana de succión de 18" por 18", lo que equivale a una sección de 2.2 pie<sup>2</sup>. Considerando un caudal de 100 cfm/pie<sup>2</sup>, produjo una capacidad de 220 cfm para cada toma de los elevadores.

## ➤ CRIBAS

Existen en total tres cribas; en cada una de ellas se colocaron tres tomas de colección de polvos. Dado que cada una de las campanas de succión son de 18" por 18", lo que da un área de 2.2 pie<sup>2</sup> para cada campana, y tomando un caudal mínimo de 200 cfm/pie<sup>2</sup>, se obtuvo que el caudal de extracción de cada una de las tomas de las cribas es de 440 cfm.

## ➤ INTERSECCIÓN DE LA BANDA DELANTAL CON LA BANDA PROVENIENTE DE CRIBAS

La banda proveniente de las cribas trae material *grueso*, es decir, que no tiene el tamaño adecuado para seguir su camino hacia las tolvas; por lo tanto dicho material se vuelve a colocar en la banda delantal con el fin de volverse a triturar. En ese punto de intersección de ambas bandas se colocó una toma de extracción de polvos. La norma recomienda considerar un caudal mínimo de 350 cfm/pie de ancho de banda y, como la banda tiene un ancho de 1.48 pie, entonces el caudal de extracción será de 520 cfm.

## ➤ TOLVAS

Existen tres tolvas; a cada una se le colocó una toma de extracción de polvos en el punto de transferencia de material desde la tolva a la banda delantal. Para ello se consideró una campana de succión de 18" por 18", por lo tanto una sección de 2.2 pie<sup>2</sup>. Tomando un caudal mínimo de 200 cfm/pie<sup>2</sup> se obtiene un caudal de extracción de 440 cfm por toma en cada tolva.

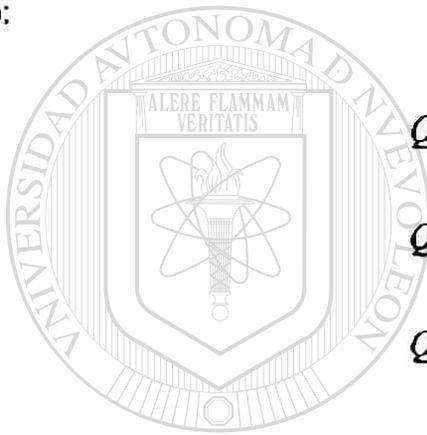
## ➤ INTERSECCION DE LA BANDA DELANTAL CON LA BANDA INCLINADA

La banda delantal alimenta la banda inclinada, la cual lleva material a un separador que alimenta a los molinos chilenos. En ese punto se colocó una toma de 520 cfm por medio de una campana de succión de 18" por 18".

#### 4.4.1 RESULTADOS DE LAS HOJAS DE CÁLCULOS

Las hojas de cálculos nos indican que el caudal total de extracción es de 9880 cfm y que la caída de presión total es de 7.928 pulgadas de columna de agua a una velocidad final de flujo de polvo de 3 742 fpm, para lo cual se recomienda que el tramo de *main* que une al sistema en estudio (Molienda de Ladrillería) con el colector, tenga un diámetro de 22 pulgadas. Los resultados de todos los cálculos intermedios y finales se muestran en forma resumida, en la Tabla 4.5.

Con el fin de tomar en cuenta y anticipar seguras fluctuaciones en los niveles de polvos generados, se consideró para el caudal un factor de seguridad de un 20%, por lo tanto:



$$Q_{TOTAL} = 1.2 \cdot Q$$

$$Q_{TOTAL} = 1.2 \cdot 9880$$

$$Q_{TOTAL} = 11856 \text{ cfm}$$

valor que se ha redondeado a 12 000 cfm de caudal total.

De esta forma los resultados obtenidos permiten seleccionar el colector, el ventilador y el motor.

Tabla 4.5 Hoja de cálculo para el área de molienda de ladrillería

TRAMOS	DIAM. DUCTO (pulgadas)		VOL. DE AIRE CFM		VELOCIDAD FPM		LONGITUD DEL DUCTO		RESISTENCIA		PÉRDIDA DE ENTRADA VP	CAÍDA DE PRESIÓN CAMPANA SUCCIÓN VP	CAMPANA SUCCIÓN (pulgadas)	RESISTENCIA PRESIÓN ESTÁTICA (pulgadas)
	ÁREA DUCTO (pie²)	TRAMO (pie)	CFM	PRINCIPAL (pie²/min)	LONG. DIRECTA (pie)	CODOS (grados)	ENTRADAS (grados)	LONG. EQUIV. (pie)	LONG. TOTAL (pie)	POR CIENTO (pulgadas)				
1A	3.5	0.0608	235		3518	90°	90°	3.5	11.4	6.5	0.74	0.771	1.842	2.26
2A	3.5	0.0608	235		3518	90°	90°	3.5	52.5	6.5	3.41	0.771	1.82	4.93
A-B	4.8	0.1108	235	478	4253				11	6.8	0.75	1.1278		4.93 + 0.75 = 5.68
3B	3.5	0.0608	235		3518	30°	30°	1.8	1.8	6.5	0.117	0.771	1.52	1.637
B-C	6	0.1684		708	3300				5.41	3.4	0.164	0.800		5.68 + 0.164 = 5.844
4C	3.5	0.0608	235		3518	30°	30°	3.5	52.5	6.5	3.41	0.771	1.52	4.93
C-F	7	0.2073		840	3518				12.62	2.7	0.340	0.771		5.844 + 0.34 = 6.204
5D	5	0.1384	480		3518	90°	90°	6	13	4.1	0.530	0.772	1.158	1.86
6D	5	0.1384	480		3518				1.62	4.1	0.066	0.772	1.156	1.224
DE	7	0.2073	600		3591				8.86	2.7	0.240	0.770	1.155	1.305
7E	5	0.1384	480		3518	30°	30°	1.62	1.62	4.1	0.066	0.772	1.158	1.224
EF	8.5	0.3040	1440		3655	30°	30°	3.6	3.6	2.3	0.083	0.800	1.245	1.328
F-I	11	0.6000		2280	3609				9.37	1.7	0.158	0.810		0.204 + 0.158 = 0.363
8G	5	0.1384	480		3518	90°	90°	6	13	4.1	0.530	0.772	1.158	1.86
9G	5	0.1384	480		3518				1.62	4.1	0.066	0.772	1.156	1.224
GH	7	0.2073	600		3591				8.86	2.7	0.240	0.770	1.155	1.305
10H	5	0.1384	480		3518	30°	30°	1.62	1.62	4.1	0.066	0.772	1.158	1.224
H	8.5	0.3040	1440		3655	30°	30°	3.6	3.6	2.3	0.083	0.800	1.245	1.328
I-L	14	1.0080		3620	3074				9.5	1.3	0.085	0.800		6.303 + 0.085 = 6.448
11J	5	0.1384	480		3518	90°	90°	6	13	4.1	0.530	0.772	1.158	1.86
12J	5	0.1384	480		3518				1.62	4.1	0.066	0.772	1.156	1.224
JK	7	0.2073	600		3591				8.86	2.7	0.240	0.770	1.155	1.305
13K	5	0.1384	480		3518	30°	30°	1.62	1.62	4.1	0.066	0.772	1.158	1.224
KL	8.5	0.3040	1440		3655	30°	30°	3.6	3.6	2.3	0.083	0.800	1.245	1.328
L-O	16	1.3980		8280	3766				24	1.2	0.080	0.800		6.448 + 0.08 = 6.528
16M	5	0.1384	520		3512	60°	60°	6	23.27	4.8	1.116	0.808	1.132	2.25
15M	4.5	0.1108	440		3382	90°	90°	5	15.6	6	0.790	0.880	1.226	2.02

Tabla 4.5 Continuación

TRAMOS	DIAM. DUCTO [pulgadas]	VOL. DE AIRE CFM		VELOCIDAD FPM [pie / min]	LONGITUD DEL DUCTO			RESISTENCIA		PRESION DINAMICA [pulgadas]	PERDIDA DE ENTRADA VP	CAIDA DE PRESION CAMPANA SUCCION VP	CAMPANA BUCC	RESISTENCIA PRESION ESTÁTICA	GOV. SP	
		AREA DUCTO [pie <sup>2</sup> ]	TRAMO [pie <sup>2</sup> /min]		PRINCIPAL [pie <sup>2</sup> /min]	LONG. DIRECTA [pie]	COGOS [grados]	ENTRADAS [grados]	LONG. EQUIV. [pie]							LONG. TOTAL [pie]
MV	7.0	0.2873	880		3682	7.215	90°	7.215	2.8	0.20	0.80	1.26		2.248 + 0.2 =	2.248	
16V	4.5	0.1105	440		3682	10.6	90°	10.6	5	0.79	0.96	1.26	1.225	2.018		2.018
NR	8.5	0.3940	1400		3682	13.34	90°	13.34	2.1	0.26	0.78	1.26	1.225	2.248 + 0.26 =	2.5248	2.5248
17R	4.5	0.1105	440		3682	10.6	90°	10.6	5	0.79	0.96	1.26	1.225	2.018		2.018
RS	9.6	0.4623	1840		3737	6.41	90°	6.41	2.2	0.12	0.67	1.25	1.125	2.548 + 0.12 =	2.668	2.668
21E	5	0.1364	520		3612	10.6	90°	10.6	4.8	0.75	0.90	1.25	1.125	1.878		1.878
87	11	0.6800	2360		3675	5.41	90°	5.41	1.5	0.081	0.80	1.25	1.230	2.668 + 0.081 =	2.749	2.749
18P	4.5	0.1105	440		3682	19.35	90°	19.35	6	1.01	0.98	1.25	1.230	2.330		2.330
19P	4.5	0.1105	440		3682	4.66	90°	4.66	6	0.28	0.98	1.25	1.230	1.515		1.515
PQ	6.5	0.2325	880		3618	3.9	90°	3.9	3.6	0.14	0.91	1.25	1.230	2.38 + 0.14 =	2.47	2.47
20Q	4.5	0.1105	440		3682	9	90°	9	6	0.64	0.880	1.25	1.230	1.765		1.765
OO	8	0.3481	1320		3781	43.66	90°	43.66	2.7	1.178	0.90	2.00	1.542	2.47 + 1.178 =	3.648	3.648
O-T	18	1.7870		6880	3724	10.1	90°	10.1	0.66	0.330	0.660	2.00	1.542	7.128 + 0.33 =	7.468	7.468
22U	3.5	0.0598	235		3518	10.13	90°	10.13	6.5	0.680	0.771	2.00	1.542	1.622		1.622
23U	3.5	0.0598	235		3518	18	90°	18	6.5	1.287	0.771	2.00	1.542	2.800		2.800
UV	4.5	0.1105	470		4253	4.32	90°	4.32	6.6	0.30	1.1276	2.00	1.542	2.8 + 0.3 =	3.1	3.1
24V	3.5	0.0598	235		3518	1.45	90°	1.45	6.5	0.084	0.771	2.00	1.542	1.638		1.638
VW	6	0.1084	705		3590	2.66	90°	2.66	3.2	0.052	0.603	2.00	1.542	3.1 + 0.052 =	3.152	3.152
25W	3.5	0.0598	235		3518	16	90°	16	6.5	1.287	0.771	2.00	1.542	2.800		2.800
WX	7	0.2673	940		3517	13.6	90°	13.6	2.7	0.416	0.771	2.00	1.542	3.182 + 0.418 =	3.61	3.61
Y-X	21	2.4050		6840	3717	19.6	90°	19.6	0.6	0.416	0.86			7.458 + 0.418 =	7.874	7.874
X-Z	22	2.6400		6880	3742	7.2	90°	7.2	0.76	0.05	0.86			7.874 + 0.054 =	7.928	7.928

## 4.4.2 SELECCIÓN DEL COLECTOR

La correcta selección del colector depende de la exactitud y veracidad de la información recabada. La hoja de especificaciones para la selección se divide en dos partes, la primera parte titulada *información esencial* es vital, sin ella no se puede seleccionar el equipo, con la segunda parte, titulada *información importante*, se define la selección del equipo más apropiado.

### INFORMACIÓN ESENCIAL

- Descripción de la aplicación: Colección de polvos en la molienda de materia prima para la fabricación de ladrillos.
- Flujo de aire a manejar: 12 000 cfm
- Temperatura aproximada de entrada del aire: 35°C
- Descripción del polvo: Polvo de roca

Sabiendo que se trata de polvo de roca, se busca entonces cuál será la relación de filtración utilizando los datos de la Tabla 4.6, en donde los datos son dados en metros cúbicos por hora, sobre metros cuadrados.

**Tabla 4.6 Relaciones de filtración recomendadas en términos de flujo de aire sobre área de tela filtrante**

<b>MATERIALES</b>	<b><math>\frac{m^3}{h}</math></b>	<b>MATERIALES</b>	<b><math>\frac{m^3}{h}</math></b>
	<b><math>m^2</math></b>		<b><math>m^2</math></b>
Almidón	180	Granos	250
Alúmina	145	Harina	220
Arcilla, Barro	165	Hierro mineral	200
Arena	145	Mica	165
Asbestos	180	Óxido de hierro	130
Aserrín	220	Óxido de plomo	110
Azúcar	110	Óxido de zinc	110
Bauxita	145	Papel	220
Cal	145	Pigmento de pintura	165
Caliza	145	Plásticos	145
Carbón mineral	145	Polvo de carbón	90
Cemento	145	Polvo de esmalte	165
Cocoa, Chocolate	220	Polvo de piel	220
Cosméticos	180	<b>Polvo de roca</b>	<b>165</b>
Detergentes	110	Cuarzo	165
Especias	180	Sílica	110
Feldespato	165	Sulfato de hierro	110
Fertilizante	145	Tabaco	200
Grafito	90	Talco	165

En base a los datos de la tabla anterior se obtuvo que la relación de filtración para polvo de roca contenido en aire es:

$$R = 165 \frac{m^3/h}{m^2}$$

Después de dividir la capacidad total calculada por la relación de filtración de polvo de roca se obtuvo el parámetro de diseño K, cuyo significado físico es obvio:

$$K = \frac{12000}{165}$$

$$K = 72.72$$

Ya con este valor de K se busca en el catálogo del fabricante el número igual o inmediato superior al calculado. Para este proyecto la selección llevó al modelo:

**KNC – 1 – 64 / 78** cuyas dimensiones se pueden ver en el catálogo del fabricante en el Anexo 2.

Las características básicas de este modelo son las siguientes:

- 64 bolsas por módulo
- Un área de filtración de 78 m<sup>2</sup> por módulo
- Una caída de presión de 4 pulgadas de columna de agua

#### INFORMACIÓN IMPORTANTE

- Características del polvo: abrasivo
- Porcentaje de humedad: 25 %
- Densidad o peso específico a granel del polvo en Kg/m<sup>3</sup>
- Contaminantes gaseosos (tipo y concentración): no existentes

Esta información se utiliza para la selección de las bolsas pues el material a utilizar varía según la aplicación, para lo cual es importante determinar el tamaño de las partículas y la carga de polvo. Esta determinación se puede hacer utilizando directamente los datos de tamaño vs carga de la Tabla 4.7. La información correspondiente al nivel de contaminantes gaseosos es muy útil ya que si existe algún tipo de contaminante, el diseño, construcción y recubrimiento del colector KNC puede variar.

**Tabla 4.7** Determinación del tamaño y carga de partículas

INDUSTRIA DEL	APLICACIÓN	CARGA DE POLVO	TAMAÑO DE PARTÍCULAS
ACERO	Homos de arco eléctrico	B	EF
	Manejo de carbón y coque	M	M
	Manejo de materiales	M-A	F-M
	Planta de paletizado	M	M
CARBÓN	Desempolvamiento	A	M
	Manejo de materiales	M	M
	Ventilación general	B	F
CEMENTO	Manejo de cemento	M	F
	Manejo de clicker	M	M
	Manejo de yeso	B	F
	Manejo de caliza	M	F
	Venteo de silos	B	F
CERÁMICA	Manejo de materiales	B	F-M
	Molido y pulverizado	M-A	F-M
CORTE DE PAPEL	Cuchillas	M	M
FARMACÉUTICA	Bombos	M	F-M
	Mezclado	B	M
	Granulado	B	M
	Pesado	B	M
	Envasado	B	M
FUNDICIONES	Homos de cubilote	M	V
	Limpieza con abrasivos	M-A	F-M
	Manejo de arena	M	F-M
	Metales no ferrosos	M-A	EF
	Shakeout	B-M	F
HULE Y PLÁSTICO	Acabados	B	F-M
	Bamburis	B	F
	Esmerilado y pulido	M	M
	Manejo de materiales	M	M
	Molinos de rodillos	B	F
	Polvo de talco	M	M

**Tabla 4.7 Continuación**

INDUSTRIA DEL	APLICACIÓN	CARGA DE POLVO	TAMAÑO DE PARTICULAS
MADERERA	Molduradoras	A	V
	Pulidoras	M	F
	Sierras	M	V
MANEJO DE GRANOS	Enfriadores	M	M
	Manejo de granos	B	M
	Molinos	M	M
METAL MECÁNICA	Esmerilado	B	F
	Maquinado	B	F
	Máq. limpieza de metales	M	V
PEDRERAS Y MINAS	Enfriadores	M	M
	Cribado	A	M
	Manejo de material	M-A	F-M
	Quebrado	A	M
	Secadores y homos	M-A	M
	Venteo de silos	B	M
POLVO DE METAL	Esmerilado	M-A	F-M
	Rectificado	M-A	F-M
PRODUCTOS ALIMENTICIOS	Bombos	M	F-M
	Manejo de azúcar	B	F-M
	Mezclado	B	M
	Granulado	B	M
	Pesado	B	M
	Envasado	B	M
QUÍMICA	Manejo de materiales	B-M	V
	Pesado y cribado	B-M	F-M
	Quebrado y pulverizado	A	V
	Venteo de silos	B	F-M
VIDRIO	Carga de horno	M	M
	Humos de Combustión	B	F
	Manejo de material	M	M
	Venteo de silos	B	F

La nomenclatura utilizada a lo largo de las tablas tiene el significado siguiente:

### **CARGA DE PARTÍCULAS**

B: BAJA	0.1 – 1 gr./m <sup>3</sup>
M: MEDIANA	1 – 5 gr./m <sup>3</sup>
A: ALTA	5 – 50 gr./m <sup>3</sup>

### **TAMAÑO DE PARTÍCULAS**

EF: EXTRA FINO	0.1 – 1 micra
F: FINO	1 – 5 micra
M: MEDIANO	5 – 10 micra
V: VARIADA	combinación

En la fila correspondiente a la Industria de la Cerámica se observa que para la operación de molido y pulverizado los parámetros correspondientes son:

- El tamaño de las partículas es de FINO a MEDIANO, lo que corresponde a 5 micras.
- La carga de partículas es de MEDIANA a ALTA y ello corresponde a 5 gr/m<sup>3</sup>.

### **OTRA INFORMACIÓN IMPORTANTE**

- Planos de distribución o *layout* y en elevación
- Tipo de operación: intermitente
- Disponibilidad de aire comprimido: sí
- Los polvos son reutilizables: sí

La información correspondiente al tipo de trabajo y la disponibilidad de aire comprimido se utiliza para determinar si la selección del sistema de sacudido por pulsos de aire comprimido es la adecuada.

La posibilidad de reutilización de los polvos es importante para determinar el equipo adecuado para el manejo del polvo colectado y como base para un análisis financiero. Toda la información anterior (esencial e importante) es vital para hacer una correcta selección del equipo a instalar.

### 4.4.3 CARACTERÍSTICAS DEL COLECTOR SELECCIONADO

Los colectores de polvos modelo KNC están diseñados para la operación continua y automática, y usan el sistema de pulsos de aire comprimido limpio y seco entre 85 y 100 lb/pulg<sup>2</sup> de presión, en contra corriente, para la limpieza de las bolsas. La Figura 4.1 muestra una vista en corte de un colector de polvos modelo KNC. En la entrada del colector se encuentra instalado un baffle o deflector (1) que obliga al aire con polvo a cambiar bruscamente de dirección, lo cual hace que las partículas grandes y pesadas se separen y precipiten al fondo de la tolva (2), el aire con las partículas más pequeñas pasa a través de las bolsas (3) donde el polvo es capturado en la superficie, formando una capa que en determinado momento ayuda a mejorar la eficiencia del colector, el aire filtrado pasa de las bolsas a la cámara de aire limpio (4) localizada en la parte superior y es descargado a través de la brida de salida (5).

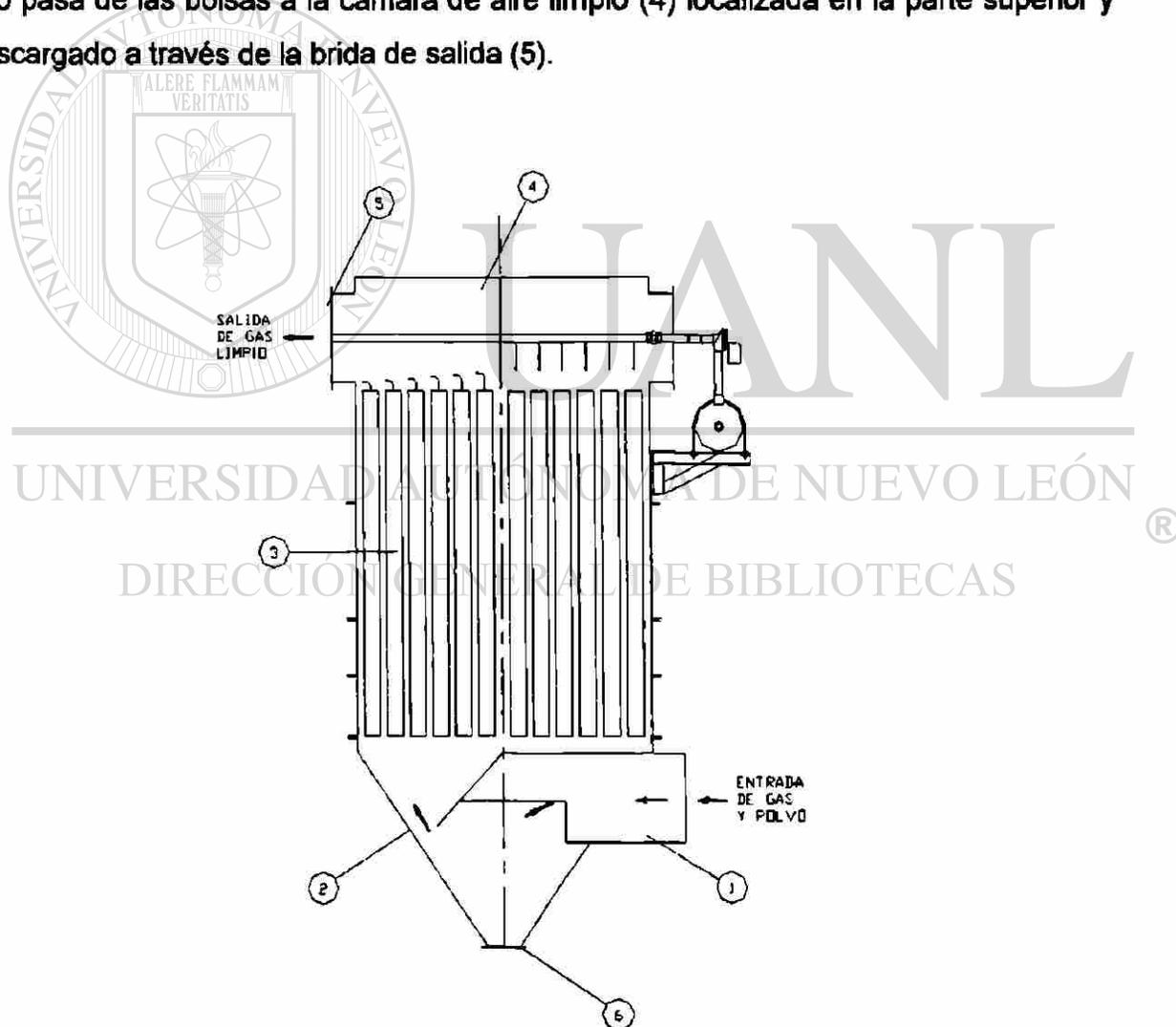


Figura 4.1 Colector de polvos modelo KNC

Todas las bolsas se sacuden periódicamente con pulsos de aire comprimido, los cuales se controlan mediante un secuenciador electrónico de tal forma que en un momento dado sólo un porcentaje del número total de bolsas son limpiadas mientras que el resto continúa filtrando, lo que permite que la unidad permanezca en operación continua.

Las partículas son capturadas en las bolsas, en donde se aglomeran formando partículas más grandes y pesadas que al desprenderse de la bolsa por acción del pulso de aire comprimido caen a la tolva y son desalojadas del colector por medio de una válvula instalada en la brida de descarga (6).

La Figura 4.2 muestra un detalle del cabezal de aire comprimido.



**Figura 4.2** *Detalle mostrando el cabezal de aire comprimido y válvulas para operación de limpieza*

## MATERIAL DE LAS BOLSAS

Las bolsas utilizadas en los colectores varían según el uso que se les vaya a dar y de otros factores presentados en las especificaciones. La Tabla 4.8 muestra algunos materiales calificados por un índice de 1 a 5, según sea su comportamiento:

1 – malo

2 – regular

3 – bueno

4 – muy bueno

5 – excelente

**Tabla 4.8** Comportamiento de algunos materiales frente a algunos factores adversos

<b>Material</b>	<b>Cualidad</b>	<b>Máx. Temp. en °C</b>	<b>Resistencia a la abrasión</b>	<b>Resistencia a los ácidos</b>	<b>Resistencia a la tensión</b>	<b>Resistencia a álcalis</b>
Polipropileno		94	4	5	5	5
Poliéster		135	4	3	5	3
Nomex		205	5	2	4	5
Teflón		233	2	5	2	5
Fibra de vidrio		260	2	2	5	2

Dadas las características del polvo con el cual se trabaja en la planta, se recomienda el uso de bolsas de POLIPROPILENO.

## CANASTILLAS

Las canastillas están hechas de acero al carbón, de diferentes calibres, con galvanizado electrolítico.

## MANÓMETRO DIFERENCIAL

Todos los colectores tienen un manómetro diferencial que indica la caída de presión en las bolsas.

## SECUENCIADOR ELECTRÓNICO

El secuenciador electrónico tiene la capacidad de poder ser ajustado de acuerdo con las necesidades específicas. Éste siempre se entrega por separado, para dejar a criterio del cliente el lugar óptimo de su colocación.

El material con el cual está construido el colector es acero al carbono, en diferentes espesores. El acabado normal consta de un primario y un esmalte alquidálico. Sin embargo, sobre pedido se puede suministrar el equipo con pintura epóxica, con preparación de limpieza a chorro de arena o *sandblast* y hasta con recubrimientos especiales.

Todos los colectores KNC tienen:

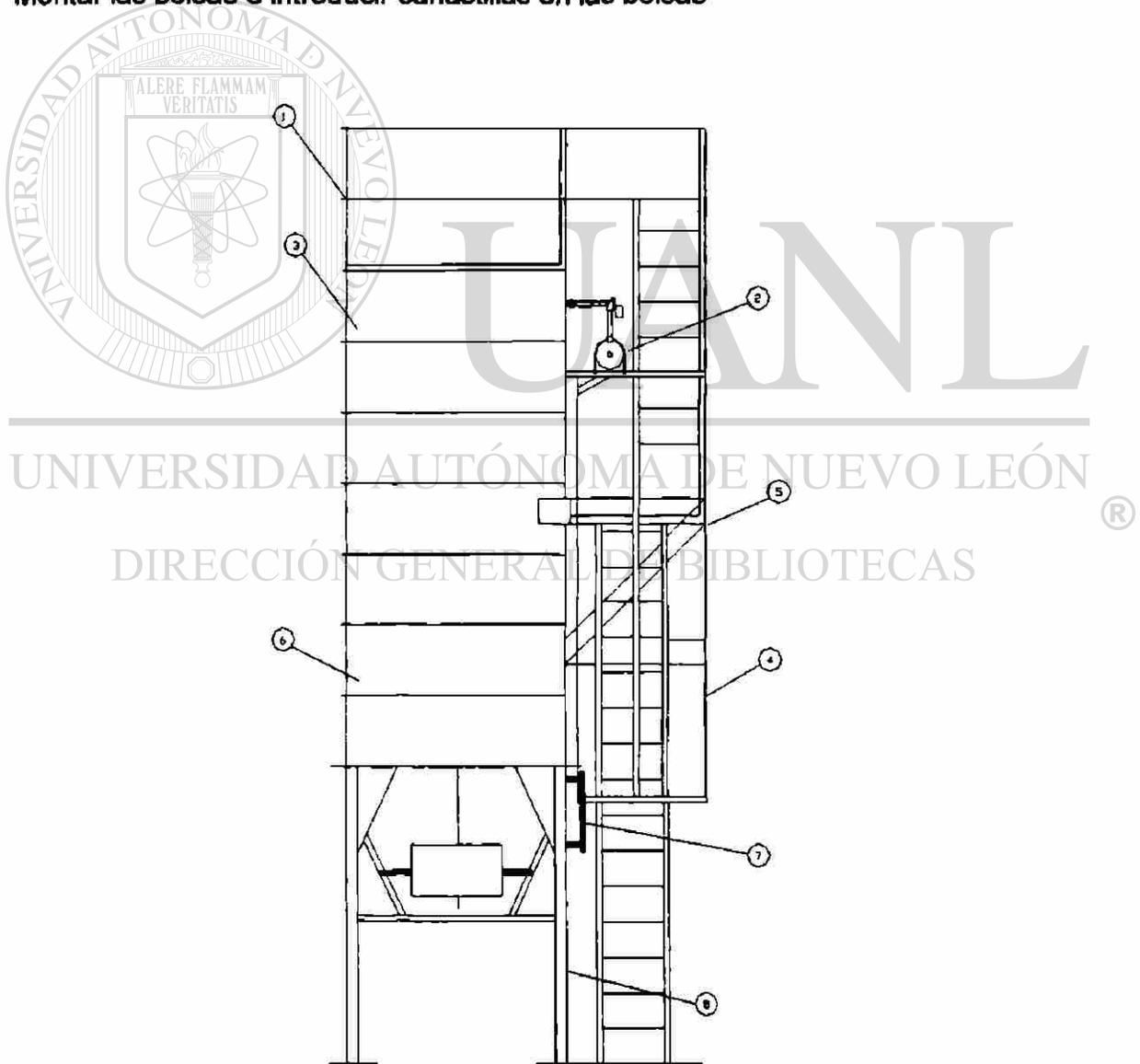
- Fácil acceso por escalera marina
- Baranda de protección
- Puertas de acceso en la parte superior para fácil inspección y mantenimiento de las bolsas
- Plataforma para el mantenimiento de las válvulas
- La unión de las partes principales del colector es por medio de tornillos y bridas para evitar la soldadura en el campo

## INSTALACIÓN

Para la instalación de un colector es importante poner especial atención a la cimentación, su nivelación, cuadratura y tolerancias antes del montaje. En la Figura 4.3 se pueden ver las distintas partes de un colector modelo KNC, las cuales se montan siguiendo los siguientes pasos:

## MONTAJE

1. Montar tolva (7) y estructura de soporte (8) sobre la cimentación
2. Subir el cuerpo (6) y atornillarlo a la tolva colocando empaque entre las bridas
3. Colocar plenum (3) sobre el cuerpo, colocando empaque entre las bridas, poniendo especial atención en la posición del cabezal (2) y de la salida del aire antes de atornillar.
4. Montar plataforma de servicio (5), baranda (1) y escalera marina (4).
5. Montar secuenciador electrónico y hacer conexiones eléctricas a válvulas solenoides.
6. Hacer las conexiones eléctricas y neumáticas
7. Montar las bolsas e introducir canastillas en las bolsas



**Figura 4.3** Partes de un colector modelo KNC

## VERIFICACIONES PREVIAS AL ARRANQUE

1. Verificar que las puertas de acceso estén cerradas
2. Verificar la presión en el cabezal; que debe estar entre 80 y 100 psi
3. Verificar el montaje total de las bolsas
4. Verificar que no haya objetos olvidados dentro del colector

## ARRANQUE

El arranque consta básicamente de dos fases:

### FASE I: Arranque del colector sin flujo de aire

1. Encender el interruptor principal
  2. Abrir la alimentación de aire comprimido al tanque de presión
  3. Arrancar el equipo de descarga de polvos (si existe)
  4. Arrancar el secuenciador electrónico
- Verificar el correcto funcionamiento de válvulas solenoides y de diafragma  
Verificar la inexistencia de fugas en los tubos de aire comprimido  
Verificar el equipo de desalajo de polvo a la tolva

### FASE II: Arranque del colector con flujo de aire.

Se repiten los pasos 1, 2, 3, 4 y

5. Arrancar el ventilador
- Verificar que no existan infiltraciones de aire en las conexiones y puertas de acceso

## PARO DEL EQUIPO

El paro del equipo tiene el siguiente orden:

1. Apagar el ventilador
2. Apagar el secuenciador electrónico

3. Parar la descarga de polvo
4. Cerrar la alimentación de aire comprimido al cabezal
5. Apagar el interruptor principal

## OPERACIÓN

Todos los colectores de polvo modelo KNC tienen un manómetro diferencial que indica la caída de presión en las bolsas. Ésta debe oscilar entre 3 y 4 pulgadas de columna de agua, pues así se obtiene la máxima eficiencia de arrastre y colección. En el caso de que la caída de presión sea mayor deberá de modificarse el periodo de tiempo entre pulso y pulso en el secuenciador electrónico, con el fin de tratar de mantener este intervalo de caída de presión. Si con diversos intentos de cambio de tiempo entre pulsos la caída se mantiene alta, lo más probable es que las bolsas estén sumamente sucias, como consecuencia posiblemente de la excesiva humedad o la presencia de aceite, factores que fuerzan la compactación del polvo y tornan imposible la operación de sacudido con los pulsos de aire comprimido. Ante una situación así habrá que detener el equipo, lavar las bolsas y, lo más importante, hacer un análisis del proceso; eliminar la fuente probable de humedad o aceite antes de arrancar nuevamente el equipo.

Si el caso es a la inversa, es decir, que la presión se mantenga baja y se verifica que a la salida del aire a través del ventilador éste contiene polvo, existe entonces la posibilidad de que esté dañada alguna bolsa. Sólo durante las primeras horas de operación es aceptable ver salir del ventilador aire con polvo, ya que es un periodo de ajuste en el que los poros de las bolsas empiezan a llenarse con la cantidad óptima de polvo para llegar a la caída de presión deseada.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las inspecciones recomendadas son las siguientes:

1. Verificar el flujo de gas limpio a la salida del ventilador
2. Verificar la caída de presión a través de las bolsas

3. Verificar la función de limpieza de las bolsas
4. Inspeccionar el hermetismo de las puertas de servicio y las conexiones
5. Hacer una verificación anual completa de la condición general del colector; considerando los componentes mecánicos, electromecánicos, bolsas de filtrado, etc.

## MANTENIMIENTO

Los elementos de mayor necesidad de mantenimiento en este equipo son: las bolsas, el secuenciador electrónico y el ventilador.

Para darles mantenimiento a las bolsas se procede de la siguiente manera:

1. Parar el equipo
2. Levantar las tapas del plenum
3. Levantar la boquilla de soplado que corresponda a la hilera de bolsas a inspeccionar. Si una bolsa se daña por el uso, es recomendable cambiar todas las demás, pues es indicativo del deterioro general de las mismas.
4. Sacar la canastilla que está dentro de la bolsa filtrante
5. Se desprende la bolsa tomándola por el fleje y se tira hacia el centro del mismo, colapsándolo, pudiendo así estirar la bolsa sacándola totalmente. La inserción de la bolsa sigue el orden inverso.

### 4.4.4 SELECCIÓN DEL VENTILADOR

Cada tipo de álabe es específicamente diseñado para los requerimientos particulares de cada industria. Después de la fabricación los álabes son dinámicamente balanceados.

Algunas tablas de selección de ventiladores están basadas en las condiciones estándar del aire, las cuales son:

- Aire seco
- Temperatura de 70°F (21.1°C)
- A nivel del mar, es decir 406.692 pulgadas de columna de agua de presión
- 0.075 libras/pie<sup>3</sup> (0.0012 gcm<sup>-3</sup>) de densidad

Sin embargo, las variaciones de altitud y temperatura afectan la selección del ventilador, lo que implica que deben hacerse las correcciones apropiadas. Los ventiladores tienen constante el volumen de sus máquinas, lo que implica que tienen la velocidad y todos los otros factores iguales. El volumen del fluido circulando será igual independientemente de la densidad del mismo.

La altura de caída total desarrollada por el ventilador depende de la densidad del fluido. La potencia es el producto de la presión y el volumen, sin embargo la misma varía directamente con la densidad. La densidad del aire es inversamente proporcional con la temperatura absoluta y directamente proporcional a la presión absoluta.

El método más común de selección de ventiladores es el de *frío estático* y está basado en la siguiente ley de ventilación: **A CAUDAL (CFM) Y VELOCIDAD (RPM) CONSTANTES, LA POTENCIA (BHP) Y LA PRESIÓN ESTÁTICA VARÍAN INVERSAMENTE CON LA TEMPERATURA ABSOLUTA Ó DIRECTAMENTE CON LA DENSIDAD DEL AIRE.**

Por lo tanto, la selección del ventilador se hace a partir de los siguientes datos:

- Caudal en cfm
- Presión atmosférica local, en pulgadas de columna de agua
- Presión estática del sistema más el colector, en pulgadas de columna de agua
- Temperatura en °F
- Altitud local en pies

## CÁLCULO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA LOCAL

Teniendo en cuenta que la Ciudad de Monterrey se encuentra aproximadamente a 530 m sobre el nivel del mar, para calcular la presión atmosférica local se aplicará la siguiente fórmula:

$$\frac{P_{ATMOSF. LOCAL}}{P_{ATMOSF. MAR.}} = (1 - 2.26 \times 10^{-5} \cdot h)^{5.256}$$

$$P_{ATMOSF. LOCAL} = 0.9386 \quad atm$$

lo que equivale a decir que la presión atmosférica local es de 381.72 pulgadas de columna de agua.

Ya con el dato de presión se completa el grupo de los siguientes parámetros de diseño:

- Q = 12 000 cfm
- P<sub>ATMOSFÉRICA</sub> = 381.72 pulgadas de columna de agua
- P<sub>ESTÁTICA</sub> = 12 pulgadas de columna de agua
- T = 95 °F (35 °C)
- H = 1720.77 pies

Con lo que se procede a la selección como sigue:

1. Cálculo del factor de densidad FD; se aplica la siguiente fórmula:

$$FD = \frac{(Temp.normal)(Presión.atmosf.local)}{(Temp.local)(Presión.atmosf.normal)}$$

$$FD = \frac{(460 + 70)(381.72")}{(460 + 95)(406.692")}$$

$$FD = 0.896$$

2. Se realiza la siguiente operación para el cálculo del factor de presión estática SP:

$$SP = \frac{12}{0.896}$$

$$SP = 13.39''$$

3. Interpolando del catálogo del fabricante el cual se aprecia en el Anexo 2, para SIZE 55 se obtienen las revoluciones por minuto y la potencia del motor

Q = 12 000 cfm

=>

Velocidad = 1521 rpm

SP = 13''

Potencia = 40.15 BHP

4. Corrección de los valores obtenidos:

$$SP_{\text{corregidos}} = 13'' \times 0.896$$

$$SP_{\text{corregidos}} = 12''$$

$$POT_{\text{corregida}} = 40.15 \times 0.896$$

$$POT_{\text{corregida}} = 35.9 \text{ HP}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

Por consecuencia se recomienda la adquisición del ventilador centrífugo con las características siguientes:

- Modelo **MAC – SIZE 55**
- SP = 13''
- Velocidad = 1521 rpm
- Potencia = 36 HP
- Diámetro de la rueda = 38 ½''
- Área o sección de salida = 2.823 pie<sup>2</sup>
- Área o sección de entrada = 2.982 pie<sup>2</sup>

#### 4.4.5 INSTALACIÓN DE LOS PUERTOS DE MUESTREO

Para la instalación de los puertos de muestreo se utilizará la norma NMX-AA-09-1993-SCFI, la cual establece las distancias mínimas a la que se deben colocar los puertos en función del diámetro del *main*.

Para el sistema de la Molienda de Ladrillería el *main* recomendado es de un diámetro de 22 pulgadas. Teniendo en cuenta que los puertos de muestreo se deben colocar a ocho diámetros por encima de la última perturbación del flujo y a 2 diámetros del final del ducto, se recomienda la siguiente disposición:

- Instalar dos puertos de muestreo en forma perpendicular
- Los puertos deben de ser suficientemente resistentes para soportar una fuerza cortante de 100 Kg. y una fuerza lateral de 25 Kg. con un diámetro nominal de 10 cm y 7.62 cm de extensión con brida ciega
- Los puertos deberán colocarse a una altura de 176 pulgadas, corriente arriba de la última perturbación del flujo y 44 pulgadas a la salida
- La plataforma deberá ser de media luna, con un diámetro de 1.2m y 1m de altura. El piso de la plataforma deberá estar a 1.65m del eje que une el centro de los puertos de muestreo
- La plataforma deberá tener suficiente iluminación y ser capaz de soportar una carga de 400 Kg.
- La escalera debe ser del tipo marina, con un ancho de 50 cm y la distancia entre los centros de los peldaños debe ser de 30 cm.
- La escalera debe contar con protección circundante de un diámetro comprendido entre 60 y 100 cm a partir de 200 cm del piso y hasta 90 cm por encima del último nivel o peldaño al que asciende
- La separación entre el frente de los peldaños y los objetos más próximos al lado del ascenso, debe ser por lo menos de 75 cm

#### **4.4.6 RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA LA ELIMINACIÓN DE POLVOS EN LA SECCIÓN DE MOLIENDA DE LADRILLERÍA**

##### **SISTEMA**

Caudal total = 12 000 cfm

Caída de presión total = 7.928 pulgadas de columna de agua

Diámetro del ducto principal = 22 pulgadas

##### **COLECTOR**

Modelo recomendado: KNC – 1 – 64/78 (VENTURI)

Un solo módulo

64 bolsas por módulo

Bolsas de polipropileno

Área de filtración = 78 m<sup>2</sup>

Caída de presión en el colector = 4" columna de agua

##### **VENTILADOR**

Centrífugo modelo MAC – SIZE 55

SP = 13" columna de agua

Velocidad = 1521 rpm

Potencia = 36 HP

Diámetro de la rueda = 38 ½ "

Área de salida = 2.823 pie<sup>2</sup>

Área de entrada = 2.982 pie<sup>2</sup>

SE ANEXAN PLANOS, VER ANEXO 3

Un plano en planta

Un plano en elevación

## 4.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVOS PARA EL MICRO AMBIENTE DE LA SECCIÓN DE PRENSAS EN MUROS LADO ORIENTE

Dentro de la planta de productos cerámicos otro de los micro ambientes afectados es el de MUROS LADO ORIENTE, donde se encuentran las prensas 1, 2, 3, 4 y 5. La velocidad de flujo mínima considerada en todo el sistema es de 3500 fpm, de manera que se han colocado tomas de extracción de polvos en los siguientes equipos:

### ➤ PRENSAS 1 Y 2

Este sistema ya está instalado, pero es importante considerarlo ya que va a ser conectado al mismo *main* de las prensas 3, 4 y 5 (sistema nuevo). Existen seis tomas de colección de polvos por cada prensa, lo que hace un total aproximado de 4480 cfm. El diámetro del ducto recomendado para conducir dicha caudal de aire es de 15 pulgadas.

### ➤ PRENSAS 3 Y 4

Se han colocado diez tomas de colección de polvos por cada prensa, lo que hace un total aproximado de 7600 cfm que se conectan al *main*. El diámetro del ducto que tiene la capacidad para conducir ese caudal es de 19 pulgadas.

### ➤ PRENSA 5

Se le han colocado un total de diez tomas de colección de polvos a la prensa 5, con lo cual se tiene un caudal de 3800 cfm que se conectan al *main*. Para ello se recomienda la instalación de un ducto de 14 pulgadas de diámetro.

## 4.5.1 RESULTADOS DE LAS HOJAS DE CÁLCULOS

Las hojas de cálculos nos indican que el caudal total de extracción es de 15 880 cfm y que la caída de presión total es de 4 pulgadas de columna de agua, ello a una velocidad final de flujo de polvo de 3 713 fpm. Para esas cantidades se recomienda que el tramo de *main* que une al sistema con el colector tenga un diámetro de 28 pulgadas.

Para efectos de mayor seguridad, se consideró para el caudal un factor de seguridad de un 10%, por lo tanto:

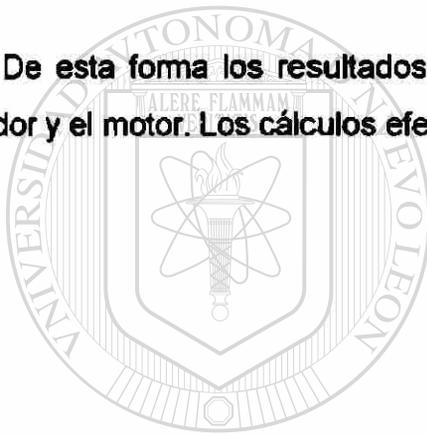
$$Q_{TOTAL} = 1.1 \cdot Q$$

$$Q_{TOTAL} = 1.1 \cdot 15880$$

$$Q_{TOTAL} = 17468 \quad cfm$$

cifra que se cerró en 17 500 cfm de caudal total.

De esta forma los resultados obtenidos nos permiten seleccionar el colector, el ventilador y el motor. Los cálculos efectuados se hallan contenidos en la Tabla 4.9.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Tabla 4.9 Hoja de cálculo para el área de las prensas de muros

TRAMOS	VOL. DE AIRE C.A.E.		VELOCIDAD		LONGITUD DEL DUCTO		RESISTENCIA		PRESMAN DINÁMICA (kg/cm <sup>2</sup> )	PERIODO DE ENTRADA VP	CAIDA DE PRESIÓN CAMPANA SUCCIÓN VP	CAMPANA BUCC. (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA PRESIÓN ESTÁTICA (kg/cm <sup>2</sup> )	GOV. BP
	DIAM. DUCTO (pulgadas)	ÁREA DUCTO (pie <sup>2</sup> )	TRAMO (pie / min)	PRINCIPAL (pie / min)	LONG. DUCTO (pies)	LONG. TOTAL (pies)	LONG. EQUIV. (pies)	DIRECTA (pulgadas)						
1A	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
2A	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
AC	6	0.1984	500		90"	17.090	4.100	0.700	1.034	0.50	1.50	1.224	1.303 + 0.07 =	2.003
3B	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
4B	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
5C	6	0.1984	500		30"	6.900	4.100	0.287	1.034	0.50	1.50	1.561	1.303 + 0.2885 =	1.57
6C	6	0.4418	1000		30"	4.36	2.100	0.091	0.817	0.50	1.50	1.224	2.003 + 0.091 =	2.094
7D	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
8D	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
9E	6	0.1984	500		30"	6.900	4.100	0.287	1.034	0.50	1.50	1.561	1.303 + 0.2885 =	1.57
EF	11	0.8600	2400		30"	0.11	1.800	0.00178	0.824	0.50	1.50	1.462	2.084 + 0.00178 =	2.085
F	4.5	0.1105	440		30"	6.28	6.000	0.497	0.886	0.50	1.50	1.265	1.9788	
FG	12	0.7854	2640		30"	19.00	1.400	0.504	0.815	0.50	1.50	1.265	2.088 + 0.504 =	2.589
7G	4	0.0873	320		30"	8.11	5.900	0.470	0.837	0.50	1.50	1.265	1.7255	
G-I	12	0.7854	3160		30"	3.26	1.800	0.0565	1.000	0.50	1.50	1.265	2.969 + 0.0565 =	2.657
9H	4	0.0873	320		30"	11.04	5.500	0.827	0.837	0.50	1.50	1.265	2.082	
8H	4	0.0873	320		30"	4.67	5.500	0.267	0.837	0.50	1.50	1.265	1.922	
H	5.5	0.1650	640		30"	11.68	4.200	0.490	0.937	0.50	1.50	1.265	2.082 + 0.49 =	2.572
I-J	14	1.0980		3888	30"	30.80	0.821	0.767	0.837	0.50	1.50	1.224	2.657 + 0.821 =	3.278
10K	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
11K	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
12K	6	0.1984	500		30"	17.090	4.100	0.700	1.034	0.50	1.50	1.224	1.303 + 0.07 =	2.003
13M	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
13M	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	
14M	6	0.1984	500		30"	6.900	4.100	0.287	1.034	0.50	1.50	1.561	1.303 + 0.2885 =	1.57
15M	9	0.4418	1000		30"	4.36	2.100	0.091	0.817	0.50	1.50	1.224	2.003 + 0.091 =	2.094
16O	4.5	0.1105	400		30"	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.50	1.224	1.30	

Tabla 4.9 Continuación

TRAMON	DIA. DUCTO (Inchadas)	VOL. DE AIRE TRANS. (ft <sup>3</sup> /min)	VELOCIDAD PRINCIPAL (ft/s)	VELOCIDAD PRINCIPAL (ft/s)	LONG. DIRECTA (ft)	LONG. DIRECTA (ft)	LONGITUD DEL DUCTO		RESISTENCIA DIRECTA (Pulgadas)	RESISTENCIA DINAMICA (Pulgadas)	PERDIDA DE ENTRADA VP	CAIDA DE PRESION CAMPANA SUCCION VP	CAMPANA SUCC. PULGADAS	RESISTENCIA PRESION ESTÁTICA	GOV. HP
							ENTRADAS (ft)	LONG. TOTAL (ft)							
180	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.80	1.224	1.30	1.87	
190	6	800	4073	6.50	6.50	6.500	4.100	0.267	1.034	0.50	1.80	1.561	1.30 + 0.2660 =	1.87	
200	11	2400	3636	0.11	0.11	0.116	1.800	0.00176	0.624	0.50	1.50	1.482	2.084 + 0.00176 =	2.086	
210	4.5	400	3662	8.28	8.28	8.280	8.000	0.487	0.886	0.50	1.50	1.224	1.9788	2.086	
220	12	2640	3616	11.36	11.36	28.36	1.45	0.4110	0.82	0.50	1.80	1.224	2.085 + 0.411 =	2.496	
230	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.80	1.224	1.30	1.87	
240	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.80	1.224	1.30	1.87	
250	6	800	4073	6.50	6.50	6.500	4.100	0.267	1.034	0.50	1.80	1.561	1.303 + 0.7 =	2.003	
260	6	1600	3621	4.38	4.38	4.380	2.100	0.084	0.617	0.50	1.80	1.224	1.30	1.87	
270	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.80	1.224	1.30	1.87	
280	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.66	1.50	1.224	1.30	1.87	
290	6	800	4073	6.50	6.50	6.500	4.100	0.267	1.034	0.50	1.80	1.561	1.303 + 0.2660 =	1.87	
300	9	1600	3621	4.38	4.38	4.380	2.100	0.084	0.617	0.50	1.80	1.224	2.003 + 0.081 =	2.084	
310	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.80	1.224	1.30	1.87	
320	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.66	1.50	1.224	1.30	1.87	
330	6	800	4073	6.50	6.50	6.500	4.100	0.267	1.034	0.50	1.80	1.561	1.303 + 0.2660 =	1.87	
340	11	2400	3636	0.11	0.11	0.110	1.800	0.00176	0.624	0.50	1.50	1.482	2.084 + 0.00176 =	2.086	
350	4.5	440	3662	8.28	8.28	8.280	8.000	0.487	0.886	0.50	1.80	1.482	1.9788	2.086	
360	12	2640	3616	11.36	11.36	28.36	1.45	0.4110	0.82	0.50	1.80	1.224	2.085 + 0.411 =	2.496	
370	4.5	400	3620	1.62	1.62	1.620	4.900	0.079	0.816	0.50	1.80	1.224	2.508 + 0.0564 =	2.564	
380	4	320	3666	8.11	8.11	8.116	5.900	0.470	0.637	0.50	1.80	1.285	1.7265	2.564	
390	4	320	3666	8.11	8.11	8.116	5.900	0.470	0.637	0.56	1.80	1.285	1.7265	2.564	
400	18	6320	3578	2.72	2.72	2.72	2.9	0.059	0.767	0.50	1.80	1.285	2.96 + 0.059 =	3.019	
410	4	320	3666	11.04	11.04	15.038	5.500	0.627	0.887	0.50	1.80	1.285	2.082	2.564	
420	4	320	3666	4.97	4.97	4.870	5.500	0.267	0.837	0.50	1.80	1.285	1.921	2.564	
430	5.5	640	3678	11.68	11.68	11.680	4.200	0.480	0.837	0.50	1.80	1.285	2.062 + 0.48 =	2.545	
440	4	320	3666	11.04	11.04	15.038	5.500	0.627	0.887	0.50	1.80	1.285	2.082	2.564	
450	4	320	3666	4.97	4.97	4.870	5.500	0.267	0.837	0.50	1.80	1.285	1.921	2.564	

Tabla 4.9 Continuación

TRAMOS	DIAM DUCTO (pulgadas)	VOL DE AIRE CFM		VEL OCIDAD FPM (ft/min)	LONG DUCTO (ft)		LONGITUD DEL DUCTO		PRESION DINAMICA (pulgadas)	PERDIDA DE ENTADA VP	CAIDA DE PRESION CAMPANA SUCCION VP	CAMPANA SUCC. (pulgadas)	RESISTENCIA PRENSION ESTATICA (pulgadas)
		AREA DUCTO (ft <sup>2</sup> )	TRAMO (ft)		PRINCIPAL (ft)	LONG. DUCTO (ft)	EXPOS. (ft)	LONG. EQUIV. (ft)					
T-E	5.6	0.1690	640	3676	11.06	11.06	30°	11.680	4.200	0.460	0.637	1.224	2.062 + 0.49 =
T-J	19.0	1.9680	7600	3690	10.36	10.36	90°	40.360	0.600	0.363	0.628	1.224	2.619 + 0.363 =
J-N	24	3.1420	11468	3626	62.00	62.00	30°	52.000	0.610	0.317	0.620	1.224	3.279 + 0.317 =
1A'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.078	0.616	1.224	1.30
1A'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.078	0.616	1.224	1.30
1C'	6	0.1664	600	4073	10.06	10.06	90°	17.060	4.100	0.700	1.034	1.224	1.303 + 0.07 =
3B'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.079	0.616	1.224	1.30
4B'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.079	0.616	1.224	1.30
5C'	6	0.1664	600	4073	6.50	6.50	30°	6.500	4.100	0.267	1.084	1.251	1.303 + 0.266 =
6D'	8	0.4418	1600	3621	13.00	13.00	90°	26.000	2.100	0.526	0.617	1.224	1.672 + 0.526 =
1A'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.078	0.616	1.224	1.30
2A'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.079	0.616	1.224	1.30
1C'	6	0.1664	600	4073	10.06	10.06	90°	17.060	4.100	0.700	1.084	1.224	1.303 + 0.07 =
3B'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.079	0.617	1.224	1.30
4B'	4.5	0.1105	400	3620	1.62	1.62	30°	1.620	4.600	0.079	0.616	1.224	1.30
6C'	6	0.1664	600	4073	6.50	6.50	30°	6.500	4.100	0.267	1.084	1.251	1.303 + 0.266 =
6D'	9	0.4418	1600	3621	13.00	13.00	90°	26.000	2.100	0.526	0.617	1.224	1.672 + 0.526 =
DE'	12	0.7854	3200	4074	6.49	6.49	30°	6.490	1.700	0.110	1.084	1.251	2.5 + 0.11 =
6E'	4	0.0973	320	3665	6.11	6.11	30°	6.110	5.600	0.470	0.637	1.256	1.7265
6B'	13.0	0.9216	3530	3818	2.60	2.60	90°	2.600	1.200	0.0312	0.606	1.265	2.61 + 0.0312 =
7E'	4	0.0973	320	3665	11.04	11.04	90°	15.038	6.600	0.827	0.637	1.265	2.062
6F'	4	0.0973	320	3665	4.87	4.87	30°	4.870	5.600	0.267	0.637	1.256	1.523
F6'	5.5	0.1660	640	3678	11.66	11.66	30°	11.660	4.200	0.460	0.637	1.256	2.062 + 0.46 =
6B'	4.0	0.0973	320	3665	14.90	14.90	30°	14.900	4.600	0.716	0.637	1.256	1.67
G4'	1.5	1.2270	4480	3661	6.74	6.74	30°	6.740	1.600	0.156	0.631	1.256	2.61 + 0.156 =
H-GOL	3R	4.2780		3713	90.16	90.16	90°	90.190	0.500	6.400	0.690	1.256	3.696 + 0.4 =

## 4.5.2 SELECCIÓN DEL COLECTOR

### INFORMACIÓN ESENCIAL

- Descripción de la aplicación: colección de polvos en las prensas de materia prima
- Flujo de aire a manejar: 17 500 cfm
- Temperatura aproximada de entrada del aire: 35°C
- Descripción del polvo: Polvo de roca

Sabiendo que se trata de polvo de roca se consulta, como antes se hizo, en la Tabla 4.6 y se obtiene la relación de filtración en metros cúbicos por hora, sobre metro cuadrado.

$$R = 165 \frac{m^3/h}{m^2}$$

Al dividir la capacidad total calculada por la relación de filtración de polvo de roca se obtiene el parámetro de diseño K:

$$K = \frac{17500}{165}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

---

K = 106

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Con este valor de  $K$  se ingresa en el catálogo del fabricante, en la segunda columna, y se busca el número igual o inmediato superior al obtenido.

Para este caso se recomienda el modelo: **KNC – 1 – 96 / 116**, cuyas dimensiones se pueden consultar en el catálogo del fabricante que se encuentra a disposición en el Anexo 2. Así, las características básicas de este modelo son las siguientes:

- 96 bolsas por módulo
- Un área de filtración de 116 m<sup>2</sup> por módulo
- Una caída de presión de 4 pulgadas de columna de agua

La información importante, al igual que las características del polvo, las características del colector, la operación, puesta en marcha y mantenimiento del colector, son todas esencialmente idénticas a las ya descritas para el colector de *Molienda de Ladrillería*.

### 4.5.3 SELECCIÓN DEL VENTILADOR

Para la selección del ventilador se parte de los siguientes datos:

- Q = 17 500 cfm
- P<sub>ATMOSFÉRICA</sub> = 381.72 pulgadas de columna de agua
- P<sub>ESTÁTICA</sub> = 8 pulgadas de columna de agua
- T = 95 °F ( 35 °C)
- H = 1720.77 pies

El proceso de selección es el siguiente:

1. Cálculo del Factor de Densidad, FD = 0.896 (el mismo anterior)

2. Se realiza la siguiente operación para el cálculo del factor de presión estática SP: ®

$$SP = \frac{8}{0.896}$$

$$SP = 8.92''$$

3. Se elige del catálogo del fabricante el ventilador SIZE 60:

Q = 17 500 cfm

=>

Velocidad = 1123 rpm

SP = 9"

Potencia = 45.77 BHP

4. Corrección de los valores obtenidos:

$$SP_{\text{corregidos}} = 9'' \times 0.896$$

$$SP_{\text{corregidos}} = 8''$$

$$POT_{\text{corregida}} = 45.77 \times 0.896$$

$$POT_{\text{corregida}} = 41 \quad HP$$

Por lo tanto se recomienda la adquisición del ventilador centrífugo **MAC – SIZE 60** el cual se puede ver en el Anexo 2, con las siguientes características:

$$SP = 9''$$

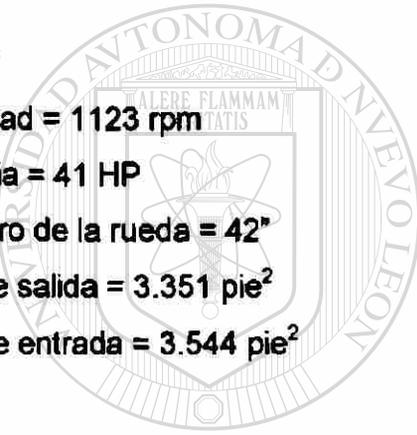
$$\text{Velocidad} = 1123 \text{ rpm}$$

$$\text{Potencia} = 41 \text{ HP}$$

$$\text{Diámetro de la rueda} = 42''$$

$$\text{Área de salida} = 3.351 \text{ pie}^2$$

$$\text{Área de entrada} = 3.544 \text{ pie}^2$$



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

#### 4.5.4 INSTALACIÓN DE LOS PUERTOS DE MUESTREO

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Para la instalación de los puertos de muestreo se seguirá las especificaciones indicadas en la norma NMX-AA-09-1993-SCFI.

Para el sistema de las prensas de Muros lado Oriente el main recomendado es de un diámetro de 28 pulgadas, con lo cual se deberán instalar dos puertos de muestreo en forma perpendicular a una altura de 224 pulgadas corriente arriba y 56 pulgadas a la salida. La instalación de la plataforma de trabajo y de la escalera marina seguirá las mismas especificaciones dadas para el sistema de molienda de ladrillería.

## **4.5.5 RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA LAS PRENSAS DE MUROS LADO ORIENTE**

### **SISTEMA**

**Caudal total = 17 500 cfm**

**Caída de presión total = 4" columna de agua**

**Diámetro del ducto principal = 28"**

### **COLECTOR**

**Modelo recomendado: KNC – 1 – 96/116 (VENTURI)**

**Un solo módulo**

**96 bolsas por módulo**

**Bolsas de polipropileno**

**Área de filtración = 116 m<sup>2</sup>**

**Caída de presión en el colector = 4" columna de agua**

### **VENTILADOR**

**Centrifugo modelo MAC – SIZE 60**

**SP = 9" columna de agua**

**Velocidad = 1123 rpm**

**Potencia = 41 HP**

**Diámetro de la rueda = 42 "**

**Área de salida = 3.35 pie<sup>2</sup>**

**Área de entrada = 3.544 pie<sup>2</sup>**

**SE ANEXAN PLANOS EN EL ANEXO 3**

**Un plano en planta**

**Un plano en elevación**

## CAPÍTULO 5

### DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE POLVOS EN LOS ALMACENAMIENTOS DE MATERIA PRIMA

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

En la planta de este estudio existen dos almacenamientos de materia prima, uno en "Servicio Directo" y el otro ubicado en la "Molienda de Ladrillería". En el almacenamiento de servicio directo se encuentra la materia prima que se utilizará en la fabricación de azulejos, pisos y guarniciones. En cambio, en el almacenamiento de la molienda de ladrillería se encuentra confinada la materia prima que se utilizará en la fabricación de ladrillos. Ambos almacenamientos representan un problema desde el punto de vista ecológico, dado que los vientos reinantes en la zona y el traslado de dicha materia prima al proceso producen polvos que causan molestias a los vecinos.

En este capítulo se propondrá una nueva ubicación para la materia prima, de manera que la misma quede lo más cerca del proceso para el cual se la utiliza. Asimismo, se trazarán nuevamente las "calles", de forma que la descarga y traslado de materia prima se realice por el trayecto más corto. Además, para evitar la fuga de polvos, se propondrá un sistema de control de los mismos por medio de *aspersores de agua*. También se incluye un procedimiento para el manejo y traslado de la materia prima, con el fin de producir la menor cantidad de polvos en la fuente misma.

## 5.2 PROPUESTA DE RE-UBICACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El objetivo de la propuesta es de reubicar la materia prima confinada en los almacenamientos de Servicio Directo y de Molienda de Ladrillería, de tal manera que, ocupando la menor área posible, se logre una distribución ordenada de la misma y que su nueva ubicación sea lo más cercana al lugar de su proceso. Actualmente, las áreas en donde se almacena la materia prima, en ambas zonas, no están bien definidas y parte del espacio es ocupado por materiales obsoletos.

### 5.2.1 ALMACENAMIENTOS EN EL ÁREA DE SERVICIO DIRECTO

En el área de servicio directo, la materia prima se confina en dos lugares distintos:

- Almacenamientos techados
- Almacenamientos a cielo abierto

En los almacenamientos techados se encuentran los siguientes materiales:

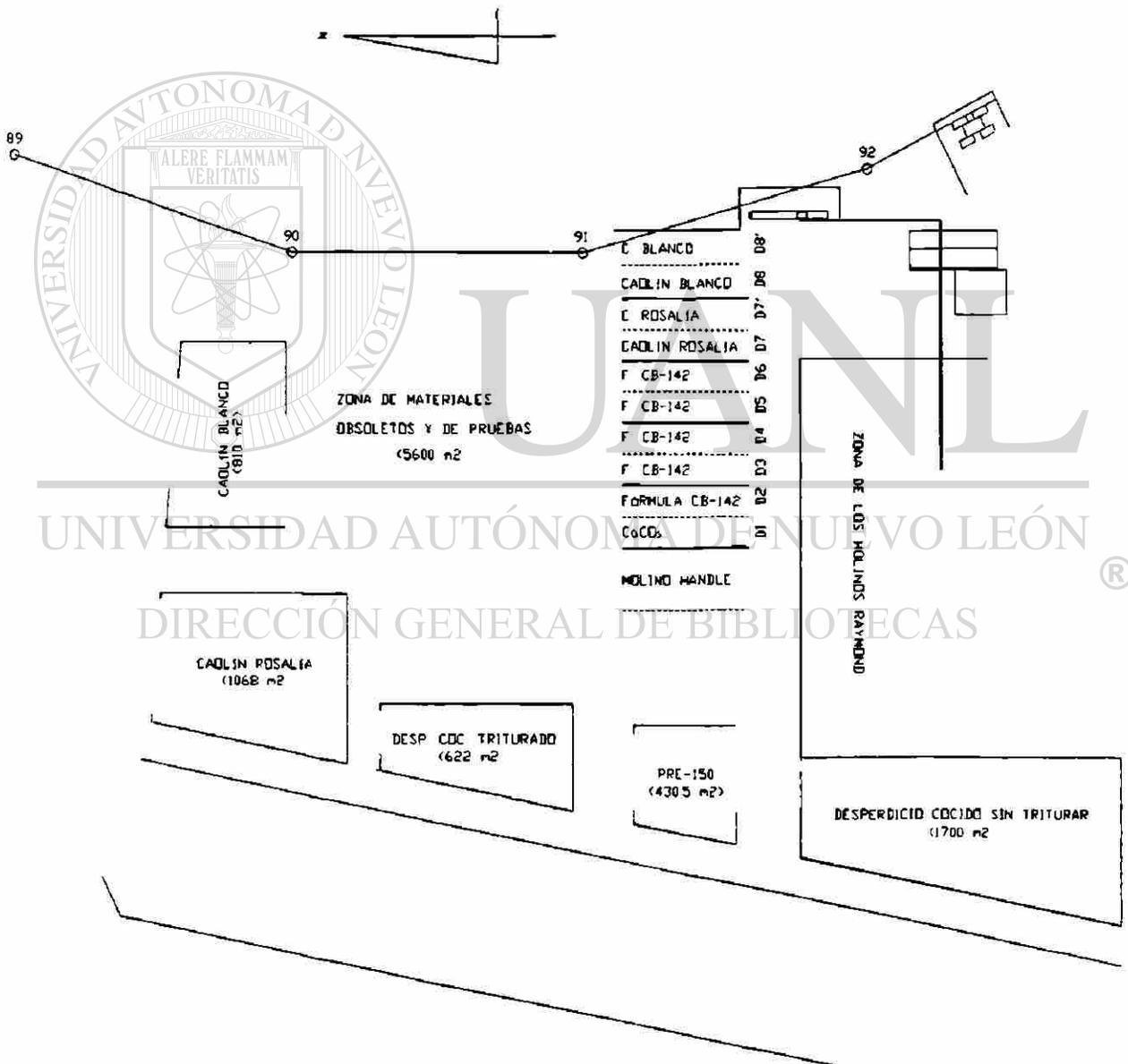
- Depósito N°1: Carbonato de Calcio
- Depósito N°2: Fórmula CB-142
- Depósito N°3: Fórmula CB-142
- Depósito N°4: Fórmula CB-142
- Depósito N°5: Fórmula CB-142
- Depósito N°6: Fórmula CB-142
- Depósito N°7: Caolín Rosalía
- Depósito N°7': Caolín Rosalía
- Depósito N°8: Caolín Blanco
- Depósito N°8': Caolín Blanco

Esto seguirá siendo así, ya que la materia prima ubicada en el área techada no se cambiará de lugar porque las instalaciones son apropiadas.

En la zona de almacenamiento a cielo abierto se encuentran los siguientes materiales:

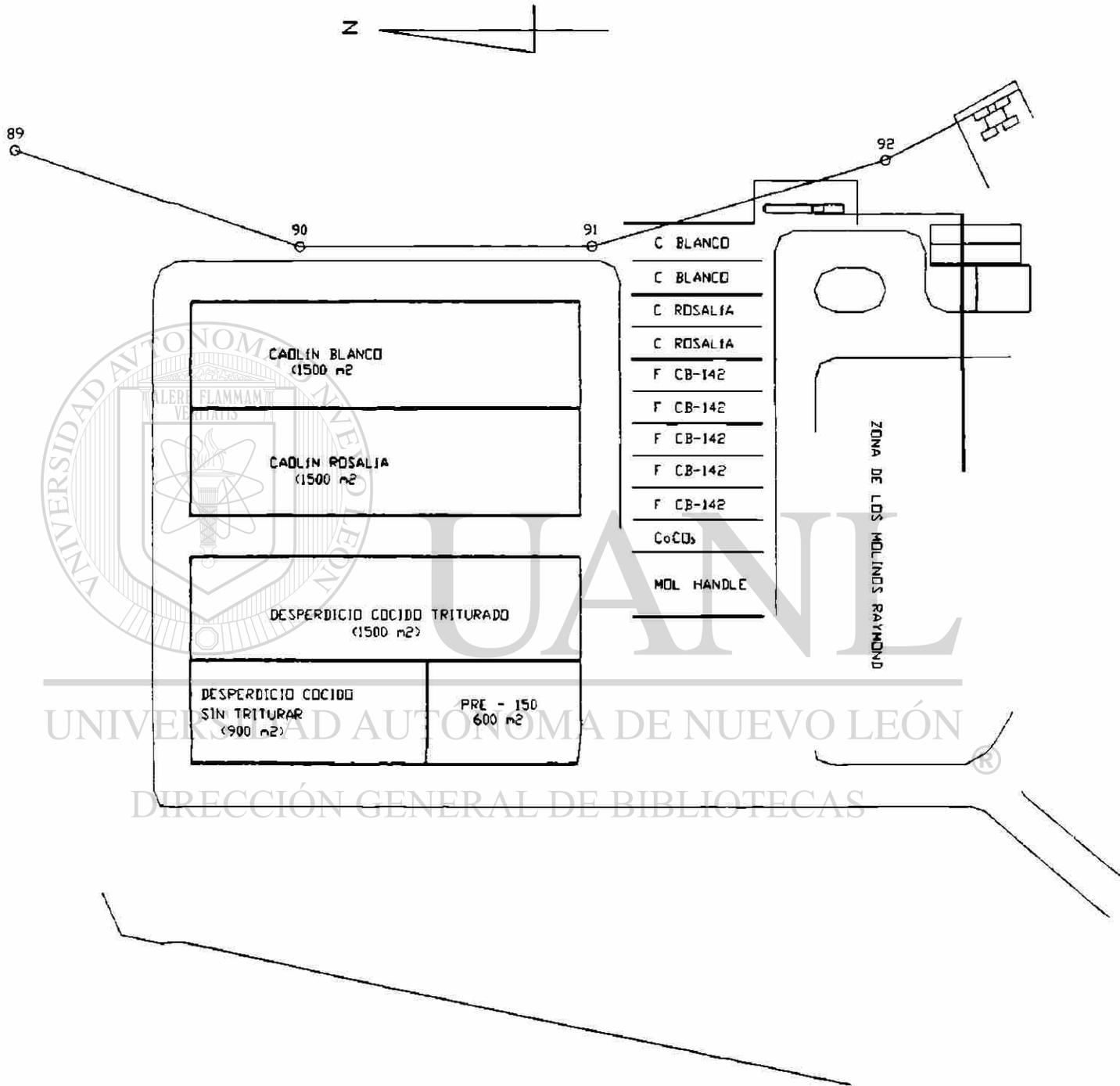
- Materiales obsoletos
- Caolín Blanco
- Caolín Rosalía
- PRE - 150
- Desperdicio cocido sin triturar
- Desperdicio cocido triturado

La ubicación de los materiales se puede ver en la Figura 5.1



**Figura 5.1** Esquema indicativo de la ubicación de la materia prima en los almacenamientos de servicio directo

Como primer paso se propone disponer de los materiales obsoletos, de manera que toda el área destinada al confinamiento de materia prima quede perfectamente libre. Luego re-ubicar los materiales conforme a la disposición mostrada en la Figura 5.2.



**Figura 5.2** Esquema indicativo de la ubicación sugerida para la materia prima en los almacenamientos de servicio directo

Las ventajas de la ubicación propuesta son las siguientes:

1. Mayor aprovechamiento del espacio por eliminación de materiales obsoletos
2. Disposición con mejor geometría
3. El *desperdicio cocido sin triturar* se halla cercano a la Trituradora Western
4. El *desperdicio cocido triturado* está próximo al Molino Handle
5. El *caolín Blanco* se encuentra cerca de los Depósitos N° 8 y 8'
6. El *caolín Rosalía* se halla cercano a los Depósitos N° 7 y 7'
7. Las áreas propuestas son mayores que las ya existentes

### 5.2.2 ALMACENAMIENTOS EN EL AREA DE MOLIENDA DE LADRILLERÍA

En Molienda de ladrillería, la materia prima se confina en dos lugares distintos:

- Almacенamientos techados
- Almacенamientos a cielo abierto

— En los almacенamientos techados se encuentran los siguientes materiales: —

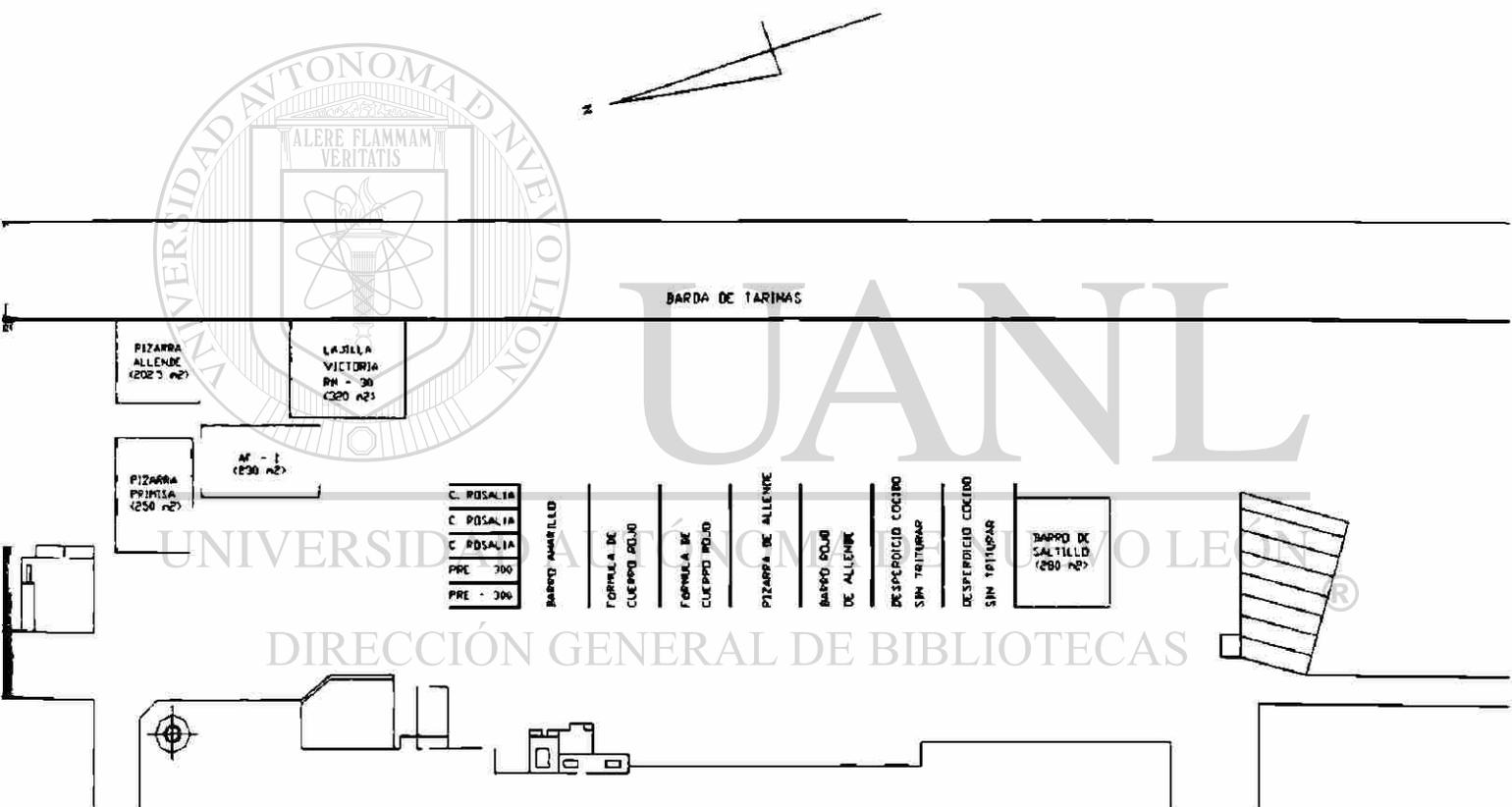
- Caolín Rosalía
- PRE - 300
- Desperdicio crudo
- Barro Amarillo
- Fórmula de cuerpo rojo
- Pizarra de Allende
- Barro rojo de Allende

Esto seguirá siendo así ya que la materia prima ubicada en el área techada no se cambiará de lugar porque las instalaciones son apropiadas.

En la zona de almacenamiento a cielo abierto se encuentran los siguientes materiales:

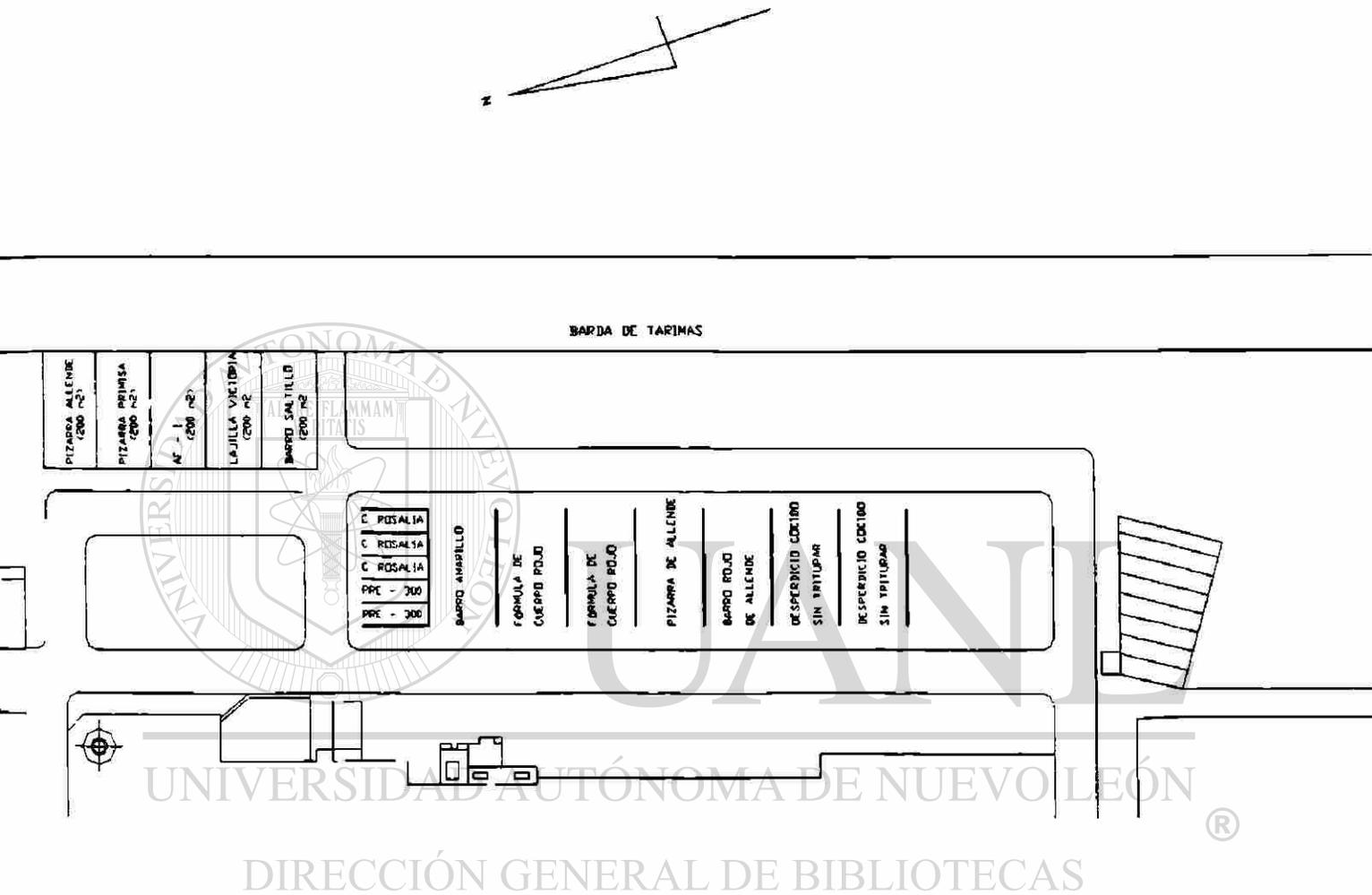
- Materiales obsoletos
- Pizarra de Allende
- Pizarra Primisa
- AF - 1
- Lajilla Victoria - RM - 30
- Desperdicio cocido sin triturar
- Barro de Sattillo

La disposición antes descrita se puede observar en la Figura 5.3.



**Figura 5.3** Esquema indicativo de la ubicación de la materia prima en los almacenamientos de molinera de ladrillería

Como primer paso, se propone disponer de los materiales obsoletos, de manera que toda el área destinada al confinamiento de materia prima quede perfectamente libre. Posteriormente los materiales serán reubicados como se indica en la Figura 5.4.



**Figura 5.4** Esquema indicativo de la ubicación sugerida para la materia prima en los almacenamientos de molinería de ladrillería.

Las ventajas de la ubicación propuesta son las siguientes:

1. Mayor aprovechamiento del espacio por eliminación de materiales obsoletos
2. Disposición con mejor geometría
3. Los nuevos confinamientos son de fácil acceso para el transportista que debe descargar la materia prima en los mismos
4. Las áreas propuestas son mayores que las ya existentes

### 5.3 DEFINICIÓN Y CARPETEO DE LAS RUTAS DE TRÁNSITO

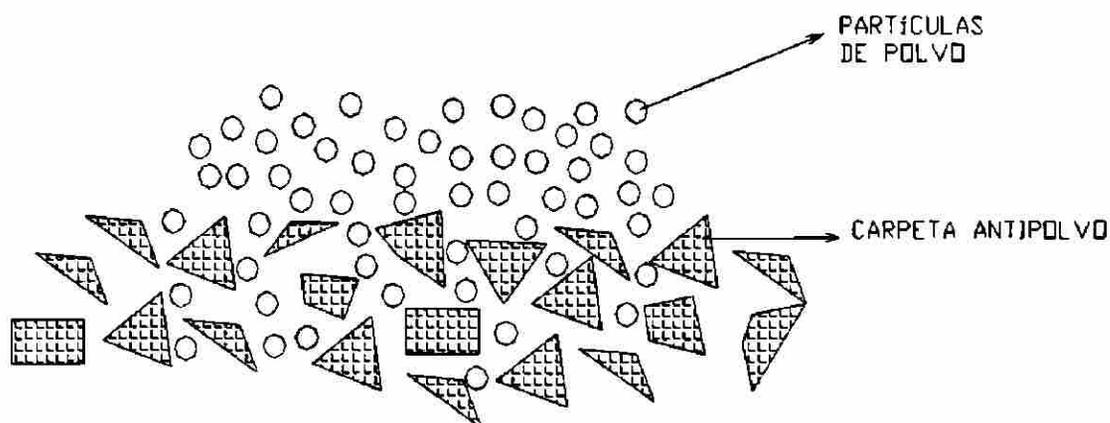
Para definir las rutas en las áreas de almacenamiento de materia prima se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tienen que ser de fácil acceso a los transportistas que traen la materia prima desde las canteras hasta su área de confinamiento temporal, en los almacenamientos de servicio directo y de molienda de ladrillería
- Tienen que ser vías rápidas desde los almacenamientos hasta el proceso
- Deben representar la menor trayectoria desde el almacenamiento hasta el proceso

Por lo tanto, en servicio directo se proponen las rutas señaladas en la Figura 5.2 y en molienda de ladrillería se proponen las rutas indicadas en la Figura 5.4. Las rutas deben de tener una carpeta o relleno *antipolvo*, esto habrá de lograrse colocándole desperdicio cocido triturado apisonado, de manera tal que las partículas de polvo penetren en los intersticios de la misma y no se disipen en el medio ambiente. Esto se puede ver en la Figura 5.5.

### 5.4 PROCEDIMIENTO DE MANIOBRA DE LA MATERIA PRIMA EN LOS CONFINAMIENTOS DE SERVICIO DIRECTO Y MOLIENDA DE LADRILLERÍA

Hay que tener en cuenta que la materia prima con la cual se va a trabajar genera polvos, si no es correctamente tratada, es por ello que este apartado está dedicado a brindar sugerencias de cómo maniobrar con la misma, sin que ello ocurra. Una copia de este *procedimiento*, debe estar a la vista del personal que maniobra con la materia prima, en los confinamientos de *servicio directo* y en *molienda de ladrillería*. Además se debe repartir copia impresa del mismo, al transportista y al personal interno de la planta.



**Figura 5.5** Esquema indicativo de la constitución de la alfombra antipolvo

#### 5.4.1 REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTISTA

1. El transportista proveedor de materia prima, al ingresar a la planta, debe hacerlo con la *carrocería protegida*; es decir, cubierta con una lona o similar, con el fin de evitar el derrame de materia prima en el trayecto dentro de la misma
2. Personal interno de la planta, especialmente designado para ello, debe acompañar al transportista todo el tiempo que éste permanezca dentro de las instalaciones
3. Una vez que ha llegado hasta los almacenamientos de materia prima, puede desplazarse dentro de ellos exclusivamente por los caminos señalizados para tal fin
4. No debe de colocar la materia prima que transporta en otro lugar que no sea el previamente destinado para ello. Estos lugares estarán debidamente indicados con carteles alusivos
5. Una vez dentro del área de confinamiento, el vehículo irá hasta el fondo de la misma y desplazándose por el centro del área, descargará; evitando que el montículo de materia prima rebase los 4m de altura
6. Los vehículos no deben de salir de la planta con las ruedas sucias, evitando así dejar "huellas" en las calles de la ciudad
7. Se deben limpiar las ruedas de los transportes en las instalaciones destinadas para ello

## **5.4.2 REGLAMENTO INTERNO PARA EL MANEJO DE LA PALA MECÁNICA**

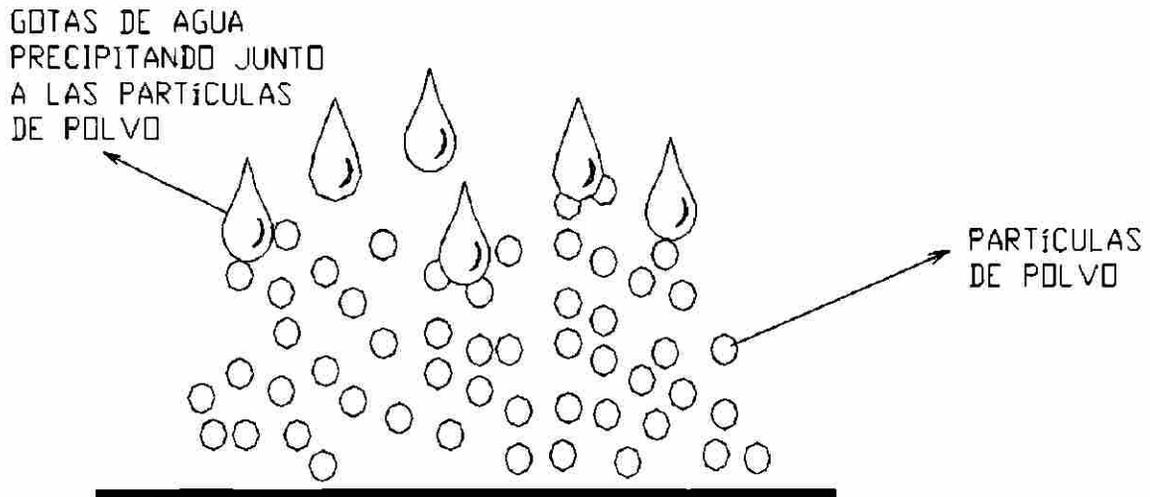
1. Las palas mecánicas encargadas de transportar la materia prima desde los almacenamientos a cielo abierto hasta los depósitos, deben ser maniobradas exclusivamente por personal autorizado para tal fin
2. No se debe llenar la pala hasta que se produzcan derrames de materia prima
3. Si la pala es sobrecargada, se debe sacudir la misma, antes de iniciar el transporte
4. Antes de iniciar el transporte, se debe permitir que el agua proveniente de los aspersores humedezca levemente la materia prima.
5. No se debe golpear la pala contra la estructura de soporte de los depósitos.
6. No se debe circular por otros lugares que no sean las calles destinadas para tal fin.

## **5.5 DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPERSIÓN POR NIEBLA DE AGUA, PARA LOS ALMACENAMIENTOS DE MATERIA PRIMA, EN EL ÁREA DE SERVICIO DIRECTO**

Se considera que los problemas de contaminación atmosférica producida por las partículas de polvo de arcilla suspendidas en esta zona, se pueden solucionar, instalando un *sistema de aspersión por niebla por agua*. De manera tal que, al producirse polvo, tales partículas se encuentren con gotas de agua suspendidas en el ambiente y precipiten junto con ellas. La Figura 5.6 muestra un esquema de cómo las partículas de agua suspendidas producen la precipitación del polvo.

### **5.5.1 SELECCIÓN DE LOS ASPERSORES**

Para seleccionar los aspersores se debe tener en cuenta que los mismos, por razones de economía de agua, deberán ser de bajo gasto y suficientes en número para cubrir el área deseada.



**Figura 5.6** Esquema indicativo de la precipitación de las partículas de polvo debido a la presencia de la niebla de agua

## SELECCIÓN DE LOS ASPERSORES EN LOS ALMACENES DE MATERIA PRIMA TECHADOS

Para el área de los *almacenes de materia prima techados* se ha seleccionado el aspersor que se describe, reforzado con *polipropileno* para lograr una mayor resistencia a la abrasión y a la corrosión a 71°C.:

**QUICK WHIRLJET de SPRAYING SYSTEMS CO.** cuyo catálogo se muestra en el ANEXO 2

### MODELO QAPA-PP-10-2.5W

Diámetro de entrada: 2 mm

Diámetro del orificio: 3.2 mm

Presión de trabajo: 40 psi

Capacidad: 0.56 L/min.

Ángulo de cobertura,: 133 °

La Figura 5.7 ilustra la cobertura del aspersor seleccionado y el esquema de la Figura 5.8 se utiliza para realizar el cálculo trigonométrico de la altura recomendada de la materia prima, en el interior de los almacenamientos techados.

$$\text{tang } 66.5^\circ = \frac{6}{x}$$

$$x = \frac{6}{\text{tang } 66.5^\circ}$$

$$x = \frac{6}{2.3}$$

$$x = 2.6\text{ m}$$

Lo que indica que para que el aspersor cubra los 12 m de ancho del almacén, debe de estar ubicado a 2.6 m de altura. Como el almacén tiene 6 m de altura, implica que el montículo de tierra puede ascender solo hasta 3.5 m, con lo cual, si se desea que el aspersor cubra toda la materia prima acumulada en el almacén, se recomienda no sobrepasar los 3.5 m de altura.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

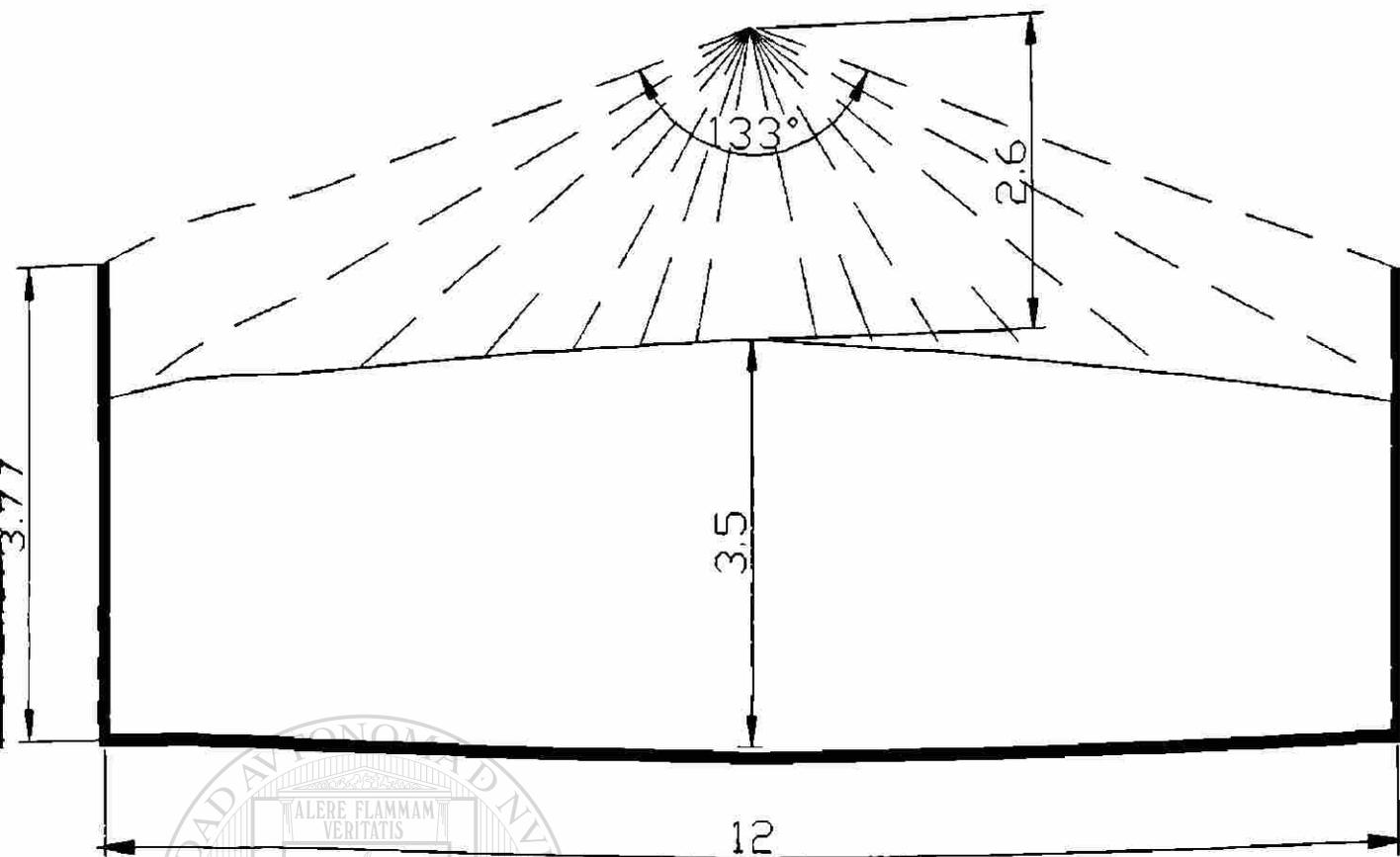


Figura 5.7 Esquema del área de cobertura del aspersor QAPA-PP-10-2.5W

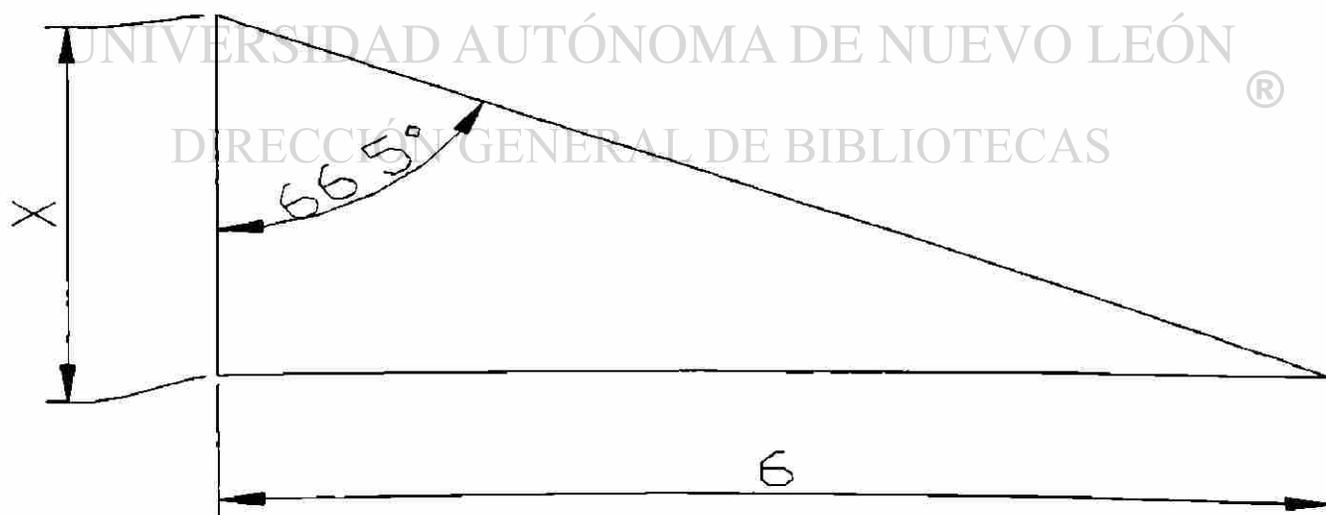


Figura 5.8 Cálculo trigonométrico de la altura recomendada

## SELECCIÓN DE LOS ASPERSORES EN LOS ALMACENES DE MATERIA PRIMA A CIELO ABIERTO

Para el área de los *almacenes de materia prima a cielo abierto* se ha seleccionado el siguiente aspersor:

**FOGJET de SPRAYING SYSTEMS CO.** cuyo catálogo se ve en el ANEXO 2

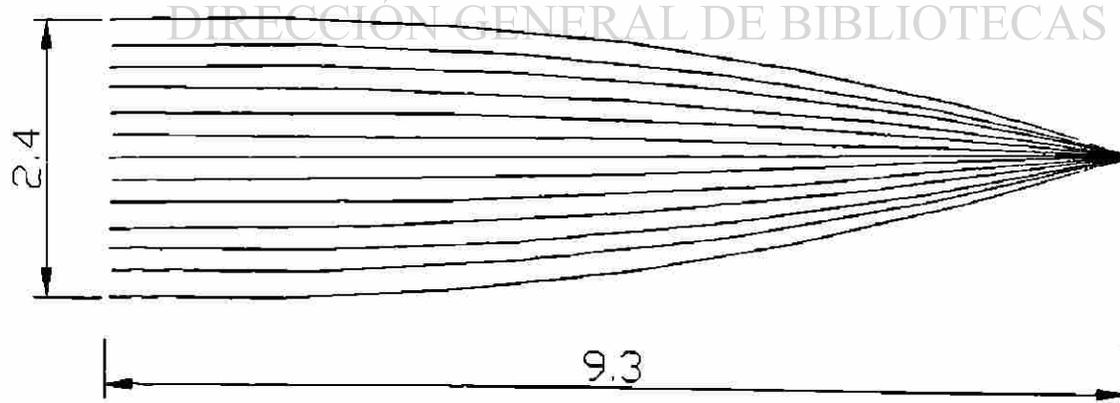
MODELO ¼ - FF-12

Presión de trabajo: 40 psi

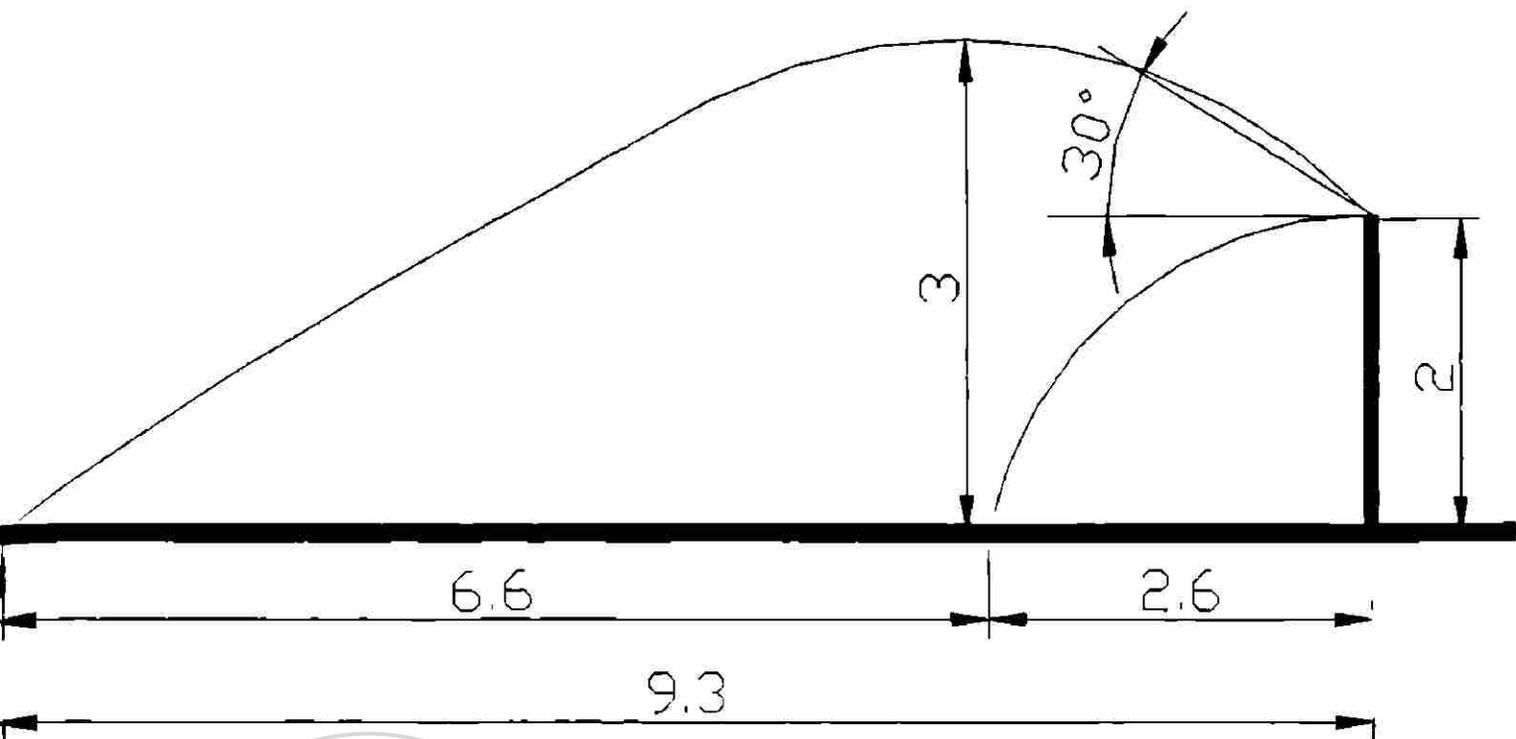
Capacidad: 12 gal/min. (47 l/min.)

El material de construcción de los aspersores es latón

Según el fabricante, a 2m de altura, 30° de inclinación y 40 psi de presión, el alcance de los aspersores corresponde con la forma y dimensiones dados en la Figuras 5.9 y 5.10.



**Figura 5.9** Alcance de los aspersores seleccionados a 30° de inclinación, 2 m de altura y a una presión de 40 psi. Vista desde arriba



**Figura 5.10** Alcance de los aspersores seleccionados a 30° de inclinación, 2 m de altura y a una presión de 40 psi. Vista lateral

## 5.5.2 UBICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ASPERSIÓN

En la planta deberán colocarse dos tipos de líneas de aspersión distintas, las usadas en:

- Los almacenes de materia prima, techados
- Los almacenes de materia prima, a cielo abierto

## ALMACENES TECHADOS

Se recomienda la instalación de una línea única, con un total de 12 aspersores modelo QAPA-PP-10-2.5W, con capacidad de 0.56 l/min. cada uno. Dado que los mismos funcionarán simultáneamente, el gasto total de dicha línea será de 6.72 l/min.

## ALMACÉN A CIELO ABIERTO

Se recomienda la instalación de 8 líneas paralelas, con 11 aspersores cada una, modelo FOGJET - ¾ - FF-12 de una capacidad de 12 gal/min cada uno. En cada línea los 11 aspersores funcionarán simultáneamente, por lo que el gasto de cada línea será de 132 gal/min. Sin embargo, las 8 líneas no funcionarán al mismo tiempo, sino que lo harán en forma secuencial, una por vez. En el ANEXO 3 se muestra el plano indicativo de la ubicación de las líneas de aspersión en los almacenamientos de materia prima techados y a cielo abierto.

### 5.5.3 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A UTILIZAR

La propuesta de diseñar un sistema de control de polvos utilizando un sistema de aspersión de agua es doblemente benéfica si el agua utilizada para ello es agua de desecho, proveniente del proceso. Esta agua tiene las características de contener fundamentalmente partículas suspendidas de polvo de arcilla. Normalmente se la acumula en unas *pilas de decantación*, en donde parte de ella es agitada para reincorporarla al proceso y la otra parte se deja sedimentar. Es precisamente esta agua, previamente sedimentada, la que habrá de ser utilizada para alimentar las líneas de aspersión.

Con el fin de evaluar su calidad y su pertinencia para ser utilizada en los aspersores, se extrajeron muestras del agua proveniente de las pilas de decantación, se analizaron y se llegó a la conclusión de que esta fuente cumple con los requisitos o parámetros CRETIB y que, además, posee en promedio, una cantidad de partículas suspendidas totales equivalente a sólo 52 mg/l. Las Tablas 5.1 y 5.2 ilustran las características fisicoquímica del agua de las pilas de sedimentación de Servicio Directo y de Muros.

**Tabla 5.1 Características fisicoquímica del agua de las pilas de sedimentación de Servicio Directo**

<b>DETERMINACIÓN O COMPUESTO</b>	<b>VALOR OBTENIDO</b>	<b>LÍMITE PRÁCTICO DE CUANTIFICACIÓN</b>	<b>METODOLOGÍA UTILIZADA</b>
ALUMINIO (mg/l)	15.75	1.0	USEPA-2021
ARSÉNICO (mg/l)	0.0015	0.001	AWWA-AS-3114
CADMIO (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.05	NMX-AA-51
COBRE (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.1	NMX-AA-51
MERCURIO (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.001	NMX-AA-51
PLOMO (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.2	NMX-AA-51
NÍQUEL (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.2	NMX-AA-51
ZINC (mg/l)	5.56	0.05	NMX-AA-51
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)	19	0.2	NMX-AA-4
GRASAS Y ACEITES (mg/l)	6.6	5.0	NMX-AA-5
DBO (mg/l)	448.4	1.0	NMX-AA-28
NITRÓGENO TOTAL (mg/l)	1.69	1.0	NMX-AA-26
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)	52	1.0	NMX-AA-34/76
DQO (mg/l)	2684	1.0	NMX-AA-30
pH	8.0	NO APLICA	NMX-AA-8
CONDUCTIVIDAD ( $\mu$ mhos/cm)	459	1.0	NMX-AA-93
FÓSFORO TOTAL (mg/l)	0.53	0.07	NMX-AA-29

**Tabla 5.1** Continuación

<b>DETERMINACIÓN O COMPUESTO</b>	<b>VALOR OBTENIDO</b>	<b>LÍMITE PRÁCTICO DE CUANTIFICACIÓN</b>	<b>METODOLOGÍA UTILIZADA</b>
DUREZA TOTAL (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	144	5.0	NMX-AA-72
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.03	NMX-AA-39
CROMO IV (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.01	NMX-AA-44
DUREZA DE CALCIO (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	94	5.0	
CIANUROS (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.01	

**Tabla 5.2** Características físicoquímica del agua de las pilas de sedimentación de Muros

<b>DETERMINACIÓN O COMPUESTO</b>	<b>VALOR OBTENIDO</b>	<b>LÍMITE PRÁCTICO DE CUANTIFICACIÓN</b>	<b>METODOLOGÍA UTILIZADA</b>
ALUMINIO (mg/l)	3.7	1.0	USEPA-2021
ARSÉNICO (mg/l)	0.0036	0.001	AWWA-AS-3114
CADMIO (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.05	NMX-AA-51
COBRE (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.1	NMX-AA-51
MERCURIO (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.001	NMX-AA-51
PLOMO (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.2	NMX-AA-51

**Tabla 5.2 Continuación**

<b>DETERMINACIÓN O COMPUESTO</b>	<b>VALOR OBTENIDO</b>	<b>LÍMITE PRÁCTICO DE CUANTIFICACIÓN</b>	<b>METODOLOGÍA UTILIZADA</b>
NÍQUEL (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.2	NMX-AA-51
ZINC (mg/l)	4.95	0.05	NMX-AA-51
<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)</b>	MENOR AL LÍMITE	0.2	NMX-AA-4
<b>GRASAS Y ACEITES (mg/l)</b>	5.9	5.0	NMX-AA-5
DBO (mg/l)	509.2	1.0	NMX-AA-28
NITRÓGENO TOTAL (mg/l)	5.53	1.0	NMX-AA-26
DQO (mg/l)	779	1.0	NMX-AA-30
pH	7.64	NO APLICA	NMX-AA-8
CONDUCTIVIDAD ( $\mu$ nhos/cm)	1478	1.0	NMX-AA-93
FÓSFORO TOTAL (mg/l)	1.22	0.07	NMX-AA-29
DUREZA TOTAL (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	770	5.0	NMX-AA-72
<b>SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (mg/l)</b>	1.71	0.03	NMX-AA-39
CROMO IV (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.01	NMX-AA-44
DUREZA DE CALCIO (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	580	5.0	
CIANUROS (mg/l)	MENOR AL LÍMITE	0.01	

#### 5.5.4 CÁLCULO HIDRAÚLICO

En la zona de servicio directo se colocará un tanque de almacenamiento o de regulación, al cual llegará el agua previamente sedimentada proveniente de las pilas de decantación de servicio directo y de muros. Esta agua deberá ser filtrada para efecto de quitarle las partículas suspendidas que le queden. Luego, desde el tanque, el agua será bombeada hacia las líneas de aspersión. Por lo tanto, el sistema así propuesto cuenta con tres bombas:

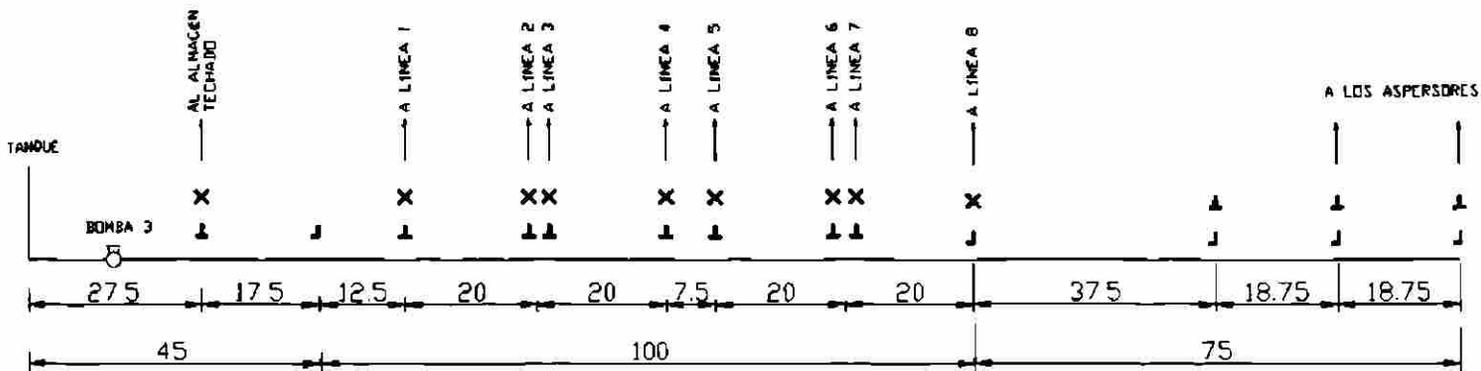
- BOMBA 1: conduce agua sedimentada, desde las pilas de decantación de muros, hasta el tanque de almacenamiento
- BOMBA 2: conduce agua sedimentada, desde las pilas de decantación de servicio directo, hasta el tanque de almacenamiento
- BOMBA 3: conduce agua, desde el tanque de almacenamiento hasta las 9 líneas de aspersión

#### CÁLCULO DE LA BOMBA 3

— En la forma en que está propuesto el sistema, se trabajará con las siguientes nueve líneas:

- Ocho líneas de 132 gal/min. cada una, en el almacén a cielo abierto
- Una línea de 1.77 gal/min., en el almacén techado

Dado que las 9 líneas funcionarán en forma secuencial, el cálculo se hará para la línea 8, es decir, la más larga y más alejada de la fuente de abastecimiento. Si el cálculo se hace para una bomba con la capacidad suficiente para alimentar a dicha línea, ella será también suficiente para alimentar las restantes líneas. La figura 5.11 muestra un diagrama unifilar del sistema alimentado por la bomba 3, en las condiciones de mayor demanda de potencia ya descritas.



**Figura 5.11** Diagrama unifilar del sistema alimentado por la BOMBA 3

Los cálculos involucrados en esta sección o ramal son descritos enseguida:

1. CAUDAL TOTAL

Son 11 aspersores de 12 gal/min cada uno, por lo tanto:

$$Q_{TOTAL} = 11 \cdot 12 \text{ gal/min}$$

$$Q_{TOTAL} = 132 \text{ gal/min}$$

$$Q_{TOTAL} = 17.67 \text{ pie}^3/\text{min}$$

2. VELOCIDAD PROMEDIO EN LA LÍNEA 8

Para realizar el balance se toman como puntos de referencia aquellos en los que la velocidad del agua sea cero, como es el caso en la superficie del agua en el tanque de almacenamiento, por un lado, y en el interior de la tubería justo antes de ingresar al aspersor. Éste último permite tomar también como dato el requisito del fabricante de

cumplir con una presión estática en la tubería de 40 psi, para así alcanzar por dispersión las distancia y cobertura requeridas. Por lo tanto será la presión y no la velocidad el dato fundamental del balance de energía de Bernoulli que seguirá párrafos adelante.

### 3. DISTANCIA TOTAL EN TRAMOS DE TUBERÍA RECTA

Esta distancia está medida desde el tanque de almacenamiento hasta la línea 8 y es:

$$L = 220 \quad m$$

### 4. ACCESORIOS

Las tuberías de conducción están compuestas por tramos rectos y por accesorios que permiten los cambios de sentido para ajustarse a los accidentes topográficos y a la geometría de las instalaciones en la planta, así como por válvulas y medidores para el control del flujo en la tubería o, simplemente, para asegurar que el funcionamiento de la línea de conducción sea eficiente.

Las conexiones de la tubería en las intersecciones, cambios de dirección, variaciones de diámetro, accesos a válvulas, etc., se denominan comúnmente como accesorios o *piezas especiales*.

Las piezas especiales de *ferro fundido* son las más comunes y se fabrican para todos los diámetros de las tuberías.<sup>51,52</sup> Estas piezas se conectan entre sí o a las válvulas por medio de bridas y tornillos y con un empaque de sellamiento intermedio, que puede ser de plomo, hule ó plástico.

Por ejemplo las *válvulas de compuerta ON - OFF* se emplean con el objeto de habilitar la bomba cuando el sistema así lo requiera. Está diseñada para ser operada cuando se requiera un cierre o abertura total. Además una *válvula check*, evitará el retomo de flujo.

Cada uno de los accesorios utilizados ofrece una cierta *resistencia* al pasaje del agua, por lo tanto será necesario convertir cada accesorio en una *longitud equivalente de tubería recta del mismo diámetro*. Hallar una longitud equivalente para un accesorio determinado es hallar la longitud de un tramo de tubería cuya resistencia al pasaje del agua sea equivalente a la resistencia ofrecida por el accesorio en cuestión. Todos estos valores se pueden observar en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3** *Largo equivalente representativo en diámetro de tubería (L/D) de varias válvulas y ajustes*<sup>51,52</sup>

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>L/D</b>
Válvulas de globo convencional, sin obstrucción en el asiento de tipo plano, completamente abierta	340
Válvulas de globo convencional, con disco de aleta, completamente abierta	450
Válvulas de globo modelo Y, con vástago a 60°, completamente abierta	175
Válvulas de globo modelo Y, con vástago a 45°, completamente abierta	145
Válvulas angulares convencional, sin obstrucción en el asiento tipo plano, completamente abierta	145
Válvulas angulares convencional, con disco de aleta, completamente abierta	200
Válvula de compuerta, completamente abierta	13
Válvula de compuerta, abierta tres cuartas partes	35
Válvula de compuerta, abierta la mitad	160
Válvula de compuerta, abierta una cuarta parte	900
Válvulas de lodo, completamente abierta	17
Válvulas de lodo, abierta las tres cuartas partes	50
Válvulas de lodo, abierta la mitad	260
Válvulas de lodo, abierta la cuarta parte	1 200
Tubería Conduit, completamente abierta	3

**Tabla 5.3 Continuación**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>L/D</b>
Válvulas de retención, giro convencional, completamente abierta	135
Válvulas de retención, giro de despeje, completamente abierta	50
Válvulas de aspiración con cedazo, con disco de alza completamente abierta	420
Válvulas de aspiración con cedazo, con disco articulado completamente abierta	75
Válvulas de mariposa, completamente abiertas	20
Grifos, directo a través, área rectangular de la clavija al 100% del área del tubo, completamente abierta	18
Válvula de tres conductos, flujo directamente a través, completamente abierta	44
Válvula de tres conductos, flujo a través de la bifurcación, abierta	140
Conexiones, codo normal a 90°	30
Conexiones, codo normal a 45°	16
Conexiones, codo de radio largo a 90°	20
Conexiones, codo para calle a 90°	50
Conexiones, codo para calle a 45°	26
Conexiones, codo para esquina cuadrada	57
Conexiones, T normal con flujo a lo largo	20
Conexiones, T con flujo a través de la rama	60
Patrón cerrado con flujo de retorno	50

- 5 Codos de 90°, para cada uno utilizar la relación;      L/D = 30
- 4 conexiones "T", con el flujo a lo largo, para cada una L/D = 20
- 1 válvula tipo compuerta, en este caso aplique      L/D= 13

## 5. DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS

Consideraremos dos diámetro de tuberías:

- PRIMER TRAMO: desde el tanque de almacenamiento hasta el primer codo el diámetro será de 4 pulgadas
- SEGUNDO TRAMO: desde el primer codo en adelante, el diámetro será de 3 pulgadas

## 6. BALANCE DE ENERGÍA MEDIANTE LA ECUACIÓN DE BERNOULLI

Para realizar el balance en el sistema se parte de la siguiente ecuación:

$$P_1 V_1 + Z_1 \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g_c} + W = P_2 V_2 + Z_2 \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g_c} + \sum F,$$

en donde:

$P_1$  : Presión del agua en la superficie del tanque de almacenamiento

$P_2$  : Presión del agua un instante antes de salir por los aspersores

$$P_1 - P_2 = 40 \text{ psi}$$

$V_1 = V_2$ : Entendiéndose que V es el volumen específico del agua

$$\text{Vol.espec.} = \frac{1}{\text{densidad}} = 0.0161 \text{ pie}^3 / \text{lb}$$

$Z_1$ : Nivel del agua en la superficie del tanque, se toma igual a "0"

$Z_2 = Z_1$ : Nivel del agua al salir por los aspersores, referido al nivel de  $Z_1$

$v_1$ : velocidad del agua en el tanque = 0

$v_2$ : velocidad del agua un instante antes de salir por los aspersores = 0

$v_1 = 0$  Se hace la consideración de que el diámetro del tanque es lo suficientemente grande que permite suponer que la velocidad de desplazamiento del agua (velocidad del cambio de nivel) en su superficie es prácticamente igual a cero

$v_2 = 0$ . Se hace esta suposición en un punto en que la energía cinética es irrelevante en comparación con la energía de desplazamiento asociada a la presión interna; ese punto es dentro de la tubería pero justo antes del ingreso del agua a los aspersores.

$g/g_c = 1$ , es un factor utilizado para fines de conversión de unidades

$W$ : Carga total requerida, medida en pies de carga o cabeza (*head*)

$\Sigma F$ : La pérdida total de carga debida a la fricción combinada en los tramos de tubería recta y todos los accesorios.

Así, de la Ecuación de Bernoulli, se despeja  $W$ :

$$W = (P_2 - P_1) \cdot V_1 + (Z_2 - Z_1) \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2g_c} + \Sigma F$$

$$W = (40 \text{ psi}) \cdot (0.0161 \text{ pie}^3 / \text{lb}) \cdot (144 \text{ pulg}^2 / \text{pie}^2) + \Sigma F$$

$$W = 92.736 \text{ pie} + \Sigma F$$

## 7. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

### SECCIONES TRANSVERSALES

Para calcular las secciones transversales de las tuberías de 3" y 4"; se aplica la siguiente fórmula:

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A2'' = 0.0233 \text{ pie}^2$$

$$A3'' = 0.0513 \text{ pie}^2$$

$$A4'' = 0.0884 \text{ pie}^2$$

### VELOCIDAD PROMEDIO DEL FLUJO

Para calcular esta velocidad se aplica la siguiente expresión fundamental:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Al tener en cuenta a los factores de conversión:

$$v2'' = (132 \text{ gal / min.}) \left( \frac{\text{min}}{60\text{s}} \right) \left( \frac{8.34 \text{ lbH}_2\text{O}}{\text{gal}} \right) \left( \frac{\text{pie}^3}{62.3 \text{ lbH}_2\text{O}} \right) \left( \frac{1}{0.0233 \text{ pie}^2} \right)$$

0.29451

$$v2'' = (0.29451) / 0.0233 = 12.63 \text{ fps}$$

$$v3'' = (0.29451) / 0.0513 = 5.741 \text{ fps}$$

$$v4'' = (0.29451) / 0.0884 = 3.3316 \text{ fps}$$

Fue precisamente el valor de 12.63 fps que hizo desistir de utilizar tubería de 2" de diámetro en este proyecto, ya que las pérdidas por fricción aumentan severamente con la velocidad de desplazamiento lineal del agua por el interior de las tuberías, como se verá más adelante. Los más moderados valores de 5.741 y 3.3316 fps orientaron la selección final y definitiva de tuberías de 3 y 4" de diámetro.

### CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN EL TRAMO DE TUBERÍA DE 4"

Longitud recta del tramo: 146 pies

Accesorios (en todos ellos el diámetro es igual al de la tubería, es decir, 4" ó 0.329 pie):

"T" con flujo a lo largo:  $L/D = 20 \Rightarrow Leq = (20) \times (0.329) = 6.58$  pies

Codo a 90°:  $L/D = 30 \Rightarrow Leq = 9.87$  pie

En las reducciones que se producen desde el tanque de almacenamiento a la tubería de 4" y en el pasaje de la tubería de 4" a la de 3", se utiliza un coeficiente de resistencia (L/D) que se lo obtiene de la gráfica de la Figura 5.12.

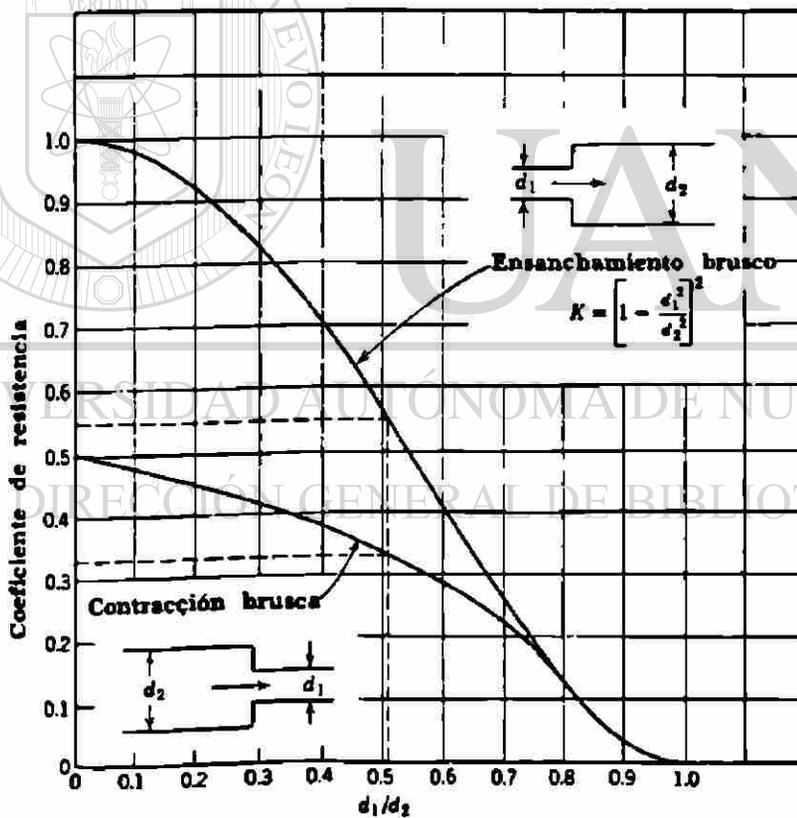


Figura 5.12 Resistencia debida a ensanchamientos ó contracciones bruscas

Reducción de 4" a 3":  $L/D = 0.18 \Rightarrow L_{eq} = 5.9 \text{ pie}$

Reducción del tanque/4":  $L/D = 30 \Rightarrow L_{eq} = 9.87 \text{ pie}$

$$L_{total} = 146 + 6.58 + 9.87 + 5.9 + 9.87$$

$$L_{total} = 178.22 \text{ pie}$$

## CÁLCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS

Ésta es una cantidad de dimensión 1 (adimensional)  $N_{RE}$ , la que para el caso de flujo en tuberías se define por la expresión siguiente. Nótese que ella relaciona al diámetro interno de la tubería  $D$  con la velocidad lineal  $v$ , densidad  $\rho$  y viscosidad  $\mu$  del fluido;

$$N_{RE} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{(4/12)(3.3316)(62.4)}{(1)(0.000672)}$$

$$N_{RE} = 103121$$

Para las tuberías de acero comercial existe una rugosidad  $\varepsilon$  que es inherente a la operación de rolado mediante el cual se fabrican; ello conduce a una cantidad conocida como rugosidad relativa  $\varepsilon/D$  que toma en cuenta al diámetro de la tubería. Así, para el tramo en estudio aplica una rugosidad relativa  $\varepsilon/D = 0.00045$ . Este valor se lo puede obtener del gráfico de la Figura 5.13. Ya con la rugosidad relativa y el  $N^\circ$  de Reynolds, se ingresa en el gráfico de la Figura 5.14 y se obtiene el *factor de fricción*  $f = 0.0205$ .

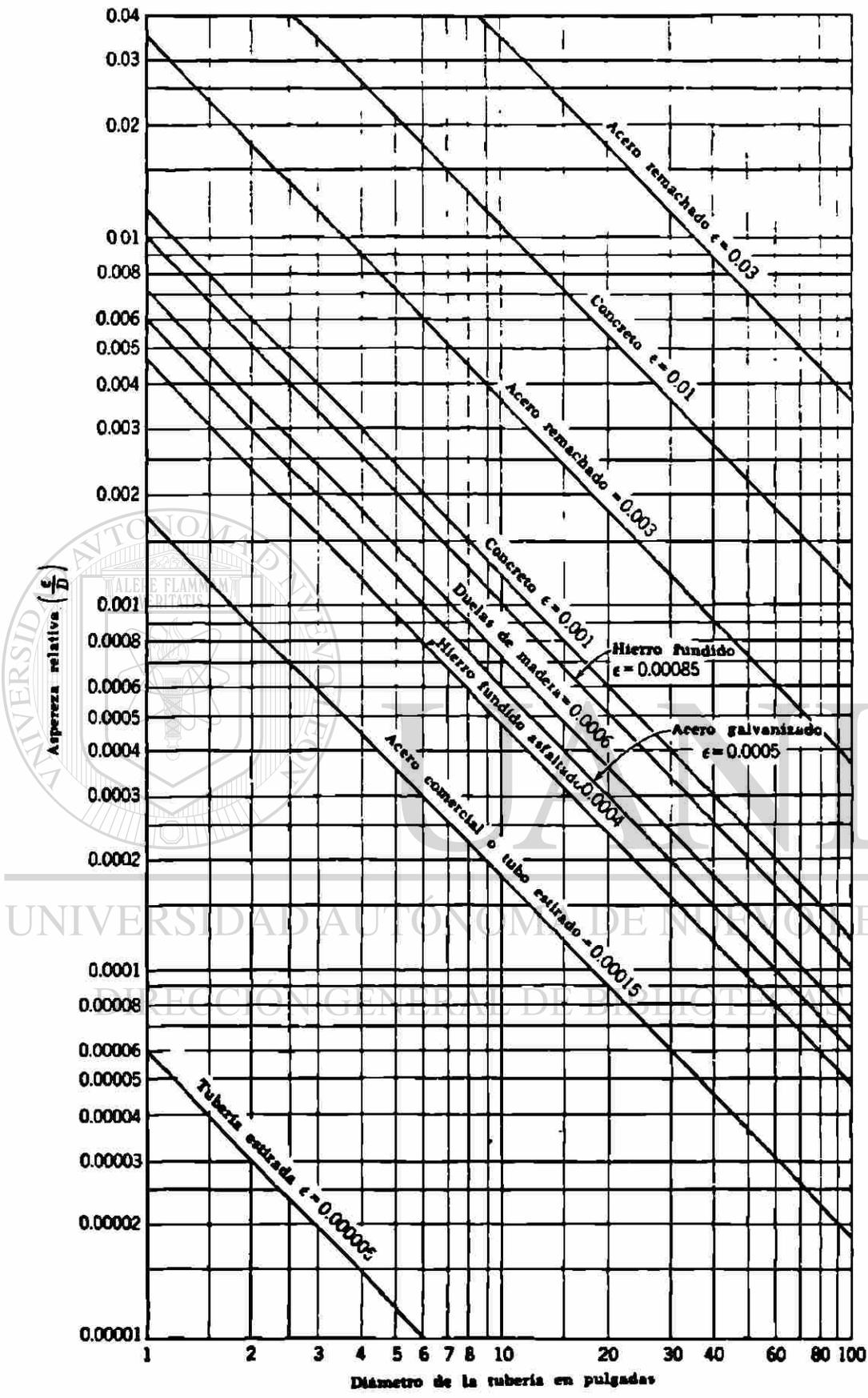


Figura 5.13 *Aspereza relativa como una función del diámetro, para tuberías de varios materiales*

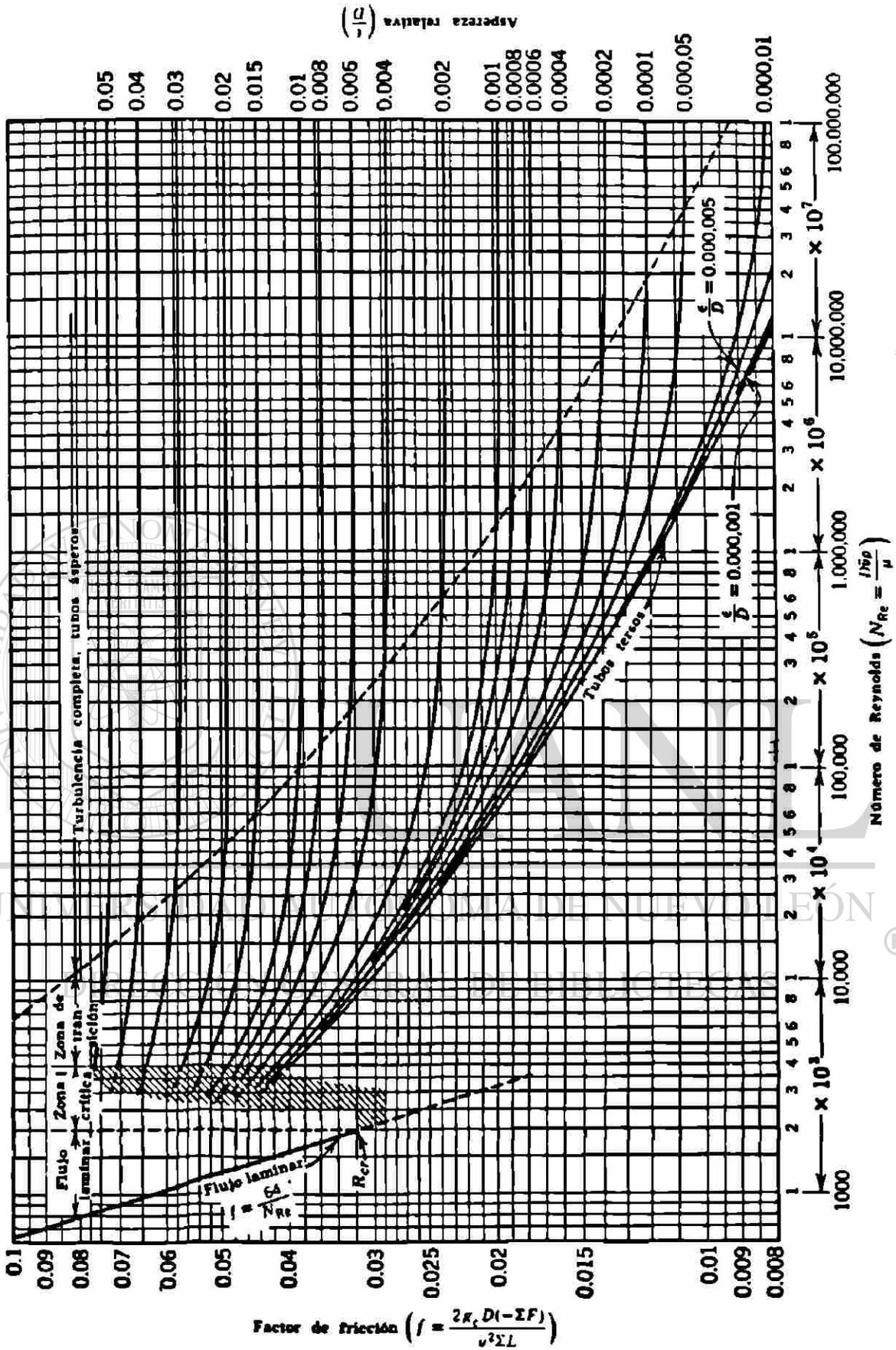


Figura 5.14 El factor de fricción como una función del Número de Reynolds, con asperezas relativas como parámetro

Con todos éstos datos ya pueden finalmente ser calculadas las pérdidas de carga o cabeza por fricción, mediante la siguiente expresión:

$$\sum F = \frac{f \cdot v^2 \cdot L_{total}}{2 \cdot g_c \cdot D}$$

$$\sum F = \frac{(0.0205)(3.3316)^2(178.22)}{(2)(32.2)(4/12)}$$

$$\sum F = 1.89 \quad pie$$

### CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN EL TRAMO DE TUBERÍA DE 3"

Se calcula de forma similar a la anterior.

Longitud recta del tramo: 578 pies

Accesorios:

3 "T" con flujo a lo largo:  $L/D = 20 \Rightarrow Leq = 5 \text{ pie} \Rightarrow Leq = 15 \text{ pie}$

4 codos a 90° :  $L/D = 30 \Rightarrow Leq = 7.5 \text{ pie} \Rightarrow Leq = 30 \text{ pie}$

1 válvula de compuerta:  $L/D = 13 \Rightarrow Leq = 3.25 \text{ pie}$

$$L_{total} = 578 + 15 + 30 + 3.25$$

$$L_{total} = 626.25 \quad pie$$

## CÁLCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS

$$N_{RE} = \frac{D.v.\rho}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{(3/12)(5.741)(62.4)}{(1)(0.000672)}$$

$$N_{RE} = 133273.2$$

Para el acero comercial  $\frac{\epsilon}{D} = 0.0006$ , teniendo en cuenta esta relación y el número de Reynolds, ingresamos en la Figura 5.13 para obtener el *factor de fricción*  $f = 0.021$

Con todos estos datos se calculan las pérdidas por fricción, con la siguiente expresión ya utilizada antes:

$$\sum F = \frac{f.v^2.L_{total}}{2.g_c.D}$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$\sum F = \frac{(0.021)(5.741)^2(626.25)}{(2)(32.2)(3/12)}$$

$$\sum F = 27 \quad pie$$

## 8. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

La carga o cabeza total que demanda el sistema en las condiciones de mayor exigencia es:

$$W = 92.736 \text{ pie} + \sum F_{tubería4"} + \sum F_{tubería3"}$$

$$W = 92.736 + 1.89 + 27$$

$$W = 121.6 \text{ pie}$$

A éste resultado de "W", se le considera un factor de seguridad de un 15%. Con lo cual, tras multiplicar por 1.15 queda:

$$W = 140 \text{ pie}$$

Entonces la potencia de la bomba se calcula finalmente a partir de la expresión:

$$P = W[\text{pie}]Q \left[ \frac{\text{gal}}{\text{min}} \right] \left[ \frac{\text{HP} \cdot \text{min}}{33000 \text{ pie} \cdot \text{lb}} \right] \left[ \frac{8.34 \text{ lb}}{\text{gal}} \right]$$

$$P = (140)(132) \left[ \frac{8.34}{33000} \right]$$

$$P = 5 \text{ HP}$$

Con los datos de la potencia  $P = 5 \text{ HP}$  y con el gasto de la línea  $Q = 132 \text{ gal/min.}$ , puede ser seleccionado el par motor – bomba apropiado ingresando en un software que se encarga de hacer el cálculo correspondientes. La Figura 5.15 muestra la planilla de cálculo del programa, mientras que la Figura 5.16 ilustra un gráfico mediante el cual se selecciona la bomba

**CONDICIONES DE OPERACION**

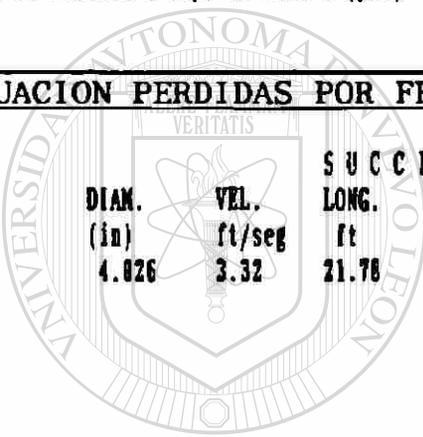
FLUIDO <i>Agua</i>	FLUJO (GPM) <i>132.00</i>	DENSIDAD RELATIVA <i>1.000</i>	VISCOSIDAD (CP) <i>0.890</i>
TEMPERATURA (oP) <i>77.000</i>	GRADO API		
FACTOR DE SERVICIO (F.S.) <i>1.10</i>			

**SUCCION**

**CALCULO DE NPSH PARA EL RAMAL CRITICO**

Presión inicial mínima (psig)	<i>0.00</i>	Presión en el recipiente (psia)	<i>14.50</i>
Columna hidrostática (psig)	<i>2.60</i>	Presión de vapor (psia)	<i>0.46</i>
Presión inicial (psig)	<i>2.60</i>	Nivel mínimo de operación (ft)	<i>7.00</i>
Pérdidas por fricción línea (psi)	<i>0.11</i>	Elevación boquilla de succión (ft)	<i>1.00</i>
DP línea a cap. de diseño (psi)	<i>0.14</i>	Presión disponible (ft)	<i>38.42</i>
Pérdidas por fricción equipo (psi)	<i>0.00</i>	DP línea a cap. de diseño (ft)	<i>0.32</i>
DP eq. a cap. de diseño (psi)	<i>0.00</i>	DP equipo a cap. de diseño (ft)	<i>0.00</i>
Presión de succión (psig)	<i>2.48</i>	N P S H DISPONIBLE (ft)	<i>38.09</i>
Presión de succión a cap. de diseño (psi)	<i>2.46</i>		

**EVALUACION PERDIDAS POR FRICCION EN RAMAL CRITICO No [ 1 ]**



S U C C I O N					D E S C A R G A				
DIAM.	VEL.	LONG.	DP100	DP	DIAM.	VEL.	LONG.	DP100	DP
(in)	ft/seg	ft	psi/100ft	psi	(in)	ft/seg	ft	psi/100ft	psi
<i>4.026</i>	<i>3.32</i>	<i>21.78</i>	<i>0.526</i>	<i>0.115</i>	<i>4.026</i>	<i>3.32</i>	<i>226.05</i>	<i>0.526</i>	<i>1.190</i>
					<i>3.068</i>	<i>5.73</i>	<i>610.91</i>	<i>2.054</i>	<i>12.710</i>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**D E S C A R G A P A R A E L R A M A L C R I T I C O No [ 1 ]**

Presión terminal máxima (psig)	<i>40.00</i>	Presión diferencial (psig)	<i>56.53</i>
Columna hidrostática (psig)	<i>2.17</i>	Columna diferencial con aprox. de 5 pies (ft)	<i>135.00</i>
Pérdidas en orificio (psi)	<i>0.00</i>	Presión de descarga (psig)	<i>60.96</i>
Presión total fija (psig)	<i>42.17</i>	Presión de descarga de diseño (psig)	<i>60.93</i>
DP cambiadores de calor (psi)	<i>0.00</i>	DP válvula de control (psi)	<i>0.00</i>
DP otros equipos (psi)	<i>0.00</i>		
Pérdidas por fricción línea (psi)	<i>13.90</i>	POTENCIA AL FRENO=	<i>6.923 BHP</i>
Pérdidas totales variables (psi)	<i>13.90</i>		
DP tot. var. de diseño (psig)	<i>16.82</i>	EFICIENCIA DE LA BOMBA (ESTIMADA)	<i>65.00 %</i>
Pérdidas totales (psi)	<i>56.07</i>		
DP tot. de diseño (psi)	<i>58.99</i>		
DP mín. válvula de control (psi)	<i>0.00</i>		

Figura 5.15 Planilla de cálculo del programa para la BOMBA 3

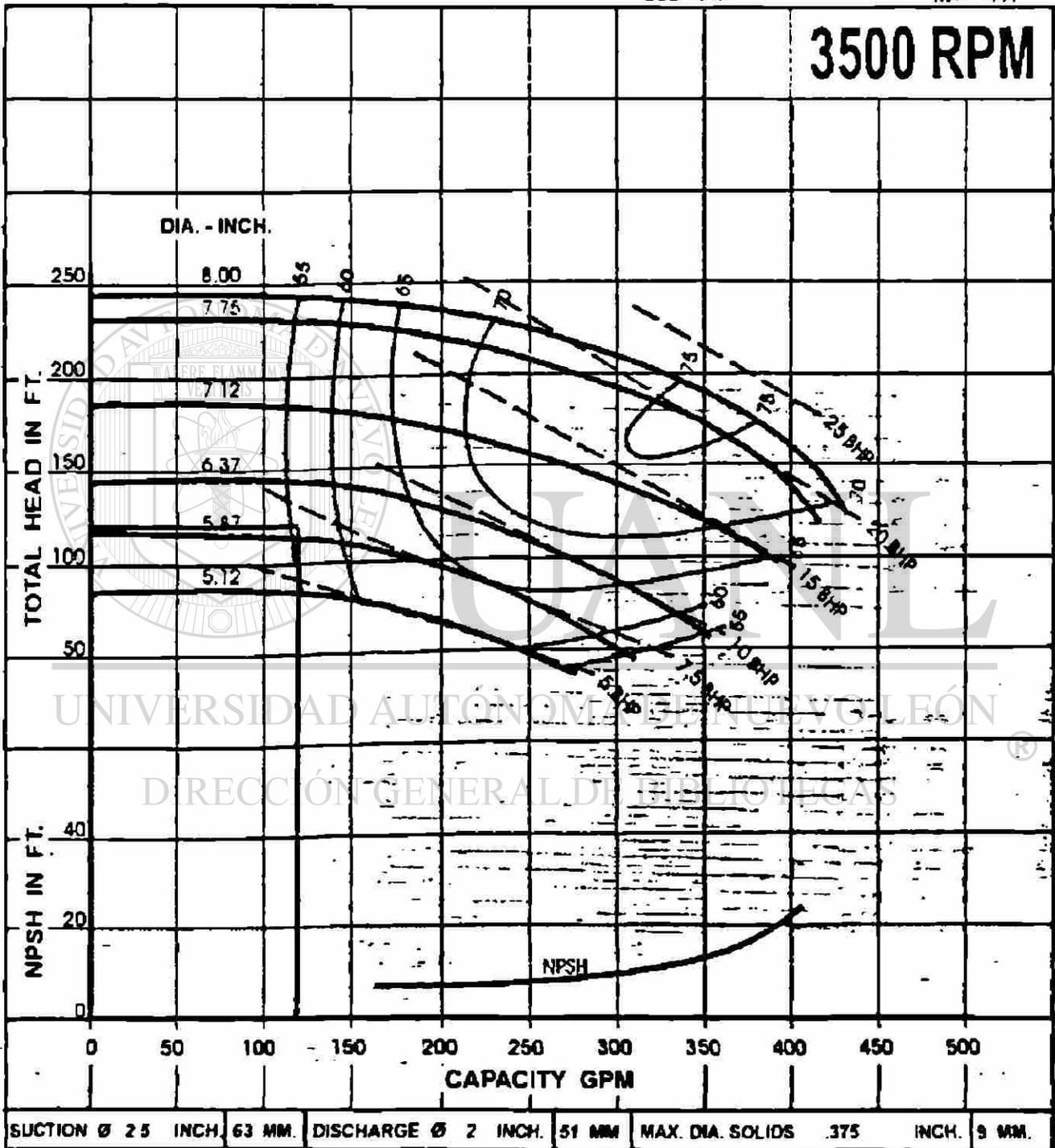
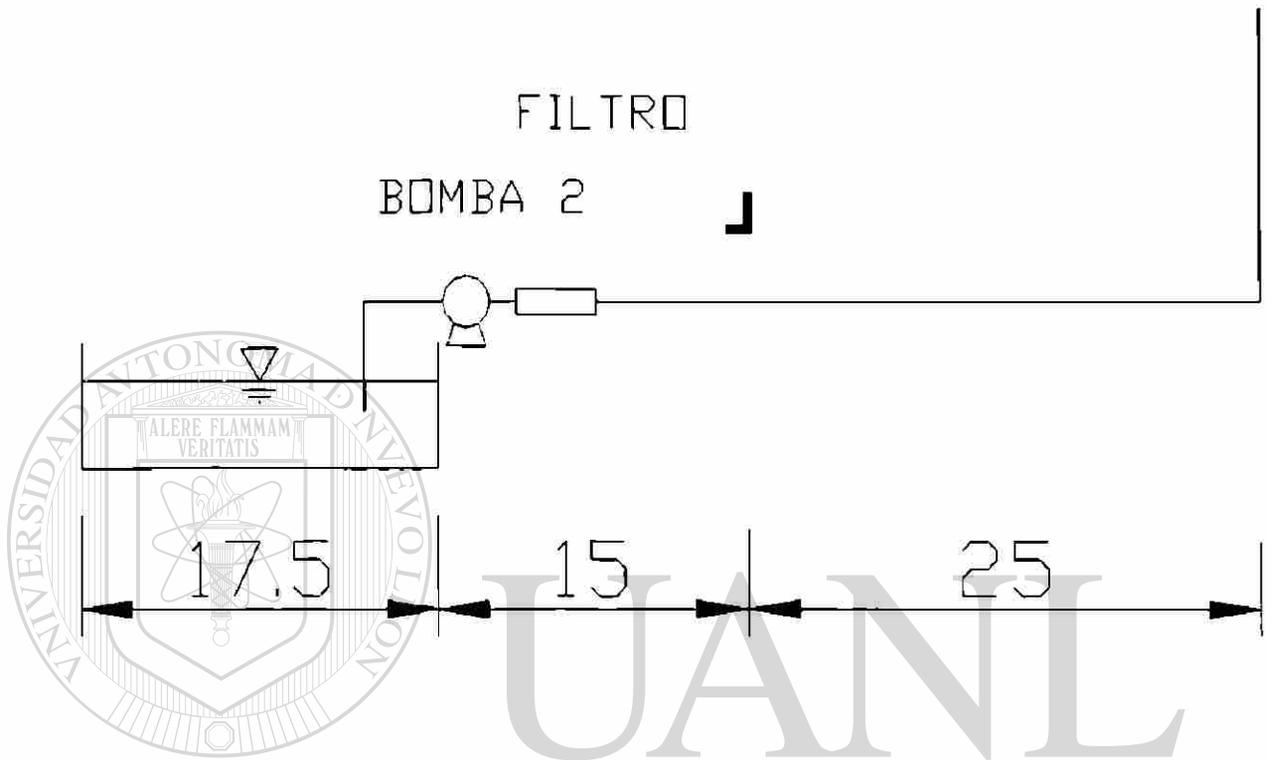


Figura 5.16 Gráfico de selección de la BOMBA 3

## CÁLCULO DE LA BOMBA 2

La BOMBA 2 conduce el agua desde las pilas de decantación de servicio directo hasta el tanque de almacenamiento, esto queda representado en el esquema de la Figura 5.17.



**Figura 5.17** Diagrama unifilar del sistema alimentado por la BOMBA 2

La bomba estará protegida por medio de una electroválvula en la succión, la que se encontrará enclavada con el sensor de nivel en el tanque. Una válvula de compuerta en la succión y otra en la descarga, cumplirán la función de aislar el sistema en el caso de que se requiera sacar de servicio a la bomba. Además una válvula *check* protege de los reflujos. Este cálculo se realiza siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó en el cálculo de la bomba 3, así que lo único que se presentará será las planillas de cálculo editadas por el software, las cuales se pueden apreciar en la Figura 5.18 y el diagrama de selección de la bomba 2, el cual se ilustra en la Figura 5.19.

**CONDICIONES DE OPERACION**

FLUIDO <i>Agua</i>		FLUJO (GPM) <i>132.00</i>		
TEMPERATURA (oP) <i>77.000</i>		DENSIDAD RELATIVA <i>1.000</i>	VISCOSIDAD (CP) <i>0.890</i>	
FACTOR DE SERVICIO (F.S.) <i>1.10</i>		GRADO API		

**SUCCION**

**CALCULO DE NPSH PARA EL RAMAL CRITICO**

Presion inicial minima (psig)	<i>0.00</i>	Presion en el recipiente (psia)	<i>14.50</i>
Columna hidrostatica (psig)	<i>-3.47</i>	Presion de vapor (psia)	<i>0.46</i>
Presion inicial (psig)	<i>-3.47</i>	Nivel minimo de operacion (ft)	<i>-7.00</i>
Perdidas por friccion linea (psi)	<i>0.34</i>	Elevacion boquilla de succion (ft)	<i>1.00</i>
DP linea a cap. de diseno (psi)	<i>0.41</i>	Presion disponible (ft)	<i>24.42</i>
Perdidas por friccion equipo (psi)	<i>0.00</i>	DP linea a cap. de diseno (ft)	<i>0.95</i>
DP eq. a cap. de diseno (psi)	<i>0.00</i>	DP equipo a cap. de diseno (ft)	<i>0.00</i>
Presion de succion (psig)	<i>-3.00</i>	N P S H DISPONIBLE (ft)	<i>23.47</i>
Presion de succion a cap. de diseno (psi)	<i>-3.00</i>		

**EVALUACION PERDIDAS POR FRICCION EN RAMAL CRITICO No [ 1 ]**

S U C C I O N					D E S C A R G A				
DIAM.	VEL.	LONG.	DP100	DP	DIAM.	VEL.	LONG.	DP100	DP
(in)	ft/seg	ft	psi/100ft	psi	(in)	ft/seg	ft	psi/100ft	psi
<i>4.026</i>	<i>3.32</i>	<i>64.36</i>	<i>0.526</i>	<i>0.339</i>	<i>4.026</i>	<i>3.32</i>	<i>374.07</i>	<i>0.526</i>	<i>1.969</i>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**D E S C A R G A P A R A E L R A M A L C R I T I C O No [ 1 ]**

Presion terminal maxima (psig)	<i>1.00</i>	Presion diferencial (psig)	<i>24.00</i>
Columna hidrostatica (psig)	<i>3.03</i>	Columna diferencial con aprox. de 5 pies (ft)	<i>25.00</i>
Perdidas en orificio (psi)	<i>0.00</i>	Presion de descarga (psig)	<i>7.02</i>
Presion total fija (psig)	<i>4.03</i>	Presion de descarga de diseno (psig)	<i>6.95</i>
DP cambiadores de calor (psi)	<i>0.00</i>	DP valvula de control (psi)	<i>0.00</i>
DP otros equipos (psi)	<i>0.00</i>		
Perdidas por friccion linea (psi)	<i>1.97</i>		
Perdidas totales variables (psi)	<i>1.97</i>	POTENCIA AL FRENO=	<i>1.202 BHP</i>
DP tot. var. de diseno (psig)	<i>2.38</i>		
Perdidas totales (psi)	<i>6.00</i>		
DP tot. de diseno (psi)	<i>6.41</i>	EFICIENCIA DE LA BOMBA (ESTIMADA)	<i>65.00 %</i>
DP min. valvula de control (psi)	<i>0.00</i>		

**Figura 5.18** Planilla de cálculo del programa para la BOMBA 2

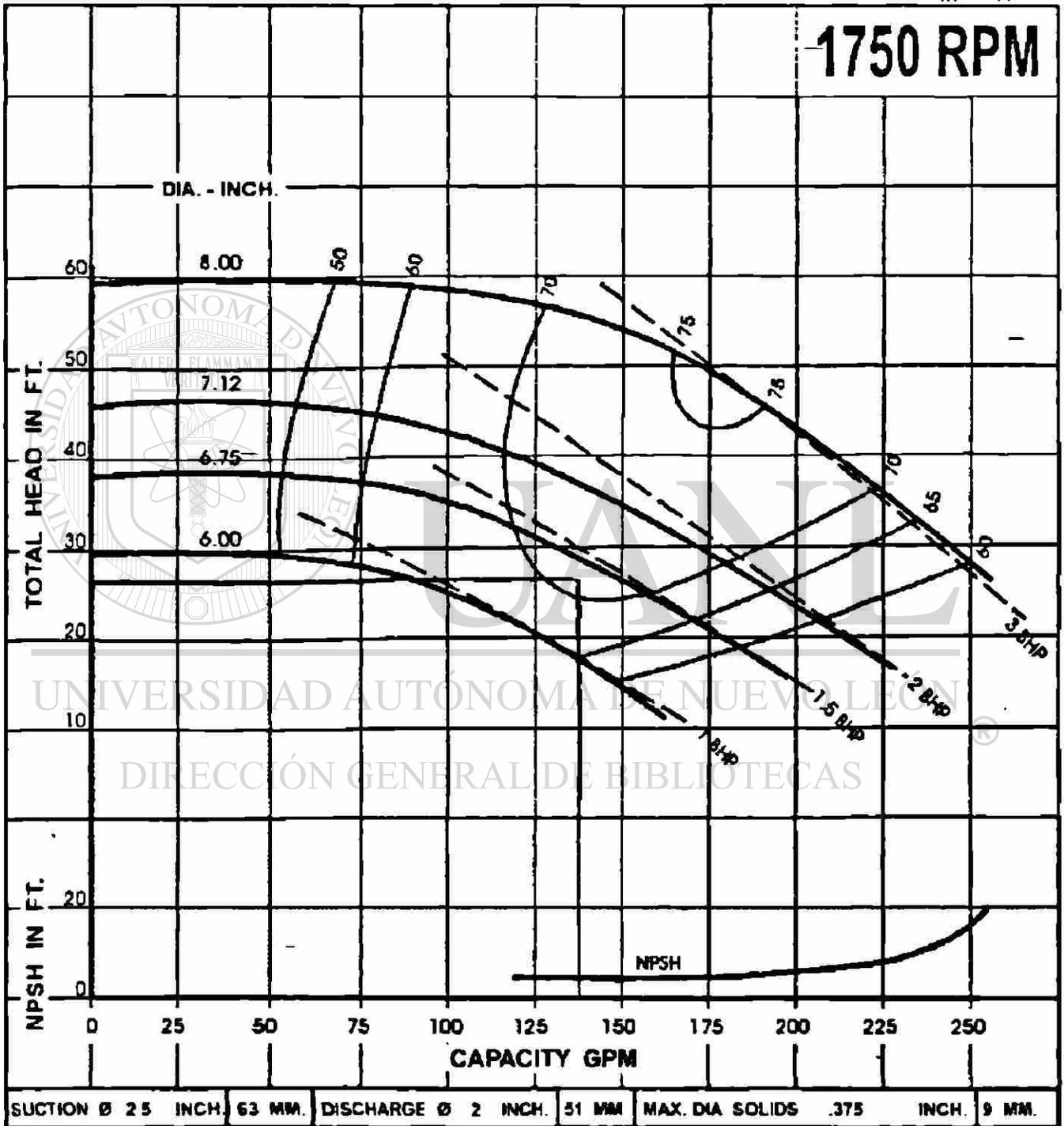
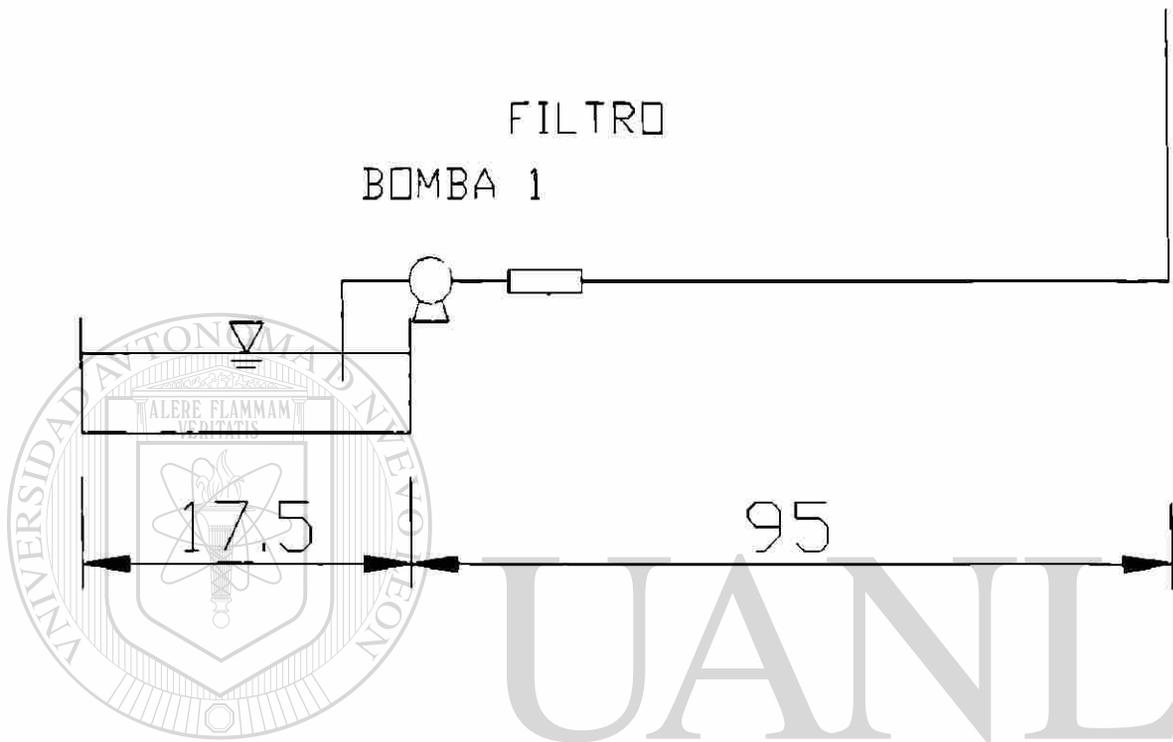


Figura 5.19 Gráfico de selección de la BOMBA 2

## CÁLCULO DE LA BOMBA 1

La BOMBA 1 conduce agua desde las pilas de decantación de muros, hasta el tanque de almacenamiento, lo cual se aprecia en el esquema de la Figura 5.20.



**Figura 5.20** Diagrama unifilar del sistema alimentado por la BOMBA 1

Las protecciones de esta bomba serán iguales a la de la Bomba 2 y el método de cálculo también, es por ello que los resultados quedan plasmados en la planilla de cálculo de la Figura 5.21 y la selección de la bomba en el diagrama de la Figura 5.22.

### CONDICIONES DE OPERACION

FLUIDO *Agua*  
 TEMPERATURA (oF) *77.000*  
 FACTOR DE SERVICIO (F.S.) *1.10*

FLUJO (GPM) *132.00*  
 DENSIDAD RELATIVA *1.000* VISCOSIDAD (CP) *0.890*  
 GRADO API

### SUCCION

### CALCULO DE NPSH PARA EL RAMAL CRITICO

Presión inicial mínima (psig)	0.00	Presión en el recipiente (psia)	14.50
Columna hidrostática (psig)	-3.47	Presión de vapor (psia)	0.46
Presión inicial (psig)	-3.47	Nivel mínimo de operación (ft)	-7.00
Pérdidas por fricción línea (psi)	0.34	Elevación boquilla de succión (ft)	1.00
DP línea a cap. de diseño (psi)	0.41	Presión disponible (ft)	24.42
Pérdidas por fricción equipo (psi)	0.00	DP línea a cap. de diseño (ft)	0.95
DP eq. a cap. de diseño (psi)	0.00	DP equipo a cap. de diseño (ft)	0.00
Presión de succión (psig)	-3.80	N P S H DISPONIBLE (ft)	23.47
Presión de succión a cap. de diseño (psi)	-3.88		

### EVALUACION PERDIDAS POR FRICCION EN RAMAL CRITICO No [ 1 ]

S U C C I O N					D E S C A R G A				
DIAM.	VEL.	LONG.	DP100	DP	DIAM.	VEL.	LONG.	DP100	DP
(in)	ft/seg	ft	psi/100ft	psi	(in)	ft/seg	ft	psi/100ft	psi
4.026	3.32	64.36	0.526	0.339	4.026	3.32	195.07	0.526	1.027

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### DESCARGA PARA EL RAMAL CRITICO No [ 1 ]

Presión terminal máxima (psig)	1.00	Presión diferencial (psig)	24.00
Columna hidrostática (psig)	3.03	Columna diferencial con aprox. de 5 pies (ft)	25.00
Pérdidas en orificio (psi)	0.00	Presión de descarga (psig)	7.02
Presión total fija (psig)	4.03	Presión de descarga de diseño (psig)	6.95
DP cambiadores de calor (psi)	0.00	DP válvula de control (psi)	0.00
DP otros equipos (psi)	0.00		
Pérdidas por fricción línea (psi)	1.03		
Pérdidas totales variables (psi)	1.03	POTENCIA AL FRENO=	1.282 BHP
DP tot. var. de diseño (psig)	1.24		
Pérdidas totales (psi)	5.06		
DP tot. de diseño (psi)	5.27	EFICIENCIA DE LA BOMBA (ESTIMADA)	65.00 %
DP mín. válvula de control (psi)	0.00		

Figura 5.21 Planilla de cálculo del programa para la BOMBA 1

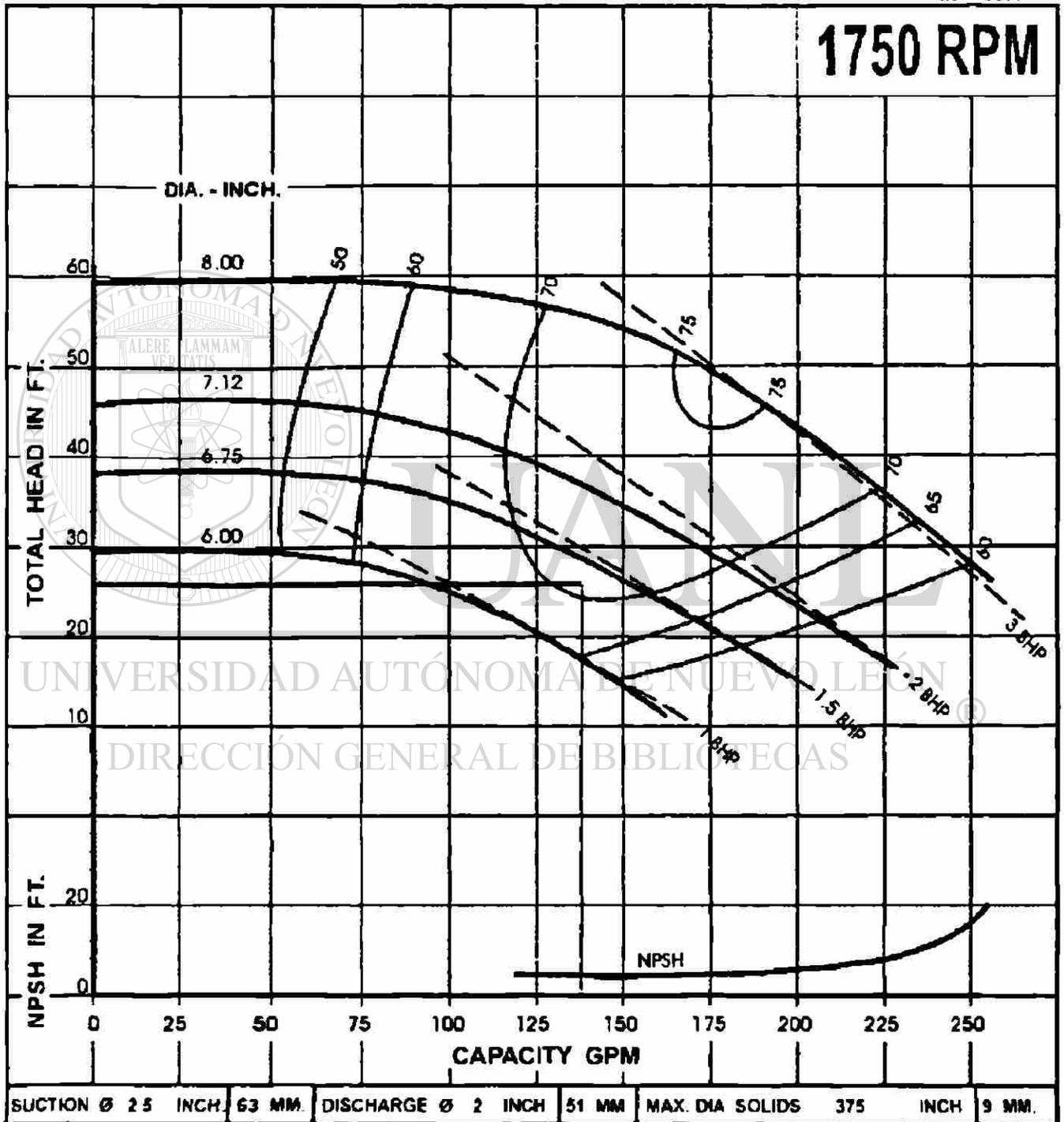


Figura 5.22 Gráfico de selección de la BOMBA 1

## DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El agua que se usa en el sistema, proviene de las pilas de decantación de servicio directo y de muros. El agua proveniente de las *pilas de decantación de servicio directo*, es bombeada, a través de la BOMBA 2, a un tanque de almacenamiento siendo previamente filtrada. El agua proveniente de las *pilas de decantación de muros* es bombeada a través de la BOMBA 1, al mismo tanque de almacenamiento, siendo previamente filtrada. De dicho tanque se extraerá un caudal de 132 gal/min, pero por seguridad se desea que el tanque tenga una capacidad de 20 veces mayor que el gasto, para que en caso de falla del sistema se disponga por lo menos 20 minutos para restablecerlo. La Figura 5.23 ilustra un esquema de funcionamiento del tanque elevado.

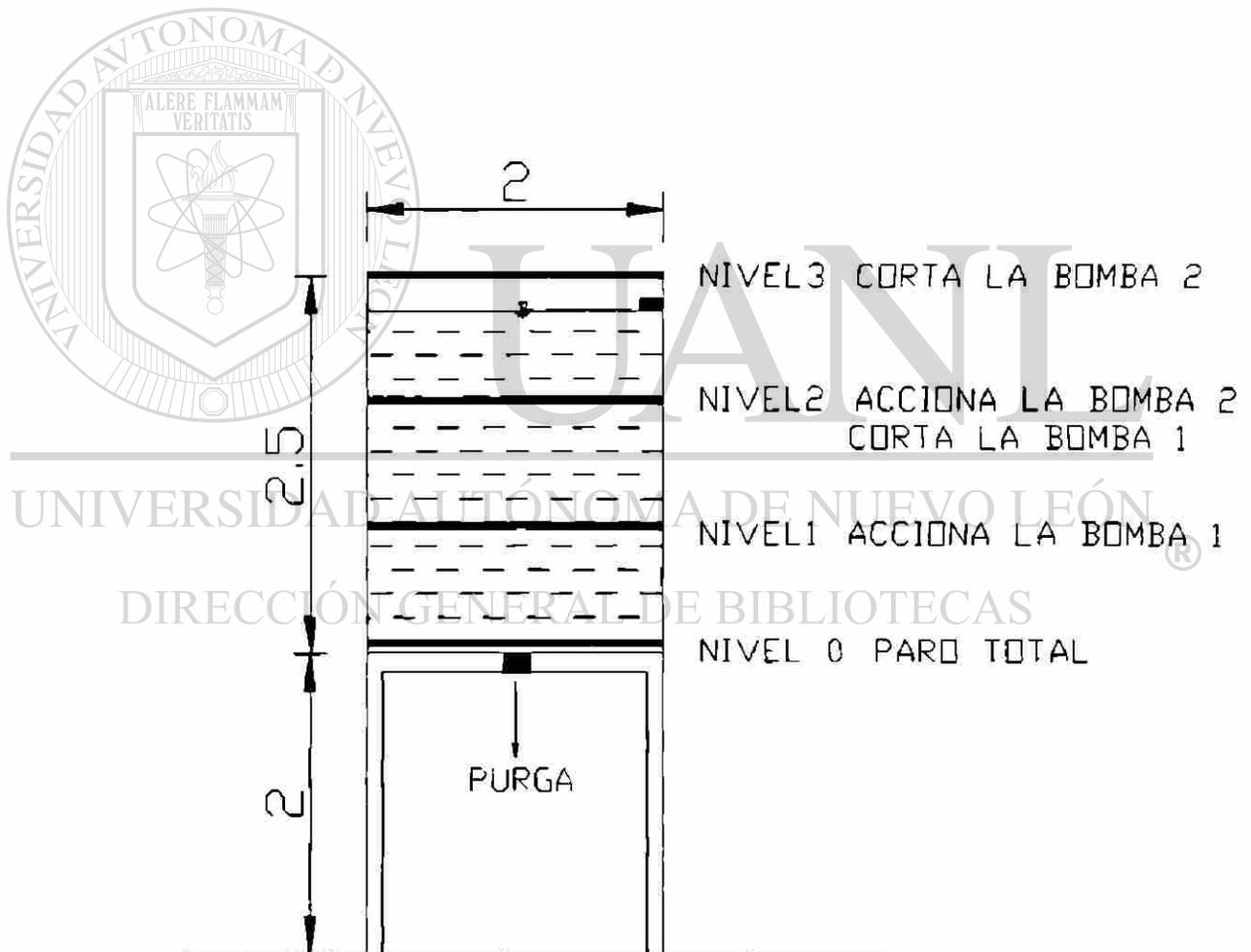


Figura 5.23 Esquema explicativo del tanque elevado

Para lograr este objetivo, se colocará un *detector de nivel* en el tanque, enclavado a la electroválvula de la BOMBA 2, de manera que cuando el nivel del tanque esté por debajo de un nivel determinado, se abra la electroválvula de la BOMBA 2 y ésta empiece a bombear agua hacia el tanque. Cuando el agua llegue hasta el límite superior en el tanque, el detector enviará una señal a la electroválvula para que corte el suministro. En el caso de que no haya más agua en las pilas de decantación de servicio directo, el nivel de agua del tanque seguirá bajando hasta que llegue a un cierto valor en el cual el detector enviará una señal a la BOMBA 1, para que bombee agua desde las pilas de decantación de muros. El tanque poseerá una apertura en la parte inferior, con el fin de realizar la *PURGA*, una vez que se haya acumulado gran cantidad de sólidos sedimentables.

Se recomienda un tanque elevado, de base cuadrada, con las siguientes características:

- Capacidad: 10 m<sup>3</sup>
- Dimensiones: 2 x 2 x 2.5 m
- Elevación: 2 m
- Con 4 niveles de detección:

NIVEL "0": 1 m<sup>3</sup>, corte total del sistema, no hay agua en ninguna de las pilas de decantación

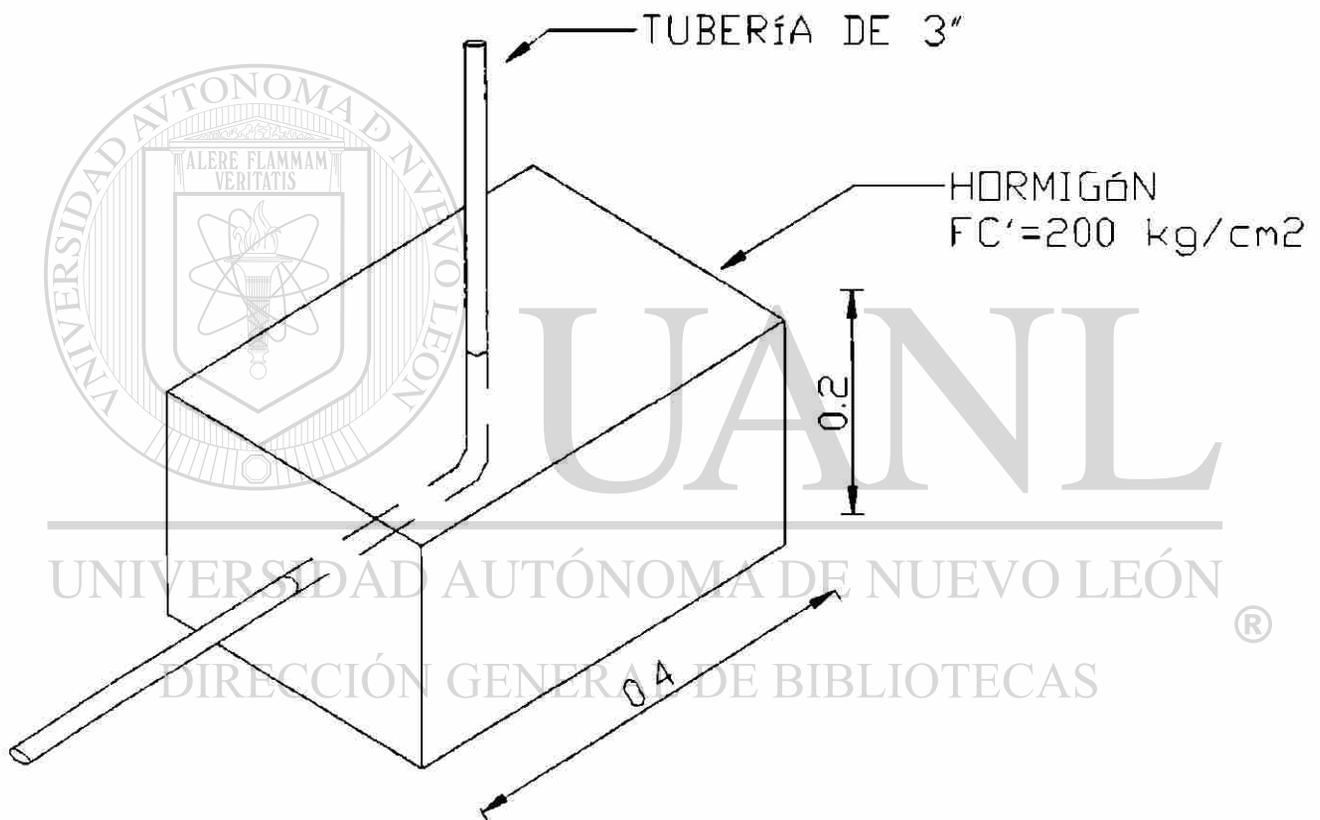
NIVEL "1": 4 m<sup>3</sup>, acciona la BOMBA 1, no hay agua en la pila de decantación de servicio directo

NIVEL "2": 7m<sup>3</sup>, corta la BOMBA 1, y/o acciona la BOMBA 2

NIVEL "3": 10 m<sup>3</sup>, corta la BOMBA 2

### 5.5.5 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

La tubería a la que están conectados los aspersores es de hierro fundido comercial, de 3 pulgadas de diámetro. Es por ello que se decide sostener la tubería aérea mediante una fundación de hormigón con una resistencia a la compresión de 200 Kg/cm<sup>2</sup>. La Figura 5.24 da una perspectiva de tal estructura y la Figura 5.26 da una vista lateral de la misma.

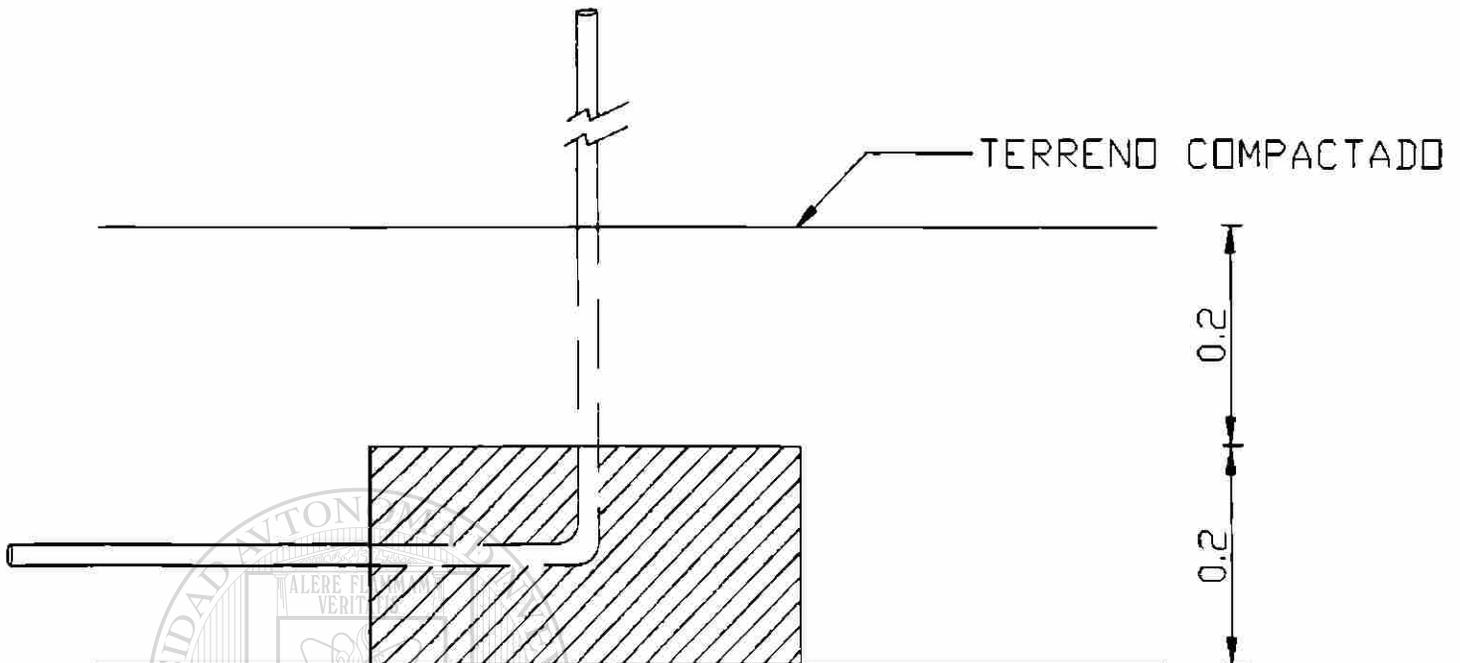


**Figura 5.24** *Perspectiva de la fundación*

Se recomienda la construcción de una fundación con las siguientes características:

- De las dimensiones: 0.4 x 0.4 x 0.2 m
- Hormigón con una resistencia a la compresión de 200 kg/cm<sup>2</sup>

- Enterrado en terreno compactado a una profundidad de 0.4 m



**Figura 5.25** Vista lateral de la fundación

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 5.5.6 SELECCIÓN DEL FILTRO

Conociendo las características del agua a utilizar, sabiendo que contiene 52 mg/l de sólidos suspendidos totales, se puede determinar el tipo de filtro a utilizar. Es por ello que se recomienda la instalación de un filtro con las siguientes características:

**MODELO: SPRAYING SYSTEMS CO. 39185 - ¼ -SAN - 150**

La malla 150 tiene una apertura de 0.102 mm, lo cual garantiza que todas las partículas que aún continúen en el agua, luego de pasar por el filtro, no causarán daños a los aspersores. El catálogo de este filtro se encuentra en el ANEXO 2.

### 5.5.7 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECUENCIADO

Para determinar el *tiempo de secuencias de las líneas de aspersión*, se calculó el tiempo que demora en evaporarse el agua en los sitios *regados por los aspersores*. Para ello se realizó el siguiente experimento:

1. Con una *balanza de precisión*, se mide el peso de un recipiente de acrílico de 10 cm de largo, por 10 cm de ancho, por 1 cm de altura
2. Se coloca la materia prima a analizar dentro de la caja y se pesa el conjunto, teniendo en cuenta que la tierra debe estar completamente seca
3. Se rocía con agua la materia prima contenida en la caja y se pesa el conjunto
4. Se coloca la caja en la zona del almacenamiento de materia prima a cielo abierto, en servicio directo
5. Se mide la temperatura ambiente y la humedad en dicha zona
6. Se pesa la caja cada 5 minutos hasta que se evapore toda el agua, es decir cuando el peso sea igual al que tenía en el punto 2.
7. Se realizó este procedimiento con las siguientes materias primas:
  - Caolín Rosalía
  - Caolín Blanco
  - Barro de Saltillo
8. Se realizó este procedimiento varias veces con cada material, en distintas condiciones climáticas
9. Se obtuvo un promedio de los tiempos totales obtenidos
10. La temperatura promedio fue de 32.5 °C

**Tabla 5.4** Valores promedio de secado de las distintas tierras analizadas

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PESO EN GRAMOS</b>
CAJA VACÍA	42
CAJA CON TIERRA SECA	173.5
CAJA CON TIERRA HÚMEDA	175.5
5 MINUTOS DESPUÉS	175.08
10 MINUTOS DESPUÉS	174.73
15 MINUTOS DESPUÉS	174.33
20 MINUTOS DESPUÉS	174.05
25 MINUTOS DESPUÉS	173.8
30 MINUTOS DESPUÉS	173.5

Se considera que, en promedio, desde que el agua toca la tierra hasta que se seca completamente, transcurren aproximadamente 30 minutos

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 5.5.8 EQUIPO SECUENCIADOR

La función del secuenciador será controlar 8 electroválvulas, una por cada línea, de manera tal que la secuencia cumpla con lo siguiente:

1. Inicie la *línea 1* y que permanezca funcionando durante 5 segundos y corte
2. Al cabo de 5 segundos comience funcionar la *línea 2* y permanezca funcionando durante 5 segundos y corte
3. Al cabo de 5 segundos, comience funcionar la *línea 3* y permanezca funcionando durante 5 segundos y corte

4. Al cabo de 5 segundos comience funcionar la *línea 4* y permanezca funcionando durante 5 segundos y corte
5. Al cabo de 5 segundos comience funcionar la *línea 5* y permanezca funcionando durante 5 segundos y corte
6. Al cabo de 5 segundos comience funcionar la *línea 6* y permanezca funcionando durante 5 segundos y corte
7. Al cabo de 5 segundos comience funcionar la *línea 7* y permanezca funcionando durante 5 segundos y corte
8. Al cabo de 5 segundos comience funcionar la *línea 8* y permanezca funcionando durante 5 segundos y corte

Desde que se inició la secuencia con la *línea 1*, hasta que termina la última línea, es decir la *línea 9*, han transcurrido **45 segundos**

Luego que termina la *línea 9*, para que vuelva a reiniciar la secuencia con la *línea 1*, pasarán **25 minutos**.

Además de cumplir con esta secuencia, el equipo debe permitir:

- Cambiar los tiempos de funcionamiento y corte de las electroválvulas
- Las electroválvulas deben permitir ser operadas manualmente

Para lograr todas las funciones descritas anteriormente, se recomienda la instalación de siguiente equipo:

## **EQUIPO DE POTENCIA**

Tablero de control secuenciador, con las siguientes características:

- IN totales: 14
- OUT totales: 10
- Voltaje de alimentación: 120 V en corriente alterna monofásica
- Voltaje de salida por punto: 120 V en corriente alterna

- Gabinete NEMA 12 para alojar los componentes listados, con las siguientes medidas:  
0.4 m de alto, por 0.3 m de ancho y 0.15 m de fondo

## EQUIPO DE CONTROL

- Secuenciador basado en controlador lógico programable integrado dentro del gabinete de potencia, compuesto por 14 IN a 24 Vcd y 10 salidas a un relevador de 1 A
- Cables de conexión
- Botonera de control

Además se debe de tener en cuenta que:

- El gabinete de control esté pintado en pintura epóxica color beige
- La lógica del secuenciador será: en *Automático*, activar salida 1, esperar un tiempo preseleccionado T1 y al finalizar éste cambiar a la salida 2, y así sucesivamente hasta completar todas las salidas.  
En *Manual*, cada una se activará independientemente según se requiera a través del operador
- Contará además con un interruptor o *switch* selector para poder seleccionar en automático cualesquiera de los tres tiempos preseleccionados de permanencia en cada salida es igual para el resto.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En el ANEXO 2 se pueden encontrar los catálogos del equipo seleccionado.

## **5.6 PROPUESTA DE CONTROL DE POLVOS EN LOS ALMACENAMIENTOS DE MATERIA PRIMA EN LA MOLIENDA DE LADRILLERÍA**

Posiblemente una de las áreas más simples de abordar en el problema de control de polvos de la planta es la relativa a los almacenamientos de materia prima, en la molienda de ladrillería. Lo anterior se debe básicamente a los tipos de materiales involucrados, a sus propiedades físicas y consistencias, al espacio que ocupan y a su ubicación en la red de flujo de la planta.

La molienda de ladrillería utiliza fundamentalmente cinco tipos de barros, que se almacenan en la actualidad a cielo abierto, y ellos son:

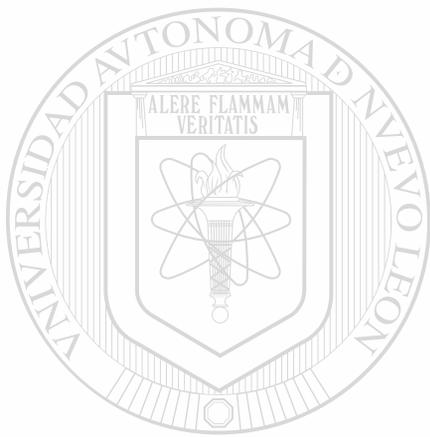
- Pizarra de Allende
- Pizarra Primisa
- AF – 1
- Lajilla Victoria – RM – 30
- Barro de Saltillo

Excepto el Barro de Saltillo, todos los materiales son del tipo granular y por lo tanto, no producen muchos polvos; sin embargo durante su manipulación estos materiales son fracturados, produciéndose con ello polvos que, por efecto de los vientos reinantes en la zona, pueden ser dispersados. El único contacto que se tiene con esta materia prima es por parte del operador de la pala mecánica, cuando realiza su traslado hacia el proceso.

Como primera propuesta de control, se plantea la reubicación de la materia prima que actualmente se halla a cielo abierto. Para ello, se propone un reordenamiento de estos materiales en cinco áreas de 20 m de largo por 10 m de ancho cada uno. Este traslado físico del sitio de los almacenamientos los colocará fuera del alcance de actividades que nada tengan que ver con ellos, previniendo así un factor de generación de polvos.

Teniendo en cuenta los factores antes descritos, y el hecho de que los espacios recomendados para los almacenamientos son de escasa dimensión, como segunda propuesta se sugiere techar estas áreas, de manera que la acción del viento no produzca

más derrames ni dispersiones. Para lo anterior se recomienda la construcción de una estructura techada similar a la ya existente en el área colindante, como puede apreciarse en la Figura 5.4.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES**

En los capítulos anteriores se han planteado alternativas para solucionar el problema de contaminación atmosférica causado por alta concentración de partículas suspendidas en un medio ambiente interior y otro exterior de la planta. Se ha visto que un buen diseño de un sistema de colección de polvos en el interior de la planta, y su posterior mantenimiento, permitirá disminuir los niveles de partículas a concentraciones aceptables para el trabajador.

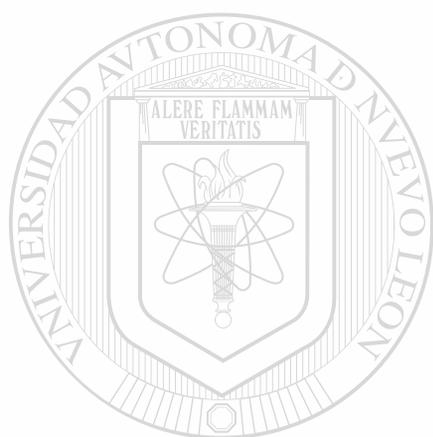
Los estudios hechos para determinar la velocidad de secado del agua en la materia prima indican que es posible el diseño de un sistema de aspersion por niebla de agua, en el almacenamiento a cielo abierto de servicio directo, sin necesidad de que tengan que utilizarse grandes cantidades de la misma. Además, los análisis de laboratorio<sup>®</sup> indican que el agua sedimentada en las pilas de decantación brinda una alternativa viable para alimentar a los aspersores, siempre y cuando se la someta a una filtración previa. Este sistema evita la formación de polvo en la fuente misma de generación.

Sin embargo, en los almacenamientos a cielo abierto de la molienda de ladrillería se optó por confinar completamente el sector, debido a que sus dimensiones no son muy grandes y que no hay personal activo en su interior. El ingreso de personal al almacenamiento se hace en forma esporádica y en dichos casos se recomienda el uso del equipo de protección personal, como *maskarillas con filtro*.

Todas estas acciones están encaminadas a obtener un medio ambiente laboral más sano y con ello evitar la propagación de polvo por los alrededores, que pudiera

afectar a los vecinos. Además, la implantación de un sistema de aspersión con niebla de agua que utilice agua residual soluciona el problema causado por el confinamiento de la misma.

La ejecución de este proyecto solucionará uno de los principales problemas de contaminación ambiental de la planta: la contaminación atmosférica.



# UANL

---

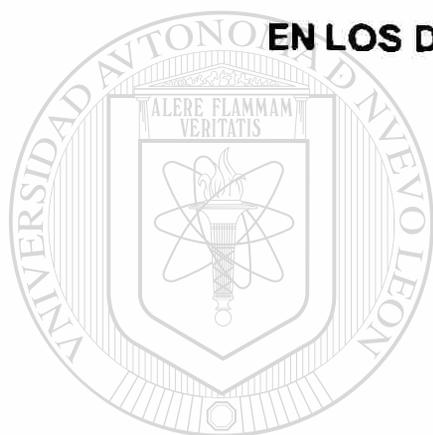
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **ANEXO 1**

### **LÁMINAS INDICATIVAS DE LOS VALORES RECOMENDADOS DE EXTRACCIÓN DE POLVO EN LOS DISTINTOS EQUIPOS**



# UANL

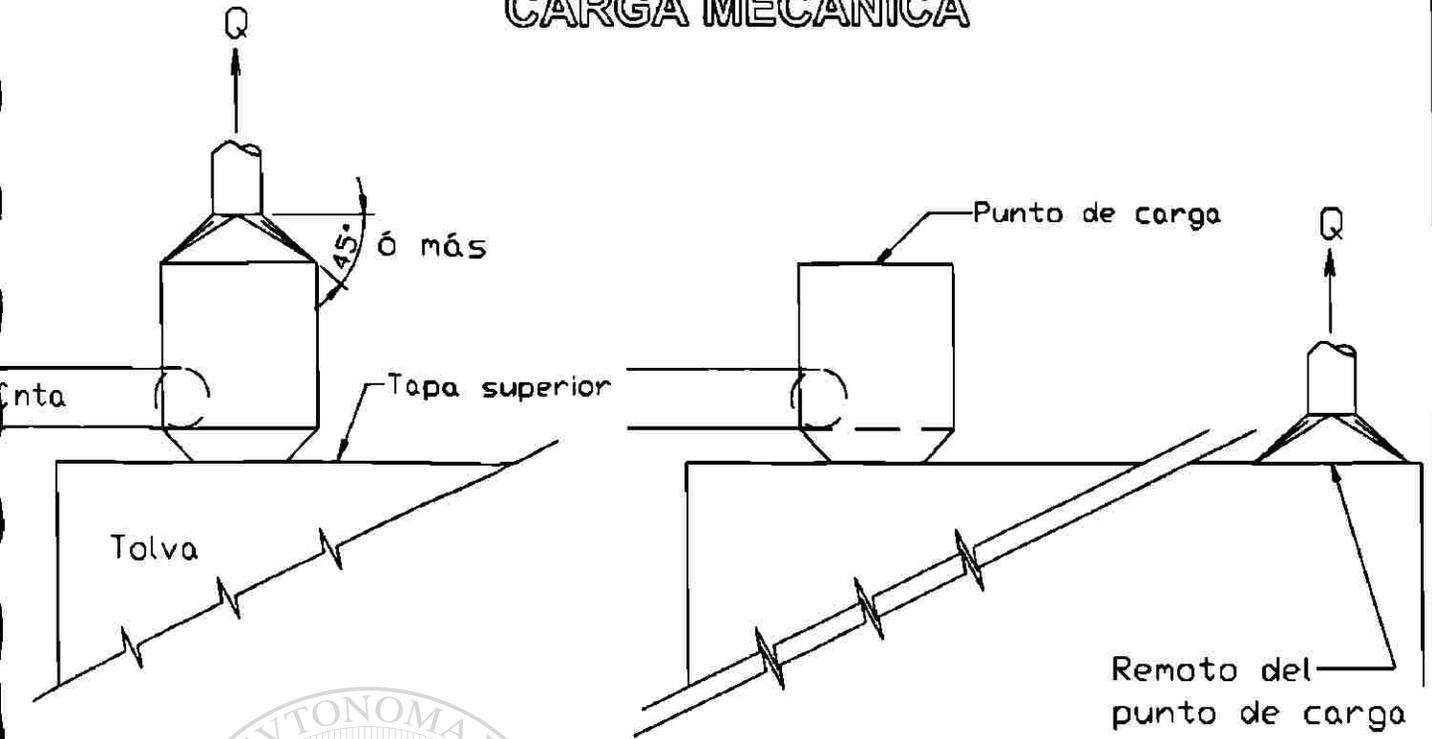
---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



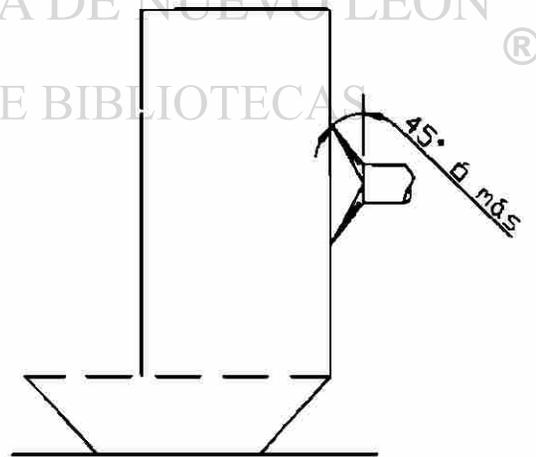
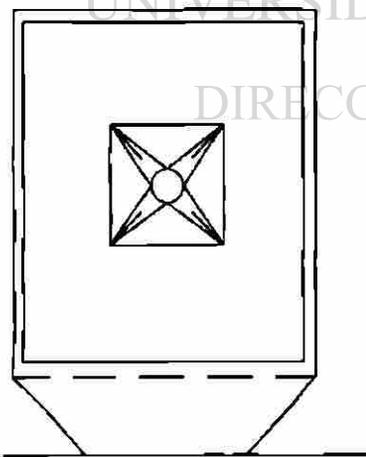
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CARGA MECÁNICA



Velocidad en el ducto: 3500 fpm/min  
 $Q = 200 \text{ cfm/pie}^2$  de toda el área abierta  
Pérdida de entrada: 0.25 VP

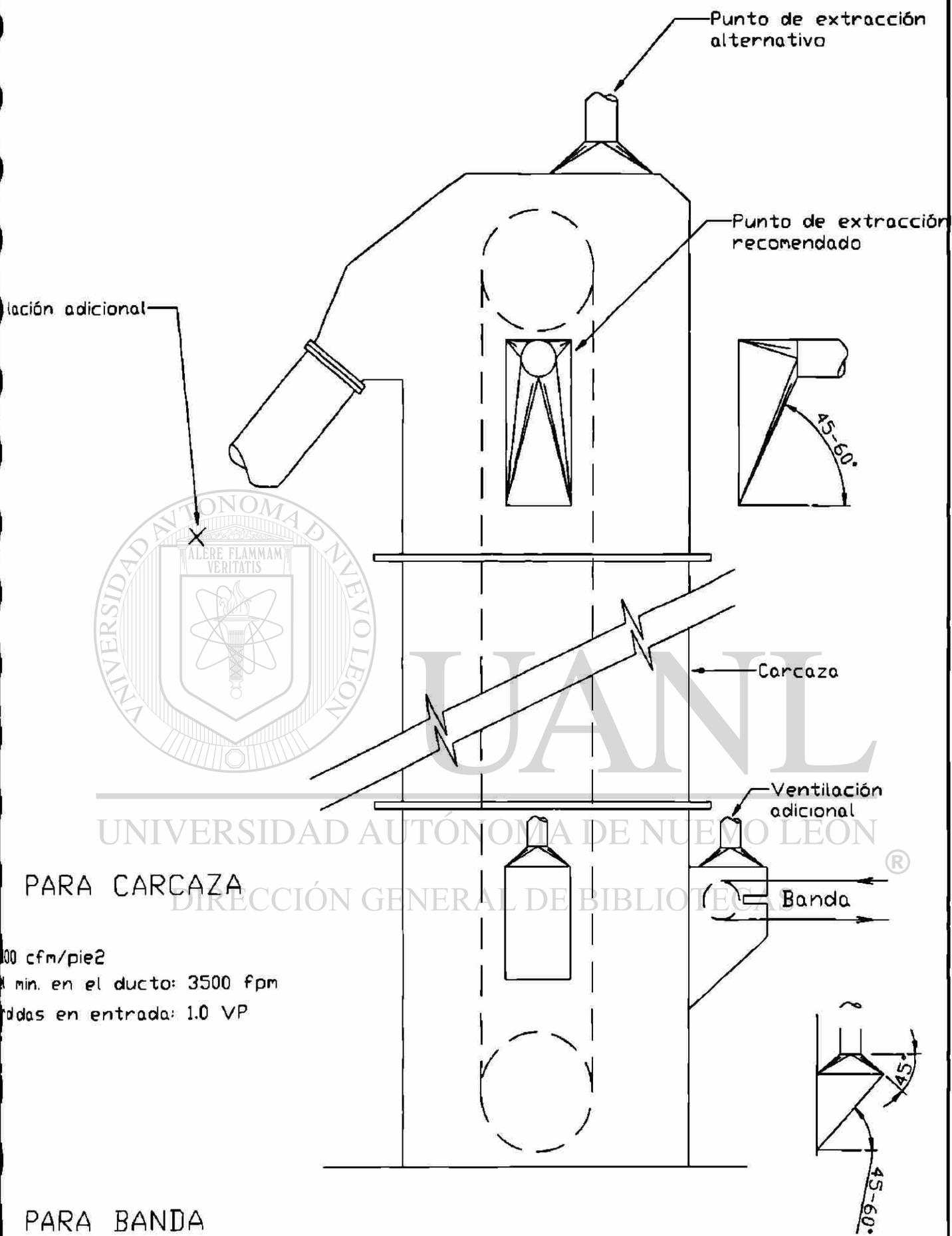
# CARGA MANUAL



Velocidad en el ducto: 3500 fpm/min  
 $Q = 150 \text{ cfm/pie}^2$   
Pérdida de entrada: 0.25 VP

LAMINA 4.1

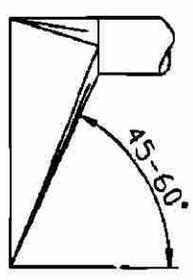
Extracción en tolvas



Extracción adicional

Punto de extracción alternativo

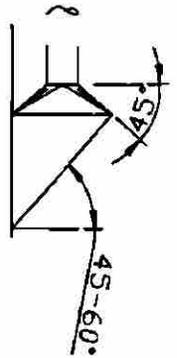
Punto de extracción recomendado



Carcasa

Ventilación adicional

Banda



PARA CARCAZA

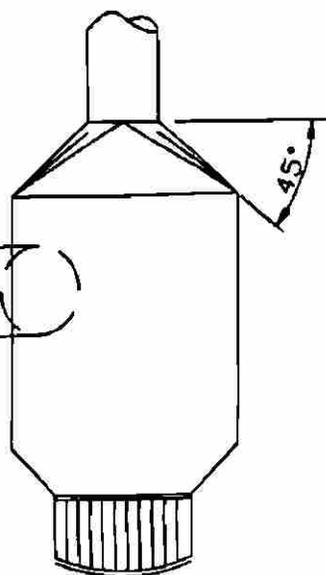
100 cfm/pie<sup>2</sup>  
 Vel. min. en el ducto: 3500 fpm  
 Vel. en entrada: 1.0 VP

PARA BANDA

menor a 200 fpm - 350 cfm/pie  
 ancho de banda  
 mayor a 200 fpm - 500 cfm/pie  
 ancho de banda

LAMINA 4.2

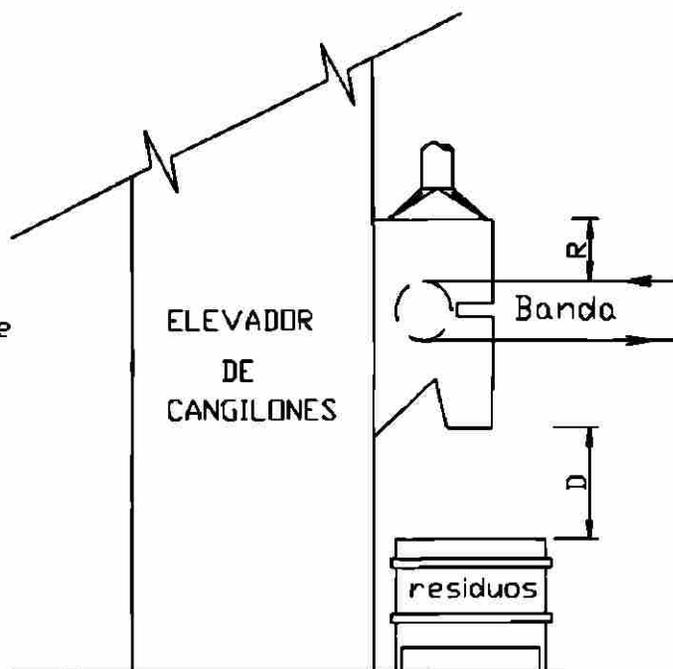
Elevador de cangilones



D: distancia conveniente

R: 24 pulg. mínimo

OLVA DE TRANSFERENCIA



### ELEVADOR CON SEPARADOR MAGNÉTICO

PUNTOS DE TRANSFERENCIA:

150 a 200 fpm de corriente de aire

Vel. de banda inferior a 200 fpm,

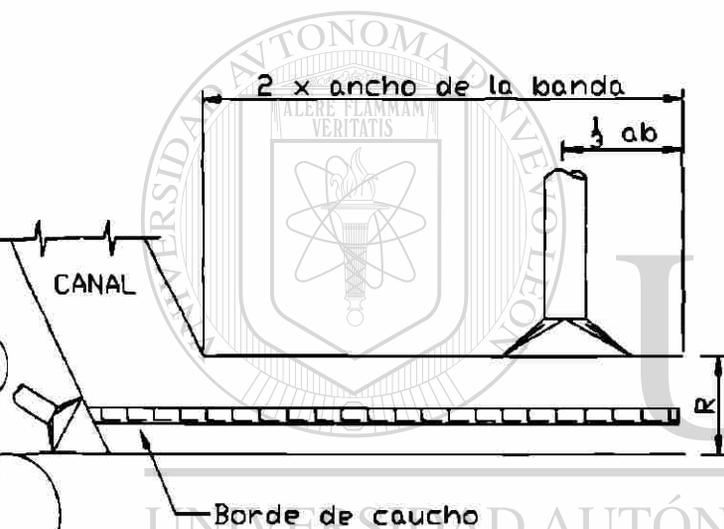
$Q_{min.} = 350$  cfm/pie de ancho de banda

Vel. de banda superior a 200 fpm,

$Q_{min.} = 500$  cfm/pie de ancho de banda

Velocidad en el ducto = 3500 fpm min.

Pérdidas de entrada = 0.25 VP



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

punto de extracción adicional usado para materiales polvosos, de la siguiente forma:

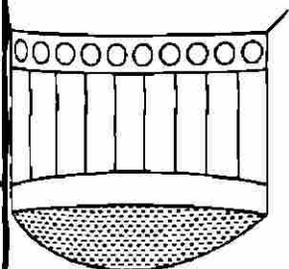
ancho de banda entre 12" y 36", a  $Q = 700$  cfm

ancho de banda superior a 36", a  $Q = 1000$  cfm

### BANDAS DE TRANSFERENCIA

Puntos de extracción adicional a 350 cfm/pie de ancho de banda a intervalos de 30 pies.

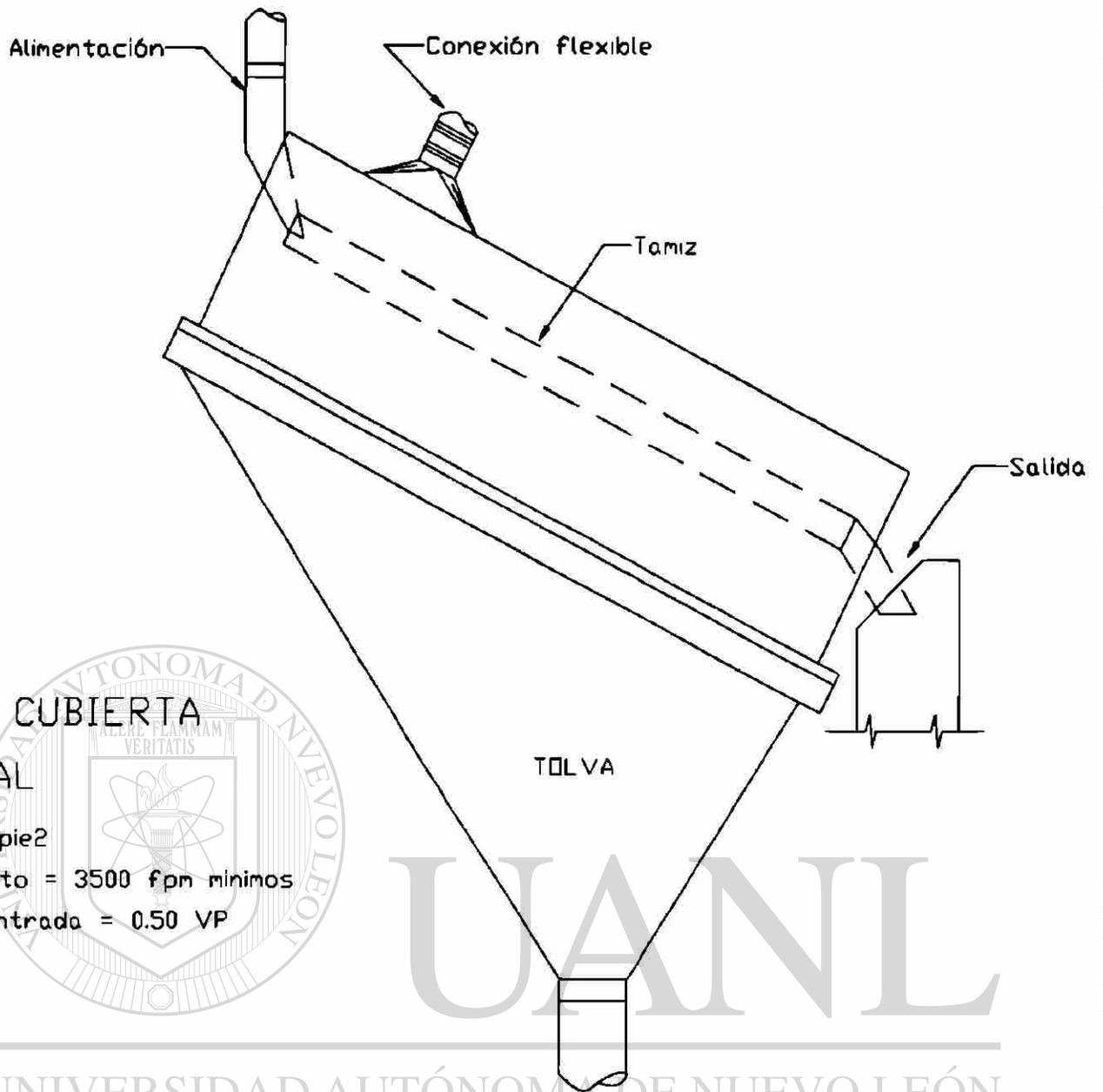
Pérdidas de entrada = 0.25 VP



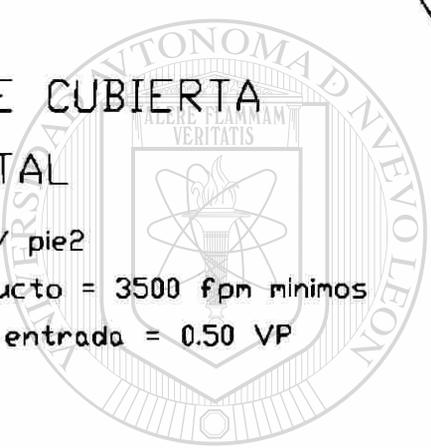
DETALLE DE LA BANDA ABIERTA

## LAMINA 4.3

Extracción en la banda de transferencia



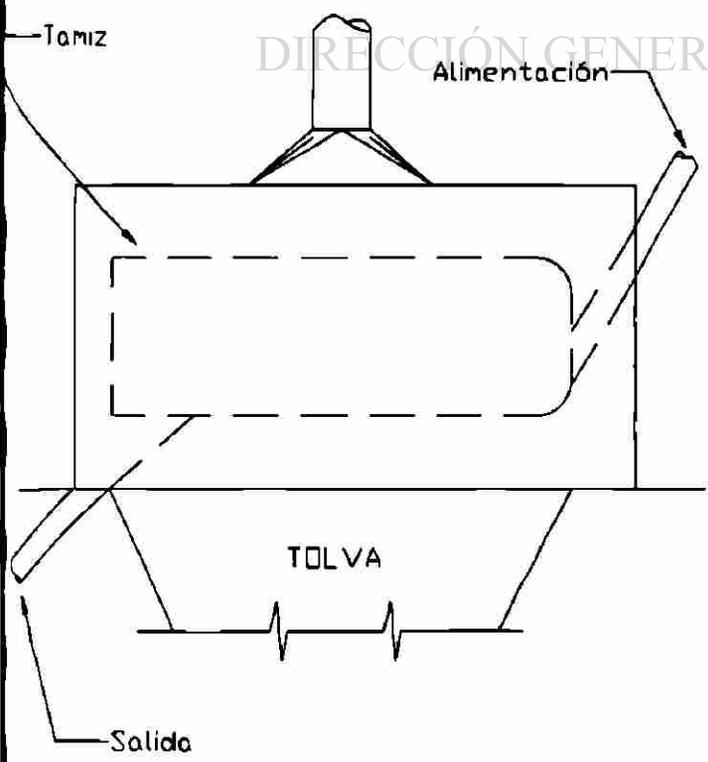
TAMIZ DE CUBIERTA  
 HORIZONTAL  
 $Q = 200 \text{ cfm/ pie}^2$   
 Vel. en el ducto = 3500 fpm mínimos  
 Pérdidas de entrada = 0.50 VP



U.A.N.L.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



TAMIZ CILINDRICO

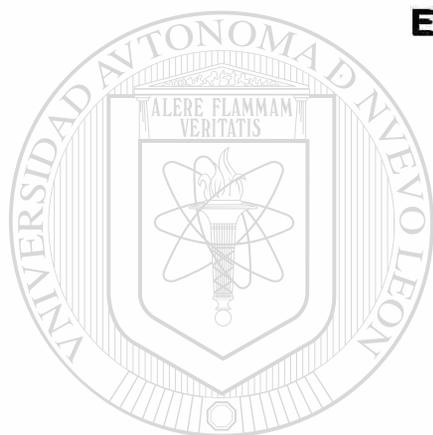
$Q = 100 \text{ cfm/ pie}^2$   
 Vel. en el ducto = 3500 fpm mínimos  
 Pérdidas de entrada = 0.50 VP

LAMINA 4.4

Extracción en tamices

## **ANEXO 2**

### **CATÁLOGOS DE EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO**



# UANL

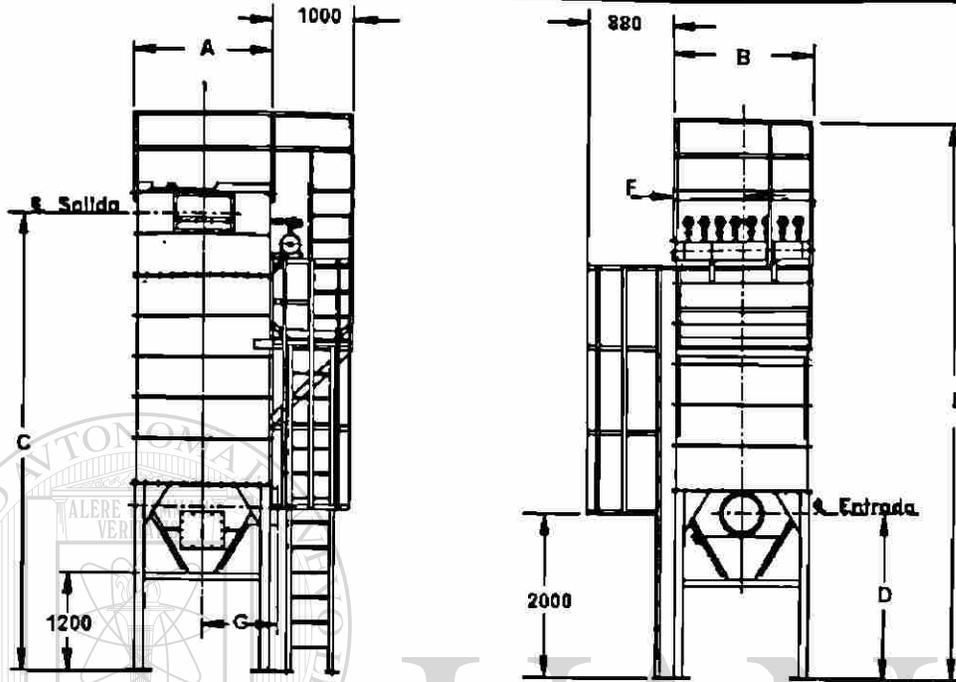
---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# VenTuri



No. Bolsas (1)	Area (2)	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	No. Val.	Dia.Val. pulg
36	26	1242	1455	4068	1770	5318	650	708	6	3/4"
	35	1242	1455	4677	1770	5927	650	708	6	3/4"
56	41	1614	1641	4388	2070	5638	743	988	7	3/4"
	54	1614	1641	4997	2040	6247	743	988	7	3/4"
	68	1614	1641	5607	2020	6857	743	988	7	1"
64	46	1614	1827	4388	2070	5638	836	988	8	3/4"
	62	1614	1827	4997	2040	6247	836	988	8	3/4"
	78	1614	1827	5607	2020	6857	836	988	8	1"
72	52	1800	1920	4388	2040	5638	929	988	8	3/4"
	70	1800	1920	4997	2020	6247	929	988	8	3/4"
	87	1800	1920	5607	1990	6857	929	988	8	1"
	105	1800	1920	6217	1960	7467	929	988	8	1"
96	93	2382	1827	5697	2640	6997	836	1284	8	1"
	116	2382	1827	6307	2610	7607	836	1284	8	1 1/2"
	140	2382	1827	6917	2580	8217	836	1284	8	1 1/2"
108	105	2382	2013	5697	2610	6997	929	1284	9	1"
	131	2382	2013	6307	2580	7607	929	1284	9	1 1/2"
	157	2382	2013	6917	2540	8217	929	1284	9	1 1/2"
120	116	2382	2205	5697	2610	6997	1022	1284	10	1"
	146	2382	2205	6307	2580	7607	1022	1284	10	1 1/2"
	175	2382	2205	6917	2540	8217	1022	1284	10	1 1/2"
132	128	2382	2385	5697	2580	6997	1115	1284	11	1"
	160	2382	2385	6307	2540	7607	1115	1284	11	1 1/2"
	192	2382	2385	6917	2540	8217	1115	1284	11	1 1/2"
144	140	2382	2571	5697	2580	6997	1208	1284	12	1"
	175	2382	2571	6307	2540	7607	1208	1284	12	1 1/2"
	210	2382	2571	6917	2490	8217	1208	1284	12	1 1/2"

# SIZE 55

Wheel dia. 38 1/2"  
 Outlet Area 2.823 ft.<sup>2</sup>  
 Inlet Area 2.982 ft.<sup>2</sup>

CAP CFM	OUTLET VELOCITY FPM	1" S.P.		1 1/2" S.P.		2" S.P.		2 1/2" S.P.		3" S.P.		3 1/2" S.P.		4" S.P.		4 1/2" S.P.		5" S.P.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP												
2700	987	359	0.65	431	1.00	494	1.36	551	1.76	603	2.16	651	2.59	696	3.05	738	3.53		
3300	1206	368	0.81	439	1.20	500	1.61	555	2.04	605	2.50	652	2.98	696	3.46	738	3.97	770	4.50
3900	1425	380	0.99	448	1.42	508	1.89	562	2.37	611	2.87	656	3.37	699	3.91	740	4.47	779	5.05
4500	1645	396	1.22	460	1.68	518	2.19	570	2.72	618	3.27	663	3.83	706	4.41	745	5.00	783	5.60
5100	1864	412	1.49	474	2.00	529	2.53	580	3.10	627	3.70	671	4.32	713	4.94	752	5.58	790	6.24
5700	2083	431	1.81	490	2.36	543	2.94	591	3.54	638	4.17	680	4.83	721	5.51	760	6.20	797	6.90
6300	2303	450	2.16	507	2.78	558	3.39	605	4.04	649	4.70	691	5.40	731	6.11	769	6.86	805	7.62
6900	2522	469	2.56	525	3.27	574	3.93	620	4.59	662	5.30	703	6.03	741	6.78	780	7.57	814	8.35
7500	2741	490	3.01	544	3.78	592	4.52	636	5.24	677	5.97	717	6.74	754	7.53	790	8.33	825	9.18
8100	2961	510	3.51	563	4.34	610	5.17	653	5.95	694	6.73	732	7.53	768	8.36	803	9.20	837	10.07
8700	3180	532	4.08	583	4.97	629	5.86	672	6.74	710	7.57	748	8.40	783	9.26	818	10.15	850	11.05
9300	3399	554	4.71	603	5.66	649	6.61	690	7.57	728	8.49	765	9.37	799	10.27	832	11.17	865	12.13
9900	3618	576	5.40	624	6.43	668	7.44	709	8.46	747	9.47	782	10.42	816	11.37	849	12.32	880	13.26
10500	3838	600	6.19	646	7.27	689	8.34	728	9.41	765	10.49	801	11.56	834	12.56	866	13.56	897	14.57
11100	4057	623	7.04	668	8.18	709	9.32	748	10.45	785	11.59	819	12.73	852	13.85	883	14.90	913	15.96
11700	4276	647	7.99	690	9.18	730	10.38	769	11.58	804	12.76	838	13.98	871	15.18	902	16.35	931	17.45
12300	4496	672	9.02	713	10.27	752	11.54	789	12.80	824	14.05	858	15.30	890	16.57	920	17.83	950	19.06
12900	4715	696	10.16	736	11.45	774	12.77	810	14.09	845	15.42	877	16.72	909	18.04	939	19.38	968	20.70
13500	4934	722	11.38	759	12.71	796	14.11	832	15.50	866	16.89	898	18.27	928	19.62	958	21.03	986	22.41
14100	5154	747	12.68	783	14.11	819	15.54	854	17.00	886	18.44	918	19.88	948	21.33	978	22.75	1006	24.22
14700	5373	773	14.14	808	15.62	842	17.10	876	18.61	908	20.13	939	21.63	969	23.14	997	24.61	1025	26.12
15300	5592	799	15.73	832	17.23	865	18.74	898	20.32	930	21.91	959	23.46	989	25.04	1017	26.61	1044	28.14
15900	5811	825	17.44	857	18.96	889	20.53	921	22.16	952	23.80	981	25.44	1010	27.07	1038	28.68	1065	30.31
16500	6031	851	19.28	882	20.80	913	22.44	944	24.12	974	25.80	1003	27.51	1031	29.19	1059	30.90	1085	32.59
17100	6250	878	21.21	908	22.73	938	24.49	967	26.17	996	27.90	1025	29.71	1053	31.47	1079	33.22	1106	34.97

CAP CFM	OUTLET VELOCITY FPM	5 1/2" S.P.		6" S.P.		6 1/2" S.P.		7" S.P.		7 1/2" S.P.		8" S.P.		9" S.P.		10" S.P.		11" S.P.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
2700	987																		
3300	1206	816	5.04	852	5.60	887	6.18												
3900	1425	817	5.62	852	6.21	887	6.81	920	7.44	952	8.08	984	8.75	1044	10.10				
4500	1645	820	6.23	855	6.88	889	7.54	927	8.21	953	8.87	984	9.56	1044	10.97	1100	12.44	1154	13.97
5100	1864	825	6.91	859	7.56	893	8.27	925	8.98	956	9.70	986	10.45	1045	11.96	1101	13.48	1154	15.04
5700	2083	832	7.62	866	8.35	899	9.09	931	9.84	961	10.57	991	11.35	1048	12.95	1103	14.61	1156	16.29
6300	2303	840	8.38	874	9.15	906	9.94	937	10.74	968	11.54	997	12.37	1053	14.01	1107	15.72	1158	17.49
6900	2522	849	9.18	882	10.01	914	10.85	945	11.68	975	12.54	1004	13.41	1060	15.17	1113	16.98	1164	18.76
7500	2741	859	10.03	891	10.90	923	11.79	953	12.69	983	13.61	1012	14.49	1067	16.37	1120	18.27	1171	20.21
8100	2961	870	10.95	902	11.87	933	12.78	963	13.73	992	14.70	1020	15.65	1076	17.63	1127	19.61	1177	21.64
8700	3180	882	11.98	913	12.90	943	13.87	974	14.86	1002	15.84	1030	16.85	1084	18.91	1136	21.06	1185	23.13
9300	3399	896	13.08	926	14.05	955	15.06	984	16.04	1013	17.09	1041	18.16	1093	20.26	1145	22.49	1194	24.75
9900	3618	911	14.30	941	15.31	969	16.34	997	17.39	1024	18.45	1051	19.50	1105	21.76	1154	23.96	1203	26.36
10500	3838	926	15.58	955	16.65	984	17.72	1011	18.80	1038	19.90	1064	21.03	1115	23.26	1166	25.66	1213	28.02
11100	4057	943	17.03	971	18.10	999	19.20	1026	20.35	1052	21.48	1078	22.62	1128	24.99	1176	27.34	1224	29.87
11700	4276	960	18.57	988	19.69	1015	20.81	1041	21.93	1067	23.16	1093	24.35	1141	26.77	1189	29.26	1234	31.73
12300	4496	977	20.22	1005	21.39	1031	22.58	1057	23.76	1082	24.94	1107	25.17	1157	28.68	1202	31.25	1248	33.86
12900	4715	996	21.99	1022	23.20	1048	24.43	1074	25.68	1099	26.91	1123	28.14	1171	30.73	1217	33.37	1261	36.05
13500	4934	1014	23.78	1041	25.14	1066	26.41	1091	27.68	1116	28.99	1140	30.27	1187	32.88	1232	35.62	1276	38.38
14100	5154	1033	25.66	1059	27.10	1085	28.52	1109	29.84	1133	31.16	1157	32.54	1203	35.25	1247	37.95	1291	40.85
14700	5373	1052	27.65	1078	29.14	1103	30.85	1128	32.13	1152	33.52	1175	34.91	1220	37.74	1264	40.56	1305	43.36
15300	5592	1072	29.71	1097	31.30	1122	32.86	1146	34.43	1170	35.98	1193	37.45	1237	40.32	1281	43.29	1322	46.21
15900	5811	1091	31.90	1117	33.54	1141	35.19	1165	36.82	1188	38.45	1212	40.07	1255	43.10	1298	46.13	1339	49.17
16500	6031	1110	34.25	1136	35.90	1160	37.61	1184	39.33	1207	41.02	1230	42.72	1274	46.02	1315	49.13	1356	52.28
17100	6250	1131	36.72	1155	38.42	1180	40.14	1203	41.93	1226	43.71	1248	45.47	1292	48.97	1334	52.31	1373	55.49

CAP CFM	OUTLET VELOCITY FPM	12" S.P.		13" S.P.		14" S.P.		15" S.P.		16" S.P.		17" S.P.		18" S.P.		19" S.P.		20" S.P.	
		RPM	BHP																
5700	2083	1206	17.96	1255	19.71	1302	21.48	1347	23.32	1391	25.19	1434	27.13	1476	29.07				
6300	2303	1208	19.32	1257	21.18	1303	23.04	1348	24.91	1392	26.84	1434	28.79	1476	30.83	1516	32.85	1555	34.98
6900	2522	1213	20.67	1260	22.60	1305	24.57	1350	26.62	1394	28.66	1436	30.68	1477	32.74	1517	34.85	1556	36.94
7500	2741	1219	22.17	1265	24.10	1310	26.17	1354	28.26	1396	30.38	1438	32.58	1479	34.80	1519	37.02	1557	39.22
8100	2961	1226	23.71	1272	25.82	1316	27.94	1359	30.03	1401	32.24	1442	34.46	1482	36.76	1521	39.03	1560	41.45
8700	3180	1233	25.31	1278	27.48	1323	29.73	1366	32.00	1408	34.27	1448	36.54	1487	38.84	1526	41.24	1564	43.66
9300	3399	1241	26.98	1286	29.26	1330	31.59	1373	33.92	1415	36.32	1455	38.75	1494	41.18	1532	43.61	1569	45.98
9900	3618	1249	28.70	1295	31.15	1338	33.47	1381	35.96	1422	38.45	1461	40.92	1501	43.48	1539	46.05	1576	48.65
10500	3838	1259	30.51	1303	32.99	1347	35.36	1389	38.11	1429	40.60	1469	43.23	1508	45.88	1545	48.49	1583	51.21
11100	4057	1270	32.38	1313	34.94	1356	37.60	1397	40.22	1438	42.99	1478	45.64	1516	48.30	1553	51.08	1590	53.88
11700	4276	1280	34.37	1325	37.05	1365	39.64	1407	42.49	1447	45.26	1486	48.08	1525	50.98	1562	53.75	1598	56.57

Wheel dia. 42"  
 Outlet Area 3.351 ft.<sup>2</sup>  
 Inlet Area 3.544 ft.<sup>2</sup>

# SIZE 60

CAP CFM	OUTLET VELOCITY FPM	1" S.P.		1½" S.P.		2" S.P.		2½" S.P.		3" S.P.		3½" S.P.		4" S.P.		4½" S.P.		5" S.P.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP												
3000	921	326	0.73	394	1.11	452	1.54	504	1.99	552	2.46	597	2.97	638	3.50				
3700	1136	334	0.90	400	1.34	457	1.82	507	2.31	554	2.85	597	3.39	638	3.95	676	4.55	713	5.17
4400	1351	345	1.10	408	1.60	463	2.13	513	2.68	558	3.26	600	3.85	640	4.47	678	5.12	714	5.77
5100	1566	357	1.35	417	1.88	471	2.47	520	3.08	564	3.71	606	4.36	645	5.03	681	5.71	716	6.42
5800	1781	372	1.65	429	2.23	481	2.85	528	3.51	572	4.21	612	4.91	651	5.64	687	6.38	722	7.14
6500	1996	388	2.00	443	2.62	492	3.29	537	3.99	580	4.73	620	5.50	658	6.29	694	7.08	728	7.89
7200	2211	405	2.39	458	3.10	505	3.80	549	4.54	590	5.32	630	6.14	666	6.97	701	7.83	735	8.71
7900	2426	422	2.83	474	3.63	520	4.39	562	5.17	602	5.99	639	6.83	676	7.72	709	8.60	743	9.56
8600	2641	440	3.33	490	4.21	535	5.04	576	5.87	615	6.74	651	7.63	686	8.55	719	9.49	752	10.47
9300	2856	459	3.89	508	4.84	551	5.78	591	6.67	628	7.56	664	8.51	698	9.46	730	10.45	762	11.45
10000	3071	478	4.51	525	5.53	568	6.56	607	7.54	644	8.50	678	9.46	711	10.48	742	11.50	773	12.56
10700	3286	497	5.21	544	6.31	585	7.40	624	8.50	659	9.52	693	10.55	725	11.58	756	12.66	786	13.76
11400	3501	517	5.98	562	7.16	603	8.31	640	9.49	676	10.64	708	11.71	740	12.81	770	13.91	799	15.06
12100	3716	538	6.84	581	8.08	621	9.32	658	10.55	692	11.80	725	13.01	755	14.14	785	15.31	813	16.47
12800	3931	559	7.78	601	9.10	639	10.41	675	11.71	709	13.03	741	14.34	772	15.59	800	16.80	828	18.04
13500	4146	580	8.83	620	10.21	658	11.60	693	12.98	727	14.35	758	15.74	788	17.12	816	18.42	844	19.70
14200	4361	602	9.98	640	11.40	677	12.86	712	14.32	744	15.77	775	17.23	804	18.68	833	20.14	860	21.49
14900	4576	624	11.22	661	12.73	697	14.26	730	15.79	762	17.31	793	18.80	822	20.36	850	21.88	877	23.40
15600	4791	646	12.58	682	14.14	717	15.74	749	17.34	781	18.93	810	20.52	839	22.12	867	23.73	893	25.33
16300	5006	669	14.04	703	15.67	737	17.33	769	19.03	800	20.69	829	22.36	857	24.00	884	25.67	910	27.37
17000	5221	692	15.58	725	17.33	757	19.06	789	20.80	818	22.55	848	24.29	875	26.04	902	27.73	927	29.51
17700	5436	715	17.36	747	19.13	778	20.91	808	22.70	838	24.54	866	26.36	894	28.17	919	29.96	945	31.75
18400	5651	738	19.24	769	21.05	799	22.83	829	24.74	858	26.65	885	28.54	912	30.44	938	32.32	962	34.16
19100	5866	762	21.29	791	23.09	821	24.99	850	26.94	877	28.90	905	30.86	931	32.83	956	34.75	981	36.74
19800	6081	786	23.46	814	25.27	842	27.26	870	29.26	898	31.27	924	33.32	950	35.36	975	37.39	999	39.41

CAP CFM	OUTLET VELOCITY FPM	5½" S.P.		6" S.P.		6½" S.P.		7" S.P.		7½" S.P.		8" S.P.		9" S.P.		10" S.P.		11" S.P.	
		RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
3000	921																		
3700	1136	748	5.80																
4400	1351	748	6.44	781	7.13	813	7.84	843	8.58	873	9.33	902	10.10						
5100	1566	750	7.16	783	7.91	814	8.66	844	9.42	874	10.20	902	11.00	956	12.66	1008	14.40		
5800	1781	754	7.89	786	8.69	817	9.50	846	10.33	875	11.19	903	12.05	957	13.77	1009	15.53	1057	17.41
6500	1996	760	8.72	792	9.57	822	10.42	851	11.27	879	12.16	906	13.07	959	14.94	1010	16.87	1058	18.77
7200	2211	767	9.58	798	10.49	828	11.40	857	12.32	885	13.27	911	14.21	963	16.13	1013	18.15	1061	20.22
7900	2426	775	10.51	805	11.47	835	12.42	863	13.41	890	14.40	918	15.41	969	17.47	1018	19.52	1065	21.67
8600	2641	783	11.45	813	12.48	842	13.51	871	14.57	898	15.58	924	16.66	975	18.81	1024	21.03	1070	23.29
9300	2856	793	12.51	822	13.56	851	14.64	878	15.75	905	16.85	932	18.01	982	20.24	1030	22.58	1076	24.94
10000	3071	803	13.63	832	14.73	861	15.87	887	16.99	914	18.16	940	19.36	990	21.78	1037	24.16	1083	26.65
10700	3286	815	14.87	843	16.02	870	17.14	897	18.35	924	19.58	949	20.78	998	23.31	1045	25.86	1090	28.48
11400	3501	828	16.22	855	17.41	882	18.61	907	19.84	933	21.05	958	22.33	1007	24.93	1054	27.60	1098	30.28
12100	3716	841	17.68	868	18.92	894	20.16	920	21.42	945	22.72	969	24.01	1016	26.67	1063	29.43	1107	32.23
12800	3931	855	19.26	881	20.51	908	21.84	933	23.15	957	24.46	981	25.79	1027	28.55	1072	31.37	1117	34.30
13500	4146	870	21.00	896	22.29	921	23.59	946	24.98	970	26.36	993	27.75	1039	30.57	1083	33.47	1125	36.43
14200	4361	886	22.83	911	24.21	936	25.57	960	26.94	983	28.35	1007	29.82	1051	32.73	1095	35.70	1136	38.76
14900	4576	902	24.81	927	26.21	951	27.66	975	29.09	998	30.52	1020	31.94	1065	35.04	1107	38.08	1148	41.22
15600	4791	919	26.91	943	28.39	966	29.85	990	31.36	1013	32.86	1035	34.37	1078	37.41	1121	40.63	1160	43.82
16300	5006	935	29.04	960	30.68	983	32.24	1006	33.77	1028	35.34	1050	36.91	1093	40.03	1134	43.28	1174	46.61
17000	5221	952	31.26	976	33.00	1000	34.72	1022	36.36	1044	37.95	1066	39.57	1107	42.82	1148	46.11	1187	49.53
17700	5436	970	33.60	993	35.42	1016	37.23	1039	39.03	1061	40.74	1082	42.40	1123	45.77	1163	48.18	1201	52.59
18400	5651	987	36.05	1011	37.96	1033	39.85	1055	41.74	1077	43.61	1098	45.40	1138	48.83	1178	52.41	1216	55.94
19100	5866	1004	38.65	1028	40.61	1050	42.60	1072	44.56	1094	46.51	1115	48.46	1155	52.13	1193	55.75	1231	59.45
19800	6081	1022	41.43	1045	43.41	1068	45.45	1090	47.52	1110	49.55	1131	51.57	1172	55.56	1209	59.32	1247	63.09

CAP CFM	OUTLET VELOCITY FPM	12" S.P.		13" S.P.		14" S.P.		15" S.P.		16" S.P.		17" S.P.		18" S.P.		19" S.P.		20" S.P.	
		RPM	BHP																
6500	1996	1105	20.76	1150	22.79	1193	24.89	1235	27.06	1275	29.27								
7200	2211	1107	22.35	1151	24.47	1194	26.62	1235	28.82	1276	31.09								
7900	2426	1110	23.88	1153	26.13	1196	28.48	1237	30.81	1277	33.12	1314	33.42	1353	37.93	1390	40.40	1426	42.96
8600	2641	1114	25.51	1157	27.87	1199	30.27	1239	32.69	1279	35.24	1317	37.77	1355	40.32	1391	42.83	1427	45.44
9300	2856	1121	27.35	1163	29.78	1204	32.18	1244	34.73	1282	37.29	1320	39.93	1357	42.59	1393	45.36	1429	48.10
10000	3071	1126	29.16	1169	31.72	1210	34.33	1249	36.95	1287	39.54	1325	42.22	1361	44.97	1397	47.79	1431	50.61
10700	3286	1134	31.06	1175	33.75	1216	36.42	1255	39.18	1294	41.98	1330	44.77	1366	47.56	1401	50.34	1436	53.31
11400	3501	1142	33.11	1183	35.80	1223	38.65	1262	41.51	1299	44.37	1337	47.30	1373	50.28	1407	53.27	1441	56.25
12100	3716	1149	35.11	1190	38.04	1231	40.99	1269	43.86	1306	46.89	1343	49.94	1378	52.98	1413	56.09	1448	59.23
12800	3931	1157	37.18	1199	40.27	1237	43.27	1277	46.47	1314	49.52	1350	52.62	1385	55.81	1420	59.05	1453	62.23
13500	4146	1164	39.51	1207	42.52	1247	45.76	1284	48.96	1321	52.22	1358	55.55	1393	58.74	1427	62.04	1460	65.41
14200	4361	1177	41.86	1218	45.10	1256	48.29	1293	51.57	1330	54.99	1365	58.30	1400	61.83	1435	65.30		

HOLLOW CONE NOZZLES

**QUICK Polypropylene WhirlJet® Spray Nozzles 9360 Series • Wide Angle Spray • Center Post Design**  
**Small Capacity**

**IMPROVED TECHNOLOGY**  
 ENSURES TROUBLE-FREE PERFORMANCE AND FAST MAINTENANCE



QJA female body or



QJJA male body

**QAPA-W**

Quick WhirlJet nozzle spray tip (standard connection)



Spray tip

**DESIGN FEATURES**

The QAP-W spray nozzle tip is molded in fiberglass-reinforced polypropylene for good strength and corrosion resistance at temperatures to 160°F (71°C).

Automatic spray pattern alignment with 1/4 turn quick installation.

**COMMON APPLICATIONS**

- Water cooling
- Aerating
- Wetting
- Chemical processes

FOR MORE QUICKJET® SYSTEM INFO SEE SECTION A

**PERFORMANCE DATA**

Nozzle Inlet Conn. NPT or BSPT	Capacity Size	Inlet Dia. Nom. (mm)	Orifice Dia. Nom. (mm)	Capacity (liters per minute)										Spray Angle		
				0.2 bar	0.5 bar	1 bar	1.5 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	0.5 bar	1.5 bar	6 bar
1/4, 3/8, 1/2	2-5W	2.0	3.2	—	.90	1.3	1.6	1.8	2.2	2.6	2.9	3.1	3.4	126°	135°	131°
	2-8W	2.0	4.0	—	1.0	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.5	3.7	121°	133°	130°
	2-10W	2.0	4.4	—	1.1	1.5	1.9	2.2	2.7	3.1	3.5	3.8	4.1	121°	135°	127°
	2-15W	2.0	5.6	—	1.2	1.7	2.1	2.4	3.0	3.5	3.9	4.2	4.6	120°	133°	132°
	2-20W	2.0	6.0	—	1.4	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.3	4.7	5.1	111°	132°	135°
	3-5W	2.4	3.2	—	1.2	1.6	2.0	2.3	2.8	3.3	3.7	4.0	4.3	133°	131°	109°
	3-8W	2.4	4.0	—	1.4	1.9	2.3	2.7	3.3	3.8	4.3	4.7	5.1	133°	131°	110°



**Spraying Systems Co.®**

Phone 1-800-95-SPRAY, Fax 1-888-95-SPRAY  
 Outside the U.S., Phone 1(630) 665-5000, Fax 1(630) 260-0842  
 Visit our Web Site: <http://www.spray.com>

QUICK Polypropylene *WhirlJet* Spray Nozzles 9360 Series • Wide Angle Spray • Center Post Design  
Small Capacity



HOLLOW CONE NOZZLES

**PERFORMANCE DATA**

Nozzle Inlet Conn. NPT or BSPT	Capacity Size	Inlet Dia. Nom. (mm)	Orifice Dia. Nom. (mm)	Capacity (liters per minute)										Spray Angle		
				0.2 bar	0.5 bar	1 bar	1.5 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	0.5 bar	1.5 bar	6 bar
1/4, 3/8, 1/2	3-10W	2.4	4.4	—	1.7	2.4	2.9	3.4	4.1	4.7	5.3	5.8	6.3	128°	130°	115°
	3-15W	2.4	5.6	—	1.8	2.6	3.1	3.6	4.4	5.1	5.7	6.3	6.8	128°	130°	118°
	3-20W	2.4	6.0	—	1.9	2.7	3.3	3.8	4.7	5.4	6.0	6.6	7.1	119°	134°	136°
	5-5W	3.6	3.2	—	1.6	2.3	2.8	3.2	3.9	4.6	5.1	5.6	6.0	125°	112°	98°
	5-8W	3.6	4.0	—	1.9	2.7	3.3	3.9	4.7	5.5	6.1	6.7	7.2	125°	112°	97°
	5-10W	3.6	4.4	—	2.2	3.1	3.7	4.3	5.3	6.1	6.8	7.5	8.1	125°	118°	102°
	5-15W	3.6	5.6	—	2.6	3.6	4.5	5.2	6.3	7.3	8.2	8.9	9.6	130°	125°	105°
	5-20W	3.6	6.0	—	2.8	3.9	4.8	5.5	6.8	7.8	8.8	9.6	10.4	125°	125°	112°
	8-5W	4.4	3.2	—	1.9	2.7	3.3	3.9	4.7	5.5	6.1	6.7	7.2	119°	102°	99°
	8-8W	4.4	4.0	1.6	2.6	3.6	4.5	5.2	6.3	7.3	8.2	8.9	9.6	112°	100°	87°
	8-10W	4.4	4.4	1.9	2.9	4.1	5.1	5.9	7.2	8.3	9.3	10.2	11.0	115°	102°	90°
	8-15W	4.4	5.6	2.2	3.5	5.0	6.1	7.1	8.7	10.0	11.2	12.3	13.3	121°	110°	98°
	8-20W	4.4	6.0	2.4	3.9	5.5	6.7	7.7	9.5	10.9	12.2	13.4	14.5	121°	113°	106°
	10-5W	4.8	3.2	—	2.1	3.0	3.6	4.2	5.1	5.9	6.6	7.3	7.8	115°	98°	85°
	10-8W	4.8	4.0	—	2.8	3.9	4.8	5.5	6.8	7.8	8.8	9.6	10.4	110°	95°	84°
	10-10W	4.8	4.4	2.0	3.2	4.6	5.6	6.4	7.8	9.1	10.2	11.2	12.1	111°	97°	89°
	10-15W	4.8	5.6	2.4	3.9	5.5	6.7	7.7	9.5	10.9	12.2	13.4	14.5	113°	104°	97°
	10-20W	4.8	6.0	2.9	4.5	6.4	7.8	9.0	11.1	12.8	14.3	15.6	16.9	118°	107°	102°
	15-5W	6.0	3.2	—	3.5	4.2	4.9	6.0	6.9	7.7	8.5	9.2	—	—	91°	80°
	15-8W	6.0	4.0	—	3.2	4.6	5.6	6.4	7.9	9.1	10.2	11.2	12.1	102°	93°	80°
	15-10W	6.0	4.4	—	3.9	5.5	6.7	7.7	9.5	10.9	12.2	13.4	14.5	107°	97°	83°
15-15W	6.0	5.6	3.1	4.8	6.8	8.4	9.7	11.8	13.7	15.3	16.7	18.1	110°	98°	90°	
15-20W	6.0	6.0	3.5	5.5	7.7	9.5	11.0	13.4	15.5	17.3	19.0	21	112°	105°	100°	



**Spraying Systems Co.**

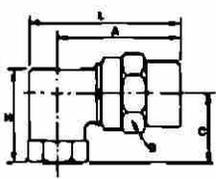
Phone 1-800-95-SPRAY, Fax 1-888-95-SPRAY  
Outside the U.S., Phone 1(630) 665-5000, Fax 1(630) 260-0842  
Visit our Web Site: <http://www.spray.com>



# QUICK Polypropylene *WhirlJet* Spray Nozzles 9360 Series • Wide Angle Spray • Center Post Design Small Capacity

HOLLOW CONE NOZZLES

## DIMENSIONS & WEIGHTS

QAPA-W 	Nozzle Type	A (mm)	B (mm)	C (mm)	H (mm)	L (mm)	Net Weight (kg)
	1/4QJA+QAPA-W	43	22.2	22	29.5	52.5	.06
1/4QJJA+QAPA-W	44.5	22.2	22	29.5	54	.05	
3/8QJA+QAPA-W	44.5	22.2	22	29.5	54	.07	
3/8QJJA+QAPA-W	44.5	22.2	22	29.5	54	.06	
1/2QJA+QAPA-W	48	25.4	22	29.5	57	.09	
1/2QJJA+QAPA-W	46	22.2	22	29.5	55.5	.07	

Based on largest/heaviest version of each type.

## BODY TYPES ORDERING INFO

Nozzle Inlet Conn. NPT or BSPT	Standard Body	
	Conn. F	Conn. M
	QJA	QJJA
1/4	•	•
3/8	•	•
1/2	•	•

**QUICKJET® COMPLETE NOZZLE**

NOZZLE BODY			SPRAY TIP		
<b>1/4 QJJA - SS + QAPA - PP 10-10W</b>					
Inlet Conn.	Body Type	Material Code	Tip Type	Material Code	Capacity Size

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Spraying Systems Co.®**

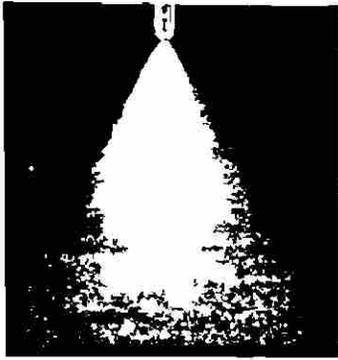
Phone 1-800-95-SPRAY, Fax 1-888-95-SPRAY  
Outside the U.S., Phone 1(630) 665-5000, Fax 1(630) 260-0842  
Visit our Web Site: <http://www.spray.com>

# FogJet® Fine Spray Nozzles • Narrow Angle Spray

## Large Capacity



FINE SPRAY NOZZLES



One-piece  
3/4"-1-1/4" NPT or BSPT (FF)

Two-piece with  
hose thread adapter  
1"-11-1/2", 1-1/2"-9", 1-1/2"-  
11-1/2" Hose thread (F)

### COMMON APPLICATIONS

- Fire protection
- Dust control
- Aerating
- Chemical processing

### DESIGN FEATURES

The FF and F Series FogJet nozzles throw a fogging spray of small-sized drops. They produce a dense full cone pattern with large flow rates.

- FF FogJets are one-piece nozzles.
- F FogJets are two-piece assemblies with an adapter to provide a female hose thread connection.

### PERFORMANCE DATA

Nozzle Inlet Conn. NPT or BSPT	Hose Thread	Pitch of Hose Thread	Nozzle Type		Capacity Size	Capacity (liters per minute)					
			Conn. F			1 bar	2 bar	3 bar	5 bar	7 bar	10 bar
			FF	F							
3/4			•		4.8	10.9	15.5	18.9	24	29	35
			•		9	21	29	36	46	54	65
			•		12	27	39	47	61	72	86
			•		18	41	58	71	92	109	130
	1	11-1/2"		•	18	41	58	71	92	109	130
1			•		25	57	81	99	127	151	180
			•		35	80	113	138	178	210	252
1-1/4			•		50	114	161	197	255	300	360
			•		70	160	225	275	355	420	500
	1-1/2	9		•	35	80	113	138	178	210	252
		11-1/2"		•	35	80	113	138	178	210	252
		9		•	50	114	161	197	255	300	360
		11-1/2"		•	50	114	161	197	255	300	360
		9		•	70	160	225	275	355	420	500
		11-1/2"		•	70	180	225	275	355	420	500

\* May also be used with corresponding tapered pipe thread connections.



**Spraying Systems Co.®**

Phone 1-800-95-SPRAY, Fax 1-888-95-SPRAY  
Outside the U.S., Phone 1(630) 665-5000, Fax 1(630) 260-0842  
Visit our Web Site: <http://www.spray.com>

# Permanent Filtration Assembly

ACCESSORIES

**39185**



3/4" NPT or BSPT (F)

## DESIGN FEATURES

The 39185 Permanent Filtration Assembly removes grit, scale, and organic solids to help keep spray nozzles clean and clog-free. Constructed of corrosion-resistant and FDA-compliant materials, the assembly is ideal for industrial and portable water applications.

- Removes slimy solids and algae from process water without premature loading.
- Provides long service life and longer service intervals with its extra solids holding capacity.
- Offers low pressure drop and exceptional flow capacity – 5 psi (0.35 bar) at 25 gpm (95 l/min).
- No tools required for disassembly or cleaning.
- Maximum temperature for element is 190°F (88°C). Maximum temperature for housing is 120°F (50°C).
- Maximum operating pressure is 125 psi at 65°F (8.4 bar at 18°C).

## SCREEN MESH OPENINGS

Mesh Size	Color Code	Size of Opening (mm)
75	Brown	.203
150	Yellow	.102
300	Green	.050

## DIMENSIONS & WEIGHTS

39185	Filter Type	Inlet Conn. NPT or BSPT (F)	A (mm)	B (mm)	Net Weight (kg)
	39185-SAN	3/4	320	135	1.2
	39185-PP	3/4	320	135	1.4

## MATERIALS

Material	Material Code	Filter Type	
		39185-SAN	39185-PP
Clear Styrene Acrylonitrile	SAN	•	
Polypropylene	PP		•

## ORDERING INFO

COMPLETE FILTRATION ASSEMBLY			
<b>39185 - 3/4 - SAN - 150</b>			
Filter Type	Inlet Conn.	Material Code	Mesh Screen Size

PERMANENT FILTER ONLY	
<b>39187 - 150</b>	
Filter Type	Inlet Conn.



**Spraying Systems Co.®**

Phone 1-800-95-SPRAY, Fax 1-888-95-SPRAY  
 Outside the U.S., Phone 1(630) 665-5000, Fax 1(630) 260-0842  
 Visit our Web Site: <http://www.spray.com>

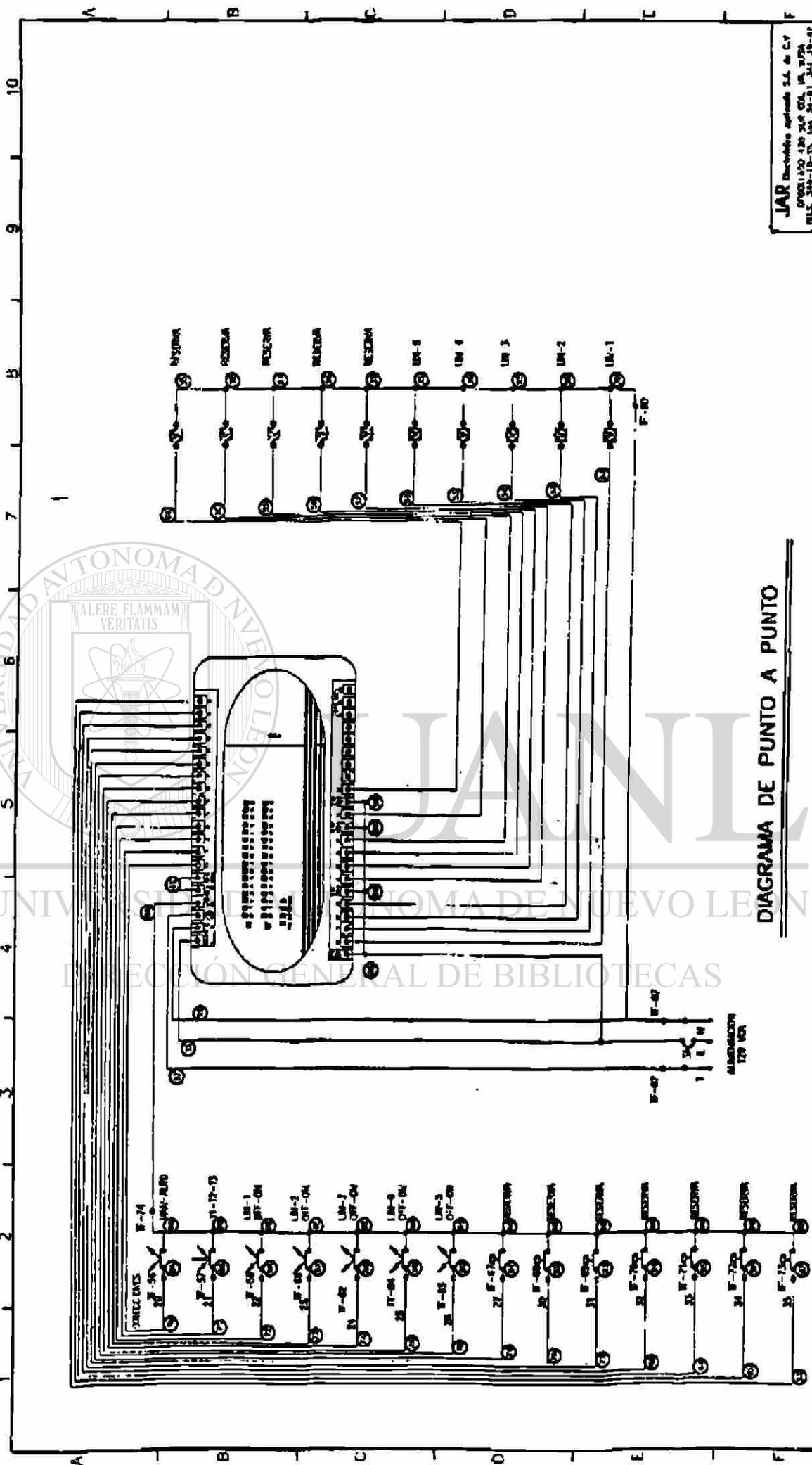


DIAGRAMA DE PUNTO A PUNTO

JAR Distribuidor autorizado S.A. de C.V.  
 PRODUCCIÓN 130 249 076, 136 3074  
 TELLS 344-18-25, 344-94-91, 344-28-41  
 C.P. 66000 7000 2825-402  
 C.P. 66000 7000 2825-402  
 C.P. 66000 7000 2825-402

PROYECTO: J. H. V. 20-ABRIL-87  
 DISEÑO: L.G.S. 20-ABRIL-87  
 REVISOR: J.M.V. 20-ABRIL-87  
 APROBADO: J.M.V. 20-ABRIL-87  
 ESCALA: 5/8  
 PÁG. N.º. 02  
 No. JHV-02

REFERENCIA

REFERENCIA

REFERENCIA

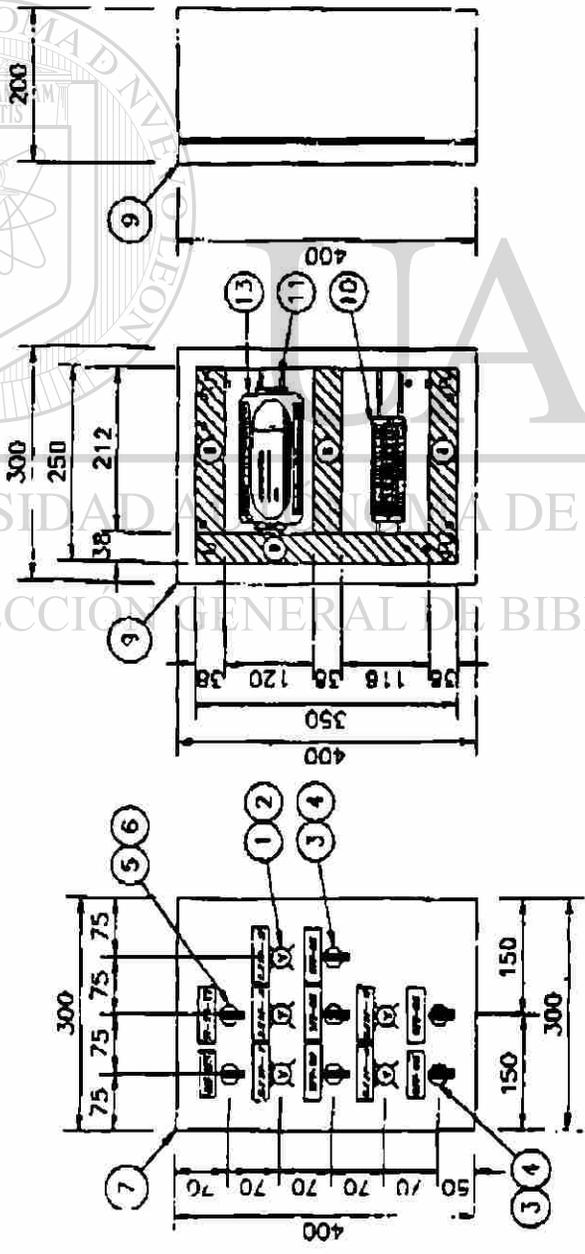
REFERENCIA

REFERENCIA

REFERENCIA

### LISTA DE MATERIALES

IMP.	UNID.	MODELO	DESCRIPCION
1	5	PZA ZB2-001	CONJUNTO COMPLETO CON 3 CONTACTOS PARA PASAPORTE
2	5	PZA ZB2-003	0 SELECTOR DE 3 POSICIONES PARA SELECCIONAR EL TIPO DE COMUNICACION
3	5	PZA ZB2-004	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
4	5	PZA ZB2-005	INDIC. TELECOMUNICACION
5	5	PZA ZB2-006	CONJUNTO COMPLETO PARA 1 CONTACTO NA Y 1 CC: 110V
6	5	PZA ZB2-007	SELECTOR DE 2 POSICIONES PARA SELECCIONAR EL TIPO DE COMUNICACION
7	5	PZA ZB2-008	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
8	5	PZA ZB2-009	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
9	5	PZA ZB2-010	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
10	5	PZA ZB2-011	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
11	5	PZA ZB2-012	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
12	5	PZA ZB2-013	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
13	5	PZA ZB2-014	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
14	5	PZA ZB2-015	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
15	5	PZA ZB2-016	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
16	5	PZA ZB2-017	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
17	5	PZA ZB2-018	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
18	5	PZA ZB2-019	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
19	5	PZA ZB2-020	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
20	5	PZA ZB2-021	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
21	5	PZA ZB2-022	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
22	5	PZA ZB2-023	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
23	5	PZA ZB2-024	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
24	5	PZA ZB2-025	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
25	5	PZA ZB2-026	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
26	5	PZA ZB2-027	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
27	5	PZA ZB2-028	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
28	5	PZA ZB2-029	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
29	5	PZA ZB2-030	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
30	5	PZA ZB2-031	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
31	5	PZA ZB2-032	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
32	5	PZA ZB2-033	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
33	5	PZA ZB2-034	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
34	5	PZA ZB2-035	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
35	5	PZA ZB2-036	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
36	5	PZA ZB2-037	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
37	5	PZA ZB2-038	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
38	5	PZA ZB2-039	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
39	5	PZA ZB2-040	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
40	5	PZA ZB2-041	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
41	5	PZA ZB2-042	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
42	5	PZA ZB2-043	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
43	5	PZA ZB2-044	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
44	5	PZA ZB2-045	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
45	5	PZA ZB2-046	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
46	5	PZA ZB2-047	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
47	5	PZA ZB2-048	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
48	5	PZA ZB2-049	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
49	5	PZA ZB2-050	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
50	5	PZA ZB2-051	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
51	5	PZA ZB2-052	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
52	5	PZA ZB2-053	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
53	5	PZA ZB2-054	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
54	5	PZA ZB2-055	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
55	5	PZA ZB2-056	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
56	5	PZA ZB2-057	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
57	5	PZA ZB2-058	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
58	5	PZA ZB2-059	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
59	5	PZA ZB2-060	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
60	5	PZA ZB2-061	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
61	5	PZA ZB2-062	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
62	5	PZA ZB2-063	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
63	5	PZA ZB2-064	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
64	5	PZA ZB2-065	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
65	5	PZA ZB2-066	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
66	5	PZA ZB2-067	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
67	5	PZA ZB2-068	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
68	5	PZA ZB2-069	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
69	5	PZA ZB2-070	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
70	5	PZA ZB2-071	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
71	5	PZA ZB2-072	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
72	5	PZA ZB2-073	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
73	5	PZA ZB2-074	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
74	5	PZA ZB2-075	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
75	5	PZA ZB2-076	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
76	5	PZA ZB2-077	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
77	5	PZA ZB2-078	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
78	5	PZA ZB2-079	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
79	5	PZA ZB2-080	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
80	5	PZA ZB2-081	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
81	5	PZA ZB2-082	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
82	5	PZA ZB2-083	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
83	5	PZA ZB2-084	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
84	5	PZA ZB2-085	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
85	5	PZA ZB2-086	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
86	5	PZA ZB2-087	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
87	5	PZA ZB2-088	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
88	5	PZA ZB2-089	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
89	5	PZA ZB2-090	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
90	5	PZA ZB2-091	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
91	5	PZA ZB2-092	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
92	5	PZA ZB2-093	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
93	5	PZA ZB2-094	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
94	5	PZA ZB2-095	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
95	5	PZA ZB2-096	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
96	5	PZA ZB2-097	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
97	5	PZA ZB2-098	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
98	5	PZA ZB2-099	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE
99	5	PZA ZB2-100	CABLE PARA PASAPORTE AUTOMATE: 22cm. DIAM. COLORE VERDE



VISTA BOTONERA      SIN ESC.      VISTA SUBPANEL      SIN ESC.      VISTA LATERAL      SIN ESC.

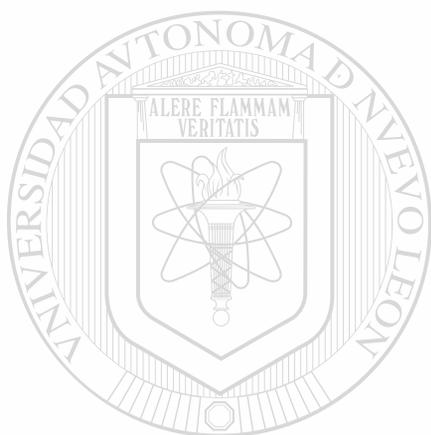
**JAR** Industria Aeronautica S.A. de C.V.  
 AV. DEL AVIACION 1000, SAN JUAN DE LOS RIOS, P.O. BOX 1000, SAN JUAN DE LOS RIOS, COAHUILA DE ZARAGOZA, P.O. BOX 1000, SAN JUAN DE LOS RIOS, COAHUILA DE ZARAGOZA, MEXICO.  
 TEL. 347 46 06 FAX 347 46 06  
 C.P. 27000 SAN JUAN DE LOS RIOS, COAHUILA DE ZARAGOZA, MEXICO.

NO.	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	REFERENCIA
1	PLACA BOTONERA	1	1	1
2	PLACA SUBPANEL	1	1	2
3	PLACA LATERAL	1	1	3
4	PLACA DE FONDO	1	1	4
5	PLACA DE PROTECCION	1	1	5
6	PLACA DE IDENTIFICACION	1	1	6
7	PLACA DE IDENTIFICACION	1	1	7
8	PLACA DE IDENTIFICACION	1	1	8
9	PLACA DE IDENTIFICACION	1	1	9
10	PLACA DE IDENTIFICACION	1	1	10



## **ANEXO 3**

### **PLANOS**



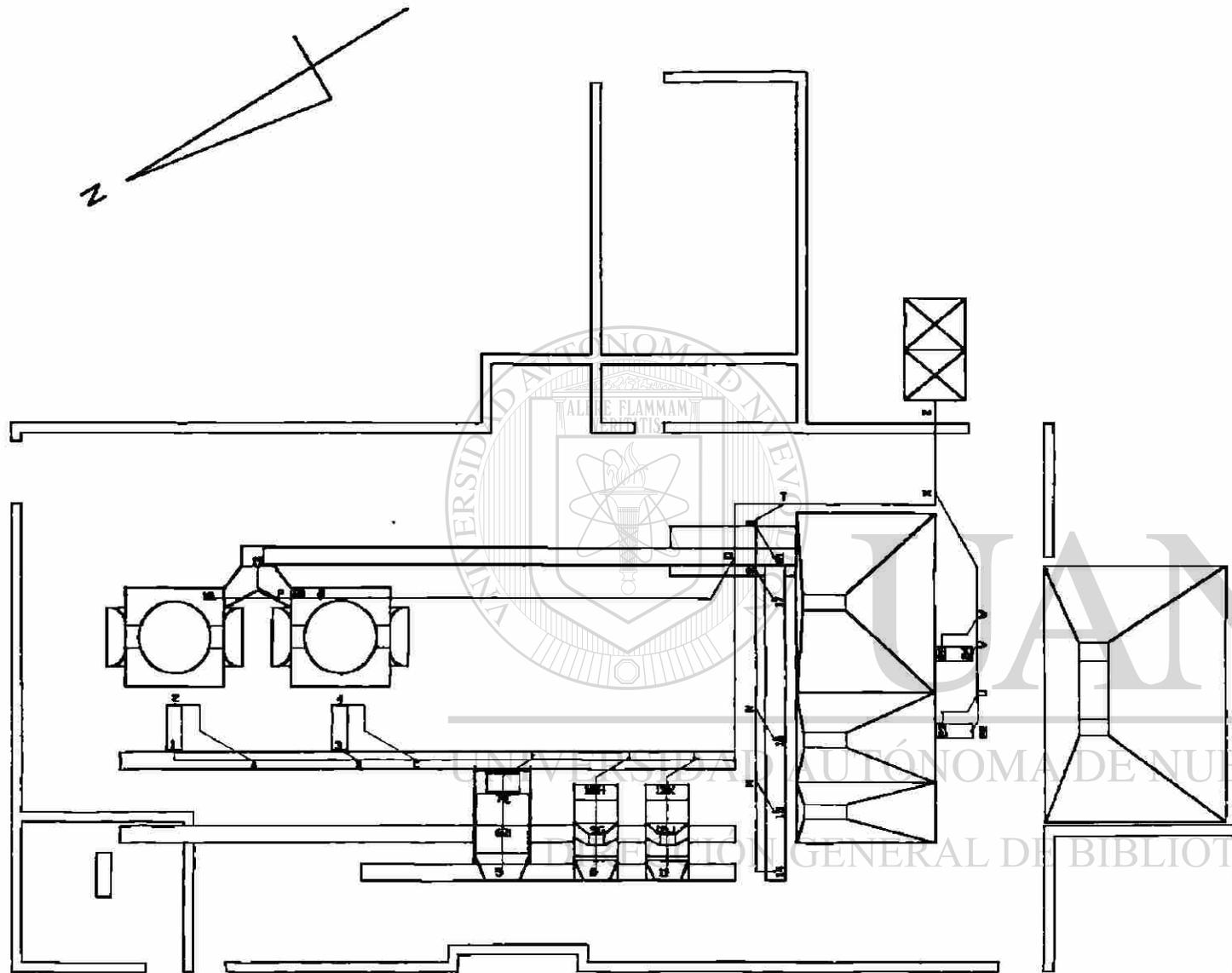
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



MOLIENDA DE LADRILLERÍA

**DATOS DEL PROYECTO**

**MOLINOS CHILENOS:**

- Una toma por equipo de 440 cfm, cada uno
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

**SEPARADOR:**

- Una toma de 440 cfm
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

**BANDA INCLINADA Y BANDA DELANTAL:**

- Una toma de 520 cfm, en el punto de transferencia entre las dos bandas

**TOLVAS:**

- Una toma por equipo de 440 cfm, cada uno ubicado en el punto de transferencia de la tolva a la banda delantal
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

**ELEVADORES DE CANGILONES:**

- Dos tomas por equipo de 220 cfm, cada uno
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

**CRIBAS:**

- Tres tomas por equipo de 440 cfm, cada uno
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

**COLECTOR Y VENTILADOR:**

- Capacidad total:  $Q_{total} = 12\ 000\ cfm$
- Carga de presión:  $h = 2'$  columna de agua
- Diámetro del ducto:  $D = 22"$
- Colector: IAC - 1 - 64/78 VENTURI
- Carga de presión en el colector: 4" col. agua
- Ventilador centrífugo MAC - SIZE 65
- SP = 13" columna de agua
- Velocidad: 1821 rpm
- Potencia: 36 HP

**NOTAS**

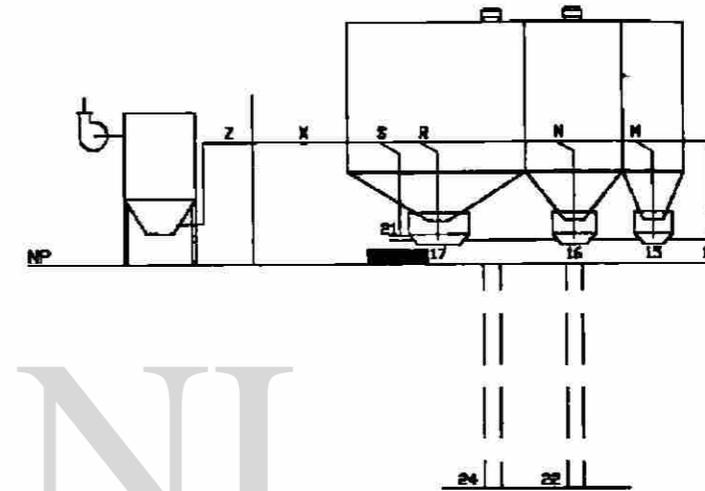
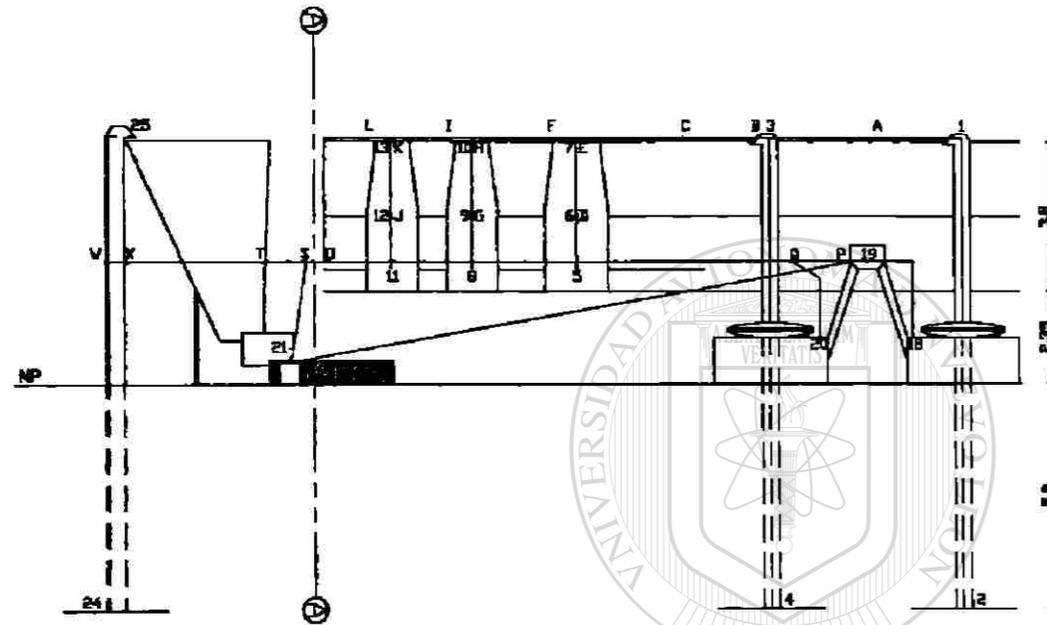
- 1- Todas las medidas serán dadas en metros.
- 2- Todos los puntos de succión llevarán válvula de mariposa para control de flujo.
- 3- Los ductos serán fabricados en lámina negra.
- 4- Todos los flanges rectos, codos y "T" serán bridados.
- 5- Los números indican la ubicación de los tomos de colocación de polvo en los equipos.
- 6- Las letras indican la unión de dos ó más ramales de tubería.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

TRABAJO PARA EL CURSO DE PLANTAS  
DE PROCESAMIENTO DE LADRILLERÍA

PLANTA EN PLANTA

ALUMNO	TESS	PROFESOR	Dibujo:
			Revisar:
			Aprobar:



DATOS DEL PROYECTO

MOLINOS CHILENOS:

- Una toma por equipo de 440 cfm, cada uno
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

SEPARADOR:

- Una toma de 440 cfm
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

BANDA INCLINADA Y BANDA DELANTAL:

- Una toma de 520 cfm, en el punto de transferencia entre los dos bandos

TOLVAS:

- Una toma por equipo de 440 cfm, cada uno ubicada en el punto de transferencia de la tolva a la banda delantal
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

ELEVADORES DE CANGILONES:

- Dos tomas por equipo de 220 cfm, cada uno
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

CRIBAS:

- Tres tomas por equipo de 440 cfm, cada uno
- Campana de succión: de 2.2 pie<sup>2</sup> de área

COLECTOR Y VENTILADOR:

- Capacidad total:  $Q_{total} = 12\ 000\ cfm$
- Caída de presión:  $h = 5'$  columna de agua
- Diámetro del mal:  $D = 22"$
- Colector: KMC - 1 - 64/78 VENTURI
- Caída de presión en el colector:  $4'$  col. agua
- Ventilador centrífugo MAC - SIZE 35
- $SP = 1.3'$  columna de agua
- Velocidad: 1521 rpm
- Potencia: 38 HP

NOTAS

- 1- Todos las medidas están dadas en metros.
- 2- Todos los puntos de succión llevarán válvula de mariposa para control de flujo
- 3- Los ductos serán fabricados en lámina negra
- 4- Todos los tramos rectos, codos y "T" serán torcidos
- 5- Los números indican la ubicación de las tomas de colección de polvo en los equipos
- 6- Las letras indican la unión de dos ó más tramos de tuberías

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN SECCIÓN "A - A"

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MOLIENDA DE LADRILLERÍA

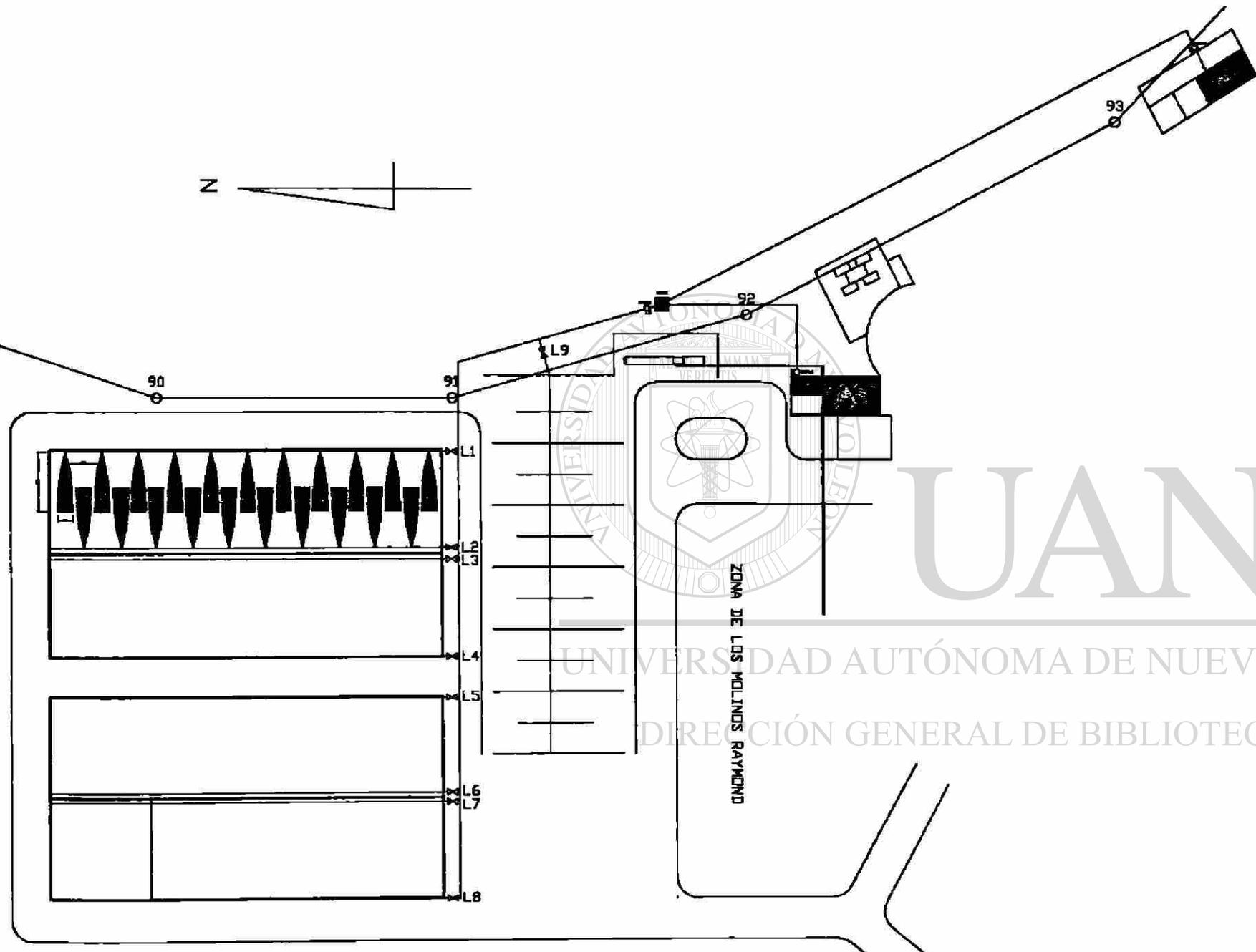
ALUMNO		PROFESOR	
E. Martínez		E. Martínez	
Dibujo:		Revisar:	
Aprobado:		E. Martínez	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEL  
MATERIAL Y METALURGIA

UNIDAD PARA EL DESARROLLO DE  
LA QUÍMICA DE LADRILLERÍA

ELEVACIÓN

PROY. 001 - 001 PLANO 001A 1/1000 001 0



**DATOS DEL PROYECTO**

**ZONA TECHADA:**

- Aspasas SAPA-PP-10-2.5W
- Diámetro de entrada: 2mm
- Diámetro del orificio: 3.2 mm
- Presión de trabajo: 40 psi
- Capacidad: 0.58 l/min.
- Ángulo de cobertura: 133°

**ZONA A CIELO ABIERTO:**

- Aspasas 3/4 - FF - 12
- Presión de trabajo: 40 psi
- Capacidad: 12 gal/min.
- Altura de trabajo: 2 m
- Longitud de alar: 0.3 m
- Ángulo de inclinación: 30°

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:**

- Cantidad de líneas de aspiración: 8
- Cantidad de aspiradores por línea: 11
- Gasto de cada línea: 132 gal./min.
- Tiempo elevado, dirección de agua
- Fuente de agua: pilas de extracción de servicio directo y maras
- Sistema automatizado

**NOTAS**

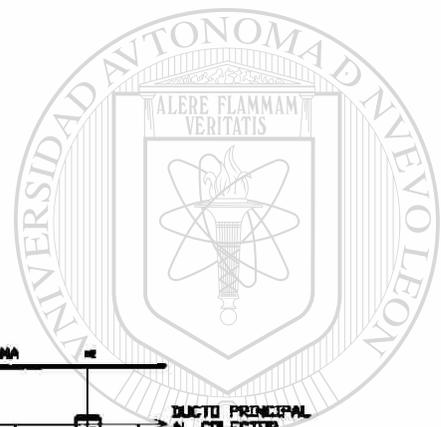
- 1- Todas las medidas están dadas en metros.

ZONA DE SERVICIO DIRECTO

ALUMNO	TESIS	PROFESOR	Dibujó: _____
<i>[Signature]</i>		<i>[Signature]</i>	Revisó: _____
			Aprobó: <i>[Signature]</i>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN

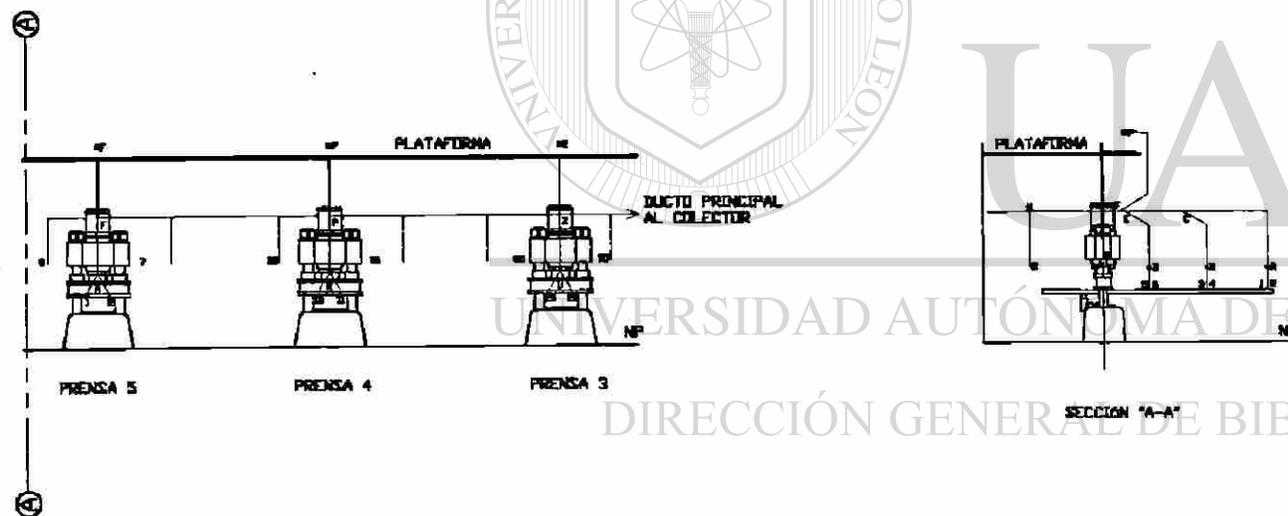
PROYECTO DE ASPIRACIÓN DE LA  
ZONA DE SERVICIO DIRECTO  
**PLANO EN PLANTA**



U.A.N.L.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



DATOS DEL PROYECTO

PRENSA 1:

- Seis tomas de aprox. 400 cfm, cada una
- Campana de succión flexible

PRENSA 2:

- Seis tomas de aprox. 400 cfm, cada una
- Campana de succión flexible
- Las prensas 1y2 tienen un total de 4480 cfm
- El diámetro del ducto que conecta al sistema de prensas 1y2 con el principal es de 16 pulg.

PRENSAS 3 Y 4:

- Diez tomas de aprox. 400 cfm, cada una
- Campana de succión flexible
- Las prensas 3y4 tienen un total de 7800 cfm
- El diámetro del ducto que conecta al sistema de prensas 3y4 con el principal es de 18 pulg.

PRENSA 5:

- Diez tomas de aprox. 400 cfm, cada una
- Campana de succión flexible
- La prensa 5 tiene un total de 3800 cfm
- El diámetro del ducto que conecta la prensa 5 con el principal es de 14 pulg.

COLECTOR Y VENTILADOR:

- Capacidad total: Qtotal = 17 000 cfm
- Caída de presión: h = 4" columna de agua
- Diámetro del ducto: D = 28"
- Colector: GMC - 1 - 08/116 VENTUR
- Caída de presión en el colector: 4" col. agua
- Ventilador centrífugo MAC - SIZE 80
- SP = 8" columna de agua
- Velocidad: 1125 rpm
- Potencia: 41 HP

NOTAS

- 1- Todas las medidas están dadas en metros.
- 2- Todas las puntas de succión llevarán válvula de mariposa para control de flujo
- 3- Los ductos serán fabricados en lámina negra
- 4- Todos los tramos rectos, codos y T serán bridados
- 5- Los números indican la ubicación de las tomas de colección de polvo en los equipos
- 6- Las letras indican la unión de dos ó más tramos de tuberías
- 7- El canal de colección de polvo en las prensas 1 y 2 es de D = 4480 cfm. Estos ramos ya están en funcionamiento

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

TÍTULO PARA ELABORAR EL PLAN  
DE PROYECTO DE NUEVO LEÓN 2000

ELEVACIÓN

ALUMNO	TESS	Dibujó:	_____
_____	PROFESOR	Revisó:	_____
_____	_____	Aprobó:	_____

**PRENSA 1:**

- Seis tornos de aprox. 400 cfm, cada uno
- Campana de succión flexible

**PRENSA 2:**

- Seis tornos de aprox. 400 cfm, cada uno
- Campana de succión flexible
- Las prensas 1 y 2 tienen un total de 4480 cfm
- El diámetro del ducto que conecta el sistema de prensas 1 y 2 con el principal es de 15 pulg.

**PRENSAS 3 Y 4:**

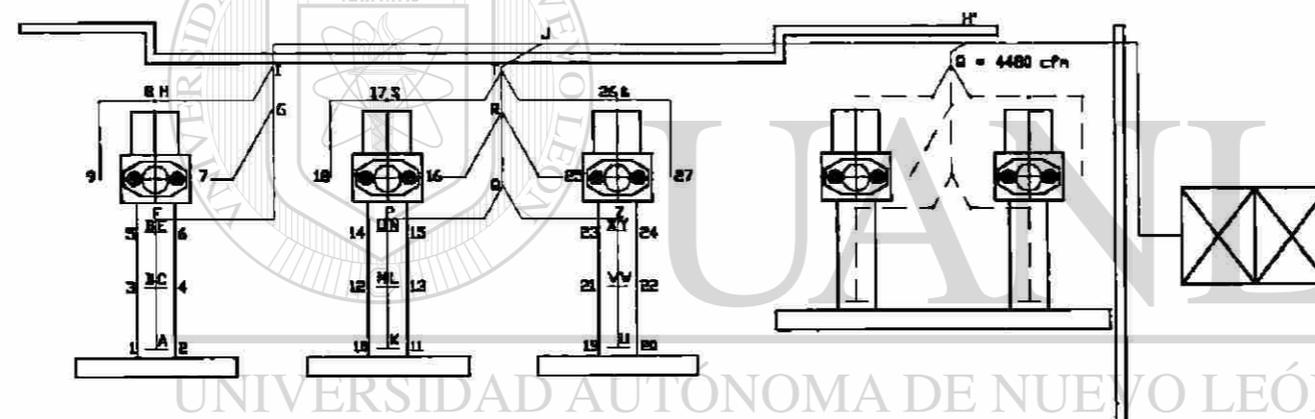
- Diez tornos de aprox. 400 cfm, cada uno
- Campana de succión flexible
- Las prensas 3 y 4 tienen un total de 7800 cfm
- El diámetro del ducto que conecta el sistema de prensas 3 y 4 con el principal es de 19 pulg.

**PRENSA 5:**

- Diez tornos de aprox. 400 cfm, cada uno
- Campana de succión flexible
- La prensa 5 tiene un total de 3800 cfm
- El diámetro del ducto que conecta la prensa 5 con el principal es de 14 pulg.

**COLECTOR Y VENTILADOR:**

- Capacidad total:  $Q_{total} = 17\ 500\ cfm$
- Carga de presión:  $h = 4''$  columna de agua
- Diámetro del motor:  $D = 28''$
- Colector: KWC - 1 - 98/116 VENTURI
- Carga de presión en el colector:  $4''$  col. agua
- Ventilador centrífugo MAC - SIZE 80
- SP =  $8''$  columna de agua
- Velocidad: 1125 rpm
- Potencia: 41 HP



PRENSAS 1- 2 - 3 - 4 - 5  
DE MUROS LADO ORIENTE

**NOTAS**

- 1- Todas las medidas están dadas en metros.
- 2- Todas las partes de succión llevarán válvulas de mariposa para control de flujo.
- 3- Las ductos serán fabricados en lámina negra.
- 4- Todos los tramos rectos, codos y "T" serán bridados.
- 5- Los números indican la ubicación de los tornos de colección de polvo en los equipos.
- 6- Las letras indican la unión de dos o más ramales de tuberías.
- 7- El estado de colección de polvo en las prensas 1 y 2 es de  $Q = 4480\ cfm$ . Estos ramales ya están en funcionamiento.

ALUMNO	TESIS	PROFESOR	Dibujar
Ing. M. S. S. S. S.		Dr. M. S. S. S.	Revisar
			Aprobar

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN QUÍMICA

VISTO POR EL COMITÉ DE FOLIO  
EN FAVOR DE SU PRESENTACIÓN

**VISTA DE PLANTA**

FECHA: 1988 - 1988

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Serrano Barquini R. y Hernández Hernández A.*, 1995. EL ANÁLISIS AMBIENTAL COMO FUNDAMENTO PARA LA PLANEACIÓN DEL DESARROLLO. Proceedings: Second Inter-American Environmental Congress, pp. 258-262. ITESM Monterrey, México.
2. *Oropeza Monterrubio Rafael*, 1995. ¿ES POSIBLE EL DESARROLLO SUSTENTABLE? Proceedings: Second Inter-American Environmental Congress, pp. 281-283. ITESM Monterrey, México.
3. *Brown L.*, 1992, "The state of de world", World Watch Institute. New York.
4. *Instituto Nacional de Ecología (INE)*, 1993. "Desarrollo Sustentable". Boletín 9. SEDESOL. México.
5. *Daly H.E.*, 1989. Economía, Ecología y Ética. Fondo de Cultura Económica. México.
6. *Eaton David W.*, 1995. REFLECTIONS ON THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF NAFTA: EXPLORING THE BENEFITS OF EXTENDING FREE TRADE BETWEEN THE UNITED STATES AND MÉXICO TO HAZARDOUS WASTE. Proceedings: Second Inter-American Environmental Congress, pp. 311-313. ITESM Monterrey, México.
7. *Santos Burgoa C., Ashford N. y Hernández P.*, 1995. UN MODELO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL CON IMPULSO TECNOLÓGICO: MÁS ALLÁ DEL DESARROLLO SUSTENTABLE. Proceedings: Second Inter-American Environmental Congress, pp. 284-286. ITESM Monterrey, México

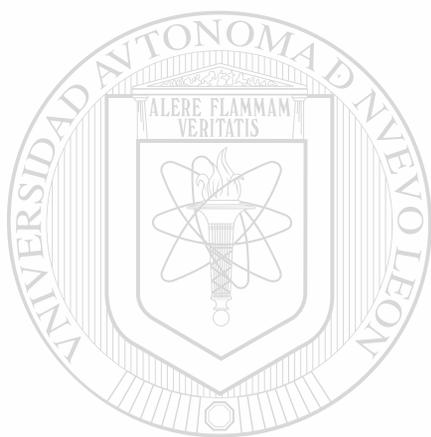
8. **Martínez Vera Rogelio**, 1995. MEDIDAS LEGALES DE CONTROL Y SEGURIDAD EN MATERIA AMBIENTAL. INCONSTITUCIONALIDAD DE ALGUNAS DISPOSICIONES CONTENIDAS EN LAS LEYES DE LA MATERIA. Proceedings: Second Inter-American Environmental Congress, pp. 329-332. ITESM Monterrey, México.
  9. **Burgoa Ignacio**, 1991. Las Garantías Individuales, Porrúa, México.
  10. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
  11. Ley Federal del Procedimiento Administrativo
  12. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
  13. **Oropeza Monterrubio Rafael**, 1995. LAS NUEVAS NORMAS ISO 14 000 Y LA COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL. Proceedings: Second Inter-American Environmental Congress, pp. 323-325. ITESM Monterrey, México.
  14. **Knight A. and Lawrence L.**, 1995. "Environmental Management Systems: The New"
- 
15. **Cárdenas Leonardo J.**, 1995. ISO 14 000: MYTHS, REALITES AND CHALLENGES. Proceedings: Second Inter-American Environmental Congress, 323-325. ITESM<sup>®</sup> Monterrey, México.
  16. **Wark K. y Wamer C.**, 1990. Contaminación del aire, origen y control, 1 edición, Limusa, México.
  17. **Farmer Andrew M.**, 1993. THE EFFECTS OF DUST ON VEGETATION – A REVIEW. Environmental Pollution, 79, pp. 63-75. Elseiver Science Publishers. England
  18. **Pierce G.J.**, 1909. The possible effect of cement dust on plants. Science, 30, pp. 652-654.

19. *Duggar B.M. & Cooley J.S.*, 1914. The effect of surface films and dust on the rate of transpiration. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, **1**, pp. 1-22.
20. *Anderson P.J.*, 1914. "The effect of dust from cement mills on the setting of fruit". *Plant World*, **17**, pp. 57-68.
21. *Scheffer F., Prezmeck E. & Wilms W.*, 1961. Untersuchungen über den Einfluss von Zementofen-Flugstaub auf Boden und Pflanzen. *Staub*, **21**, pp. 251-254.
22. *Czaja A.T.*, 1961. Die Wirkung von verstaubtem Kalk und Zement auf Pflanzen. *Qual. Plant. et Mat. Veg.*, **8**, pp. 184-212.
23. *Darley E.F.*, 1966. Studies on the effect of cement-kiln dust on vegetation. *J. Air. Poll. Contr. Assoc.*, **16**, pp. 145-150.
24. *Singh S.N. & Rao D.N.*, 1981. Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. *Environ. Poll. (Ser. A)*, **24**, pp. 75-81.
25. *Sree Rangasamy S.R. & Jambulingam R.*, 1973. Cement dust pollution on maize crop. *Madras Agric. J.*, **60**, pp. 1310-1313.
26. *Parthasarathy S., Arunuachalam N., Natarajan K., Oblisami G. & GRangaswami G.*® 1975. Effect of cement dust pollution on certain physical parameters of maize crop and soils. *Ind. J. Environ. Health*, **17**, pp. 114-120.
27. *Taylor H.J., Ashmore M.R. & Bell J.N.B.*, 1986. Air Pollution Injury to Vegetation. Imperial College centre for Environmental Technology. London.
28. *Oblisami G., Pathmanabhan G. & Padmanabhan C.*, 1978. Effect of particulate pollutants from cement-kilns on cotton plants. *Ind. J. Air Pollut. Contr.*, **1**, pp. 91-94.
29. *Borka G.*, 1980. The effect of cement dust pollution on growth and metabolism of *Helianthus annuus*. *Environ. Poll. (Ser.A)*, **22**, pp. 75-79.

30. **Shukla J., Pandey V., Singh S.N., Yunus M., Singh N. & Ahmad K.J., 1990.** Effect of cement dust on the growth and yield of *Brassica campestris* L. *Environ. Poll.*, **66**, pp. 81-88.
31. **Hindy K.T., Adbel Shafy H. & Farag S.A., 1990.** The role of the cement industry in the contamination of air, water, soil and plant with vanadium in Cairo. *Environ. Poll.*, **66**, pp. 195-205.
32. **Eveling D.W., 1969.** Effects of spraying plants with suspensions of inert dusts. *Ann. Appl. Biol.*, **64**, pp. 139-151.
33. **Krajickova A. & Mejstrik V., 1984.** The effect of fly-ash particles on the plugging of stomata. *Environ. Poll.*, **36**, pp. 83-93.
34. **Parish S.B., 1910.** The effect of cement dust on citrus trees. *Plant World*, **13**, pp. 288-291.
35. **Pierce G.J., 1910.** An effect of cement dust on orange trees. *Plant World*, **13**, pp. 283-288.
- 
36. **Czaja A.T., 1962.** Über das Problem der Zementstaubwirkung auf Pflanzen. *Staub*, **22**, pp. 228-232.
37. **Bohne H., 1963.** Schädlichkeit von Staub aus Zementwerkwn für Waldbestände. *Allg. Forst.*, **18**, pp. 107-111.
38. **Manning W.J., 1971.** Effects of limestone dusts on leaf condition, foliar disease incidence, and leaf surface microflora of native plants. *Environ. Poll.*, **2**, pp. 69-76.
39. **Brandt C.J. & Rhoades R.W., 1973.** Effects of limestone dust accumulation on lateral growth of forest trees. *Environ. Poll.*, **4**, pp. 207-213.
40. **Lal B. & Ambasht R.S., 1982.** Impact of cement dust on the mineral and energy concentration of *Psidium guayaba*. *Environ. Poll. (Ser. A)*, **29**, pp. 241-247.

41. *Steinhubel G. & Halas L., 1967. Poruchy v tvorbe susiny pri zvyšených teplotách vyvolaných v listoch drevin prasnou imisiou. Lesnický Casopis, 13, pp. 365-383.*
42. *Fluckiger W., Oertli J.J. & Fluckiger H., 1979. Relationship between stomatal diffusive resistance and various applied particle sizes on leaf surfaces. Z. Pflanzenphysiol., 91, pp. 173-175.*
43. *Eller B.M. & Brunner U., 1975. Der Einfluss von Strassenstaub auf die Strahlungsabsorption durch Blätter. Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B., 23, pp. 137-146.*
44. *Fluckiger W., Keller-Fluckiger H., Oertli J.J., 1978. Der Einfluss von Strassenstaub auf stomataren Diffusionswiderstand und die Blatt-Temperatur-ein antagonistischer Effekt. Staub Reinhalt. Luft, 38, pp. 502-505.*
45. *Fluckiger W., Braun S. & Keller-Fluckiger H., 1982. Effect of the interaction between road salt and road dust upon water relations of young trees. In urban Ecology, ed. R. Bornkamm, J.A. Lee & M.R.D. Seaward. Blackwell Scientific Publications, pp. 331-332, Oxford*
- 
46. *Fluckiger W., Keller-Fluckiger H., Oertli J.J. & Guggenheim R., 1987. Verschmutzung von Blatt- und Nadeloberflächen im Nahbereich einer Autobahn und deren Einfluss auf den stomataren Diffusionswiderstand. Eur. J. For. Path., 7, pp. 358-364.*
47. *Guggenheim R., Fluckiger W., Keller-Fluckiger H. & Oertli J.J., 1980. Pollution of leaf surfaces in the vicinity of a motorway. Ver. Umwelt. Bundes Amt., 79, pp. 462-468.*
48. *Rao D.N., 1971. A study of the air pollution problem due to coal unloading in Varanasi, India. In Proceedings of the Second International Clean Air Congress, ed. H. M. Englund & W. T. Beery. Academic Press, New York, pp. 273-276.*
49. *I.N.E.G.I., 1998. Anuario estadístico del estado de Nuevo León. 1 edición, INEGI, México.*

50. **INDUSTRIAL VENTILATION, 1982. *Committee on Industrial Ventilation, 10<sup>th</sup> edition.***  
Edwards Brothers, INC. Michigan, USA.
51. ***Foust A.S., Wenzel L.A., Clump C.W., Maus L. y Andersen L.B., 1985. Principios de operaciones unitarias, 17 edición, CECSA, México.***
52. ***Valdez Enrique César, 1990. Abastecimiento de agua potable, v. 1, 4 edición, Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M, México.***



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

**María Cristina da Costa Silveira**

Candidata para el Grado de  
Maestría en Ciencias, con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Tesis: **SOLUCIONES DE INGENIERÍA AMBIENTAL PARA EL CONTROL  
DE PARTÍCULAS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL CERÁMICA**

Campo de estudio: Control de partículas en el medio ambiente

## BIOGRAFÍA

### DATOS PERSONALES:

Nacida en la Ciudad de Salto, República Oriental del Uruguay, el 28 de noviembre de 1971; hija del Sr. Olis da Costa y la Sra. Esther Silveira y hermana del Sr. Olis Ma. da Costa.

### EDUCACIÓN:

Egresada de la Universidad Tecnológica Nacional, República Argentina, donde obtuvo el grado de Ingeniero Eléctrico.

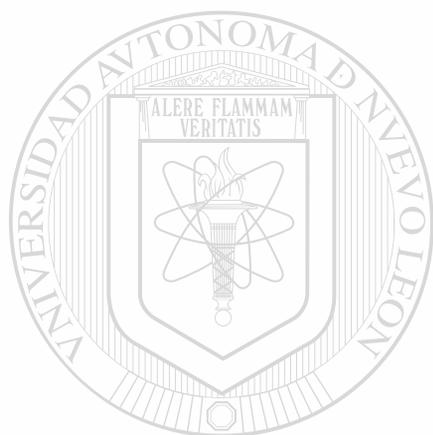
### EXPERIENCIA PROFESIONAL:

Proyectista de redes eléctricas en la Cooperativa Eléctrica y Otros Servicios de Concordia Ltda., en la República Argentina.

**Laboratorista encargada de ensayar transformadores de M.T. y B.T. en el  
Laboratorio de Alta Tensión de Concordia, República Argentina.**

**Calculista encargada de coordinar maniobras en la Represa Hidroeléctrica de  
Salto Grande, en Argentina-Uruguay.**

**San Nicolás de los Garza, N.L., MÉXICO**



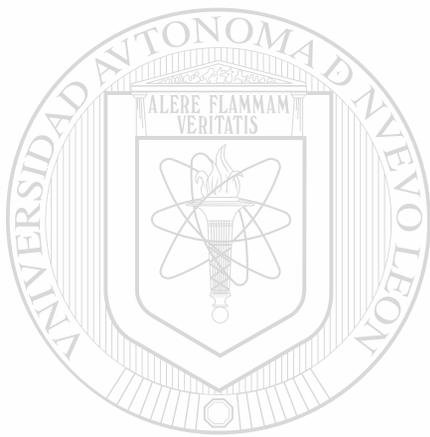
**UANL**

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

®

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



