

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

000

000

000

TM  
TD884  
.5  
.85  
2000  
c.1

SOLUCIONES DE INGENIERIA AMBIENTAL  
C.  
.5  
PARA EL CONTROL DE PARTICULAS EN  
D.  
C.  
UNNA PLANTA INDUSTRIAL CERAMICA  
C.



1080091539

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA AMBIENTAL  
PARA EL CONTROL DE PARTICULAS EN  
UNA PLANTA INDUSTRIAL CERÁMICA

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

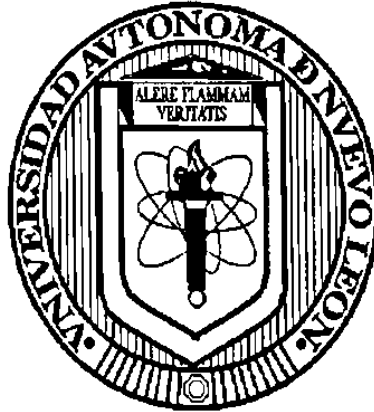
SEPTIEMBRE DE 2000





**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***

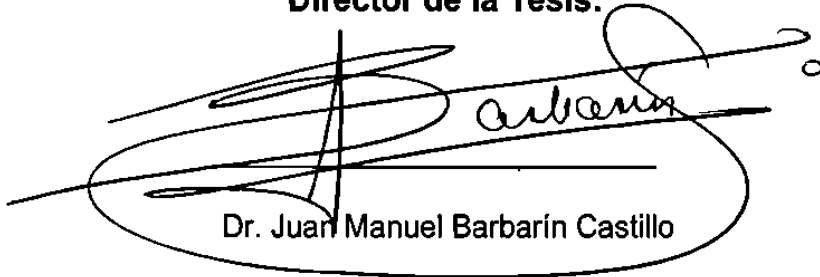
Como requisito parcial para obtener el grado de  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS**  
con Especialidad en Ingeniería Ambiental

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**

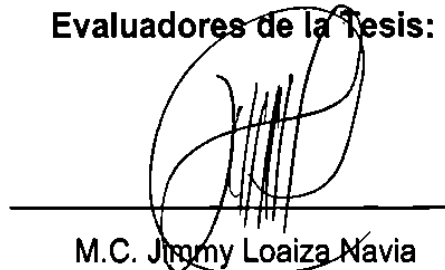
**SOLUCIONES DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PARA EL CONTROL DE PARTÍCULAS EN  
UNA PLANTA INDUSTRIAL CERÁMICA**

**Director de la Tesis:**



Dr. Juan Manuel Barbarín Castillo

**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**  
**P r e s e n t e . –**

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.

**A t e n t a m e n t e**

---

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**  
**P r e s e n t e . -**

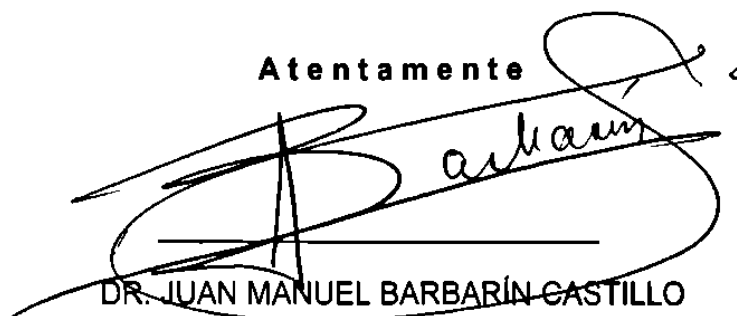
Estimado Dr. González Alcorta:

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.

De acuerdo con el Protocolo Oficial para la Aprobación de 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

*A Rodolfo, mi amor*

## INDICE

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

<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
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.	CONCLUSIONES	167

## **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

<b>TABLAS</b>	<b>PÁGINA</b>
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**

<b>FIGURAS</b>	<b>PÁGINA</b>
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
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>
<b>5.5</b>	<b>Esquema indicativo de la constitución de la carpeta antipolvo</b>	<b>123</b>
<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>

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

## **LISTA DE SIGLAS Y SÍMBOLOS**

### **SÍMBOLOS**

<b>INE</b>	<b>Instituto Nacional de Ecología</b>
<b>NAFTA</b>	<b>The North American Free Trade Agreement</b>
<b>PIB</b>	<b>Producto Bruto Interno</b>
<b>CONACYT</b>	<b>Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología</b>
<b>LGEEPA</b>	<b>Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente</b>
<b>LFPA</b>	<b>Ley Federal de Procedimiento Administrativo</b>
<b>ISO</b>	<b>International Standardization Organization</b>
<b>EMS</b>	<b>Environmental Management System</b>
<b>ppm</b>	<b>Partes Por Millón</b>
<b>µm</b>	<b>Micrómetros</b>
<b>pH</b>	<b>Potencial de Hidrógeno</b>

<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>
<b>DBO</b>	<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>
<b>DQO</b>	<b>Demanda Química de Oxígeno</b>
$N_{RE}$	<b>Número de Reynolds</b>
$V_{DC}$	<b>Tensión de corriente continua</b>

## 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 físicoquímicos 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.