



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TEMA DE TESIS

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR DE POLVOS PARA
LABORATORIOS CON SISTEMA DE AUTOLIMPIEZA.**

Que para obtener el título de:

Ingeniero Eléctrico-Electrónico

P R E S E N T A N:

ADOLFO ANGEL JIMENEZ

EMMANUEL ROJAS HERNÁNDEZ

JORGE MORENO GUTIERREZ

OSCAR ANTONIO GARCÍA

RAFAEL CHIRINOS GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:

M. I. NORMA ELVA CHÁVEZ RODRIGUEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA

MEXICO D. F. 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi padre Adolfo Angel Figueroa, pilar de la familia, apoyo incondicional y brazo fuerte en quien confiar.

A mi madre Lucia Virginia Jiménez González que amo tanto, que impulsa mis sueños y me da fuerzas para ser mejor.

A mis profesores, que me enseñaron el camino hacia el éxito y sus diferentes aplicaciones.

A mi compañera, amiga y esposa Nohemí Ramírez Dávila, siempre en mi mente para emprender cosas grandes.

A mis hermanos que me han tolerado tanto y me quieren incondicionalmente.

Al Ing. José Luis Mata Ledesma, buen amigo, compañero de sueños y triunfos.

A Rafael, Oscar Jorge y Emanuel, mi último equipo de trabajo en la UNAM, sin ellos esta tesis no hubiera sido posible.

A la Profesora Norma Elva Chávez Rodríguez, directora de tesis y gran apoyo en este proyecto.

A la honorable Universidad Nacional Autónoma de México, formadora de hombres y mujeres que aman, respetan y honran a nuestro país:

Dedico esta tesis, fruto del esfuerzo de los primeros veinte años de estudios.

¡Gracias por existir!

Adolfo Angel Jiménez

EMMANUEL ROJAS HERNÁNDEZ

EL MOMENTO DE CERRAR UN CICLO A LLEGADO, LA VIDA ESTA COMPUESTA DE INSTANTES Y RECUERDOS QUE LE DAN SENTIDO, Y AL PASAR EL TIEMPO ME DI CUENTA DE LA IMPORTANCIA DE LAS PERSONAS QUE SIEMPRE ME APOYARON E HICIERON QUE EL CAMINO ESTUVIERA LLENO DE EXPERIENCIAS INOLVIDABLES.

GRACIAS MAMA ROSA: PORQUE ME HAS DADO DESDE NIÑO LA FUERZA Y LA INSPIRACIÓN EN LOS MOMENTOS DIFICILES DE MI VIDA, GRACIAS POR ESTAR JUNTO A MI, PREOCUPARTE POR MI EDUCACION Y ESTAR AL PENDIENTE DE MI FORMACIÓN ACADEMICA, PERO SOBRETUDO GRACIAS POR ENSEÑARME A SER SIEMPRE JUSTO Y HACER LO CORRECTO.

A MIS HERMANOS QUE HAN SIDO MI EJEMPLO A SEGUIR, Y CUANDO MAS LOS NECESITABA ME BRINDARON SU AYUDA INCONDICIONAL, SU APOYO MORAL Y CARIÑO, **ALFREDO, LETICIA, HECTOR, GUSTAVO, EDUARDO Y TERESA** SOLO PUEDO DECIRLES GRACIAS POR TODO Y SE QUE LA FAMILIA ES LO MAS IMPORTANTE. "ESTO TAMBIÉN ES DE USTEDES".

NO PUEDO DEJAR DE AGRADECER A LA PERSONA QUE ES EL MOTOR DE MI VIDA Y CON SU AMOR Y COMPRESIÓN ME INYECTA FUERZAS Y ME ALIENTAS A SEGUIR SIEMPRE ADELANTE **CELENE** GRACIAS MI AMOR POR ESTAR JUNTO A MI TODO ESTE TIEMPO Y NUNCA DEJAR QUE ME OLVIDARA DE MIS SUEÑOS Y METAS, SOLO TU CONOCES LA IMPORTANCIA DE TODOS MIS ESFUERZOS PARA CONCLUIR ESTO. MOYA TU SABES, GRACIAS TOTALES...

LA VIDA TE PREMIA CON AMIGOS QUE SON UN EJEMPLO DE LEALTAD Y AYUDA DESINTERESADA **JUAN** GRACIAS HERMANO POR NO DEJARME ATRÁS, SIN TI LA CARRERA NO HABRIA SIDO LO MISMO Y LLEGAMOS JUNTOS. **PATY** GRACIAS POR COMPRENDER QUE LOS PROFESORES TAMBIÉN PUEDEN SER VERDADEROS AMIGOS. Y A USTEDES **OMAR, RAFA, LUCIA Y ALEX** POR LOS INOLVIDABLES MOMENTOS.

ME SIENTO AFORTUNADO POR CONOCER PERSONAS QUE ME APOYARON PARA REALIZAR MI TESIS Y LES AGRADESCO; AL **ING. LUCIO REVILLA** POR CONFIAR EN MI Y DEJARME CONCLUIR MI FORMACIÓN ACADEMICA, A MI ASESORA **M.I. NORMA ELVA CHÁVEZ RODRÍGUEZ** Y **MIS COMPAÑEROS DE TESIS** POR LO QUE APRENDI CON USTEDES. A LA U.N.A.M POR FORJAR MI CARÁCTER PARA SER UN PROFESIONISTA EN BUSCA DE ÉXITO. GRACIAS A TODOS.

POR ÚLTIMO ESTA TESIS LA DEDICO A MI PAPA, QUE A LO LARGO DE MI VIDA Y MIS ESTUDIOS ESTUVO JUNTO A MI Y ME DIO SU APOYO INCONDICIONAL. AHORA QUE YA NO ESTA, YO SE QUE DESDE EL CIELO EL ME CUIDO Y ME DIO FUERZAS PARA CONCLUIR ESTE TRABAJO, **TOMY** ESTO ES POR TI GRACIAS.

"CUMPLI MI PROMESA".

RAFAEL

A todos los que me brindaron su ayuda para llegar a este día

A mi mamá, a mi papá, a mis hermanas, a mis hijos RAH², a todos mis maestros y al resto del mundo por si faltara alguien

Un agradecimiento

A la Facultad de Ingeniería, a su planta docente, administrativa y de servicios

Al Cetma por darme la oportunidad de desarrollo personal y profesional

A mi guía, compañero y amigo Ing. Rodríguez Villa Leonardo

A mi asesora M.I Norma Elva Chávez Rodríguez

A mis compañeros de tesis Adolfo, Emmanuel, Jorge, Oscar

A Lic. José Luis Chirinos Palomo

A Jorge Moreno Montes

A todos mis amigos, amigas, compañeros de escuela, compañeros de trabajo

Espero no falte nadie

No me resta más que darle las gracias a todos por todo su apoyo y quiero agradecer de manera especial a mi mamá donde quiera que se encuentre, sabe que la quiero con todo el

$$r = 1 - \text{sen } \theta.$$

Atentamente: Rafael Chirinos García

Agradecimientos:

A mis padres por todo lo que han hecho por mi formación profesional.

A Yessica por ser mi fuente de inspiración.

A mis compañeros de Tesis por haber hecho posible la realización de este sueño.

ATTE:

Oscar Antonio García

JORGE MORENO GUTIERREZ

A MIS AMIGOS, A MIS HERMANAS Y A MI SOBRINA

A MIS HIJOS JORGE Y JOSE PABLO

A MI COMPAÑERA LULU

GRACIAS POR SU APOYO Y SU PACIENCIA

**ESPECIALMENTE A JORGE POR SU APOYO EN LA REVISIÓN DE ESTA
TESIS.**

A LOS QUE ESTUVIERON ESTAN Y ESTARAN GRACIAS.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR DE POLVOS PARA LABORATORIOS CON SISTEMA DE AUTOLIMPIEZA.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
CAPITULO I.....	6
EL POLVO INDUSTRIAL	
1.1 Clasificación de acuerdo a su efecto fisiopatológico.....	7
1.2 Otras categorías de polvo.....	9
1.3 Principales afectaciones del polvo.....	10
1.4 Métodos más comunes en la captación y separación de polvos.....	11
1.5 Consideraciones finales de los métodos de separación y captación de polvo.....	14
CAPITULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	
2.1 Microcontrolador.....	20
2.2 Microcontrolador PIC.....	25
2.3 Sensor.....	29
2.4 Motor Ventilador.....	31
2.5 Electro válvula.....	31
2.6 Compresor.....	31
2.7 Filtro.....	31

CAPITULO III.....	32
--------------------------	-----------

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA

3.1 El aire comprimido.....	32
-----------------------------	----

3.2 Métodos de limpieza en colectores de polvo.....	32
---	----

3.3 Partes básicas de un sistema de limpieza por aire comprimido.....	34
---	----

CAPITULO IV.....	39
-------------------------	-----------

DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO.

4.1 Parámetros del sistema eléctrico.....	39
---	----

4.2 Selección de los componentes del sistema.....	39
---	----

4.3 Proceso de control.....	44
-----------------------------	----

4.4 Circuito general de interconexión.....	46
--	----

CAPITULO V.....	47
------------------------	-----------

CALCULOS Y DISEÑO DEL COLECTOR DE POLVOS.

5.1 Cálculos.....	47
-------------------	----

5.2 Diseño del gabinete para el colector de polvos.....	49
---	----

5.3 Elección de los materiales para la fabricación del gabinete.....	53
--	----

5.4 Construcción del prototipo y verificación del diseño.....	56
---	----

5.5 Proceso de fabricación del gabinete y fijación de los elementos.....	59
--	----

CAPITULO VI	67
PRUEBAS Y CONCLUSIONES	
6.1 Pruebas al sistema eléctrico y electrónico.....	67
6.2 Pruebas de funcionamiento general al colector de polvos.....	68
6.3 Medición de niveles de vibración.....	69
6.4 RESULTADOS.....	71
6.5 CONCLUSIONES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	76
APÉNDICES	77
BIBLIOGRAFÍA	83

INTRODUCCIÓN

El presente texto tiene la finalidad de solucionar uno de los problemas más añejos que se presentan en diversas situaciones laborales, el polvo.

Es un enemigo de salud pública debido a que al estar en contacto con él, se ven afectas las personas.

El exceso de polvo es un problema que puede causar graves daños ambientales y a la salud, por lo que buscamos solucionarlo por medio del diseño y construcción de un sistema que permita evitar el contacto de los trabajadores con el polvo.

A pesar de la amplia gama de aplicaciones de un colector de polvos, nos enfocamos a un diseño para laboratorios, evitando la pérdida de horas hombre y maximizar la productividad al solucionar el problema del polvo, que tiene repercusiones graves en la salud y en la economía.

El objetivo del dispositivo es mejorar la calidad ambiental al succionar y retener todas las partículas no deseadas. También se busca cuidar la seguridad del personal y el equipo utilizado en las actividades de los laboratorios, ofreciendo un costo menor en comparación con los grandes colectores de polvo comerciales, logrando cumplir su tarea de purificar el aire con una fácil instalación y manejo sencillo.

CAPÍTULO I EL POLVO INDUSTRIAL.

El polvo se encuentra en todas partes de la atmósfera terrestre y frecuentemente las personas dedicadas a trabajos donde está presente, pueden tener consecuencias en su salud. Éste es responsable de una enfermedad del pulmón denominada: Neumoconiosis¹. Todos estos riesgos han determinado la adopción de un número de reglamentos que regulan las condiciones ambientales en los lugares de trabajo.

El polvo está compuesto por partículas sólidas, suficientemente finas para flotar en el aire; si analizamos la industria veremos que su producción generalmente se debe a trituraciones, perforaciones, molidos y dinamizaciones de roca.

El problema señalado no es una consecuencia de la moderna industrialización. Hipócrates ya hacía mención del mismo cuando hablaba de "polvos fatales" y, en épocas menos remotas, la prevención contra el polvo por medios húmedos ya era promovida por Thomas Benson en el año 1715, en favor de los afiladores que según se decía entonces, perdían su capacidad de trabajo en menos de dos años, como consecuencia del afilado con sílex².

Es un contaminante particular capaz de producir enfermedades que se agrupan bajo la denominación genérica de neumoconiosis, tal como se menciona anteriormente. Para los expertos de la OIT³, la enfermedad es la consecuencia de la acumulación de polvo en los pulmones y de la reacción de los tejidos a la presencia de éstos cuerpos exógenos.

1.- Neumocosis: Cualquiera de un grupo de enfermedades pulmonares que resulta de la inhalación de partículas de sustancias industriales, como el polvo mineral, hierro o carbón, y el depósito permanente de tales partículas en los pulmones

2.- Sílex: variedad de cuarzo

3.- OIT: Organización mundial del trabajo

Existen varias clasificaciones del polvo, sin embargo se puede hacer dos que se estiman de gran importancia:

- Clasificación de acuerdo a su efecto fisiopatológico⁴.
- Clasificación de acuerdo a los efectos sobre el organismo.

1.1 Clasificación del polvo de acuerdo a su efecto fisiopatológico.

Se basa en el efecto fisiopatológico de los polvos y consta de lo siguiente:

- Polvos, como el plomo, que producen intoxicaciones.
- Polvos que pueden producir alergias, tales como la fiebre de heno⁵, asma⁶ y dermatitis.
- Polvos de materias orgánicas, como el almidón.
- Polvos que pueden causar fibrosis pulmonares, como los de sílice
- Polvos como los cromatos que ejercen un efecto irritante sobre los pulmones y pueden producir cáncer.
- Polvos que pueden producir fibrosis pulmonares⁷ mínimas, entre los que se cuentan los polvos inorgánicos, como el carbón, el hierro y el bario.

4.- Fisiopatológico: La Fisiología es la ciencia biológica que se ocupa del estudio de las funciones orgánicas de los seres orgánicos. Lo que hace esta disciplina es reunir los principios de las ciencias exactas e ir otorgándoles sentido a las interrelaciones e interacciones de los elementos básicos que componen un ser vivo, con su entorno, explicando además el porqué de las diferentes situaciones en las que se puedan encontrar estos elementos.

5.- Fiebre de heno Alergia provocada por el polen de flores, hierbas y árboles. Se produce una inflamación de la mucosa que recubre la nariz, y en algunos casos de la conjuntiva. Otros síntomas son los estornudos, la congestión nasal, irritación de los ojos y lagrimeo, causados por la liberación de histamina.

6.- Asma: Enfermedad que provoca la obstrucción de los bronquios de los pulmones de forma variable y reversible como reacción a ciertos estímulos (alergias, medicamentos, ejercicio, aire frío, humo). En una crisis de asma los bronquios están inflamados y son hipersensibles a estos estímulos, provocándose una contracción de la musculatura bronquial y la obstrucción

7.-Fibrosis pulmonar: Proliferación de tejido conectivo fibroso en los pulmones que forma cicatrices. Se produce a consecuencia de un proceso inflamatorio crónico o una enfermedad pulmonar. Hay una pérdida irreversible de la capacidad de intercambio de gases en los alvéolos pulmonares.

1.1.1 Clasificación del polvo de acuerdo a los efectos causados en el organismo.

Si se consideran sus efectos sobre el organismo es clásico diferenciar las partículas en cuatro grandes categorías:

- Partículas Tóxicas.
- Polvos Alérgicos.
- Polvos Inertes.
- Polvos Fibrógenos

1.1.2 Partículas Tóxicas.

Las partículas tóxicas, entre las que se pueden citar las de origen metálico (plomo, cadmio, mercurio, arsénico, berilio, etc.), son capaces de producir una intoxicación aguda o crónica por acción específica sobre ciertos órganos o sistemas vitales. La rapidez de la manifestación dependerá en gran parte de la toxicidad específica de las partículas, así como de su solubilidad. Por otra parte, como la absorción de una sustancia depende de la vía de entrada en el organismo, muchos tóxicos pasarán rápidamente en forma ionizada a la sangre, si su estado de división es adecuado; mientras que si se detienen en las vías respiratorias superiores la absorción puede ser mucho más lenta.

1.1.3 Polvos Alérgicos.

Los polvos alérgicos, son de naturaleza muy diversa y son capaces de producir asma, fiebre, dermatitis, etc.; principalmente en sujetos sensibilizados, mientras que otros no manifiestan reacción alguna. Su acción depende, por tanto, más de la predisposición del individuo, que de las características particulares del polvo. En esta categoría se pueden citar el polen, polvo de madera, fibras vegetales o sintéticas, resina, etc.

1.1.4 Polvos inertes.

Los polvos inertes, al acumularse en los pulmones, provocan después de una exposición prolongada, una reacción de sobrecarga pulmonar y una disminución de la capacidad respiratoria. Su acción es consecuencia de la obstaculización de la difusión del oxígeno a través de la membrana pulmonar. Los depósitos inertes son visibles por rayos X, si el material es opaco y no predispone a tuberculosis. Dentro de este grupo se pueden mencionar: el carbón, abrasivos y compuestos de bario, calcio, hierro y estaño.

1.1.5 Polvos Fibrógenos.

Los Polvos Fibrógenos, son lo que por un proceso de reacción biológica originan una fibrosis pulmonar o neumoconiosis evolutiva, detectable por examen radiológico y que desarrolla focos tuberculosos preexistentes con extensión al corazón en los estados avanzados. A esta categoría pertenece el polvo de sílice, amianto, silicatos con cuarzo libre (talco, coalín, feldespato, etc.) y los compuestos de berilio.

1.2 Otras categorías de polvo.

Existen igualmente polvos que sin alcanzar las vías respiratorias inferiores pueden producir una marcada acción irritante de las mucosas.

Dentro de esta categoría merecen gran interés las nieblas ácidas o alcalinas con reconocidas propiedades cancerígenas (amianto, cromo, partículas radioactivas, etc.).

La exposición al polvo no tiene siempre como consecuencia el desarrollo de una neumoconiosis, ya que esto ocurre solamente en ciertas condiciones, dependiendo de la naturaleza de las partículas inhaladas, y por otra el potencial defensivo del organismo en relación con las características anatómicas y los mecanismos fisiológicos de defensa, que el aparato respiratorio hace intervenir para defenderse de la agresión.

1.3 Principales afectaciones del polvo.

Al tratar el aspecto de higiene industrial del polvo, no puede dejarse de mencionar una de las peores consecuencias del mismo: la silicosis⁸

Estas partículas que generan esta enfermedad son de diversos tamaños, siendo de dimensiones entre 1 y 3 μm ⁹ las cuales se alojan en los pulmones, lo que origina la formación de lesiones, partículas de mayor dimensión difícilmente llegan a ellos según ha podido comprobarse.

En cuanto a la clase de polvo, evidentemente son los derivados de la sílice uno de los más nocivos su efecto se presenta después de un periodo de largo tiempo, dado que actúa silenciosamente en el organismo. Por ello, cuando se manifiesta en las primeras radiografías, aun sin presentar síntomas anteriores, la lesión ya se ha producido y la silicosis no sólo es irreversible sino que además es de dudosa estabilización y puede dar lugar a complicaciones pulmonares e incluso cardiovasculares.

Entre las distintas actividades que pueden ser causantes de silicosis, se pueden nombrar las siguientes:

- Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías.
- Trabajos en cantería, tallado y pulido de rocas silíceas.
- Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos.
- Fabricación y conservación de ladrillos refractarios a base de sílice.
- Trabajos de desmoldeo y desbardado en las fundiciones.
- Fabricación y conservación de abrasivos y de polvos detergentes.
- Trabajos de chorro de arena y esmeril.
- Fabricación de cementos.

8.- Silicosis: Es una enfermedad respiratoria causada por inhalar de polvo de sílice.

9) μm : micras de metro

1.4 Métodos más comunes en la captación y separación de polvos.

De acuerdo a sus características, se puede hacer una clasificación de los sistemas de captación de polvos como sigue:

1.4.1 Cámara de precipitación por gravedad.

El principio de estas cámaras se basa en la precipitación del polvo por gravedad cuando la velocidad del aire aspirado que lo conduce se reduce considerablemente al desembocar la corriente en una amplia cámara, de un volumen adecuado, para producir aquella pérdida de velocidad.

Precisamente, el volumen de estas cámaras es lo que, en la práctica, hace difícil y costoso este tipo de separador, pues siempre resulta de extraordinarias dimensiones. Por ello su empleo ha quedado relegado a casos poco frecuentes en la industria.

1.4.2 Separadores centrífugos a base de ciclones.

Bajo esta denominación genérica se incluyen, los ciclones que actualmente tienen una vasta gama de tipos y modalidades.

El principio del ciclón convencional que se puede ver representado esquemáticamente en la figura 1.1 (ver página 12) se basa en la precipitación del polvo por acción centrífuga, en una o varias cámaras llamadas ciclones, generalmente cilíndricas, de forma y dimensiones diseñadas y calculadas para producir aquella precipitación. La fuerza centrífuga imprimida a las partículas aspiradas son arrastradas en forma de espiral hacia el fondo del ciclón, es mucho mayor que en el caso de las cámaras de gravedad; por ello es más difícil establecer unidades de serie, como las que hay en los separadores en seco y en húmedo su mayor campo de acción en la separación de polvo grueso, de dimensiones entre 20 y 30 μm .

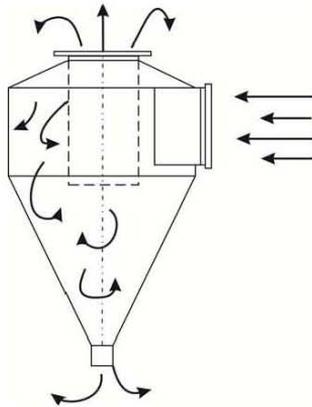


Figura 1.1. Esquema del funcionamiento de un ciclón de baja presión

El campo de construcción de los ciclones abarca, una gran variedad de tipos y su desarrollo es continuo.

1.4.3 Separadores en seco.

Son aquellos separadores que utilizan como elemento filtrante, materiales que trabajan habitualmente en un medio seco, como las mangas, paneles o placas de tejidos o materiales naturales, sintéticos o metálicos.

En estos separadores también se hace uso de múltiples combinaciones recurriendo al empleo de ciclones simples o multicelulares, a los que se asigna la misión de retener las partículas más gruesas, dejando a los elementos filtrantes la misión de captar las más finas. Es por ello que el costo de éstos se reduce considerablemente.

Una particularidad de este tipo de separador es la posibilidad de recuperar el polvo aspirado en el fondo de la cámara. En el tratamiento de minerales puede resultar conveniente esta técnica.

1.4.4 Separadores húmedos.

El agente depurador en estos separadores, es el agua en forma de turbulencia, cortina, proyección, goteo, neblina, etcétera, con o sin aditivos para mejorar su comportamiento como elemento filtrante.

1.4.5 Separadores electrostáticos.

El principio de la separación o precipitación electrostática se basa en hacer pasar el aire con polvo en suspensión por un campo eléctrico de ionización, en el cual las partículas sólidas toman una carga electrostática, por efectos de bombardeo y por difusión.

De acuerdo con las cargas, las partículas son atraídas por las placas, que actúan como colectores de polvo, donde se van separando por medios diversos, (por ejemplo: vibración) para finalmente capturarlos en tolvas. Estas placas constituyen los electrodos negativos, mientras que los electrodos positivos de alta tensión son alambres o varillas metálicas, llamados elementos de emisión.

Para su funcionalidad básicamente son cuatro etapas esenciales que son:

- La formación del campo de ionización.
- La carga y dirección de las partículas.
- Su precipitación y descarga.
- La separación con recogida final del polvo.

1.5 Consideraciones finales de los métodos de separación y captación de polvo.

Una separación precisa del polvo requiere la combinación de uno o más de estos métodos. El tipo de polvo nos marcará la pauta necesaria para realizar la correcta elección.

En cuanto al volumen de polvo a aspirar se puede ver en las tablas 1.1 y 1.2 (página 14 y 15) el contenido máximo admisible en el aire de polvos de productos y minerales corrientes en la industria por lo que de estos valores, puede deducirse el grado de intensidad de la aspiración.

Tabla 1.1. Valores límites admisibles para polvos de productos corrientes en la industria

Producto	$\frac{mg}{m^3}$ (aproximado)	Producto	$\frac{mg}{m^3}$ (aproximado)
Aceite (en forma de neblina)	5	Iodo	1
Ácido crómico y cromatos	0.1	Manganeso	5
Anhidrido fosfórico	1	Mercurio (compuestos orgánicos con Hg)	0.01
Antimonio	0.5	Molibdeno (Compuestos solubles con Mo)	5
Arseniato cálcico	1	Molibdeno (Compuestos insolubles)	15
Arseniato de cadmio	0.1	Nicotina	0.5
Arseniato de plomo	0.15	Niquelcarbonilo	0.007
Arsénico y sus compuestos	0.5	Óxido de cadmio (En humos)	0.1
Bario (Compuestos solubles)	0.5	Óxido de cal (Cal viva, cal anhidrida)	5
Bióxido de titanio	15	Óxido de hierro (En humos)	15
Bisulfuro de carbono		Óxido de cinc	5
Cianuros	5	Plata	0.05
Cobalto	0.5	Plomo	0.2
Dinitrofenol	1	Sosa cáustica	2
Estaño(compuestos orgánicos)	2	Tántalo	5

Estricina	0.15	Trietilamina	100
Ferrovandio(polvo)	1	Uranio (Compuestos solubles)	0.05
Fluoroacetato sódico	0.015	Uranio (Compuestos insolubles)	0.25
Fluoruros	2.5	Vanadio (Pentóxido, polvo V_2O_5)	0.5
Furfural	20	Vanadio (En humos)	0.1
Hidroquinona	2	Zirconio (Como Zr)	5
Hidróxido sódico	2		

Tabla 1.2. Valores límite, admisibles para polvos de algunos minerales

Producto	Millones de partículas por m^3 de aire
Sílice	
Cristalina	8825
Cuarzo	% SiO_2+5
Cristobalita	Id.
Amorfa, incluida la tierra de diatomeas	700
Silicatos (con menos del 1% de sílice cristalina)	
Amianto	180
Cemento de Portland	1765
Esteatita	700
Grafito	530
Mica	700
Talco	700
Oxidó de aluminio	1770
Jabones minerales (con menos del 5% de sílice)	700

SCHWEITZER, Philip A. Handbook of separation techniques for chemical engineers. McGraw-Hill. New York, 1988.

El volumen o carga de polvo en la atmósfera a depurar, no siempre es fácil de determinar, ni aún mediante el análisis del ambiente en las zonas más próximas al elemento o máquina causante de aquella atmósfera.

Pero en la práctica, los mismos fabricantes de las instalaciones, máquinas o aparatos, son los que dan orientaciones sobre el volumen en m^3 / h que debe tomarse como base del cálculo de la aspiración, en función de la cantidad y clase de polvo que el fabricante supone producirán aquellos elementos.

Existen actualmente numerosos tipos de aparatos para el análisis rápido del polvo en la atmósfera. Uno de los tipos más modernos es capaz de detectar, contar y registrar partículas desde 0.3 hasta 10 y más micras, con una concentración máxima de polvo de hasta 35×10^3 partículas/ lt de aire.

En función del tamaño de las partículas de polvo se puede ver en la tabla 1.3 los tipos de separadores que en la práctica han venido siendo adoptados en los casos más comunes.

Tabla 1.3. Selección de separadores en función de la dimensión del polvo

Dimensión de polvo	Separador que puede ser utilizado
200 μm	Cámara de precipitación
20 a 60 μm	Separadores centrífugos a base de ciclones de gran diámetro.
10 a 30 μm	Separadores a base de ciclones de reducido diámetro, de más alto rendimiento.
1 a 5 μm	Separadores en seco con mangas.
0.5 a 5 μm	Separadores en húmedo.
0.001 a 1 μm	Separadores electrostáticos.

SCHWEITZER, Philip A. Handbook of separation techniques for chemical engineers. McGraw-Hill. New York, 1988.

En resumen y por lo que respecta a la clase de polvo, serán sus características físicas y químicas las que señalarán las posibles ventajas e inconvenientes de cada uno de los métodos de separación y en muchos casos también influirá la clase de materiales con los que se pueda construir la instalación de los aspiradores.

En la tabla 1.4 se puede ver una comparación de los distintos métodos en función del tipo de polvo.

Tabla 1.4. Sistema de aspiración.

Clasificación numérica					
1=Óptimo		6=Se emplea frecuentemente como separador complementario para filtro fino.			
2=Recomendable		7=El aire purificado en muchos casos, puede retornar a la sala de trabajo.			
3=No recomendable					
4=No aplicable					
5=Se emplea frecuentemente como separador previo					
Sistemas de aspiración					
Origen del polvo a aspirar	Separadores centrífugos a base de ciclones	Separadores en seco, con mangas de tejido	Separadores en seco, a base de tejidos metálicos y fibras	Separadores húmedos	Separadores electrostáticos
En industrias metalúrgicas					
Pulido de hierro y acero	2	2, 6, 7	3	1, 6, 7	4
Pulido de aluminio	2	3	3	1, 6, 7	4
Pulido de latón y cobre	2	2, 6, 7	3	1, 6, 7	4

Esmerilado de hierro y acero	1	1, 6, 7	2, 6, 7	1, 6, 7	4
Esmerilado de aluminio	2	3	3	1, 6, 7	4
Esmerilado de latón y cobre	2, 5	1, 6, 7	3	1, 6, 7	4
En fundiciones					
Horno	3	3	3	2	1
Preparación de arenas	2	3	3	1	1
Amolado.	2	3	3	1	1
Chorro de arena	2, 5	2,6	3	1	1
Limpieza	2, 5	1, 6, 7	2	1, 7	1, 7
Mesa de desbarbado	2, 5	1, 6, 7	2	1, 7	1, 7
Explotación de minerales y tierras de minas					
Trituradoras.	2	1	3	1	1
Cribas y transportadores.	2	1	3	1	1
Secadores	2	1	3	1	1
Hornos.	2	2	3	1	1
Industrias cerámicas					
Molido, cribado, transporte.	2, 5	1	2, 6	1	1
Esmerilado.	2, 5	1	2, 6	1	1
Vidriado, esmerilado por proyección	3	3	3	1, 7	1, 7

Industrias del cuero, plástico y goma.					
Mezcladoras.	2, 5	1, 7	2, 6, 7	1, 7	4
Esmerilado.	2, 5	1, 7	2, 6, 7	1, 7	4
Fresado.	2, 5	1, 7	2, 6, 7	1, 7	4
Industria de la madera.					
Sierras, fresadoras, cepilladoras.	1	1, 6, 7	2, 6, 7	3	4
Lijadoras.	3	2, 7	3	1, 7	4
Transportes viruta.	1	1, 6, 7	2, 6, 7	3	4

SCHWEITZER, Philip A. Handbook of separation techniques for chemical engineers. McGraw-Hill. New York, 1988.

REFERENCIAS:

SCHWEITZER, Philip A. Handbook of separation techniques for chemical engineers. McGraw-Hill. New York, 1988.

MASSUET Grau, Vicente. La lucha contra el polvo en la industria. Ediciones Cedel. Barcelona 1969.

<http://enciclopediasalud.com> Fecha de recuperación 19 de marzo de 2011

Capítulo II Marco Teórico

En el presente capítulo se describen los principios básicos de funcionamiento así como las características principales de los sistemas que utilizaremos para desarrollar nuestro colector de polvos

2.1 Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que cumple las funciones de cerebro de cualquier aplicación, el cual incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora CPU¹⁰, memoria y unidades de entrada y salida es decir, incorpora todos los bloques funcionales de un Sistema Microprocesador en un solo encapsulado. La figura 2.0 muestra la estructura general de un micro controlador observándose que todas las partes de la computadora están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos.

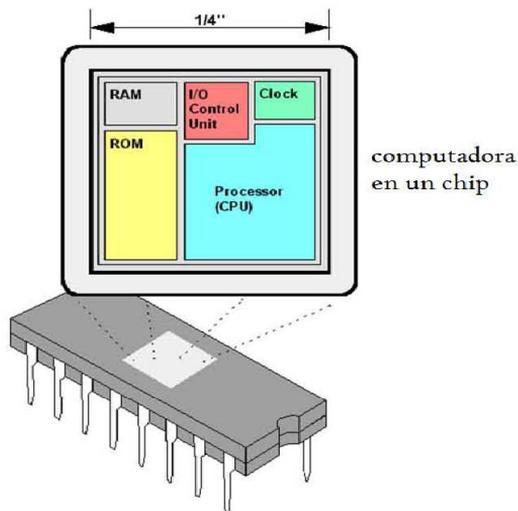


Figura 2.0 Partes de un microcontrolador

10.- CPU: unidad central de proceso

2.1.2. Diagrama de bloques de un Microcontrolador

En los micro controladores, existen dos tipos de memoria bien definidas: memoria de datos (típicamente algún tipo de SRAM) y memoria de programas (ROM, PROM, EEPROM, FLASH u de otro tipo no volátil).

La organización es distinta a las de las computadoras, porque hay circuitos diferentes para su uso y normalmente no se utilizan los registros de segmentos, sino que está segregada y el acceso a ellas depende de las instrucciones del procesador. La figura 2.1 muestra la forma en que un micro controlador es toda una computadora en un pequeño chip.

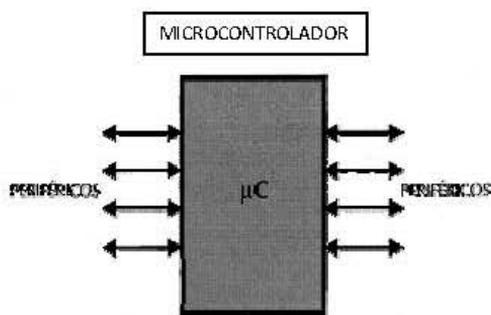


Figura 2.1 Micro controlador: toda una computadora en un pequeño chip

2.1.3 Arquitecturas interna del Microcontrolador

Existen dos tipos de arquitecturas para micro controladores, a continuación se describen sus elementos más importantes.

Arquitectura Von Neumann

Se caracteriza por tener una memoria única para los datos y las instrucciones del programa. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (control, direcciones y datos) la figura 2.2 (ver página 22) muestra ésta arquitectura.

ARQUITECTURA VON NEUMANN



Figura 2.2. Arquitectura Von Neumann

Arquitectura Harvard

Este modelo tiene la unidad central de proceso (CPU) conectada a dos memorias, una con las instrucciones y otra con los datos, por medio de dos buses diferentes. Una de las memorias contiene solamente instrucciones del programa (Memoria de Programa) y la otra sólo almacena datos (Memoria de Datos). La figura 2.3 muestra esta arquitectura.

ARQUITECTURA HARVARD



Figura 2.3. Arquitectura Harvard

2.1.4 Procesador

Es el elemento más importante del Microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción, así como la búsqueda de los operadores y el almacenamiento del resultado. Debido a la necesidad de conseguir elevados rendimientos en este proceso, se ha utilizado

el empleo generalizado de procesadores de arquitectura Harvard frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de Von Neumann.

2.1.5 Memoria.

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil y se destina a guardar las variables y los datos.

2.1.6 Puertos de entrada/salida

Los puertos de entrada y salida (E/S) permiten comunicar al procesador con el mundo exterior, a través de interfaces, o con otros dispositivos. Estos puertos son la principal utilidad de las terminales de un microprocesador.

2.1.7 Reloj principal.

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Esta señal del reloj es el motor del sistema y la que hace que el programa y los contadores avancen.

2.1.8 Recursos especiales

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma minimizará el costo de su aplicación. Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o Timers. Se emplean para controlar períodos de tiempo (temporizadores) y llevar una cuenta interna.
- Perro guardián o Watchdog. Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicia el sistema.
- Protección ante fallo de alimentación o PWRTE. Actúa retrasando el funcionamiento del pic al producirse un reset por conexión de alimentación y ruidos en la línea de alimentación.
- Estado de reposo o bajo consumo (sleep mode). Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento.
- Para ahorrar energía (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los Pic's), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos.

2.1.9 Arquitectura básica del microcontrolador

Al estar todos los elementos de un microcontrolador integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales Procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos la figura 2.4 (ver página 25) muestra el funcionamiento básico de un microcontrolador. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

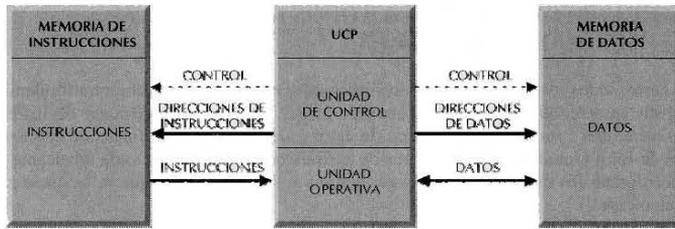


Figura 2.4. Funcionamiento básico de un microcontrolador

2.1.10 Aplicaciones de los microcontroladores.

Los microcontroladores son empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, hornos de microondas, refrigeradores, televisores, computadoras, impresoras, módems, coches, instrumentación, control de sistemas en una nave espacial, etc.

El mercado del automóvil es además uno de los más exigentes: los componentes electrónicos deben operar bajo condiciones extremas de vibraciones, choques, ruido, etc. y seguir siendo fiables.

2.2 Microcontrolador PIC

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es **PICmicro**, aunque generalmente se utiliza como *Peripheral Interface Controller* (controlador de interfaz periférico).

Los PIC son una familia de microcontroladores con procesador tipo RISC (reduced instruction set computer, ver apéndice página 77), procesador segmentado y arquitectura HARVARD.

Por tal motivo la familia pic posee un set de instrucciones pequeño de tan solo 35 instrucciones, con lo cual es muy sencilla su programación, además no requiere de recursos adicionales, no muy costoso. De la familia de pic nos inclinamos por el pic16f84A.

2.2.1 Micro controlador PIC 16F84

Para éste proyecto de tesis se ocupará el PIC 16F84.

El PIC 16F84 pertenece al tipo de los procesadores con arquitectura Harvard, es decir, la memoria de datos y de instrucciones se encuentran separadas.

Cuenta con los siguientes elementos: memoria de programa de 1kb x 14bits del tipo flash, borrrable y programable eléctricamente, 64 bytes de memoria EEPROM para el almacenamiento de datos permanentes en la memoria, memoria de datos formada por dos áreas: una de 22 registros de propósito específico, 68 de propósito general. En su memoria flash puede escribirse/borrarse 100,000 veces, en su memoria EEPROM puede escribirse/borrarse 1, 000,000 veces, en sus dos memorias flash/eeprom puede durar su información hasta 40 años, contiene función de protección de código, contiene la función sleep para mínimo consumo, cuenta con 2 puertos de entrada o salida de datos, 4 fuentes de interrupciones,

Un temporizador de 8 bits y perro guardián. En la figura 2.5 (página 27) se muestra a continuación su arquitectura.

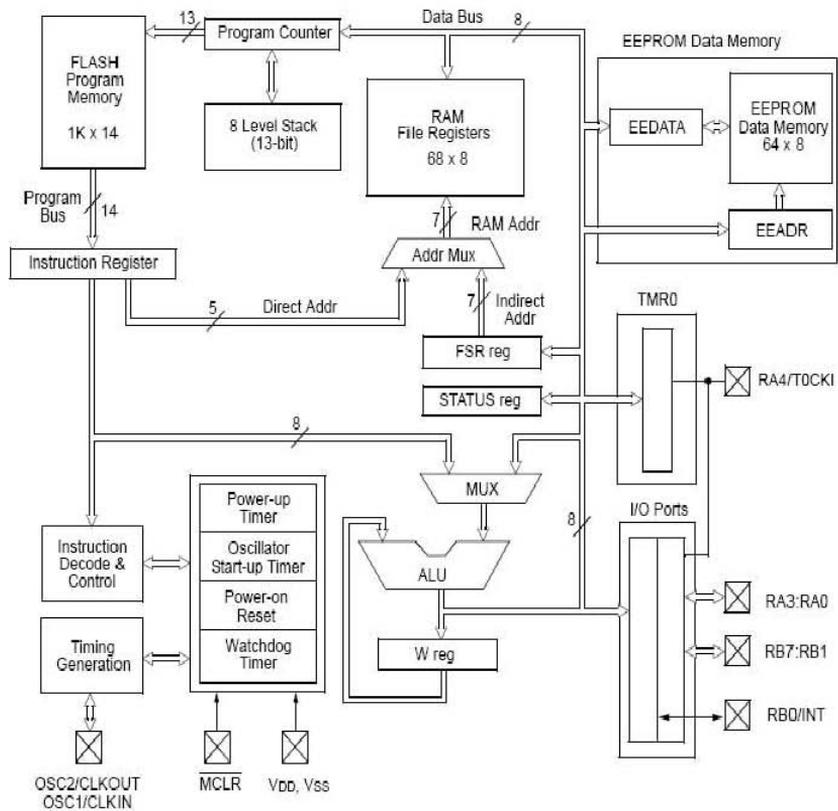


Figura 2.5. Arquitectura del PIC 16F84

2.2.2 Puertos digitales de Entrada y Salida

El PIC cuenta con 2 puertos , el puerto A cuenta con 5 bits disponibles, el puerto B cuenta con 8 bits disponibles, ambos puertos son bidireccionales.

2.2.3. Interrupciones del sistema

El PIC tiene cuatro fuentes de interrupción,

- Activación de la patatita RB0/INT
- Desbordamiento del TMR0
- Cambio de estado en el nibble mas alto de la puerta B
- Fin de escritura de de EEPROM de datos

La interrupción a nivel alto eliminará cualquier interrupción de prioridad baja que pueda estar en curso.

2.2.4 Terminales del pic16f84a

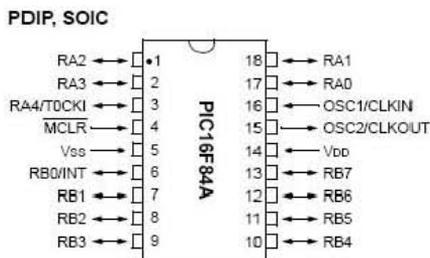


Figura 2.6 Terminales del pic16f84A

2.3 Sensor.

Sensor: Dispositivo que detecta variaciones en una magnitud física y las convierte en señal útil para un sistema de medida o control.

2.3.1 Sensor de presencia

Estos sensores presencia detectan la existencia de algún cuerpo extraño en su entorno pueden ser de cuatro tipos básicamente capacitivos, inductivos resistivos y reflexivos

Funcionamiento: una interferencia en campo de visión manda pulso internamente activando en su interior el dispositivo que genera la señal de salida a utilizar

Comparativa de Sensores: La gráfica de la figura 2.7 muestra las distintas variantes de algunos sensores. Se pueden ver los sensores que tiene capacidad para devolver una variación de distancia (sensores analógicos), y lo que devuelve un valor booleano para la detección a una distancia fija (sensores digitales).

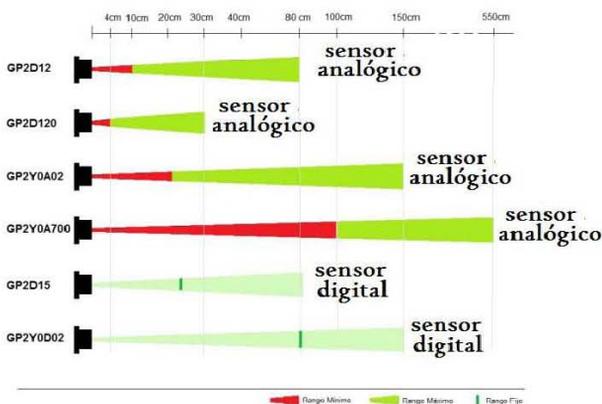


Figura 2.7 Gráfica comparativa de sensores.

Para detectar la presencia del polvo se puede usar un sensor analógico utilizando un fotoconductor y una lámpara, la desventaja que presenta este circuito es que el sensor tiene dos puntos de referencia para actuar. Nos inclinamos por un sensor presencial ya que es compacto y es un solo encapsulado.

Del mercado de sensores se elige un sensor de presencia tipo reflexivo, pueden estar “encendidos” y “apagados” (o modulados). Con esta modulación del emisor hace que el amplificador del fototransistor receptor pueda ser “conmutado” y que amplifique solamente a la presencia o ausencia de luz. Se elige un sensor del tipo retro- reflexivo, salida a transistor de donde se obtiene un disparo figura 2.8 para iniciar el ciclo de limpieza.

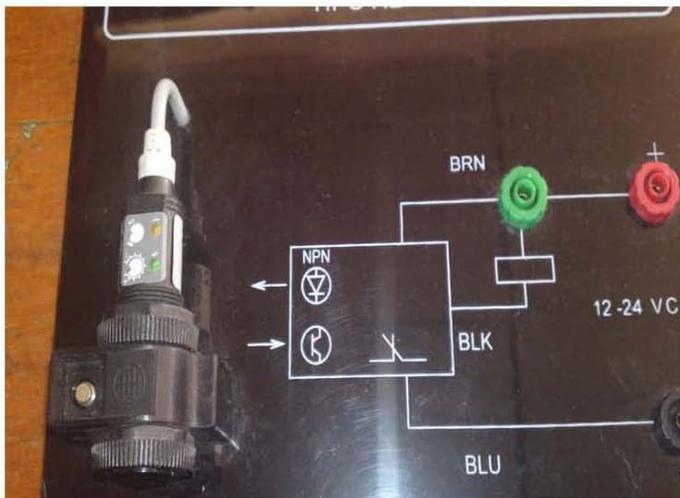


Figura 2.8. Sensor del sistema.

2.4 Motor ventilador Es un motor de corriente alterna monofásico y en su eje se colocan unas aspas las cuales generan un flujo de aire en una dirección. El flujo su unidad de trabajo son los C.F.M¹¹. La cual, es una medida que indica cuántos pies cúbicos por unidad de tiempo pasa por las aspas del ventilador su valor típico es de 0.85cfm.

2.5 Electro-válvula.

La válvula solenoide es un dispositivo que se usa para controlar el paso de líquidos o gases. Este tipo de válvula opera al alimentar su bobina provocando la apertura o el cierre de la misma.

2.6 Compresor

Se define como un componente que presuriza el aire del ambiente y lo dirige a un sistema neumático.

2.7 Filtro de partículas

Un filtro no permite el paso de partículas no deseadas

Referencias

José Angulo Usategui. Ignacio Angulo Martínez. Microcontroladores PIC Diseño y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. España 2003.

P Croser j. Thomson F Ebel. Fundamentos de Neumática. Festo. Denkeendorf 2000.

<http://www.microchip.com> Autor: Microchip Electronics Fecha de recuperación 11 de marzo de 2011

<http://www.telco.com> Fecha de recuperación 11 de marzo de 2011

11) CFM: Una medida de flujo de aire que indica cuántos pies cúbicos de aire pasa por un punto estacionario en un minuto. Sus siglas son tomadas del inglés.

CAPITULO III. SISTEMA DE LIMPIEZA

Para desarrollar este proceso se utiliza aire a alta presión tienen muchas aplicaciones en la industria, una gran cantidad de maquinaria está diseñada para trabajar con él.

En la actualidad muchas de las herramientas son neumáticas, es decir activadas por aire a alta presión también llamado aire comprimido.

3.1 El aire comprimido.

En particular, el aire comprimido se usa para la limpieza de los colectores de polvos.

El sistema de limpieza es muy importante en un colector, pues es el encargado de evitar que el polvo sature el filtro y lo dañe, por lo que cada cierto tiempo el sistema de limpieza tiene que activarse.

Antiguamente en los colectores de polvos el personal de las plantas solo abría el gabinete en donde se alojaban los filtros, desmontaban los filtros y los sacudían, lo anterior provocaba que se respiraran las partículas, muchas veces nocivas.

Más adelante se empleaba una palanca de sacudido, la cual lo único que hacía era sacudir el filtro de forma manual, en este procedimiento quedaba mucho polvo en el interior del filtro.

Conforme la tecnología ha ido avanzando se han empleado sistemas de limpieza de los filtros con aire comprimido.

3.2 Métodos de limpieza en colectores de polvo.

Existen diferentes métodos de limpieza de filtros, y pueden dividirse en manuales, mecánicos y de aire comprimido. La figura 3.1 (ver página 33) muestra esta clasificación.

MÉTODOS DE LIMPIEZA DE FILTROS EN COLECTORES DE POLVO.

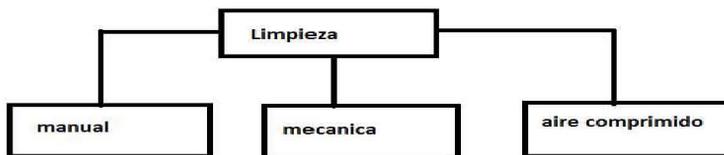


Fig. 3.1 Clasificación diferentes métodos de limpieza.

3.2.1 Manuales: Con una palanca manual se desempolvan los filtros, este procedimiento es exclusivo para colectores de polvo tipo bolsa.

Es uno de los procedimientos más antiguos para el sacudido de polvo, tiene como desventaja que quedan altas concentraciones de polvo adheridas en la tela de las bolsas.

3.2.2 Mecánicos: Con la ayuda de un motor y unas guías mecánicas, una vez que el ventilador se detiene, entra otro motor, por lo general monofásico, y con la ayuda de un reductor de velocidad mueve unas guías mecánicas que están sujetas al filtro provocando que el polvo caiga por gravedad a la tolva receptora.

La desventaja de este sistema es que en múltiples ocasiones el polvo se adhiere a las guías provocando daños en las partes móviles.

3.2.3 Por aire comprimido: El aire es una mezcla ambiental de gases incluidos oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua, el cual es una parte normal de la capa más baja de la atmósfera de la tierra.

El aire tiene la capacidad de comprimirse por presión, almacenando energía. Cuando se aplica una fuerza a un gas, su presión se eleva y puede causar cambios según las propiedades del gas.

En los últimos años lo más común es usar el aire comprimido para limpiar los filtros, esto se logra a través de pulsos que se disparan en la parte interior de los filtros (de bolsas o de cartuchos). La presión y cantidad de aire que se deben disparar en el interior del filtro dependen de la longitud y ancho de cada filtro, así como el flujo con respecto al tiempo con el que debe ser disparado. Por lo general, la presión estándar es de 90psi¹² y el pulso dura no más de 2 segundos a 0.85 CFM. Cuando el mecanismo de limpieza debe activarse, el colector se detiene y se deja pasar tiempo para detener la turbulencia dentro de la caja de filtros.

El polvo que es sacudido mediante la inyección de aire comprimido cae por gravedad a una tolva o cajonera en donde se recolecta posteriormente.

3.3 Partes básicas de un sistema de limpieza por aire comprimido.

Las partes básicas del sistema de limpieza por aire comprimido son las siguientes
Compresor, tuberías, filtros, válvulas

3.3.1 Compresor

Se define como un componente que presuriza el aire del ambiente y lo dirige a un sistema neumático.

3.3.1.1 Clasificación de los compresores

Básicamente existen dos clases de compresores Alternativos y Rotativos

ALTERNATIVOS: Reduce el volumen de un espacio provocando la presurización del aire.

Los compresores alternativos operan bajo el principio adiabático, mediante el cual se introduce el gas en un cilindro por la válvula de entrada, se retiene y comprime en el cilindro y sale por la válvula de descarga, en contra de la presión de descarga.

12) PSI: Unidad de presión abreviada del inglés (Pounds per Square Inch) libra por pulgada cuadrada.

Los compresores alternativos pueden ser clasificados de diversas formas se propone la siguiente:

Según su fase de compresión:

Monofásico: Cuando el pistón realiza una sola fase compresión.

Bifásico: Cuando el pistón realiza doble compresión.

Según las etapas de compresión:

De una etapa: Se realiza la compresión en una sola etapa.

De varias etapas: Se realiza en dos o más etapas. (Alta y Baja Presión).

ROTATIVOS: Impulsan y comprimen los gases mediante ruedas de paletas ejemplos:

Compresor de pistón líquido: Es un compresor rotatorio que tiene un rotor con paletas que gira en una carcasa elíptica, con los espacios entre las paletas sellados por un anillo de líquidos que gira con el rotor dentro de la carcasa.

Compresor rotativo (Tornillo): Compresores que derivan su capacidad de presurización desde dos cilindros roscados enclavados. La interacción de roscado macho-hembra atrapa y comprime el aire.

Las revoluciones sucesivas de los lóbulos reducen progresivamente el volumen de gas atrapado, entonces el gas ya comprimido es forzado axialmente por la rotación de los lóbulos helicoidales hasta la descarga.

Compresores de paletas: Compresor neumáticos que consisten de un rotor montado de manera descentrada en una cavidad circular. Mientras el rotor se da vueltas, las paletas atrapan el aire comprimido.

De lóbulos (roots): También conocidos como compresores de dos impulsores. Trabajan con los dos impulsores acoplados, montados sobre ejes paralelos para una misma etapa de compresión.

3.3.2 Tubería

El aire presurizado se transporta a través de tubo liso para evitar las pérdidas de presión en la tubería. Por lo general se usa tubería de cobre para largos tramos, en este caso, siempre deben de tomarse en cuenta las probables pérdidas por codos y filtros que estén instalados en la tubería. La figura 3.2 muestra el diagrama básico de suministro de aire.

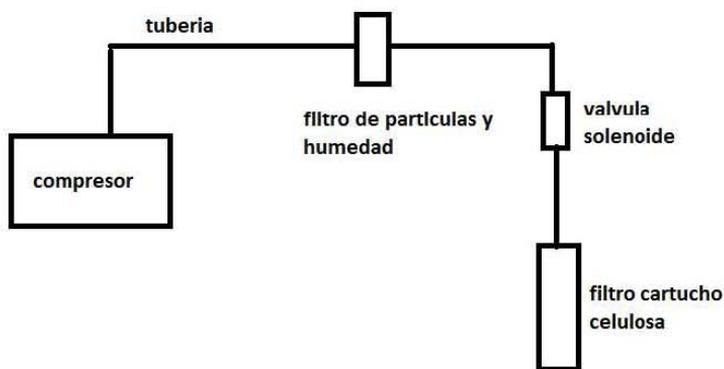


Figura 3.2. Diagrama básico de suministro de aire comprimido.

3.3.3 Filtro de partículas y coalescente

Por lo general el aire comprimido que sale del compresor sale con cierto grado de humedad y con algunas partículas que pueden dañar el filtro de los sistemas de colección de polvos, por lo anterior se requiere filtrar el aire y retirar alguna parte de la humedad, para emplean filtros que retienen las partículas y la humedad, por lo tanto el aire comprimido sale libre de partículas y de humedad.

El filtro coalescente elimina el agua y aceite pasando el fluido a través de una capa de fibra inorgánica, generalmente este tipo de filtro incluye dos etapas, la primera para las partículas sólidas y la segunda etapa para eliminar las húmedas.

3.3.4 La válvula solenoide

La válvula solenoide¹⁴ es un dispositivo que se usa para controlar el flujo de líquidos o gases. Este tipo de válvula se abre temporalmente para permitir el flujo del aire y como se muestra en la figura 3.3 consiste en 2 bobinas cilíndricas de alambre que generan una fuerza cuando se aplica una corriente eléctrica y un diafragma.

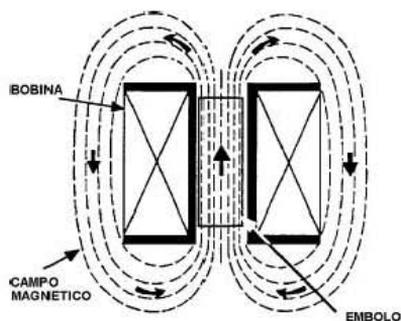


Figura 3.3. Se observan las bobinas cilíndricas de alambre, generando unos campos magnéticos que pasan por el émbolo.

Existen otros tipo de válvulas motorizadas que controlan el paso de un fluido, éstas se emplean en sistemas neumáticos proporcionales.

Al recibir voltaje la bobina genera un campo magnético que provoca que un resorte se desplace y abra la válvula. Por lo tanto la apertura o cierre se debe a una bobina energizada o desenergizada... La figura 3.4 (ver página 38) muestra el diagrama del recorrido del fluido desde la entrada a la salida.

14) Solenoide: alambre aislado enrollado en forma de hélice que al aplicar un voltaje circula una corriente y genera un campo magnético

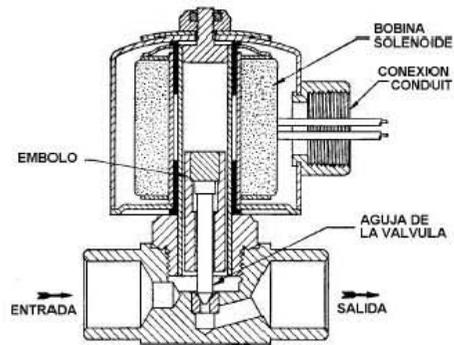


Figura 3.4. Diagrama de entrada y salida del fluido.

El campo magnético se activa o desactiva al proporcionarle corriente eléctrica. Por lo general, la bobina va montada arriba del cuerpo de la válvula. Al ser energizada la bobina, un resorte empuja el embolo para que cierre la válvula.

APLICACIONES

Esta válvula tiene infinidad de aplicaciones, las más comunes son:

- En aire acondicionado para el control del ciclo de refrigeración.
- En sistemas neumáticos industriales.
- En sistemas automotrices.
- Control de nivel de líquidos.

Referencias

Adolf Zener. Principios de electrotecnia. Editorial Reverte. España 1980.

Capítulo IV Diseño del sistema electrónico

El diseño del sistema electrónico tomara como base fundamental dos partes principales del colector de polvo para desarrollar su circuito. Deberá agregarse elementos secundarios para el manejo apropiado del sistema.

De las partes principales seleccionadas para un colector de polvo, podemos encontrar los siguientes:

- La válvula de limpieza.
- El motor ventilador.

Ambos tendrán la tarea principal de limpiar el aire de un área específica.

La secuencia que desarrollará el sistema electrónico de auto limpieza será el siguiente:

- Detectar la presencia del polvo
- Encender el motor ventilador un tiempo
- Apagar el motor- ventilador
- Actúa válvula de limpieza en tres ocasiones para limpieza del filtro
- Comienza el ciclo nuevamente

4. 1. Parámetros del sistema eléctrico.

La selección de la válvula y el motor determinan que el voltaje de alimentación del sistema será de 127V, 60Hz, $I=4.4A$ y una potencia aproximada de 560w a plena carga.

4.2. Selección de los componentes del sistema.

La selección de las partes que rodearán a la válvula y al motor- ventilador. Se tendrá que tener un componente que controle y detecte la presencia del polvo para iniciar el proceso de limpieza el cual será un sensor. El sistema será automático después de instalado.

4.2.1. Elemento de control

El elemento de control mandara al pic la señal ya acondicionada previamente. La función de este PIC será la de controlar y proporcionar los tiempos de encendido del motor ventilador, así como también, la apertura de la válvula de limpieza y asentamiento del polvo.

Debido a que sus salidas son digitales tendremos que adecuar las salidas. Así como, tratar de aislar el ruido que se pudiera filtrar al microcontrolador.

4.2.2 Diseño de la fuente de alimentación para el circuito de control.

Para el circuito de control los voltajes necesarios para el funcionamiento tanto de los sensores, como de los componentes del sistema de control son cinco y doce volts por lo que es necesario utilizar una fuente regulada que proporcione dichos voltajes. Dicha fuente está constituida por cuatro etapas, las cuales se muestran en el siguiente diagrama de bloques de la figura 4.1

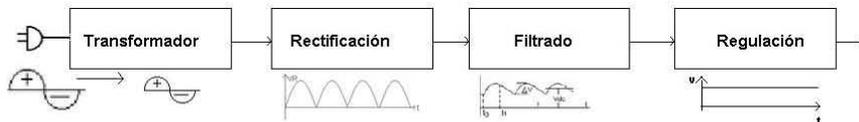


Figura 4.1 Diagrama de bloques de una fuente lineal

La primera etapa la constituye un transformador que reducirá el voltaje de 127 v a 18 v en corriente alterna, cuya corriente máxima de salida es de un Amper, puesto que la carga máxima que le suministrara a la fuente, tiene un consumo menor.

La segunda etapa la conforma un puente de diodos rectificadores de onda completa que convertirá la señal de voltaje de corriente alterna, para obtener una señal continua con rizado. Los diodos rectificadores que se utilizarán serán 1N4001, pues éstos toleran voltajes rms (root media square) de 35v y una corriente de 1 ampere, suficientes para nuestro diseño.

La tercera etapa de la fuente la constituye un capacitor electrolítico que filtrará la señal rectificada onda completa. La cual está compuesta de dos señales un rizado y una componente de directa. El voltaje del capacitor se deberá sobre dimensionar, este debe ser al menos diez unidades mayor que el voltaje que se recoja en el secundario del transformador. La regla que se aplica, suele estar sobre los 2000 μF por Amper de salida y el voltaje del doble del valor superior estándar al requerido, para la fuente de 1 A a 18 v, el capacitor electrolítico debe ser al menos de 2000 $\mu\text{F}/50\text{v}$.

La cuarta etapa la constituyen los circuitos integrados reguladores de voltaje, los cuales procesan el voltaje de salida del capacitor electrolítico, haciéndolo lineal y continuo, pues entregan un voltaje específico, invariable a través del tiempo. Del regulador LM7805, obtenemos un voltaje de salida típico de $V_o=5\text{V}$ y un voltaje de salida máximo de $V_o=5.2\text{V}$. El regulador de voltaje LM78012 entrega un voltaje de salida típico de $V_o=12\text{V}$ y un voltaje de salida máximo de $V_o=12.5\text{V}$. El circuito final en la figura 4.2

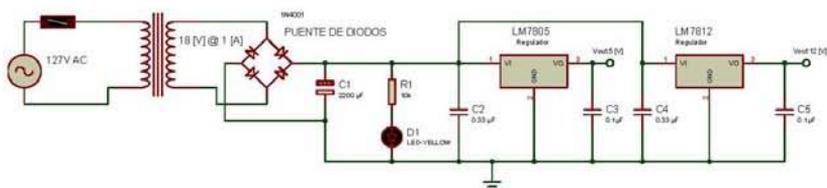


Figura 4.2. Diagrama de la fuente de alimentación para el circuito de control

4.2.3. Descripción del circuito de control

Una vez diseñada la fuente, el sensor es el elemento que nos permite iniciar el control del sistema. El sensor activará un relevador, que mandará un voltaje que llegará a un amplificador operacional (AOP) configurado como seguidor de voltaje alimentado éste a cinco volts, que también son proporcionados por la fuente de alimentación.

Por su característica de alta impedancia el AOP, evitará el paso de corrientes parásitas, que pudieran hacer trabajar de manera errónea al PIC, al cual llegará el pulso proveniente de la salida del amplificador operacional. El PIC a su vez, estará programado para procesar dicho pulso, de este modo podrá controlar tanto al motor ventilador prendiéndolo, permanecer en espera un tiempo considerable para que el ventilador conduzca el polvo hacia el sistema y posteriormente enviara tres pulsos, con un retraso entre cada uno, para activar la válvula, comenzando así la tarea de limpieza.

Se dispone de dos optoacopladores que servirán de aislantes entre la corriente continua y la corriente alterna, debido a que el sistema de control, trabaja exclusivamente con corriente continua. Por otra parte la válvula y el motor-ventilador trabajan con corriente alterna de 127v. Los MOC recibirán los pulsos de salida provenientes del PIC, estos voltajes saldrán procesados de ellos, hacia los respectivos TRIAC, conectados a cada uno de ellos, que a través de la compuerta de disparo (GATE) de cada TRIAC, conmutarán permitiendo el paso de corriente alterna tanto para el motor ventilador, como para el solenoide de la válvula. Nuestro diagrama de esta sección figura 4.3 (ver página 43).

15) AOP: abreviatura de amplificador operacional

Etapa de salida

Para aislar las salidas del PIC utilizaremos optoacopladores, a través de los cuales pasarán los pulsos que dispararán a los dos triac's para la válvula y el motor-ventilador.

4.3. Proceso de control.

El proceso que deberá desarrollar el micro controlador será en eventos sucesivos hasta terminar el ciclo y comenzar uno nuevamente, se describe a continuación.

- Sensa el polvo
- Detecta la interrupción el micro controlador
- Enciende el motor
- Corre tiempo de encendido
- Apaga el motor-ventilador
- Tiempo de asentamiento del polvo
- Acciona válvula de limpieza del filtro en tres ocasiones
- Tiempo de asentamiento del polvo debido a la limpieza
- Se prepara para detectar la existencia de polvo
- Repite paso uno

Descripción del programa del micro controlador

CONTROL DE FILTRO DE AIRE
MICROCONTROLADOR UTILIZADO P16F84A

Origen del programa

Vector de interrupción

Atiende la interrupción

Inicio de programa

Configura entrada y salidas

Configura flanco de la interrupción y la activa

Limpia puerto de entrada

Espera

Verifica la llamada de interrupción

Regresa a espera

Sub rutina de interrupción

Enciende motor un tiempo

Apaga motor

Tiempo de asentamiento del polvo

Enciende válvula en tres ocasiones

Tiempo de asentamiento del polvo

Regresa a programa principal.

Sub rutina de tiempo

Cuenta tiempo

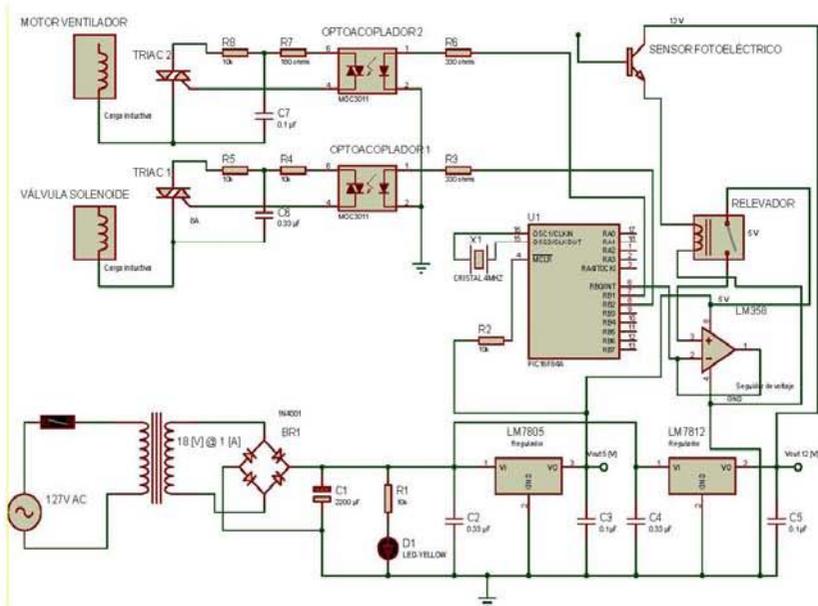
Regreso de llamada de tiempo

Fin de programa

Programa y set de instrucciones consultar apéndices.

4.4. Circuito general de interconexión.

De lo antes mencionado en este capítulo llegamos al circuito final que es el siguiente:



Referencias

José Angulo Usategui. Ignacio Angulo Martínez. Microcontroladores PIC Diseño y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. España 2003.

Robert F. Coughlin & Frederick F. Driscoll. Amplificadores operacionales y circuitos lineales. Editorial Pearson Prentice Hall. México 1999.

<http://www.microchip.com>. Autor: Microchip Electronics. Fecha de recuperación 11 de marzo de 2011

<http://www.datasheet.com>. Autor: National Power Databook. Fecha de recuperación 11 de marzo de 2011

CAPITULO V CALCULOS Y DISEÑO DEL COLECTOR DE POLVOS.

De acuerdo a lo tratado anteriormente se procede a realizar el cálculo teórico de colector de polvos, su diseño e implementación.

5.1 CALCULOS

Estos se realizaron de acuerdo a la selección de los componentes del colector

Ventilador 560w, 127v, Modelo RB40VA

Volumen de aire: 03.8 m³/min, (0.... 155.35 ft³ /min)

Presión: (0..... 5.5) KPas, (0 22 (W.G H₂O)

Nota: Condiciones a nivel del mar.

Velocidad de giro: (0..... 16000) rpm

Potencia: 560 W.

Filtro

Tipo: Cartucho

Área filtrante: 45 ft²

Material de fabricación: Celulosa cubierto con nano fibra.

Merv 13. (Ashrae)

Corrección de la presión estática.

Temperatura = 20 °C

Altitud: 0 msnm

Presión barométrica al nivel del mar= 785 mm Hg

Densidad= 1.2 kg/m³, (0.075 lb/ft³)

Temperatura= 20 °C

Altitud promedio ciudad de México= 2240 msnm

Presión barométrica promedio ciudad de México= 583 mm Hg

Densidad= 1.10 kg/m³

Ventilador (Descarga libre)

Presión (Nivel del mar)= 22 W.G H₂O

Presión (México D.F)= 16.6 W.G H₂O

16) W.G H₂O= pulgadas columna de agua.

Entrada= 2 in. (Succión)

Flujo aire= 76 CFM (ft³ min)

A.M.R= 1.69 CFM (ft³ min)

Caída de presión a través del filtro:

Filtro limpio= 1.8 W.G H₂O

Filtro sucio = 3.7 W.G H₂O

Comportamiento del ventilador

Filtro limpio (Flujo vs Presión estática)

A= 83 CFM vs 15.3 W.G H₂O

= 83 CFM vs 3.97 A

Filtro Sucio (Flujo vs Presión estática)

B= 72 CFM vs 13.4 W.G H₂O

= 72 CFM vs 3.70 A

Perdidas de presión (A través del filtro).

A-B= 1.9 in, W.G H₂O (Condiciones actuales)

A-B= 2.5 in, W.G H₂O (Condiciones nivel del mar)

Entrada de aire en manguera

Velocidad promedio= 3500 rpm

Flujo= 75 p.c.m

Perdida por fricción= 11. W.G H₂O x cada 100 ft

Pérdida real= 0.11. W.G H₂O

Factor= 1.37 Material rugoso

Pérdida total= 0.15 W.G H₂O

A continuación se muestra como queda la entrada y la salida de acuerdo a los cálculos hechos figura 5.1 (ver página 49).

17) CFM = flujo en pies cúbicos por minuto

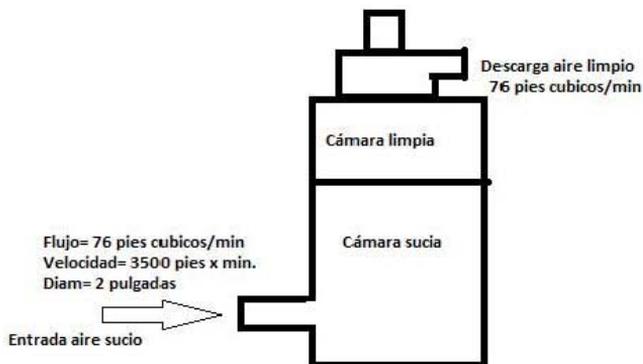


Figura 5.1 de datos de entrada y salida del colector.

5.2 Diseño del gabinete para el colector de polvos.

Para obtener el diseño del gabinete de nuestro colector de polvos, se consideró que las dimensiones debían permitir que los elementos del colector funcionaran de manera óptima, además de ser suficientemente grande como para dividirlo en varias cámaras para el paso del aire en sus diferentes etapas. Con estas premisas, después de explorar varias opciones, se pensó en el siguiente diseño.

La parte central del gabinete será el área donde entre el aire sucio y se lleve a cabo la limpieza del polvo, en el sistema la llamamos cámara sucia [1] figura 5.2 (ver página 50); siguiendo con las necesidades del gabinete se le añadió en la parte inferior de la cámara sucia un depósito para las partículas que se desprenden del filtro, la parte del cajón [2] figura 5.2 (ver página 50); es donde caerán los residuos del polvo y las partículas que resulten de la limpieza del filtro dentro del colector, se desarrolló en forma de cajón ya que esto nos hace más cómodo el retiro de los desechos de una forma rápida y sencilla, una vez " que el polvo se acumule" o "que la cantidad de polvo sea considerable" solo se tiene que sacar el cajón y sacudirlo, para posteriormente regresarlo a su posición original sin tener que abrir o desarmar ninguna parte del gabinete.

Una vez diseñadas las cámaras donde se concentra el polvo y los residuos pasamos al área del gabinete en donde se concentra el aire limpio que pasa a través del filtro y se succiona hacia la superficie para expulsarlo al exterior, por esta razón a esta parte se le llama cámara limpia [3] figura 5.2.

El diseño de esta área fue estudiado con mucho cuidado analizando las diferentes opciones que podíamos tener para acomodar los componentes restantes como el solenoide y el ducto de succión de aire.

El solenoide que es el que realiza la inyección del aire comprimido al filtro para limpiarlo y el ducto limpio que conecta a esta cámara con el motor que succiona el aire para sacarlo al exterior.

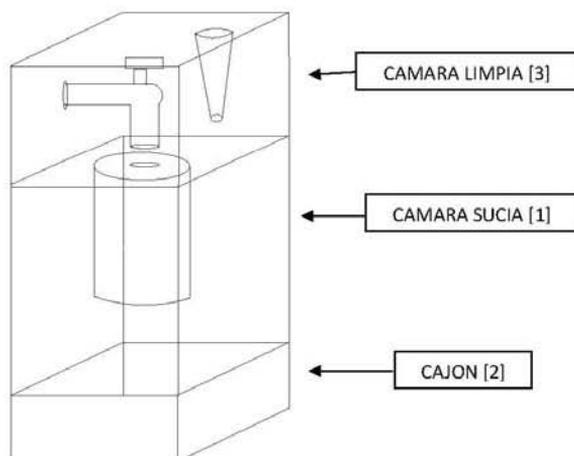


FIGURA 5.2 DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DEL GABINETE PARA EL COLECTOR DE POLVOS.

Se optimizaron las dimensiones y condiciones para obtener la cámara limpia, ya que es la parte más compleja del gabinete en cuanto a elementos y su colocación.

El motor, el compresor, el sensor y el tablero electrónico no son necesarios dentro del gabinete y se colocan fuera para facilitar su mantenimiento y reparación.

El diseño del gabinete del colector de polvo está basado en las necesidades básicas de cada elemento en nuestro sistema y es por esto que también tenemos que considerar que cada uno de estos lleva sus propias conexiones, ya sean eléctricas o mecánicas.

A partir de las características de cada dispositivo, se diseñó una posición que permitiera el funcionamiento ideal con sus conexiones, que son las siguientes: conectores mecánicos de plástico y fierro así como mangueras plásticas, abrazaderas metálicas y cables de alimentación eléctrica.

Esto implica establecer conjuntamente con cada parte del sistema su colocación dentro o fuera del gabinete y planear el lugar correcto de los orificios por donde pasaran mangueras o cables y evitar problemas de sellado que ocasionen fugas de aire que puedan provocar pérdidas de presión en la succión. Figura 5.3 (ver página 52).

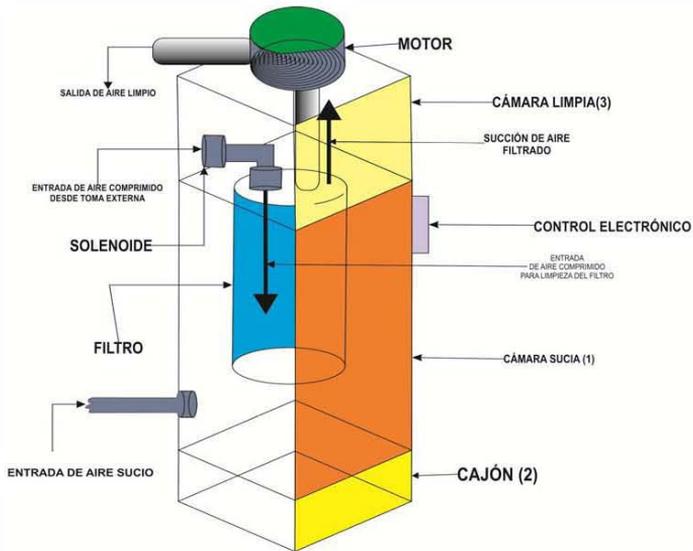


FIGURA 5.3 DISEÑO DEL GABINETE Y ELEMENTOS DEL COLECTOR DE POLVOS.

Una vez ubicados los elementos con sus conexiones en el gabinete del colector de polvos es posible estructurar los diagramas con las dimensiones reales de nuestro gabinete, lo cual nos permite tener parámetros y decidir el material que más nos convenga para fabricarlo, consideramos el peso de cada componente para tener una referencia y saber la rigidez del material que se debía utilizar.

Otro aspecto importante para el diseño del gabinete era conocer como se comportaba cada elemento ya funcionando, es decir, el movimiento de vibración o en su caso el impacto del aire ya que tanto en la succión como en la inyección, el aire presenta cierta fuerza que se ejerce directamente sobre el gabinete y en los dispositivos.

Al tener definidas las características de tamaño, peso y movimiento de los elementos se desarrolló el diseño final del gabinete, se determinó con exactitud las medidas y formas que teníamos que implementar para colocar las partes que conforman el colector de polvos.

5.3 Elección de los materiales para la fabricación del gabinete.

Para elegir los materiales idóneos para elaborar el gabinete del colector de polvos, primero nos enfocamos en estudiar las características de cada elementos que habíamos recopilado en el diseño del gabinete y a partir de esto decidir el material de acuerdo a la rigidez y la fuerza que necesitaba el gabinete para soportar la presión del aire y el soporte de los elementos que conforman el sistema.

Una de las condiciones más importantes que debía presentar nuestro material era el manejo para unirlo a otros materiales y que pudiera sellarse con facilidad para evitar fugas de aire que afectaran al sistema.

Con lo anterior llegamos a la conclusión de que tenía que ser un plástico rígido que no se deformara fácilmente y que soportara el peso de los componentes.

Partiendo de estas condiciones buscamos información acerca de los plásticos utilizados en el área mecánica para la fabricación de piezas o estructuras protectoras y encontramos lo siguiente:

MATERIALES TERMOPLÁSTICOS

Los termoplásticos están constituidos por cadenas unidas entre sí débilmente .Es un tipo de plástico que permite calentar, moldear y enfriar en un número de veces indefinidas. Es por esto que pueden ser utilizados en infinidad de productos y elementos de plástico que necesiten firmeza.

Tabla 5.1 Clasificación de los termoplásticos y características.

NOMBRE		PROPIEDADES	APLICACIONES
Policloruro de vinilo (PVC)		Amplio rango de dureza Impermeable	Tubos, desagües, puertas, ventanas
Poliestireno (PS)	Duro	Transparente pigmentable	Juguetes, carcasas, coche
	Expandido (porexpán)	Esponjoso y blando	Aislamiento térmico y acústico, envasado , embalaje ("corcho blanco "),
Polietileno (PE)	Alta densidad	Rigido, resistente y transparente	Utensilios domésticos (cubos, juguetes)
	Baja densidad	Blando y ligero, transparente	Depósitos, envases alimenticios
Polimetilmetacrilato (PMMA)		Alto rango de rigidez, Transparente y rígido.	Ventanas, óptica, automóviles y la construcción.
Policarbonato (PC)		Fácil de trabajar, moldear y termoformar,.	Faros, pilotos de automóvil, ventanas, carteles luminosos, gafas de protección, relojes...

Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Enciclopedia del plástico 2000, Publicación del Centro empresarial del plástico, México D.F., México

De acuerdo a la información de la tabla anterior y dentro de este rango de plásticos que son utilizados para estructuras nos enfocamos concretamente en buscar información acerca del Polimetilmetacrilato para tener referencias y como resultando se obtuvo la siguiente información:

Polimetilmetacrilato (PMMA): Plástico acrílico o también conocido como polimetacrilato de metilo. La lámina de acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en láminas. Tiene excelentes características mecánicas, resistencia a la intemperie y se puede pulir con facilidad.

También se utiliza para fabricar objetos que permitan el paso de la luz y la visión a través de estos, ya que se puede encontrar en una presentación traslúcida o transparente.

En ocasiones se emplea como sustituto del vidrio con el beneficio de una mayor resistencia a los golpes debido a su rigidez. Otras aplicaciones del metacrilato son las ventanas o paneles de diversos tipos, piezas de óptica, muebles, en la industria del automóvil y la construcción.

Considerando la información de este material y de acuerdo a nuestras necesidades se decidió que este plástico acrílico, a diferencia de otros materiales, sus características nos permitían trabajar con más comodidad y sellarlo con facilidad.

El acrílico se adhiere fácilmente con silicón porque es un pegamento que además de sellar puede unir fácilmente dos partes de acrílico o este con otros materiales como lamina, aluminio y otros plásticos de diferentes propiedades.

La información de los conceptos presentados nos indican los materiales para la fabricación de nuestro gabinete, también se utilizarán partes metálicas para las conexiones y algunas de plástico como mangueras. Para fijar y sellar estos elementos así como el motor y el solenoide se usara el silicón que nos da ventajas por sus características y por su fácil aplicación.

Por último, los soportes que utilizaremos para fijar el filtro a la base serán algunos tornillos con tuercas que nos ofrecen una mejor fijación al gabinete los cuales se pueden instalar fácilmente en el acrílico y nos ofrecen la rigidez necesaria para soportar los elementos sin tener problemas de vibración.

5.4 Construcción del prototipo y verificación del diseño.

Una vez que se tenía diseñado el gabinete del colector de polvos y se decidieron los diversos materiales para su fabricación se desarrolló un prototipo que nos serviría para conocer el comportamiento real y si los cálculos junto con las dimensiones que inicialmente habíamos planeado para el gabinete funcionarían como habíamos pensado o si era necesario hacer cambios en el diseño por alguna cuestión física o característica en el funcionamiento real de los componentes al trabajar conjuntamente.

El prototipo tenía características físicas y tamaños semejantes a cada cámara al gabinete que se diseñó inicialmente.

Buscamos un cuerpo (ver imagen 5.1) que nos sirviera como base para trabajar la base del gabinete, y que fuera de práctico manejo y de bajo costo encontramos un bote de plástico de dimensiones necesarias para almacenar el filtro y que nos permitiera representar las tres cámaras que componen al gabinete.

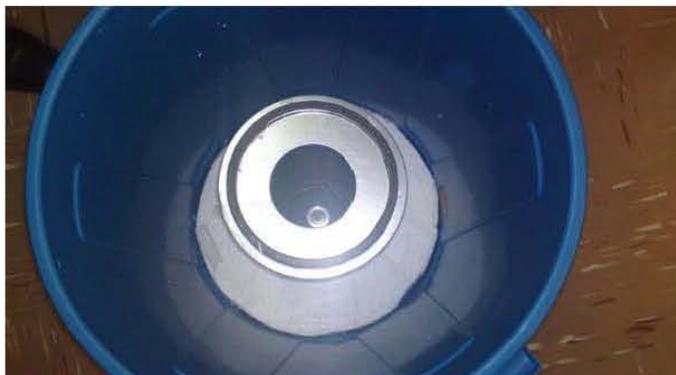


IMAGEN 5.1 INSTALACIÓN DEL FILTRO EN EL PROTOTIPO.

Para separar las cámaras utilizamos placas de unicel (ver imagen 5.2) cortadas a la medida, en la parte inferior del bote y en la parte media para almacenar el filtro, delimitar la cámara sucia y la cámara limpia con los orificios necesarios para las entradas y salidas de aire necesarias y la interacción de este con los elementos y con esto observar su funcionamiento real para captar el polvo y verificar el sistema de limpieza en cada cámara.



IMAGEN 5.2 USO DE UNICEL PARA DELIMITAR CAMARAS EN EL PROTOTIPO.

En esta parte también se decidió utilizar silicón con la finalidad de verificar desde este punto que su adherencia fuera la que necesitábamos, así como hacer pruebas para observar su comportamiento al trabajar con plásticos rígidos tomar las debidas precauciones en su aplicación y tiempo que necesitaba para endurecerse en la unión de partes de plástico rígido y de diferentes materiales como mangueras y cables, además revisamos su desempeño como sellador para evitar fugas de aire.

Por otra parte se acondicionó la tapa del bote para ser la parte superior del gabinete y que en esta se alojaran, tanto el motor de la succión en la parte exterior, como el solenoide en la parte interior del bote que sería la cámara limpia. Ahí mismo instalamos el ducto que conecta la cámara limpia con el motor.

Para poner a funcionar el colector de polvos se hicieron las conexiones necesarias instalando mangueras y conexiones eléctricas para el sistema de control y la alimentación del motor.

Al implementar el prototipo, nos pudimos percatar de que teníamos que definir con más precisión algunas conexiones, como las de solenoide con el compresor, ya que las salidas de sus conectores tenían diferentes diámetros y se tenía que utilizar reducciones para conectar las mangueras necesarias. En la parte mecánica nos dimos cuenta que al utilizar un ducto recto en vez de uno con pliegues, teníamos una menor pérdida de presión, se comprobó que el aire que se inyecta para la limpieza del filtro era suficiente y el sistema funcionaba correctamente (ver imagen 5.3).



IMAGEN 5.3 COLOCACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PROTOTIPO Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.

5.5 Proceso de fabricación del gabinete y fijación de elementos.

Con la estructura del sistema prototipo como base y teniendo definidas las partes del gabinete, ya estábamos en posibilidades de fabricarlo y comprobar que las dimensiones que teníamos en el prototipo eran apropiadas, en las pruebas realizadas a este; se verificó el correcto funcionamiento del motor para la succión de aire y en el solenoide la expulsión de aire para la limpieza del filtro, con estas bases, decidimos que las medidas del gabinete tenían que ser lo más cercanas posibles a las del prototipo para garantizar que el funcionamiento fuera igual en nuestro gabinete final ya que utilizaríamos los mismos elementos.

Las medidas del gabinete se presentan en el siguiente diagrama, figura 5.4

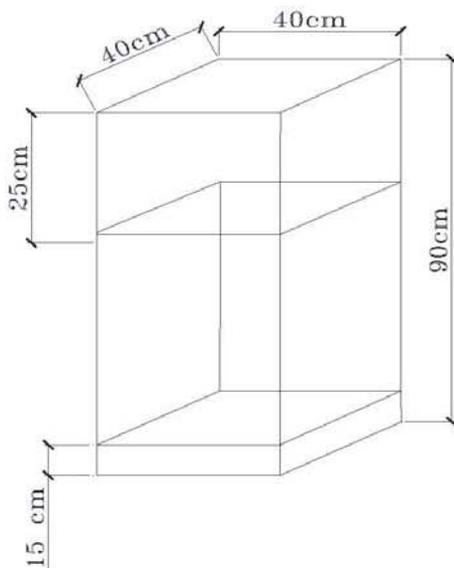


Figura 5.4 DIMENSIONES DEL GABINETE

Con las medidas establecidas y con la previa decisión de que el gabinete sería de plástico acrílico buscamos un tipo de este que se adaptara a las necesidades del gabinete, pero esto no resultó tan fácil ya que dentro de los plásticos acrílicos existe una amplia gama de estos, y a simple vista parecían similares pero que realmente sus características eran diversas como se observa en la imagen 5.4.

Al principio elegimos sin experiencia un acrílico que utilizamos como referencia para ver su comportamiento y resultó que en las primeras pruebas donde se montaron los elementos del colector que tenían un peso considerable, el acrílico resultó ser frágil y de poca resistencia así que no soportaba el peso de los elementos y se rompía por falta de rigidez, partiendo de esto se tuvo que hacer una investigación de campo y visitar directamente a proveedores de acrílico para verificar físicamente las propiedades del material destacando el peso que soportaba y el acabado que se podía manejar como el color y la textura.

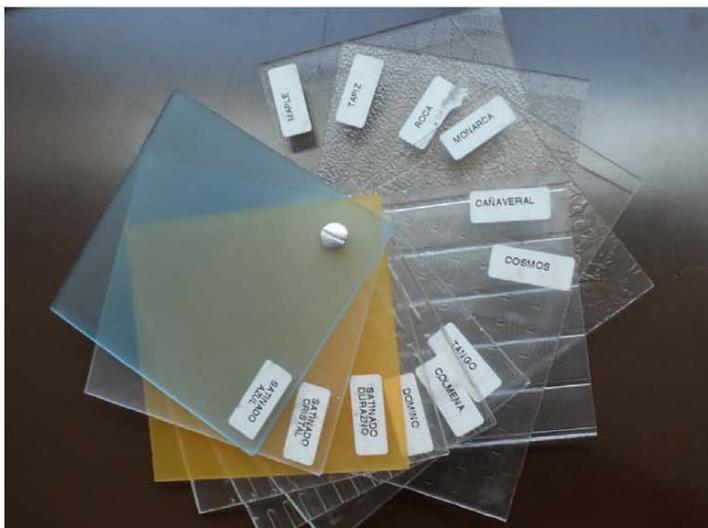


IMAGEN 5.4 DIVERSAS PRESENTACIONES DE ACRILICO.

Dentro de nuestra investigación de los materiales encontramos un distribuidor de acrílico que nos proporcionó la orientación necesaria sobre los usos y las características de los diferentes acrílicos, para que nosotros escogiéramos el que más nos conviniera de un par de propuestas ya que el material presentaba diversos costos por sus características, de tal forma que al final se decidió que el acrílico que usaríamos sería tipo cristal de grado semi industrial con acabado liso transparente de 6mm de espesor para la estructura del cuerpo y el mismo material pero de 12mm de espesor en la base superior de la cámara limpia que es donde se tiene la mayor carga de peso.

La ventaja principal que presentaba el distribuidor es que en sus talleres realizaban los cortes y doblado del material que al principio se compra como una lámina de una sola pieza y que presentando nuestro diseño previo se trabajaría para llevar a cabo los cortes de las partes que conforman al gabinete y nos facilitaba mucho la fabricación para evitar problemas en las divisiones del material y en las uniones ya que estas serían trabajadas con un proceso especial que se le da al acrílico para doblarlo por medio de calentamiento.

Una vez que se tenía completamente identificado el material y como se fabricaría comenzamos con la primera parte de este proceso, con las medidas del diseño se empezó a trabajar y lo primero fue cortar y moldear el acrílico para formar tres de las cuatro paredes externas del gabinete junto con la base inferior y con estas soportar la parte superior de la cámara limpia como se muestra en la imagen 5.5 (Ver página 62).

Después se colocó la placa superior del gabinete esta base es de mucha importancia ya que el calibre del acrílico de las paredes del gabinete se propusieron de acuerdo al peso de esta placa que tuvo que ser considerada de un espesor mayor para poder soportar al motor y el solenoide que son los componentes con mayor peso del colector de polvos y por tal motivo esta superficie es de 12mm mientras que las paredes del gabinete así como sus demás partes son de un espesor de 6mm.

Lo anterior se decidió a partir de la pruebas preliminares que se hicieron con un acrílico de menor calibre y que no soporto el peso de los elementos ya que se doblaba cuando los colocamos y una vez funcionando estos, presento una ruptura en su estructura, considerando esto se decidió usar un mayor espesor en el acrílico de esta superficie para evitar fisuras por fragilidad del material.



IMAGEN 5.5 BASE DEL GABINETE Y SUPERFICIE SUPERIOR.

Una de las paredes no se colocó junto con las otras ya que en el diseño, se planeó que funcionaría como una puerta abatible y se consideró de esta manera por tres cuestiones importantes del gabinete; la primera es porque después de fabricar el gabinete se tenían que instalar los elementos internos y esto sería por medio de este acceso, la segunda fue para retirar el cajón de acumulación de residuos por esta puerta y la tercera es porque se consideró que si era necesario algún mantenimiento al sistema se tendría que abrir el gabinete y esto se podría hacer con esta parte sin tener desajustes en la estructura.

La siguiente parte que se trabajó fue la separación entre la cámara limpia y la sucia que también es la superficie que sirve como base para sujetar el filtro y lleva un orificio que es el ducto para el paso de aire tanto en succión como en inyección, y este elemento se fabricó considerando dos soportes laterales en el gabinete para deslizarlo y quitarlo con facilidad para cualquier mantenimiento o cambio.

La placa es completamente desmontable pero se ajustó perfectamente a la estructura perimetral del gabinete con el fin de impedir el paso de aire sucio, que se encuentra en la parte inferior y mantener el tener el aire limpio, del lado superior de la superficie en la cámara limpia. Esto se aprecia en la imagen 5.6 (ver página 64).

Continuando con la fabricación de las partes del gabinete se conformó según el diseño la parte del cajón, ajustando su integración al gabinete para que también fuera deslizable por la superficie inferior de la cámara sucia y poder sacarlo sin problemas cada que se requiera limpiarlo y cumplir con su función de acuerdo al sistema acumulando en este el polvo que resulta de la limpieza del filtro para su posterior retiro.



IMAGEN 5.6 COLOCACIÓN DE PLACA PARA DIVISIÓN DE CÁMARAS.

La siguiente actividad fue hacer los orificios que se proyectaron en el diseño por donde pasaran las conexiones de las mangueras de alimentación de aire y también por los que se conectara el ducto del motor de succión, la instalación del solenoide y el de la entrada de aire sucio.

Por último se montó en el gabinete la placa de acceso al gabinete que se mencionó anteriormente y para su instalación se necesitaron colocar bisagras también de acrílico, en la estructura perimetral que ya se había armado y que son el elemento que nos proporciona el abatimiento y soporta la placa perimetral para que funcione como puerta. Como se puede apreciar en la imagen 5.7 (Ver página 65).



IMAGEN 5.7 PUERTA DE ACCESO AL SISTEMA

Ya que se conformó el gabinete con todas sus partes, se instalaron los elementos del sistema, primero se colocó el solenoide para centrarlo y que coincidiera la boquilla de disparo directamente al orificio del filtro y todas sus conexiones, el siguiente fue el motor y su soporte mediante la boquilla de succión para terminar con el control electrónico y los sistemas de medición del aire.

Una vez que se instalaron los elementos se procedió a sellar el perímetro de la puerta para evitar fugas de aire con una cinta especial que tiene pegamento por los dos lados y se adhiere a los extremos en contacto también las partes de ajuste de los orificios se sellaron perfectamente con silicón para evitar pérdidas de presión por fugas de aire.

El gabinete junto con los elementos que forman el sistema del colector de polvos se encontraban listos y con esto la parte de fabricación quedo concluida y daba paso a las pruebas del gabinete y las del colector de polvos en general. Como se ver en la siguiente imagen 5.8



IMAGEN 5.8 COLECTOR DE POLVOS CON SISTEMA DE AUTOLIMPIEZA CONCLUIDO.

Referencias

Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Enciclopedia del plástico 2000, Publicación del Centro empresarial del plástico, México D.F., México

CAPITULO VI PRUEBAS Y CONCLUSIONES

Se realizaron pruebas a cada sistema que conforma el colector de polvo y se determinara si es funcional cada una de ellas.

6.1 Pruebas al sistema eléctrico y electrónico.

Del sistema eléctrico se mide el consumo de potencia absorbe una corriente total de 4.2A, 127v absorbe una potencia total de 540w.

Respecto a la parte electrónica, constatamos que el circuito electrónico, tuvo un adecuado funcionamiento y desempeño, la fuente de voltaje proporcionó voltajes de cinco y doce volts como se esperaba, no tuvo sobrecalentamientos, puesto que la diseñamos pensando en una carga mucho más grande para la que fue calculada.

Para la fuente de voltaje tomamos en cuenta los valores máximos de consumo de energía de los dispositivos a los cuales se requiere alimentar como el relevador, el amplificador operacional, el pic, los optoacopladores y los triac's.

En cuanto al circuito de control, realizó las tareas indicadas tal como se deseaba, constatamos como al atravesar polvo por el sensor, éste se activaba enviando la señal al relevador para que a su vez mediante un amplificador operacional configurado como seguidor de voltaje, le indicaba al PIC que debía comenzar a trabajar, activando el motor del ventilador, para que pasados cinco minutos de ciclo de trabajo, el PIC apagara el ventilador, esperara treinta segundos y posteriormente enviara tres pulsos hacia la válvula en intervalos de diez segundos, con lo que constatamos que el sistema automático de limpieza, obtuvo un adecuado desempeño.

6.2 Pruebas de funcionamiento general al colector de polvos.

Las pruebas que se realizaron al gabinete se basaron principalmente en poner a funcionar el sistema y una vez que este comenzó a trabajar y a realizar su ciclo de limpieza, nos enfocamos esencialmente en verificar el comportamiento del gabinete durante el funcionamiento de los componentes del sistema y comprobar su resistencia al tener encima peso, así como la firmeza de la estructura para evitar que hubiera vibración por el movimiento del motor y al mismo tiempo soportara la presión del aire en la succión y en los disparos al inyectar el aire por el solenoide y la rigidez del acrílico para revisar que no existiera alguna deformación del material.

También se revisaron los niveles de presión en cada cámara y esto nos ayudo a checar en donde había fugas de aire y comprobar que el gabinete estuviera sellado perfectamente tanto en sus uniones como en los orificios de instalación de elementos. Se puede observar en la imagen 6.1.



IMAGEN 6.1 Pruebas de funcionamiento al gabinete

Los resultados de las pruebas realizadas al gabinete fueron importantes para nosotros ya que éste se comportó de forma adecuada y esto nos permite continuar con las pruebas generales al sistema completo.

No existieron complicaciones con el acrílico y con el diseño que se propuso, aunque la presión del aire era fuerte la estructura del gabinete nunca perdió su postura inicial.

Cada cámara trabajo correctamente así como los elementos instalados del sistema, desempeñando cada uno su parte y verificamos que la fabricación del gabinete resulto exitosa ya que se comporto de acuerdo a lo que esperábamos desde el diseño inicial y junto con lo que trabajamos con el prototipo nos sirvió para finalmente plasmar en éste gabinete todas las experiencias obtenidas y correcciones para obtener un optimo comportamiento.

6.3 Medición de niveles de vibración.

El exceso de vibración provoca el daño en las partes de la maquinaria, en los ventiladores altos niveles de vibración provocan daño en los baleros del motor, desbalance de la turbina, des alineamiento y holguras mecánicas.

El máximo nivel permisible de la vibración será determinado de acuerdo a la velocidad de rotación del ventilador, es decir dependerá de las revoluciones por minuto de la turbina.

A mayor velocidad de giro de una turbina el nivel permisible de vibración será menor.

En este caso, la turbina gira a una velocidad máxima de 16,000 revoluciones por minuto.

Tabla de severidad de la vibración.

Para conocer si el equipo se encuentra dentro de los límites permisibles debemos de medir los niveles de vibración en los soportes de la flecha.

De acuerdo a la carta general de severidad TABLA 6.1, el equipo se encontrará dentro de los límites permisibles si no rebasa el valor de 0.8mils p-p.¹⁸

Eje x.- Velocidad de giro. (R.P.M)

Eje y.- Desplazamiento Milésimas pico a pico máximo permisible.

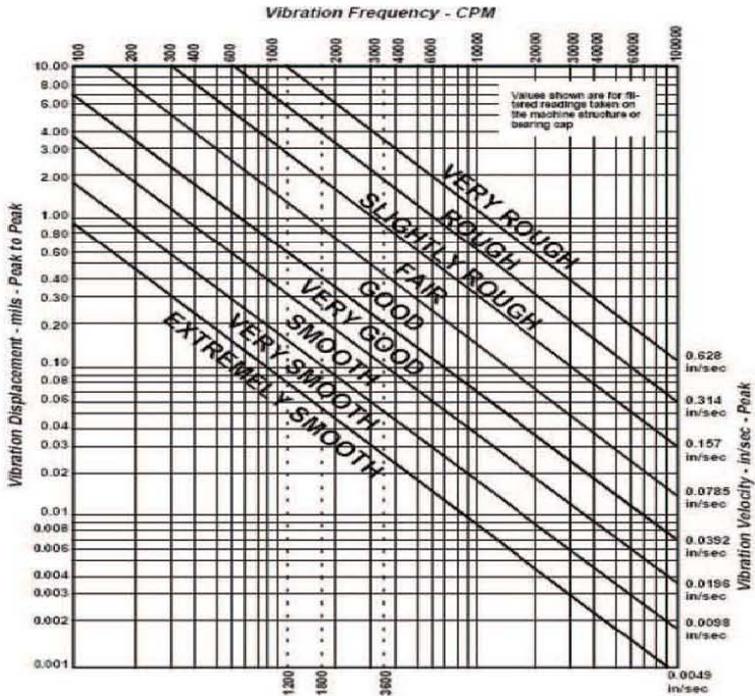


TABLA 6.1 carta general de severidad.

18) Mils p-p: Milésimas pico a pico. Es la unidad de desplazamiento de la vibración. Sistema internacional de unidades.

Resultados obtenidos de la medición de vibración figura 6.2.

A.- 0.11 Mills p-p

B.- 0.14 Mills p-p

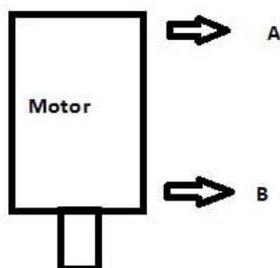


Figura 6.1

CONCLUSION: EL VENTILADOR SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO DE BUEN FUNCIONAMIENTO.

EQUIPO: MEDIDOR DE VIBRACIONES BALMAC, MILS P-P, IPS PK.
DIGITAL.

6.4 RESULTADOS.

Parámetros obtenidos del colector de polvos son los siguientes:

En parte eléctrica y electrónica se obtuvo un consumo menor al calculado teóricamente, se logró aislar las interferencias externas que pudieran afectar al microcontrolador. Se logró detectar de manera adecuada la presencia del polvo.

De la prueba de medición de flujo se obtuvieron las siguientes mediciones.

Caída de presión a través del filtro:

Filtro limpio= 1.75 W.G H₂O

Filtro sucio = 3.58 W.G H₂O

Comportamiento del ventilador

Filtro limpio (Flujo vs Presión estática)

A= 83 CFM vs 15.3 W.G H₂O

= 83 CFM vs 3.97 amperes

Filtro Sucio (Flujo vs Presión estática)

B= 72 CFM vs 13.4 W.G H₂O

= 72 CFM vs 3.70 amperes.

Ver figura 6.3

Perdidas de presión (A través del filtro).

A-B= 1.75 W.G H₂O (Condiciones actuales)

A-B= 2.5 W.G H₂O (Condiciones nivel del mar)

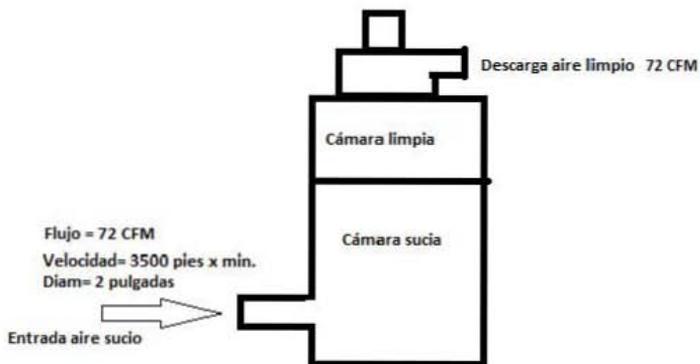


Figura 6.2 Mediciones de flujo (PCM)

Entrada de aire en manguera

Velocidad promedio= 3328 rpm

Flujo= 71 CFM

Pérdida por fricción= 11 W.G H₂O x cada 100 fts

Pérdida real= 0.2 W.G H₂O

Factor= 1.37 Material rugoso

Pérdida total= 0.27 W.G H₂O x metro

Pérdida total por caída de presión:

FILTRO LIMPIO:

$1.75 + 0.27 = 2.02$ W.G H₂O

FILTRO SUCIO

$3.58 + 0.27 = 3.85$ W.G H₂O

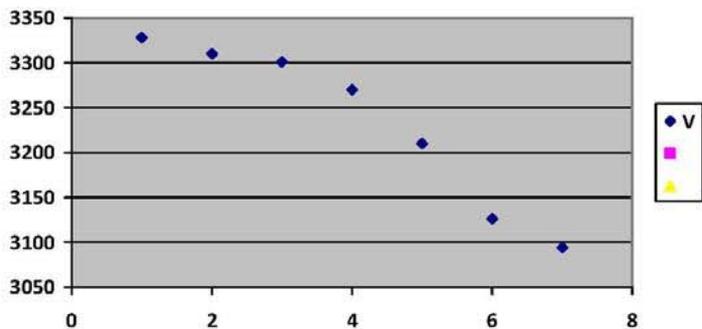
NOTA: MIENTRAS MAS SE ENSUCIA EL FILTRO ES MENOR LA VELOCIDAD DE TRANSPORTE DE LA PARTICULA Y MAYOR LA CAIDA DE PRESION EN EL FILTRO.

TABLA DE COMPORTAMIENTO

VELOCIDAD DE AIRE VS CAIDA DE PRESION

RPM	vs	W.G H₂O
3328	vs	2.02
3310	vs	2.85
3301	vs	3.10
3270	vs	3.40
3210	vs	3.62
3126	vs	3.76
3094	vs	3.84

A continuación se muestra gráfica de respuesta velocidad de aire vs caída de presión gráfica 1

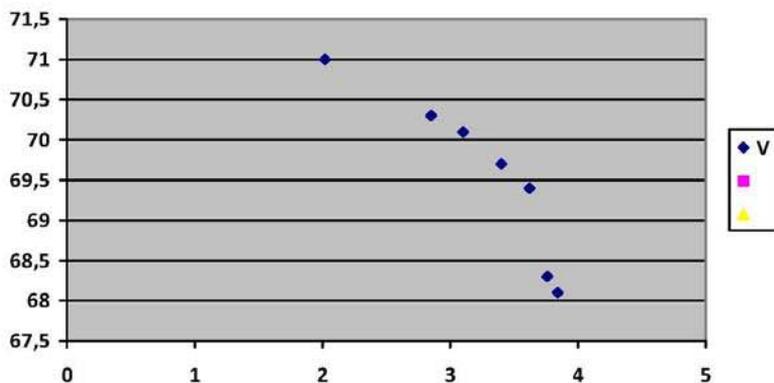


Gráfica 1

**TABLA DE COMPORTAMIENTO
FLUJO VS CAIDA DE PRESION**

CFM	vs	W.G H ₂ O
71	vs	2.02
70.3	vs	2.85
70.1	vs	3.10
69.7	vs	3.40
69.4	vs	3.62
68.3	vs	3.76
68.1	vs	3.84

A continuación se muestra gráfica de flujo de aire vs caída de presión gráfica 2 (ver página 75).



Gráfica 2

Para las pruebas

TIPO DE POLVO DE PRUEBA; POLVO LIGERO TIPO VOLATIL

HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO POLVO: 28 %.

GRANULOMETRIA PROMEDIO: 1.3 MICRAS.

EQUIPO: MANOMETRO MAGNAHELIC DWYER.

RANGO: 0-6 W.G H₂O

ALTITUD; CIUDAD DE MEXICO

TEMPERATURA PROMEDIO: 23°C.

6.5 CONCLUSIONES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El sistema que diseñamos un colector de polvos con autolimpieza, realiza con éxito la tarea de succionar el polvo del aire de un laboratorio, evitando su acumulación, lo que podría causar daños a equipos diversos y a la salud del personal.

Cumpliendo con el objetivo planteado, se puede observar cómo el colector almacena en la cámara sucia las partículas que son nocivas.

Durante la limpieza del filtro puede apreciarse como el pulso de aire comprimido expulsa las partículas que son nocivas.

Podemos asegurar que es viable usar este dispositivo para limpiar el aire en los laboratorios y otras áreas que requieran estar libres de partículas no deseadas.

Los cálculos usados en este texto pueden ser usados como base para la creación de otros colectores de polvo, observando que el cálculo teórico es semejante al obtenido

El dispositivo construido puede adecuarse, dependiendo de los diferentes tipos de entorno donde se requiera contener partículas de menor micraje. También se puede modificar para crear colectores de polvo pequeños o muy grandes que involucren varias etapas de filtrado. Es vital la concientización de la gente con respecto a los factores ambientales y de salud que están involucrados al usar un colector incorrecto para los laboratorios o al no usar ninguno.

Por falta de conciencia en la industria y de los daños que genera el polvo estos colectores deberían actuar sin la ayuda del personal, minimizando el riesgo por falta de responsabilidad, pero falta la educación sobre la importancia de este tipo de dispositivos para reducir el impacto ambiental y mejora las condiciones de trabajo.

Apéndices

Set de instrucciones del pic16f84 y Programa

El PIC16F84A pertenece a la gama media y es de tipo RISC; esto quiere decir que tiene un juego de instrucciones reducido, en concreto de 35 instrucciones o mnemónicos que son la base de funcionamiento del PIC. Al igual que los bits de los registros, sería complicado memorizarlas todas, así que utilizaremos este documento como guía de consulta.

Las instrucciones fundamentalmente se dividen en tres tipos. Esta división viene dada por el tipo de datos con los que trabajan:

- Instrucciones orientadas a los registros o bytes (byte-oriented operations).
- Instrucciones orientadas a los bits (bit-oriented operations).
- Operaciones con literales y de control (literal and control operations).

Repertorio 35 instrucciones

Las 35 instrucciones ó mnemónicos de la gama media de Microchip las encontraremos resumidas en la siguiente tabla. **w** es el acumulador, **f** representa un registro cualquiera y **C, DC, Z** los flags del registro **STATUS**.

Instrucciones orientadas a registros						
MNEMÓNICO OPERANDOS		DESCRIPCIÓN	CÓDIGO OP	BANDERAS	NCIC	NOTAS
ADDWF	f,d	w + f → d	00 0111 dfff ffff	C, DC, Z	1	1,2

<u>ANDWF</u>	f,d	w AND f → d	00 0101 dfff ffff	Z	1	1,2
<u>CLRF</u>	f	00 h → f	00 0001 1fff ffff	Z	1	2
<u>CLRWF</u>	-	00 h → w	00 0001 0xxx xxxx	Z	1	-
<u>COMF</u>	f,d	Complemento de f → d	00 1001 dfff ffff	Z	1	1,2
<u>DECF</u>	f,d	f - 1 → d	00 0011 dfff ffff	Z	1	1,2
<u>DECFSZ</u>	f,d	f - 1 → d (si es 0 salta)	00 1011 dfff ffff	Ninguna	1(2)	1,2,3
<u>INCF</u>	f,d	f + 1 → d	00 1010 dfff ffff	Z	1	1,2
<u>INCFSZ</u>	f,d	f + 1 → d (si es 0 salta)	00 1111 dfff ffff	Ninguna	1(2)	1,2,3
<u>IORWF</u>	f,d	w OR f → d	00 0100 dfff ffff	Z	1	1,2
<u>MOVF</u>	f,d	f → d	00 1000 dfff ffff	Z	1	1,2
<u>MOVWF</u>	f	w → f	00 0000 1fff ffff	Ninguna	1	-
<u>NOP</u>	-	No operación	00 0000 0xx0 0000	Ninguna	1	-
<u>RLF</u>	f,d	Rota f izq por carry → d	00 1101 dfff ffff	C	1	1,2
<u>RRF</u>	f,d	Rota f dcha por carry → d	00 1100 dfff ffff	C	1	1,2
<u>SUBWF</u>	f,d	f - w → d	00 0010 dfff ffff	C,DC,Z	1	1,2
<u>SWAPF</u>	f,d	Intercambia nibbles de f → d	00 1110 dfff ffff	Ninguna	1	1,2
<u>XORWF</u>	f,d	w XOR f → d	00 0110 dfff ffff	Z	1	1,2

Instrucciones orientadas a bit						
MNEMÓNICO OPERANDOS		DESCRIPCIÓN	CÓDIGO OP	BANDERAS	NCIC	NOTAS
<u>BCF</u>	f,b	Pone a 0 bit b de registro f	01 00bb bfff ffff	Ninguna	1	1,2
<u>BSF</u>	f,b	Pone a 1 bit b de registro f	01 01bb bfff ffff	Ninguna	1	1,2
<u>BTFS</u>	f,b	Salto si bit b de reg. f es 0	01 10bb bfff ffff	Ninguna	1(2)	3
<u>BTFS</u>	f,b	Salto si bit b de reg. f es 1	01 11bb bfff ffff	Ninguna	1(2)	3

instrucciones con literales y de control						
MNEMÓNICO OPERANDOS		DESCRIPCIÓN	CÓDIGO OP	BANDERAS	NCIC	NOTAS
<u>ADDLW</u>	k	$w + k \rightarrow w$	11 111x kkkk kkkk	C,DC,Z	1	-
<u>ANDLW</u>	k	$w \text{ AND } k \rightarrow w$	11 1001 kkkk kkkk	Z	1	-
<u>CALL</u>	k	Llamada a subrutina k	10 0kkk kkkk kkkk	Ninguna	2	-
<u>CLRWD</u>	-	Borra temporizador del WDT	00 0000 0110 0100	TO,PD	1	-

<u>GOTO</u>	k	Ir a dirección <i>k</i>	10 1kkk kkkk kkkk	Ninguna	2	-
<u>IORLW</u>	k	w OR <i>k</i> → w	11 1000 kkkk kkkk	Z	1	-
<u>MOVLW</u>	k	<i>k</i> → w	11 00xx kkkk kkkk	Ninguna	1	-
<u>RETFIE</u>	-	Retorno de una interrupción	00 0000 0000 1001	Ninguna	2	-
<u>RETLW</u>	k	Retorno con <i>k</i> en w	11 01xx kkkk kkkk	Ninguna	2	-
<u>RETURN</u>	-	Retorno de una subrutina	00 0000 0000 1000	Ninguna	2	-
<u>SLEEP</u>	-	Modo Standby	00 0000 0110 0011	TO, PD	1	-
<u>SUBLW</u>	k	<i>k</i> - w → w	11 110x kkkk kkkk	C,DC,Z	1	-
<u>XORLW</u>	k	w XOR <i>k</i> → w	11 1010 kkkk kkkk	Z	1	-

CONTROL DE FILTRO DE AIRE

list p=16f84 ; MICROCONTROLADOR UTILIZADO

```
org 0      ; origen del programa
goto ini   ; brinca a la etiqueta de ini
org 4      ; vector de interrupción
goto int   ; brinca a la atención de interrupción
org 5      ; inicio de programa
ini        bsf 3,5   ; cambia del banco cero al banco uno
          bsf 6,0   ; configura entrada de sensor
          bcf 6,1   ; configura salida del motor
          bcf 6,2   ; configura salida de la válvula
          bcf 3,5   ; regresa al banco cero
          bsf 0x0b,7,4 ; activa interrupción
          clrf 6
ini1       bcf 6,1   ; desactiva motor
          bcf 6,2   ; desactiva válvula
inicio     btfscc 6,0 ; verifica un cero del sensor
          goto inicio ; regresa a inicio
          goto int   ; salta a rutina de interrupción
t1         movlw .255 ; carga el registro w con 255
          movwf 0x0c ; carga lo que tiene w en la dirección 0c
```

```

cont1      decfsz 0x0c,1 ; decrementa el registro c
           goto cont1 ; regresa a etiqueta
           movlw .255 ; carga a w con 255
           movwf 0x0c ; escribe 255 en la dirección 0c
           return      ; retorno de subrutina
int        bsf 6,1     ; arranca motor
           call t1     ; llama rutina de tiempo
           bcf 6,1     ; para motor
           call t1     ; llama a rutina de tiempo
           bsf 6,2     ; acciona válvula
           call t1     ; llama a rutina de tiempo
           bcf 6,2     ; desactiva la válvula
           bsf 6,2     ; acciona válvula
           call t1     ; llama a rutina de tiempo
           bcf 6,2     ; desactiva la válvula
           bsf 6,2     ; acciona válvula
           call t1     ; llama a rutina de tiempo
           bcf 6,2     ; desactiva la válvula
           goto ini1  ; regresa a principio de programa
end        ; fin de programa

```

Bibliografía.

Instituto Mexicano del Plástico Industrial, Enciclopedia del plástico 2000, Publicación del Centro empresarial del plástico, México D.F., México

José Angulo Usategui. Ignacio Angulo Martínez. Microcontroladores PIC Diseño y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. España 2003.

MASSUET Grau, Vicente. La lucha contra el polvo en la industria. Ediciones Cedel. Barcelona 1969.

P Croser j. Thomson F Ebel. Fundamentos de Neumática. Festo. Denkendorf 2000.

Robert F. Coughlin & Frederick F. Driscoll. Amplificadores operacionales y circuitos lineales. Editorial Pearson Prentice Hall. México 1999.

SCHWEITZER, Philip A. Handbook of separation techniques for chemical engineers. McGraw-Hill. New York, 1988.

Mesografía.

- <http://www.monografias.com/trabajos12/tipriesg/tipriesg.shtml>

Autor: Jennifer Pereira.

Fecha de recuperación: 13 de febrero de 2011

- <http://www.sapiens.com>

Autor: Carballo Vargas, Universidad de Chile.

Fecha de recuperación 13 de febrero de 2011

- <http://www.microchip.com>

Autor: Microchip Electronics

Fecha de recuperación 11 de marzo de 2011

- <http://www.datasheet.com>

Autor: National Power Databook

Fecha de recuperación 11 de marzo de 2011

- <http://www.festo.com>

Autor: Festo Controls Neumatics 2005

Fecha de recuperación 3 de marzo de 2011

- <http://www.telco.com>

Fecha de recuperación 11 de marzo de 2011

- <http://www.buendato.com/profiles/blogs/glosario-patologia>

Fecha de recuperación 19 de marzo de 2011

- <http://enciclopediasalud.com>

Fecha de recuperación 19 de marzo de 2011