

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN DE HUMOS PARA EL HORNO
CUBILOTE DE LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA. IDEA
(GIRON- SANTANDER)**

**CAROLINA CASTILLO MUNEVAR
OSCAR IVÁN MONTOYA SALAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISIQUÍMICAS Y FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA E INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN DE HUMOS PARA EL HORNO
CUBILOTE DE LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA. IDEA
(GIRON- SANTANDER)**

**CAROLINA CASTILLO MUNEVAR
OSCAR IVÁN MONTOYA SALAS**

**Trabajo de Grado como requisito para optar por el título de
INGENIERO METALÚRGICO E INGENIERO MECÁNICO**

Directores

**Ing ARNALDO ALONSO BAQUERO
Ing JABID QUIROGA MENDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS Y FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA E INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander, a los directores Arnaldo Alonso Baquero y Jabid Quiroga Méndez, por su apoyo y dedicación en el desarrollo de este proyecto.

Al Director de Escuela de Ingeniería Metalúrgica Luis Orlando Aguirre por su apoyo incondicional y quien hizo parte de este trabajo, más que Director de Escuela colaboración es un profesor y un amigo.

*A la secretaria de la Escuela María Alcira Navas “**Alcirita**” quien fue un apoyo esencial en este proceso y más que una secretaria es una amiga.*

Al grupo de técnicos: Ambrosio Carrillo, Fermín Gómez, Javier Gaitán, Mario Navarrete, por sus conocimientos aportados en toda la carrera.

A los profesores Iván Uribe Pérez, Afranio Cardona, Elcy Córdoba, Gustavo Neira, Ana Emilce Coy, Sandra García, John Freddy Palacios, Luz Amparo Quintero y Orlando Gómez, por formarme como profesional y mucho más como persona.

Muchas gracias,

Carolina Castillo Munevar.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander

A nuestros directores Jabid Quiroga Méndez y Arnaldo Alonso Baquero por su dirección y acompañamiento en este proyecto que nos hace avanzar en este gran paso como profesionales.

Al comité Universidad Empresa Estado de Santander por haberme permitido involucrarme en este proyecto para alcanzar el título como ingeniero mecánico.

Al grupo de investigación GIMAT de la Universidad Industrial de Santander por disponer el entorno adecuado para el desarrollo de este proyecto.

Oscar Iván Montoya Salas

DEDICATORIA

A Dios principalmente, quien me da fortaleza y salud para seguir y superar las dificultades, quien pone en mi camino personas buenas, quien me guía y me ayuda a ser cada día una mejor persona, a ti Dios mío que estás conmigo y nunca me abandonas.

A mi papás Carlos Castillo y Lucia Munevar quienes de alguna u otra manera me ayudaron a ser la persona que hoy soy.

A toda mi familia, especialmente a mi nona Ana Amira Suarez, a mis tías Liliana y Marlene Munevar quienes son mi apoyo incondicional a las que quiero con todo mi corazón.

A Ludy Maritza Tirado que ha estado ahí siempre para apoyarme y cuidarme, que más que una amiga de la infancia la considero una hermana.

A Diego Andrés sarmiento quien me apoyó en los momentos más difíciles de mi vida, quien me dio la mano y es un amigo que quiero mucho y a quien le estaré eternamente agradecida.

A mi novio Ariel Arguello quien ha estado conmigo durante muchas etapas de mi vida y a quien amo con todo mi corazón.

*A mis compañeros y amigos muy especiales Silvia Cristina Casadiego, Jenny Alexandra forero, Giovanni Rivera gracias por ponerse en mi camino y a todas las personas que han sido parte de mi vida
Gracias*

Carolina Castillo Munevar.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso que siempre me acompaña.

A mis padres por su paciencia, comprensión y apoyo que me dieron en los momentos más difíciles de esta carrera.

A mis hermanos que fueron la base de soporte para que nunca me rindiera en los momentos difíciles.

A mi novia María Angélica Toscano que siempre tuvo paciencia, amor, y confianza en mí para sacar esta carrera adelante.

A mis familiares que me apoyaron para sacar este proyecto.

A todos los mis amigos que con sus conocimientos me ayudaron a realizar este sueño.

Oscar Iván Montoya Salas

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. OBJETIVOS	22
1.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
2. MARCO TEÓRICO	23
2.1. COTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	23
2.1.1. Características de los gases emitidos en la fusión	23
2.1.1.1. Gases de combustión	23
2.1.1.2. Humos	24
2.1.2. Características de las Partículas	25
2.2. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN DE HUMOS EN EL HORNO CUBILOTE	26
2.2.1. Cámara de decantación por vía húmeda	26
2.2.2. Cámara de decantación por vía seca	27
2.2.3. Ciclones	28
2.2.4. Lavadores	30
2.2.5. Lavador venturi	31
2.2.6. Filtros de mangas	32
2.2.7. Filtros electrostáticos	33
2.2.8. Tubo venturi	34
2.2.9. Chimenea	35
3. METODOLOGÍA	37
3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	38
3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	38
3.3. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN	40
3.3.1. Lavador de gases	40
3.3.2. Lavador venturi	42
3.3.3. Sistema de ciclones en serie	42

3.3.4. Extractor	43
3.3.5. Chimenea	46
3.4. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS	40
3.4.1. Producción	47
3.4.2. Volumen de Aire Consumido	50
3.4.3. Emisión de CO, CO ₂ y N ₂	56
3.4.4. Aire de Combustión	52
3.4.5. Temperatura de la Fundición Líquida	53
3.4.6. Temperatura de los Humos	54
3.5. CÁLCULO Y DISEÑO DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS	55
3.5.1. Lavador	56
3.5.2. Lavador Venturi.	57
3.5.3. Dos Ciclones En Serie.	57
3.5.4. Extractor	58
3.5.4. Chimenea.	64
3.5.5. Ensamble.	68
4. CONCLUSIONES	69
5. RECOMENDACIONES	70
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cámara de decantación por vía seca	28
Figura 2. Mecanismos de colección de partículas de un ciclón	29
Figura 3. Esquema del mecanismo del ciclón	29
Figura 4. Lavador de gases de combustión	30
Figura 5. Lavador venturi conectado a un ciclón	32
Figura 6. Filtro de manga	33
Figura 7. Mecanismo del filtro electrostático	34
Figura 8. Tubo venturi	35
Figura 9. Chimenea Industrial	36
Figura 10. Diagrama de Jungbluth	53
Figura 11. Curva de Boudouard	55
Figura 12. Variación de los contenidos de CO y CO ₂ en los gases en función del índice de combustión	55
Figura 13. Lavador en Solidwork	57
Figura 14. Lavador venturi en Solidwork	57
Figura 15. Ciclón con su base en Solidwork	58
Figura 16. Extractor en Solidwork	63
Figura 17. Tiro forzado	63
Figura 18. Chimenea en Solidwork	66
Figura 19. Tubería en Solidwork	67
Figura 20. Codo en Solidwork	67
Figura 21. Ensamble total en Solidwork	68

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1 Camara de decantacion por via humeda del horno cubilote encontrado en la planta de aceros de la Universidad Industrial de Santander	27

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafico N° 1 Etapas de Trabajo de Investigación	37

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición general de los gases	24
Tabla 2. Composición general de los humos	24
Tabla 3. Distribución granulométrica de los polvos del cubilote de viento frio con revestimiento ácido	25
Tabla 4. Composición promedio de los polvos originados por la fusion en el cubilote	26
Tabla 5. Actividad industrial y contaminantes a monitorear	39
Tabla 6. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg).	40
Tabla 7. Valores recomendados para la velocidad de salida de la chimenea en función de la altura	46
Tabla 8. Determinación del rango de producción en kilogramos por hora	48
Tabla 9. Parámetros para una producción máxima, mínima y óptima para un porcentaje de coque entre carga de 15%	50
Tabla 10. Parámetros para una producción máxima, mínima y óptima para un porcentaje de coque entre carga de 10%	50
Tabla 11. Cantidad de aire consumido en función del porcentaje de coque entre carga	51
Tabla 12. Emisión de CO, CO ₂ y N ₂ por hora para un porcentaje de coque entre carga de 10 y 15%	52
Tabla 13. Volumen de aire de combustión en función del porcentaje de coque entre carga	52
Tabla 14. Temperatura de la fundición líquida para porcentajes de coque de 10 y 15%.	54

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. CARTAS DE COMPROMISO Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS PLATEADOS POR PARTE DE LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS IDEA PLANO DE CONSTRUCCIÓN DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DEL DEPURADOR	74
ANEXO B. PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO	77
ANEXO C. GRÁFICA DE LA BOMBA PARA LAVADOR	79
ANEXO D. SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA DEL LAVADOR	81
ANEXO E. SELECCIÓN DEL MOTOR DEL EXTRACTOR PLANOS	83 85

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN DE HUMOS PARA EL HORNO CUBILOTE DE LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA. IDEA (GIRÓN-SANTANDER).*

AUTORES:

CASTILLO MUNEVAR, Carolina. MONTOYA SALAS, Oscar Iván**

PALABRAS CLAVES: Contaminación ambiental, depurador, humos, medio ambiente, limpieza, reducción.

DESCRIPCIÓN:

La empresa industrial de accesorios Ltda. IDEA es una empresa metalmecánica dedica a la comercialización de partes y elementos para el transporte de fluidos que realiza sus productos a partir del proceso de fundición mediante un horno cubilote de 450 mm de diámetro interno. Dentro del campo de la industria, este proceso de darle forma a diferentes metales por medio de la inyección de calor produce una gran cantidad de residuos que son muchas veces expulsados al medio ambiente sin ningún proceso de limpieza.

Desde hace varias décadas, la contaminación ambiental generada por el uso masivo de los hornos de cubilote ha sido cada vez más preocupante y hasta ahora se están implementando sistemas para la limpieza de los humos procedentes del proceso de fundición debido a que cada vez la legislación es más rigurosa respecto al cuidado del aire.

En este trabajo de investigación se encontró una alternativa viable para disminuir los niveles de material particulado y la temperatura de los humos los cuales son procedentes de la fundición que produce un horno cubilote de 600 mm de diámetro interno con inyección de oxígeno que la empresa ha decidido construir para aumentar su producción a 2000 kg/h y la calidad de sus productos.

La empresa queriendo ser amigable con el ambiente, también a dispuesto la implementación del sistema de depuración de humos, el cual tiene una gran efectividad ya que se han tomado todas las referencias de los máximos valores de los parámetros en los diferentes elementos que constituyen el sistema de depuración, para que sea un sistema adecuado y cumpla con los requerimientos deseados por la empresa.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas y Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Escuela de Ingeniería Mecánica. Directores ALONSO BAQUERO, Arnaldo. QUIROGA MENDEZ, Jabid.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF A FUME PURIFICATION SYSTEM FOR THE CUPOLA FURNACE FOR THE INDUSTRIAL DE ACCESORIOS COMPANY LTD. IDEA (Girón-Santander).*

AUTHORS:

CASTILLO MUNEVAR, Carolina. MONTOYA SALAS, Oscar Iván.**

KEYWORDS: ENVIRONMENTAL POLLUTION, PURIFIER, SMOKE, ENVIRONMENT, CLEANLINESS, REDUCTION.

DESCRIPTION:

The Industrial de Accesorios company LTD. IDEA is an engineering company dedicated to the sale of parts and components for fluid transport that produces its products from the smelting process with a cupola furnace of 450 mm internal diameter. Within the field of industry, this process of shaping different metals by heat injection produces a large amount of waste that are often driven to the environment without any cleaning process.

For several decades, the environmental pollution generated by the massive use of the cupola has been growing concern and even now are implementing systems to clean the smoke from the smelting process because each time the legislation is more stringent regarding the care of the air.

In this research we found a viable alternative to reduce particulate matter levels and the temperature of the fumes which are cast from the cupola furnace which produces a 600-mm internal diameter with the injection of oxygen that the company has decided constructed to increase production to 2000 kg/h and the quality of their products.

The company wanted to be friendly to the environment, also ordered the implementation of smoke purification system, which has a great effect as they have taken all the references of the highest values of the parameters in the different elements that constitute the system debugging, to be an adequate and meets the requirements desired by the company.

* Grade Project

** Physicochemical and Engineering Faculty of Engineering Faculty of physicomechanical. School of Metallurgical Engineering and School of Mechanical Engineering. Directors: ALONSO BAQUERO, Arnaldo. QUIROGA MENDEZ, Jabid.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental se ha elevado de manera significativa en las últimas décadas como consecuencia de la interacción hombre-industria-naturaleza. Esta interacción no siempre se lleva a cabo en forma racional. Este proceder agota cada vez más los recursos naturales del planeta, como el deficiente uso y mal aprovechamiento de los suelos, el aire y las fuentes de agua que producen contaminación de las fuentes naturales con severas endémicas y epidémicas que afectan la calidad de la vida humana.

La industria manufacturera es una de las principales fuentes de contaminación ambiental en el mundo. La fundición es considerada como una industria contaminadora, debido a que se utilizan en sus procesos combustibles fósiles como el coque, caso del cubilote el cual produce grandes cantidades de material particulado junto con cantidades apreciables de CO₂, gas culpable del calentamiento global.

El aire constituye un elemento básico para el hombre. Por esta razón, el Ministerio del Medio Ambiente ha venido reglamentando las emisiones de los procesos de fusión de metales mediante la resolución 619 que cobró vigencia el 7 de julio de 1997.

La existencia de esta norma y los tratados de libre comercio que el país se encuentra en trámites para firmar, obliga a las empresas en general y las del sector en particular a establecer procedimientos que conlleven a la reducción de emisiones contaminantes. Ante esto, y por iniciativa del CUEES, (Comité Universidad Empresa Estado de Santander) dentro de la estrategia que se ha dado entre la comisión regional de competitividad, el Consejo departamental de Ciencia y Tecnología y la red de Universidades del área metropolitana, se desarrolló la primera rueda de negocios desarrollada en Santander, "PROMOVER". Dentro de los talleres de formación se gestionó el proyecto

colaborativo UIS-Industrial de Accesorios(IDEA) en el cual, en primer término se estableció realizar el diseño de diferentes equipos de la empresa dentro de un plan de renovación y expansión de sus productos y en un futuro cercano en la exportación de piezas maquinizadas y moldeadas a países latinoamericanos. Este proyecto forma parte del proyecto macro UIS-IDEA y tiene como propósito el diseño y cálculo de los elementos constitutivos del sistema de depuración de humos del horno de cubilote.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de depuración de humos del horno cubilote de la empresa Industrial de Accesorios Ltda. Mediante el programa de articulación de la academia sector productivo y entidades estatales según la misión del comité Universidad Empresa Estado de Santander CUEES de atender y dar solución a diferentes necesidades de la comunidad industrial de la región de Santander.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Calcular a partir de la producción de fundición de un horno cubilote de 600mm de diámetro interno, el volumen, la velocidad y el rango de temperatura de los humos en función del soplo.

Diseñar y determinar el comportamiento de cada uno de los elementos del sistema de depuración de humos en función de la distribución granulométrica, velocidad, volumen y temperatura de las partículas provenientes del proceso de fundición.

Documentar el diseño del sistema de depuración de humos y entregar planos, utilizando una herramienta computacional CAD (Solidwork 2007), que incluyan el tubo venturi, dos ciclones en serie, un lavador y una chimenea.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica es el resultado de incorporar al aire extrañas sustancias y formas de energía, en cantidades y tiempo de permanencia que pueden causar deterioro ambiental, alteración del bienestar de la sociedad y degradación en los ecosistemas. El problema principal de contaminación atmosférica corresponde a las emisiones de material particulado y óxidos generados por la industria manufacturera. (1)

Las emisiones de sustancias tóxicas aunque accidentales, se convierten en críticas dados los efectos que pueden causar en la salud humana y al ambiente.

La fundición debido a su método de producción es considerada una gran fuente de contaminación, ya que dichos métodos emiten polvos y de gases a la atmósfera (2). Estas emisiones de partículas al aire se originan principalmente en el área de fusión.

Uno de los equipos más empleados en la fundición es el horno cubilote, el cual emite cantidades considerables de polvo y gases al ambiente. Esto ha llevado a implementar sistemas de depuración de humos para cumplir con las normas establecidas y de esta manera regular las emisiones producidas en este tipo de procesos.

Para seleccionar el sistema de control de la contaminación se deben tener en cuenta las características de los gases y de las partículas emitidas en la fusión.

2.1.1 Características de los gases emitidos en la fusión. Las emisiones gaseosas provenientes en el proceso de fusión son los humos y los gases de combustión.

2.1.1.1 Gases de combustión. Son los gases que se producen por la combustión del coque, estos gases recorren el cuerpo del cubilote desde las toberas hasta el

plano inferior de la puerta de carga. En la tabla 1 se muestra la composición general de los de gases.

Tabla 1. Composición general de los gases (3).

Composición	CO ₂	CO	H ₂	SO ₂	Hidrocarburos pesados	H ₂ O (vapor)	N ₂
Cantidad	Entre 10% y 18%	Entre 5% y 22%	≈ 1%	Entre 0,04 y 0.1%	--	--	El resto

Fuente: AMERICAN FOUNDRY SOCIETY. AFS. Cupola Handbook.

Además podemos ver que la presencia de CO en los gases tiene un porcentaje bajo en comparación con el porcentaje del volumen total de los gases.

2.1.1.2 Humos. Son una mezcla gaseosa originados por la adición de aire en la puerta de carga, con o sin combustión. La tabla 2 muestra la composición general.

Tabla 2. Composición general de los humos (4).

Composición	CO ₂	CO	O ₂	SO ₂	N ₂
Cantidad	Entre 2% y 10%	Según el grado de combustión. Es baja	Entre 3% y 5%	Entre 100 ppm y 150 ppm	El resto

Fuente: Le dépolluissage des gaz de cubilots

Además de lo mencionado en la tabla 2 en los humos también se encuentran agua en forma de vapor y algunas veces hay presencia de hidrocarburos pesados los cuales existen aún después de la combustión y su contenido depende de la temperatura de los gases de combustión y del porcentaje de CO.

Entre los elementos mencionados se debe enfatizar en el CO, el cual debe ser eliminado. Esta eliminación se realizada cuando combuste el gas con el aire que

entra por la puesta de carga; dicho aire diluye los gases y transforma el CO en CO₂.

2.1.2 Características de las partículas. Tamaño, forma, higroscopicidad, facilidad de flujo y toxicidad de la partícula etc. La tabla 3 y la tabla 4 muestran la granulometría y la composición de partículas respectivamente.

Los polvos del cubilote se originan de tres formas (5)

- Partículas provenientes de la erosión del refractario, óxidos contenidos en las cargas, polvos de coque y arena adherida a las cargas. El tamaño de estas partículas está comprendido entre 100 y 500 micras.
- Cenizas de coque cuyo tamaño se encuentra entre 20 y 50 micras.
- Aerosoles que provienen de la pérdida a fuego y de los productos destilados, cuyos tamaños se estiman menores de 5 micras.

Tabla 3. Distribución granulométrica de los polvos del cubilote de viento frío con revestimiento ácido (6)

Dimensiones en micras	Proporción en %
	Viento frío revestimiento ácido
< 1000	90 a 100
< 500	80 a 100
< 200	60 a 80
< 100	40 a 65
< 50	20 a 50
< 20	10 a 30
< 10	5 a 25
< 5	2 a 20
< 2	< 15
Superior A 100	35 a 60
Entre 100 y 10	30 a 35
Menores a 10	5 a 25

Fuente: Dépoussiérage et récupération thermique sur les fumées du cubilot.

Tabla 4. Composición promedio de los polvos originados por la fusión en el cubilote.

Material	%
Sílice (SiO ₂)	20-40
Cal (CaO)	3-6
Alúmina (Al ₂ O ₃)	2-4
Magnesita (MgO)	1-3
Oxido de manganeso (MnO)	1-2
Oxido de hierro Fe	12-16
Perdida a fuego	20-50

Fuente: C.I.A.T.F. (Comité Internacional des Associations Techniques de Fonderie) hoy W.F.O. (World Foundrymen Organization).

2.2 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN DE HUMOS EN EL HORNO CUBILOTE

En la industria existe una gran variedad de dispositivos para la depuración de humos, en donde podemos destacar los siguientes equipos:

- Equipos de separación mecánica, por gravedad, inercia o por centrifuga.
- Lavado por cortinas de agua, venturis lavadores, desintegradores.
- Filtros de mangas.
- Precipitadores electrostáticos en seco o después de humidificación previa.

2.2.1 Cámara de decantación por vía húmeda. Es un equipo de acción natural porque utiliza el efecto del peso para separar el material particulado de los gases, pero son eficientes solo para partículas gruesas 50 y 100 micras.

Esta cámara de decantación consiste en ensanchar por lo menos diez veces la sección de la chimenea para disminuir la velocidad de las partículas y poder retener un tamaño de partículas superior a 10 micras (7). Fotografía 1. Tiene como desventaja su gran volumen por lo que se deben contemplar apoyos en la estructura para su sostenimiento.

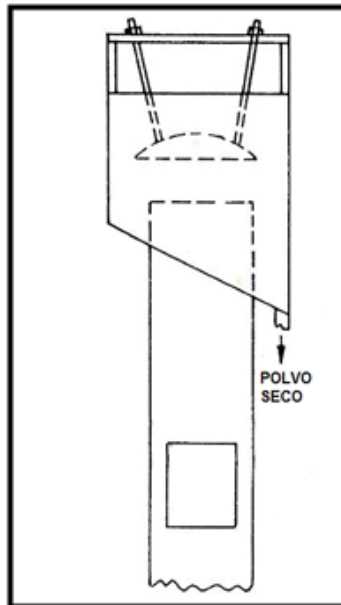
Fotografía1. Cámara de decantación por vía húmeda del cubilote encontrado en la planta de Aceros de la Universidad Industrial de Santander.



Fuente: Los autores

2.2.2 Cámara de decantación por vía seca. Al igual que la Cámara de decantación por vía húmeda este también es un equipo de acción natural. El polvo se almacena dentro de ella, por lo que es necesario descargarlo periódicamente (8). Su gran ventaja es que se usa agua pero es utilizado más que todo en fundiciones de producción baja. Figura 1.

Figura 1. Cámara de decantación por vía seca (8).



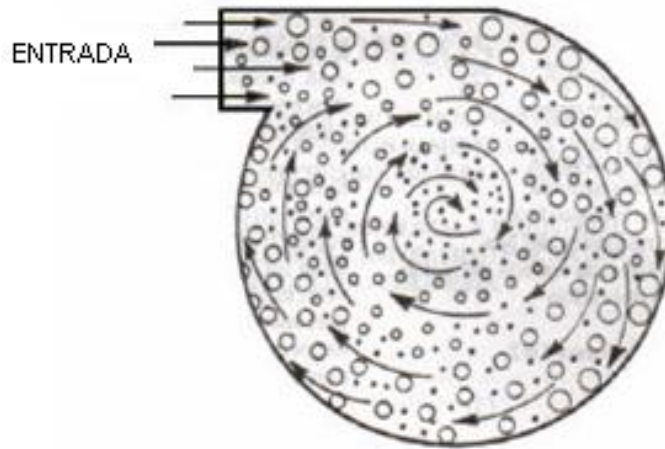
Fuente: (ICFTA) Cupola Dust Collection

2.2.3 Ciclones. También llamados colectores centrífugos secos son usados con mayor frecuencia para la recolección de polvo (9). Los ciclones remueven el material particulado de la corriente gaseosa, basándose en el principio de impactación inercial, generado por la fuerza centrífuga. La figura 2 muestra el movimiento de las partículas mayores hacia las paredes del ciclón debido a esta fuerza centrífuga.

El ciclón es esencialmente una cámara de sedimentación en que la aceleración gravitacional se sustituye con la aceleración centrífuga. Figura 3.

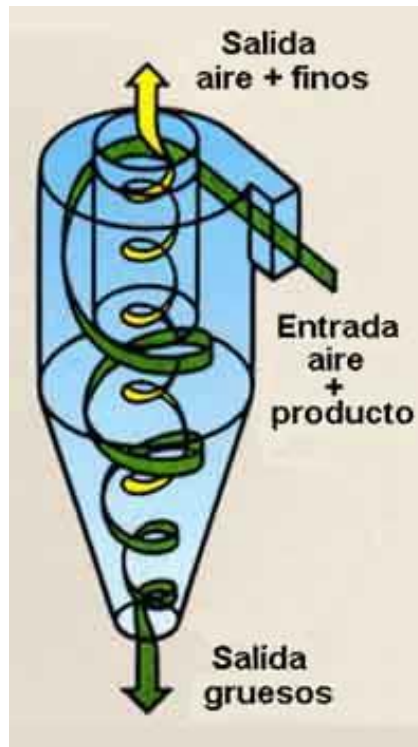
Los ciclones son uno de los medios menos costosos para la recolección de polvo, tanto desde el punto de vista de operación como de inversión. Estos son básicamente construcciones simples que no cuentan con partes móviles, lo cual facilita las operaciones de mantenimiento; pueden ser hechos de una amplia gama de materiales y pueden ser diseñados para altas temperaturas y presiones de operación.

Figura 2. Mecanismos de colección de partículas en un ciclón.



Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-ciclones/introduccion>

Figura 3. Esquema del mecanismo de un ciclón



Fuente: http://www.gruberhermanos.com/GRUBER/Castellano/Productos/Division_de_maquinaria/Ciclones/ciclones.htm

Los ciclones son adecuados para separar partículas con diámetros mayores de 5 μm ; aunque en ciertos casos pueden ser separadas partículas más pequeñas, presentan eficiencias mayores que la cámara de sedimentación gravitacional y eficiencias menores que los filtros, lavadores y precipitadores electrostáticos.

La fuerza centrífuga generada por los giros del gas dentro del ciclón puede ser mucho mayor que la fuerza gravitacional, ya que la fuerza centrífuga varía en magnitud dependiendo de la velocidad de giro del gas y del radio de giro.

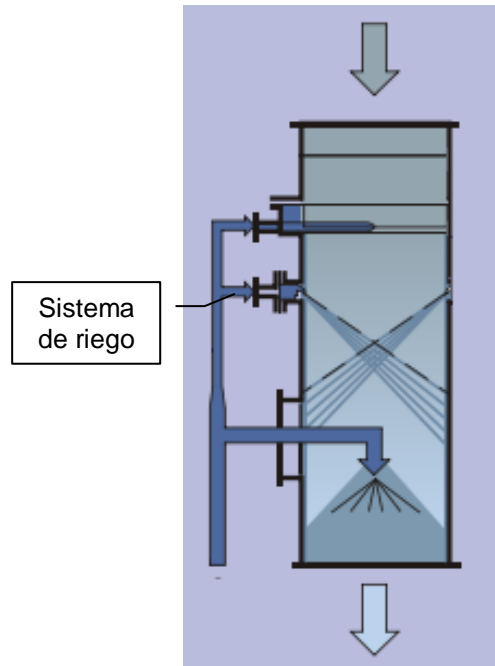
Teóricamente el aumento de la velocidad de entrada al ciclón implicaría un aumento de la fuerza centrífuga y por lo tanto un aumento de la eficiencia, sin embargo velocidades de entrada muy altas generan la resuspensión de material particulado de las paredes internas del ciclón, lo cual disminuye la eficiencia del ciclón; adicionalmente aumentar la velocidad de entrada implica mayor consumo de energía.

2.2.4 Lavadores. Los purificadores de gases por vía húmeda emplean un líquido, generalmente agua, para capturar y después eliminar las partículas de una corriente de gas. Dentro de estos equipos encontramos los lavadores, los cuales consisten en una cámara de sedimentación por gravedad con mecanismos para rociar, donde las gotas finas de agua lavan el gas y hacen que se deposite el polvo como lodo en el tanque de sedimentación (10). Figura 4.

Los lavadores dividen el flujo de gas cargado de partículas al enviar muchas gotas pequeñas a través de él.

La mayor parte del material particulado se adherirá a las gotas de líquido, si entran en contacto con ella. De modo que, que si puede hacer que la gota y la partícula de toquen entre sí, esta será capturada sobre la gota. Las partículas de 50μ y más grandes son capturados con facilidad por lo ciclones.

Figura 4. Lavador de gases de combustión



Fuente:[http://www.gea-wiegand.de/geawiegandde/cmsresources.nsf/ filenames/P03es-GJP-gasscrubber.pdf/\\$file/P03es-GJP-gasscrubber.pdf](http://www.gea-wiegand.de/geawiegandde/cmsresources.nsf/ filenames/P03es-GJP-gasscrubber.pdf/$file/P03es-GJP-gasscrubber.pdf)

2.2.5 Lavador de venturi. Es un dispositivo depurador de gas de tipo húmedo en el que se atomizan el gas sucio y el agua para lavado en una corriente de gases en movimiento. La velocidad relativa entre el gas y las gotas de agua es muy alta, y las velocidades del gas son del orden de 200 a 400 pies por segundo (3660 a 7320 m por minuto), y esta alta velocidad permite una gran capacidad de tratamiento. El lavador tiene una garganta de Venturi convergente - divergente en su diseño y es en este lugar en donde se agregan las gotas de agua para dar el máximo contacto de líquido-gas. Figura 5.

Sus principales ventajas son su diseño sencillo y bajo costo de fabricación, poco mantenimiento (ventilador y bomba), su pequeño volumen reduce los riesgos de explosión y pueden eliminar residuos carbonáceos (humos) y gotas de aceite; pero la eficiencia disminuye si el flujo de gas se reduce. Esto se corrige si la sección de estrangulamiento es variable, además se requieren ventiladores que suministren altas presiones para poder limpiar los humos (11).

Figura 5. Lavador de venturi conectado a un ciclón



Fuente: http://www.deltaducon.com.br/produtos/_tipos_lavadores.html

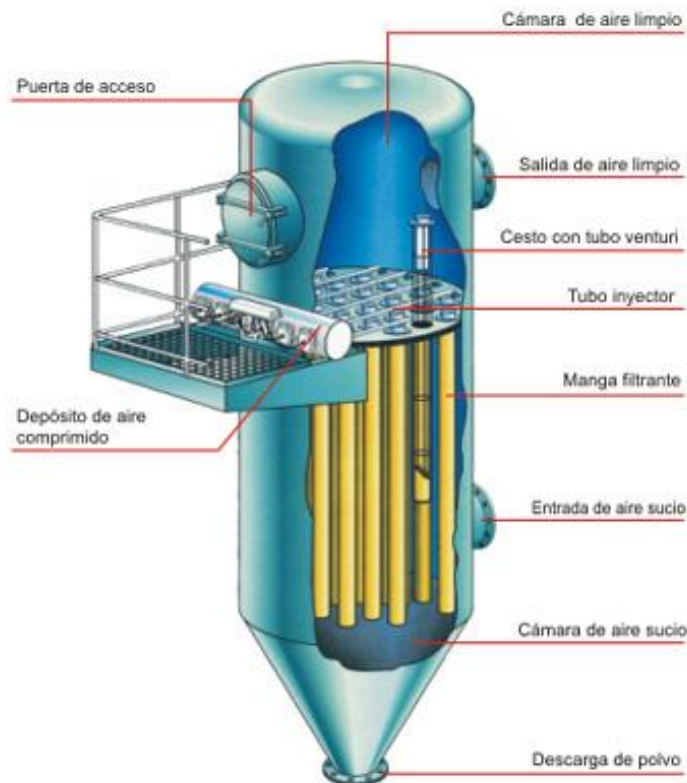
2.2.6 Filtros de mangas. Son uno de los equipos más representativos de la separación sólido-gas mediante un medio poroso: aparecen en todos aquellos procesos en los que sea necesaria la eliminación de partículas sólidas de una corriente gaseosa. Eliminan las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido.

Los filtros de mangas son capaces de recoger altas cargas de partículas ya que provoca que el gas efluente fluya a través del material del filtro y que las partículas se remuevan sobre este material (11). Los mecanismos que intervienen en el filtro de tela son más complejos que el tamizado directo de las partículas para separarlas de la corriente de aire. Esto se prueba por medio de las eficiencias elevadas que se obtienen al coleccionar partículas, las cuales son más pequeñas que los intersticios en la tela del filtro. Figura 6.

Entre las ventajas de estos equipos se destaca: la capacidad de limpieza de humos a muy baja concentración de polvos, no se utiliza agua, no hay producción

de lodos y posibilidad de aglomerar las partículas; pero al mismo tiempo presenta algunas desventajas como el alto costo de mantenimiento e instalación, sobre todo si las cargas son sucias, porque obligan a cambiar con frecuencia los filtros, además que es indispensable quemar completamente las partículas de coque incandescentes ya que se puede generar un incendio.

Figura 6. Filtro de Manga



Fuente: http://www.amgcaldereria.com/index.php?ver=servicios_ver&pid=02&id_item=18

2.2.7 Filtros electrostáticos. Los precipitadores electrostáticos son dispositivos que se utilizan para atrapar partículas a través de su ionización usando la fuerza de una carga electrostática inducida, se basan en el hecho de que las partículas cargadas eléctricamente, sujetas a un campo eléctrico, son atraídas hacia los electrodos que crean dicho campo y son depositadas sobre ellos. Figura 7.

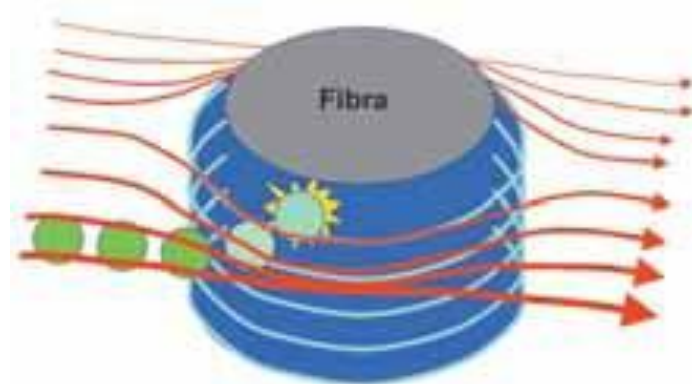
Los precipitadores electrostáticos son dispositivos de filtración altamente eficientes, que mínimamente impiden el flujo de los gases a través del dispositivo,

y pueden remover fácilmente finas partículas como polvo y humo de la corriente de aire. A diferencia de la mayoría de los filtros mecánicos que simplemente captan las partículas aerotransportadas más grandes, los purificadores electrónicos atraen y retienen los contaminantes como si fueran poderosos imanes.

La eficiencia de este tipo de filtros está ligada a la velocidad de paso del aire contaminado (7,8,9). Con una velocidad alta en la primera etapa, es difícil el proceso de ionización, pudiendo ocurrir que alguna partícula no quede ionizada y en la segunda etapa, esa velocidad hace que la inercia del ión no pueda ser contrarrestada por la fuerza del campo electrostático y el ión no quede retenido en las placas colectoras.

La velocidad de migración, es decir, la velocidad con que el ión se dirige a las placas colectoras depende de la fuerza del campo eléctrico. De esto se deduce la importancia de trabajar al máximo voltaje del electrodo. Sin embargo, llega un momento en que no se debe incrementar este, porque se producirían descargas muy frecuentes entre las placas, llegando a ser ineficaz el precipitador.

Figura 7. Mecanismo del filtro electrostático

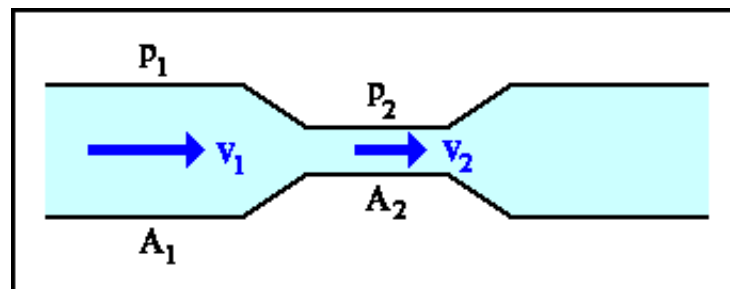


Fuente:http://www.construmatica.com/construpedia/Nuevos_Ensayos_para_los_Filtros_de_Part%C3%ADculas._Enmienda_a_la_Norma_Europea_EN_143:2000

2.2.8 Tubo venturi. Es un dispositivo que origina una pérdida de presión al pasar por él un fluido. En esencia, consta de una tubería corta recta, o garganta, entre dos tramos cónicos. Figura 8. El tubo venturi no necesita para su instalación un

segmento rectilíneo, pero si es necesario que este posea dos tomas de presión como mínimo tanto en la tubería de entrada como en la sección de estrangulamiento, las presiones medidas por el venturi son del orden de 100mm a 300mm de agua (12). Además las pérdidas de presión originadas por el venturi son entre 10 y 15% de la presión diferencial medida.

Figura 8. Tubo venturi



Fuente: <http://mecanicadefluidos5.blogspot.com/2010/10/medidores-de-velocidad-y-caudal-en.html>

Este elemento primario de medida se inserta en la tubería como un tramo de la misma, se instala en todo tipo de tuberías mediante bridas de conexión adecuadas. El Venturi tiene una sección de entrada de diámetro igual al diámetro de conducción de la tubería a la cual se conecta. La sección de entrada conduce hacia un cono de convergencia angular fija, terminando en una garganta de un diámetro más reducido, se fabrica exactamente según las dimensiones que establece su cálculo, la garganta se comunica con un cono de salida o de descarga con divergencia angular fija, cuyo diámetro final es habitualmente igual al de entrada.

2.2.9 Chimenea. Se definen como Chimeneas Industriales a los conductos contruidos para dar salida a la atmósfera libre a gases resultantes de una combustión para su dispersión en el aire ambiente. La chimenea no es considerada como un dispositivo de control de la contaminación ya que no disminuye la cantidad de gas nocivo descargado en la atmosfera. Figura 9. La chimenea alta a diferencia de la baja en la industria, es una herramienta que se puede utilizar para reducir concentraciones de contaminantes gaseosos y

particulados a nivel de suelo descargándolos a una altura en la que tenga lugar suficiente dispersión de tal modo que la concentración a nivel del suelo no exceda la concentración tolerada (1,2).

Figura 9. Chimenea Industrial



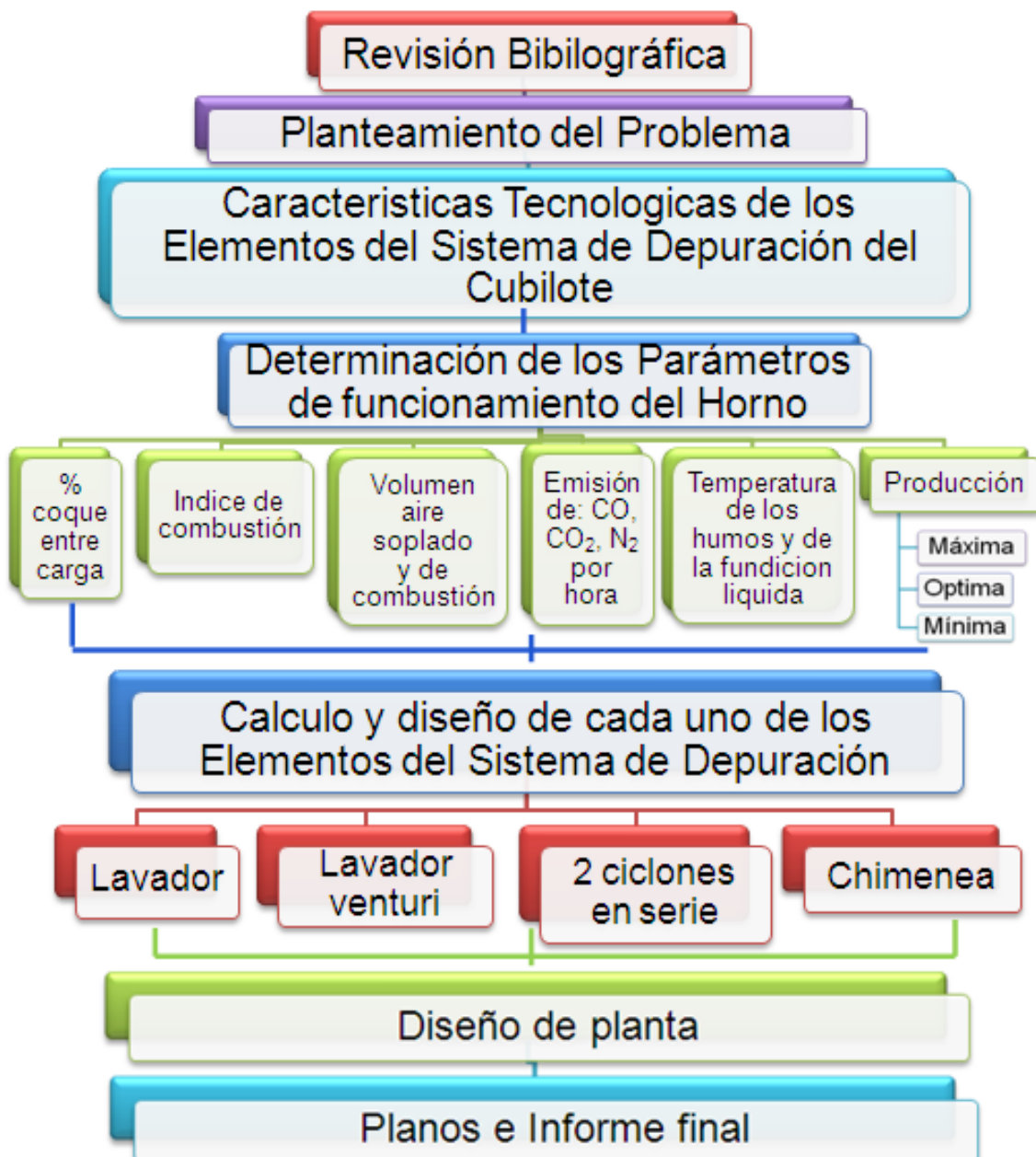
Fuente: <http://www.ecologismo.com/tag/contaminacion-industrial/>

Este elemento está ubicado al final del sistema de depuración, el cual colabora en la dispersión de los humos al ambiente y a disminuir la temperatura, es importante tener en cuenta la altura, la chimenea es el tubo de escape proveniente de todo el proceso de limpieza de los humos; en este punto los humos han recibido los tratamientos que reducen el factor contaminante como lo CO_x, NO_x, SO_x, y otros componentes.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo de investigación se desarrolló en varias etapas, las cuales se distribuyeron como se representa en el siguiente diagrama de flujo.

Grafico N° 1 Etapas de Trabajo de Investigación.



Fuente: Los autores

3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La primera etapa del trabajo donde se recopiló la información y estado del arte necesaria para el desarrollo de este proyecto, Para este fin se recurrió a los diferentes medios, como libros, artículos, revistas, Internet, bases de datos, y la interacción de información con el grupo de Investigaciones en Nuevos Materiales de la UIS (GIMAT).

3.2 PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Industrial de Accesorios Ltda. IDEA en busca de mejorar sus procesos y elevar su producción y hacerla amigable con el medio ambiente, realizará la construcción de un nuevo horno cubilote con una producción de 2000 Kg por hora. La operación del horno se llevará a cabo considerando un control severo de las emisiones de los gases, temperatura de los humos y la captación de material particulado.

Dicha empresa se encuentra contemplada en la Resolución 619 de 1997 según el Ministerio del Medio Ambiente en donde:

“Establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.”¹

Además se debe tener en cuenta los contaminantes y las emisiones permitidas de las mismas mostrados en la tabla 5 y tabla 6.

Es por esta razón es de vital importancia la implementación de un sistemas de depuración de humos para hacer cumplir lo antes ya mencionado y de esta

¹ número 2.15: industrias de fundición de acero con hornos de fundición de más de 2 t/ día

manera obtener la certificación ISO 14000 lo cual mejorará su competitividad frente al mercado nacional e internacional.

Tabla 5. Actividades industriales y contaminantes a monitorear.

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminantes
Fundición de acero	Cualquier horno con revestimiento refractario en el cual se produce acero fundido a partir de chatarra de metal, hierro fundido y materiales de flujo o adición de aleaciones cargando en un recipiente e introducido en un alto volumen de gas enriquecido con oxígeno.	MP SO ₂ NO _x
	Cuando en el proceso de fundición de chatarra no es sometida a un proceso de limpieza (eliminación de pintura y grasa en seco, previo a su precalentamiento).	MP SO ₂ NO _x dioxinas y furanos ²

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL RESOLUCIÓN NÚMERO 909 5 de junio de 2008

² Las Dioxinas y Furanos: Compuestos sólidos y cristalinos, tóxicos a niveles muy bajos, siendo el tetracloro-dibenzo-p-dioxin 2.3.7.8 (2,3,7,8-TCDD), el más nocivo de todos. insolubles en agua, pero fácilmente soluble en disolventes orgánicos, grasas y aceites. se expresan en las siguientes unidades: (ng-EQT / m³), EQT: Equivalencia de Toxicidad.

Tabla 6. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg).

Contaminante	Flujo del contaminante (kg/h)	Estándares de emisión admisibles de contaminantes (mg/m ³)	
		Actividades industriales existentes	Actividades industriales nuevas
Material Particulado (MP)	≤ 0,5	250	150
	> 0,5	150	50
Dióxido de Azufre (SO ₂)	TODOS	550	500
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	TODOS	550	500
Dioxinas y Furanos	TODOS	0,5	

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL RESOLUCIÓN NÚMERO 909 5 de junio de 2008

3.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN

Con base en el problema presentado, las características de los equipos contemplados en relación costo y eficiente los elementos que harán parte del sistema de depuración de humos se son:

- Lavador
- Lavador venturi
- Dos ciclones en serie
- Extractor
- Una chimenea

3.3.1 Lavador de gases. La eficiencia del separador depende principalmente de los siguientes factores:

- Las características del flujo.
- Las propiedades del líquido.
- El tamaño de las gotas.
- La velocidad a la que se inyecta el líquido.
- La velocidad de entrada del gas contaminado.
- Dimensiones del separador.

El lavador de gases se selecciona en el diseño porque es un sistema que nos va a ayudar a bajar la temperatura y a limpiar los humos. Figura 4. El agua realiza la tarea de atrapar partículas las cuales forman unos lodos que posteriormente se les realiza un proceso de limpieza. El lavador es un sistema de flujo coordinado que consta de cuatro regaderas, todas ellas a flujo.

La recolección de las partículas en este equipo se realizará por el sistema de aguacero, utilizando las siguientes expresiones (13):

$$\eta = \frac{V_{\text{barrido por una gota}} \cdot D_D}{V_{\text{gas}}} \cdot \eta_c$$

En donde:

$V_{\text{barrido por una gota}}$: velocidad de barrido por una gota

D_D es el diámetro de la gota

η_c : es eficiencia de la captura de las partículas por las gotas de agua

Q : Gasto volumétrico total de líquido que pasa hacia el lavador
 Q_g : Gasto volumétrico total del gas que pasa hacia el lavador
 A : proyección del área que interesa.
 V_g : velocidad del gas
 V_{rel} : velocidad de las gotas con relación al gas
 Temperatura de entrada: 1000 °C
 C_o : Concentración inicial de los humos a la entrada del depurador
 C : Concentración a la salida del lavador

3.3.2 Lavador de venturi. Sus principales ventajas son:

- Diseño sencillo
- Bajo costo de fabricación
- Poco mantenimiento (ventilador y bomba)

Este tipo de lavador nos va a permitir disminuir la temperatura y aumentar la velocidad de los humos debida a la reducción del área que éste equipo presenta; además posee un sistema de riego a flujo que va garantizar el contacto entre las gotas de agua con el material particulado. El área de estrangulamiento se determina mediante la expresión (10):

$$Q_t = \frac{C_d A \sqrt{2 \Delta H}}{\rho}$$

En donde:

d_t : diámetro de la tubería de entrada, en m

ΔH : Diferencia de presión en mm de agua

Q_t : flujo de aire teórico en m³/s

3.3.3 Sistema de ciclones en serie. Este sistema se selecciono por que presenta:

- Bajo costo de inversión
- Costo de mantenimiento bajo.
- Permite la separación en condiciones drásticas de temperatura y presión.
- Caída de presión constante.
- Pueden ser contruidos de variados materiales.
- Puede separar tanto partículas solidas como liquidas, a veces ambas a la vez, dependiendo del diseño propio del ciclón.

Al ser un sistema de dos ciclones en serie aumentamos la eficiencia con relación a lo anteriormente dicho, asegurando mejor captación de las partículas. Para el diseño se emplean las siguientes expresiones (13):

$$\frac{V_t}{V_c} = \frac{D^2 \rho}{18 \mu r} \left(\frac{W_i}{r} \right)$$

En donde:

V_t : velocidad de terminal de sedimentación en dirección radial

V_c : velocidad a lo largo de la trayectoria circular

D : diámetro de la gota

ρ : densidad de la partícula

μ : Viscosidad cinemática

r : radio

W_i : altura de la corriente de admisión en dirección radial

3.3.4 Extractor. Este elemento aunque no se tuvo en cuenta en el marco teórico es muy importante ya que permite halar los gases y garantizar que los estos no queden en ninguno de los equipos utilizados en la limpieza de los humos, para su

diseño se debe tener en cuenta su potencia la cual se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$\frac{P}{\rho g Q} = \frac{f L V^3}{2 g D^5} + \sum \frac{K V^3}{2 g D^5}$$

En donde:

f : Factor de fricción de la tubería

ϵ : Rugosidad de la tubería

D : diámetro de la tubería

Re : numero de Reynolds

ν : Viscosidad cinemática

V : Velocidad del fluido

h_L : pérdidas en cargas lineales

ρ : densidad de los humos

L : longitud de la tubería

g : gravedad

Además de las expresiones anteriores se debe considerar las pérdidas en cada elemento:

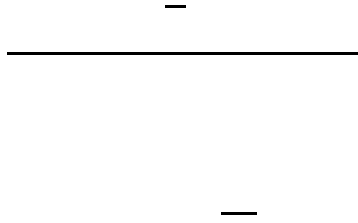
- Pérdidas en los codos:

$$h_c = K \frac{V^2}{2g}$$

En donde:

K : pérdidas en el accesorio

- Perdidas en el tubo venturi:



En donde:

$$=13,94^\circ$$

d1=diámetro mayor

d2=diámetro menor

Relación entre diámetros

- Perdidas en el ciclón



- Potencia útil del ventilador

Para hallar la potencia del ventilador es necesario conocer las perdidas en las cargas lineales:

En donde, P_u es la potencia útil

3.3.5 Una chimenea: Este elemento está ubicado al final del sistema de depuración el cual colabora en la dispersión de los humos al ambiente y a disminuir la temperatura.

- Para el diseño de la chimenea se emplea lo siguiente:

Velocidad mínima de salida para tener en cuenta:

- Para evitar arrastre hacia abajo
- Perdidas de flotabilidad y h (altura)
- Entrada de aire frío a la chimenea

Tabla 7. Valores recomendados para la velocidad de salida de la chimenea en función de la altura

Altura (m)	Velocidad de salida de la chimenea (m/s)
Hasta – 20	6
20-45	9
Mayores de 45	12

Fuente: <http://www.areadecalculo.com/monograficos/chime/chimeneas.pdf>

$$\text{Regla: } V_g > 1,5V_a \quad [21]$$

$$Q = V_g A \quad [22]$$

En donde

Vg: velocidad de los gases

Va: velocidad del aire

Diámetro de la chimenea =0,40 m

Q: caudal

A: área de la chimenea

3.4 CALCULO DE LOS PARÁMETROS

Ya seleccionados los elementos que van hacer parte del sistema de depuración de humos es necesario calcular ciertos parámetros.

A continuación se describe de forma detallada la determinación de los parámetros para la realización del diseño de cada uno de los elementos que conformarán el depurador. Para esto se tienen en cuenta los siguientes datos y una serie de cálculos previos indispensables para la determinación de los parámetros que serán utilizados durante todo el contenido de este trabajo, las formulas empleadas fueron tomadas de la referencia (1):

- Diámetro interno (Di) 600mm → 6 dm
- Producción 2000 Kg.
- Porcentaje de carburación o carbono que se gasta en la carburación de la fundición (ΔC): este valor esta determinado de acuerdo a el porcentaje de coque entre carga (%p). para un %p=15 el valor de ΔC es de 1% y para %p=10 el valor de ΔC es de 0.5%.
- Carbono fijo: Generalmente en Colombia se producen fundiciones con un porcentaje de carbono del 87%.

3.4.1 Producción

La tabla 8 muestra el rango de producción especificando la producción máxima, mínima y optima en kilogramos por hora.

Tabla 8. Determinación del rango de producción en kg/h

Formula	Producción (kg/h)
$P_o = 70D_i^2$ (Máxima)	2520
$P_o = 65D_i^2$	2340
$P_o = 60D_i^2$ (Óptima)	2160
$P_o = 54D_i^2$	1944
$P_o = 50D_i^2$	1800
$P_o = 48D_i^2$	1728
$P_o = 45D_i^2$	1650
$P_o = 40D_i^2$ (Mínima)	1440

Fuente: Los autores

Para una producción máxima:

$$P_M = 70D_i^2 \rightarrow P_M = 2520 \text{ kg/h} \quad [23]$$

- Carbono cargado

$$pC = \%p * \%C \rightarrow pC = 0,15 * 0,87 \quad [24]$$

$$pC = 0,1305 \text{ kgC/kg metal}$$

- Carbono gastado

$$C_{\text{gastado}} = \text{Producción} * pC \quad [25]$$

$$C_{\text{gastado}} = 2520 * 0,1305 \rightarrow C_{\text{gastado}} = 328,86 \text{ kgC/h}$$

- Carbono que queda para la combustión

$$C_{\text{que queda para la combustión}} = pC - \Delta C \quad [26]$$

$$C_{\text{que queda para la combustión}} = 0,01 - 0,1305 = 0,1205$$

- Carbono que combuste

$$Ch = \text{Producción} * C_{\text{que queda para la combustión}} \quad [27]$$

$$Ch = 2520 * 0,1205 \rightarrow Ch = 303,66 \text{ kg/h}$$

- Porcentaje de coque entre carga

El cubilote trabaja con porcentaje de coque entre carga de 10 a 15%

- Con 10% de coque entre carga indica el volumen mínimo que se debe soplar en el cubilote
- Con 15% de coque entre carga indica el volumen máximo que se debe soplar en el cubilote

Con los datos anteriores se elaboran las fundiciones normales.

- Índice de combustión

El índice de combustión se determina mediante la siguiente ecuación:

Para una producción máxima, con un porcentaje de coque 15% el índice de combustión es:

En la tabla 9 y 10 se muestran los resultados de los parámetros anteriormente calculados para una producción máxima, y además se incluyen los resultados para producciones mínimas y optima; para porcentaje de coque entre carga de 15 y 10% de coque entre carga respectivamente.

Tabla 9. Parámetros para una producción máxima, mínima y óptima, con un % p de 15.

Parámetros	Máxima	Optima	Mínima
Producción (kg/h]	2520	2160	1440
C cargado (kgC/kg metal]	0,1305	0,1305	0,1305
C gastado (kgC/h]	328,86	281,88	187,92
C que queda para combustión (kgC/kg metal]	0,121	0,121	0,121
C que combuste (kg/h]	303,66	260,28	173,52
Índice de combustión (n]	0,471	0,471	0,471

Fuente: los autores

Tabla 10. Parámetros para una producción máxima, mínima y óptima, con un % p de 10.

Parámetros	Máxima	Optima	Mínima
Producción (kg/h]	2520	2160	1440
C cargado (kgC/kg metal]	0,087	0,087	0,087
C gastado (kgC/h]	219,24	187,92	125,28
C que queda para combustión (kgC/kg metal]	0,082	0,082	0,082
C que combuste (kg/h]	206,64	177,12	118,08
Índice de combustión (n]	0,621	0,621	0,621

Fuente: los autores

3.4.2 Volumen de aire consumido

- Cantidad de aire consumido para un producción máxima $70Di^2$ y % $p=15$

$$q_c = 4,48 (1+n) \quad [29]$$

$$q_c = 4,48 (1+0,471) \rightarrow q_c = 6,5889460 \text{ m}^3/\text{kgC} \rightarrow 0,556 \text{ m}^3/\text{s}$$

En la tabla 11 podemos ver el volumen de aire consumido para una producción máxima, mínima y optima en función del porcentaje de coque entre carga.

Tabla 11. Cantidad de aire consumido en función del porcentaje de coque.

Producción	Aire consumido (m ³ /s)	
	% p =10	% p =15
Máxima	0,417	0,556
Optima	0,357	0,476
Mínima	0,238	0,318

Fuente: Los autores

3.4.3 Emisión de CO, CO₂ y N₂ por hora

Para una producción máxima y %p de 15:

- CO₂ producido

$$CO_{2\text{producido}} = 1,866n * Ch \quad [30]$$

$$CO_{2\text{producido}} = 1,866(0,471) * 303,66 \rightarrow CO_{2\text{producido}} = 266,739 \text{ m}^3/\text{h}$$

- CO producido

$$CO_{\text{producido}} = 1,866(1-n) * Ch \quad [31]$$

$$CO_{\text{producido}} = 1,866(1- 0,471) * 303,66 \rightarrow CO_{\text{producido}} = 299,890\text{m}^3/\text{h}$$

- N₂ producido

$$N_{2\text{producido}} = 3,547 (1+n) * Ch \quad [32]$$

$$N_{2\text{producido}} = 3,547 (1+0,471) * 303,66 \rightarrow N_{2\text{producido}} = 1584,115 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Total de gases, con las ecuaciones 7,8 y 9.

$$N_{2\text{producido}} + CO_{\text{producido}} + CO_{2\text{producido}} = 2150,745 \text{ m}^3/\text{h} (0,597 \text{ m}^3/\text{s})$$

En la tabla 17 podemos ver que para una producción y un porcentaje de coque entre carga máximo hay mayor producción de gases de combustión.

Tabla 12. Emisión de CO, CO₂ y N₂ por hora, para un porcentaje de coque de 10 y 15%.

Gases	Producciones con	
	%p = 15	%p = 10
CO ₂ producido(m ³ /h)	266,739	239,583
CO producido(m ³ /h)	299,890	146,433
N ₂ producido (m ³ /h)	1584,115	1188,366
Total gases(m ³ /h)	2150,745	1576,956
Total gases(m ³ /s)	0,597	0,250

Fuente: Los autores

3.4.4 Aire de combustión

Para una producción máxima de 70 Di²

$$Q_c = 4,48 (1+n) * P * (pC - \Delta C) \quad [33]$$

$$Q_c = 4,48 (1+0.471) * 2520 * (0,1305 * 0.87 - 0.01) \rightarrow Q_c = 2000,80 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 33,35 \text{ m}^3/\text{min}$$

La superficie del cubilote es igual a $\rightarrow 0,2728 \text{ m}^2$.

Por lo tanto $Q_c = 122,25 \text{ N m}^3 \text{ m}^2/\text{min}$.

En la tabla 13 encontramos el volumen de aire de combustión para una producción máxima, mínima y óptima; para porcentajes de coque entre carga de 10 y 15%.

Tabla 13. Volumen de aire de combustión en función del porcentaje de coque entre carga.

Producción	Aire de combustión (m ³ /s)			
	% p =10		% p =15	
	m ³ /min	Nm ² m ³ /min	m ³ /min	Nm ² m ³ /min
Máxima	25,02	92,37	33,35	122,25
Optima	21,44	78,59	28,58	104,76
Mínima	14,29	52,38	19,06	69,86

Fuente: Los autores

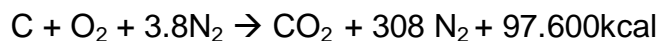
Tabla 14. Temperatura de la fundición líquida para porcentajes de coque de 10 y 15%.

Producción	Temperatura de la fundición líquida (°C)	
	% p = 10→12,06%C entre carga	% p = 15→18,39% C entre carga.
Máxima	1440	1510
Optima	1460	1520
Mínima	1410	1460

Fuente: Los autores

3.4.6 Temperatura de los humos. La oxidación exotérmica del carbono en CO₂, es seguida, por la reducción parcial del CO₂ en CO, mostrado en las siguientes reacciones:

- Combustión del carbono del coque.



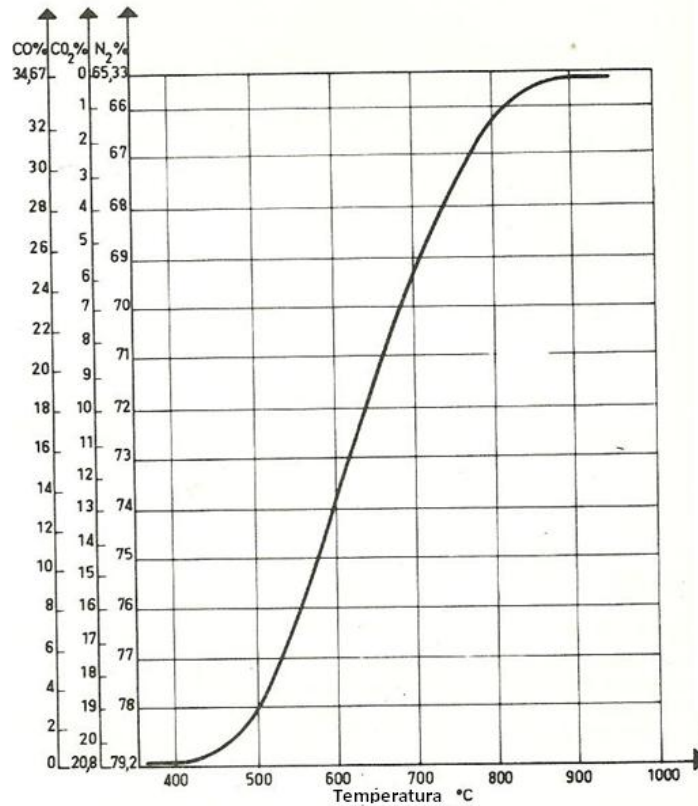
- Gasificación del coque



A medida que la carga en el cubilote disminuye, es decir cuando el cubilote se está vaciando la temperatura aumenta y se encuentra en un rango de 900 a 1000°C (10); aumenta por que la carga metálica se encuentra en menor proporción y ésta no realiza el mismo intercambio de calor que realizaría cuando el cubilote se encuentra totalmente cargado.

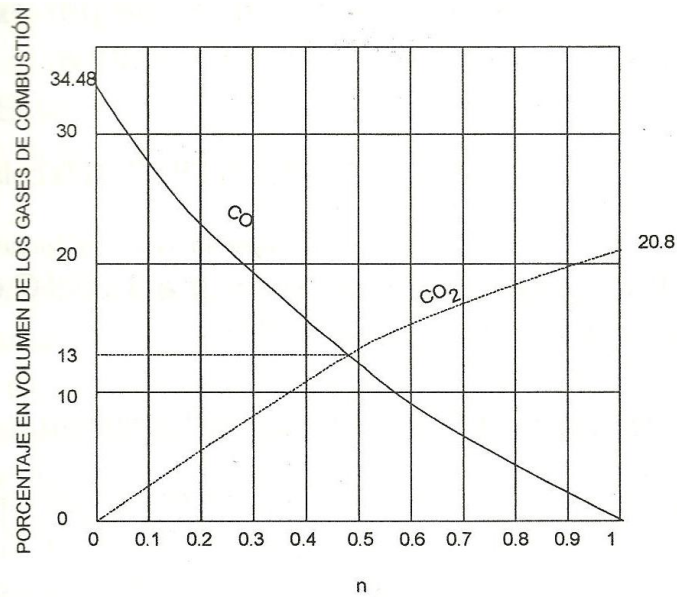
En la figura 11 esta representado el equilibrio de la reacción de gasificación del coque, en donde podemos ver que si aumenta la temperatura de los gases aumenta el contenido de CO.

Figura 11. Curva de Boudouard



Fuente: Diseño, operación y control del cubilote

Figura.12 variación de los contenidos de CO y CO₂ en los gases en función del índice de combustión.



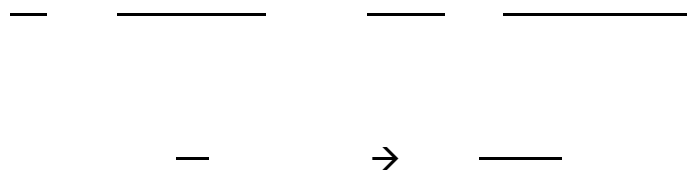
Fuente: Diseño, operación y control del cubilote.

La figura 12 muestra la variación de CO y CO₂ en los gases en función del índice de combustión. En donde el porcentaje ideal de los gases es para un índice de combustión aproximado de 0,5. Para una producción máxima de 70Di² y porcentaje de coque entre carga de 15% el índice de combustión es de 0.471 podemos ver que no se aleja de lo ideal.

3.5 CÁLCULO Y DISEÑO DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS.

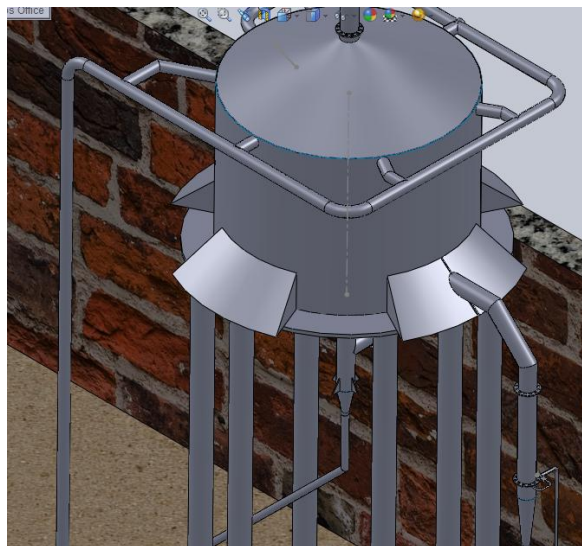
3.5.1 Lavador

Con la expresión [4]



$$C=0,201818 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

Figura 13. Lavador en solidwork



Fuente: Los autores

3.5.2 Lavador Venturi

Con la ecuación [5] obtenemos

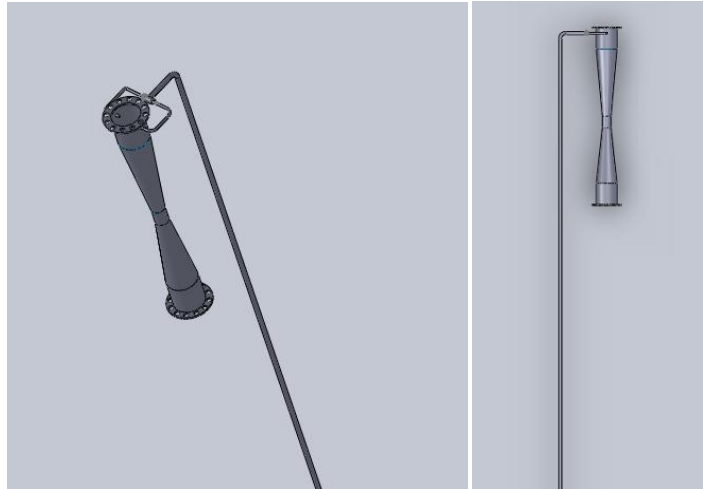
$$\Delta H = 205,98 \text{ mm de columna de agua}$$

$$P = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2)$$

$$0,205 \cdot 9810 = \frac{3,6049}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2)$$

$$V_2 = 39,35 \text{ m/s}$$

Figura 14. Lavador venturi en solidwork



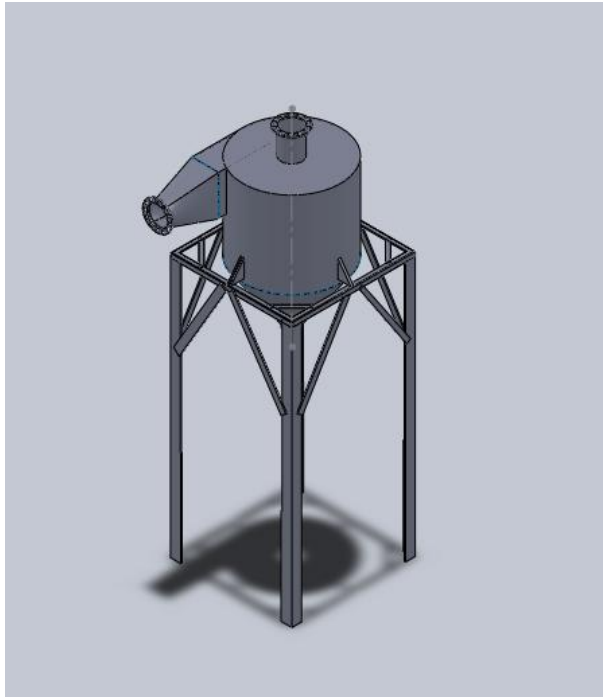
Fuente: Los autores

3.5.3 Ciclones en Serie

Expresiones [6] y [7]

ξ es la relación eficiencia- diámetro lo cual es de un valor pequeño lo que significa que el tamaño de la partícula para el cual el aparato es eficaz.

Figura 15. Ciclón con su base en solidwork.



Fuente: Los autores

3.5.4 Extractor

Acero comercial $D=6''$; $D_{\text{interno}}=154,1\text{mm}$

- Primer tramo \rightarrow Longitud = 5530 mm ; $Q= 0,250 \text{ [m}^3/\text{s]}$; --- ;
Velocidad=13,40 [m/s]

Por proceso iterativo hallamos f mediante las expresiones [8] [9] y [10].

$$Re=415556,3$$

$$\text{---} = \text{---} \text{---} =$$

- Tramo vertical: L:6005 mm ; $f=0,01644$ y usando la ecuación [10]

—

- Perdida en accesorios :

→ Perdida de presión en el lavador: $D=2400\text{mm}$; Longitud del lavador 1800 mm expresiones [8] [9] y [10].

—————

$$Re=180349,93$$

— ————— —————

$$\Delta H=0,0661166 \text{ mm de H}_2\text{O}$$

→ Perdida en codos: $D_{\text{interno}}:154,1\text{mm}$; codo: 45° ; $f_t=0,11799$; numero de codos = 9, expresiones [11] y [12]

$$K=15*0,11799$$

$$K=1,769$$

$$K_{\text{total}}=9*1,769$$

$$K=15,93$$

$$\Delta H=145,8 \text{ mm de H}_2\text{O}$$

→ Salida de los lavadores: número de salida de lodos=2; entrada de tubería a tope;
=0,201818[Kg/m³]

$$K=0,24*ft$$

$$K=0,24*0,01644$$

$$K=0,0039456$$

$$K_{total}=2*0,003945$$

$$K_{total}=0,0078912$$

- Pérdida de presión en el tubo venturi, expresiones [13] y [14]

$$=13,94^\circ$$

d1=diámetro mayor

d2=diámetro menor

$$K_2=5,216$$

$$\Delta H=13,83 \text{ mm de H}_2\text{O}$$

→ Pérdidas de presión en el ciclón, expresiones [15] [16] [17] y [18]

$$K=16 \text{ cte}$$

Nh=número de cabeza de velocidad

Vi=velocidad de entrada

a=lado recto de la entrada del ciclón

b=altura de la entrada del ciclón

(Recomendación el rango de velocidades de entrada debe encontrarse entre 15,2 y 27,4 (m/s))

Suponiendo que los humos con una temperatura de 450°C

—

Velocidad equivalente



$$W=1,61 \text{ m/s}$$



$$V_s=29,15 \text{ [m/s]}$$

Si $V_i/V_s < 1,35$ no hay resuspensión

—

$$0,584 < 1,35$$

Suponiendo que los humos con una temperatura de 400°C

—

Velocidad equivalente

$$W=1,498 \text{ m/s}$$
$$Vs=38,86 \text{ [m/s]}$$

Si $V_i/V_s < 1,35$ no hay resuspensión

$$0,75 < 1,35$$

Potencia útil del ventilador:

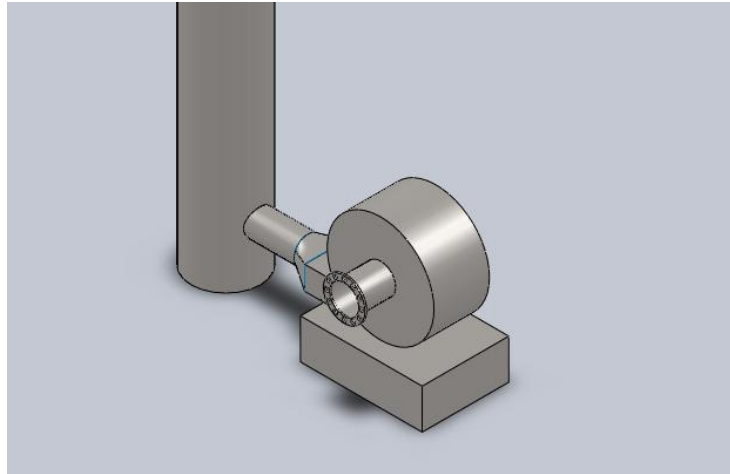
Para el cálculo de la potencia se suman todas las pérdidas en el circuito, expresiones [19] y [20]

$$P_u=4,007 \text{ C.V}$$
$$P_u=3,95 \text{ HP}$$

N es el factor de seguridad depende de la actividad a la cual esta predispuesta

$$P_u=3,95 * N$$
$$P_u=3,95 * 5$$
$$P_u=19,75 \text{ HP}$$

Figura 16. Extractor en solidwork

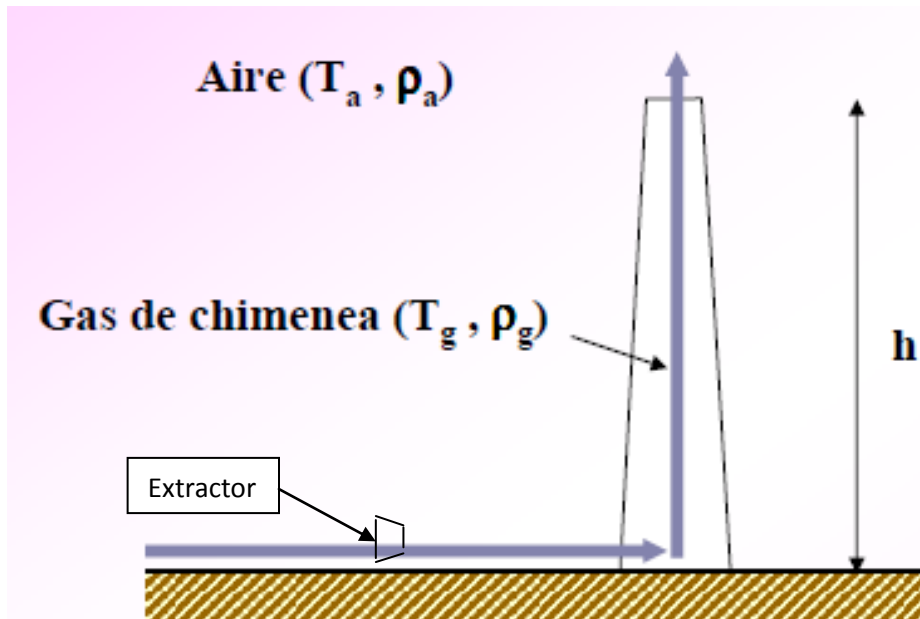


Fuente: Los autores

3.5.5 Chimenea

Para el diseño de este elemento se emplean las expresión [21] [22], la tabla y la figura 16.

Figura 17. Tiro forzado



Fuente: <http://www.areadecalculo.com/monograficos/chime/chimeneas.pdf>

- Balance de energía para tiro forzado:

[34]

En donde:

P: Diferencial de presión

: Presión ejercida por el extractor

E_c : Energía cinética

: Sumatoria de los coeficientes de fricción.

- Energía cinética del gas:

—

- Perdidas por rozamiento:

—

—

En donde:

L: Longitud equivalente a la chimenea

D: Diámetro de la chimenea

- Diferencial de presión:

—

En donde:

Ta: temperatura del aire

Tg: temperatura del gas

—

Realizando el despeje del balance conocemos la presión que debe realizar el extractor para que la chimenea se efectiva.

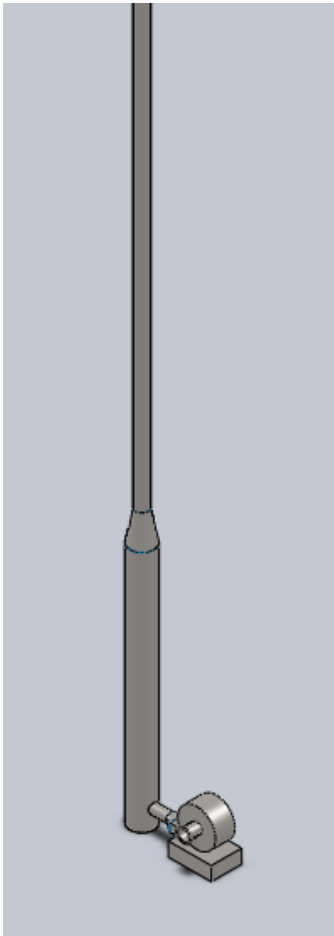
Teniendo la potencia y el caudal de entrada en el extractor podemos hallar

—

Comparando los dos valores vemos que cumple que

—

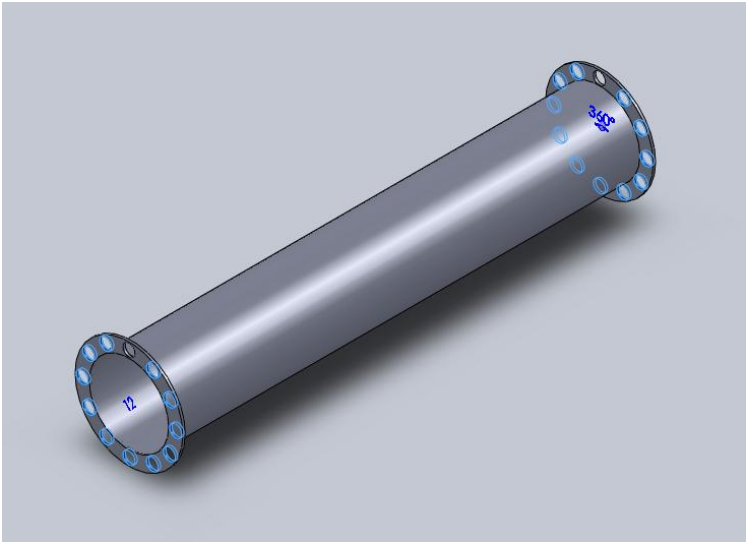
Figura 18. Chimenea en solidwork



Fuente: Los autores

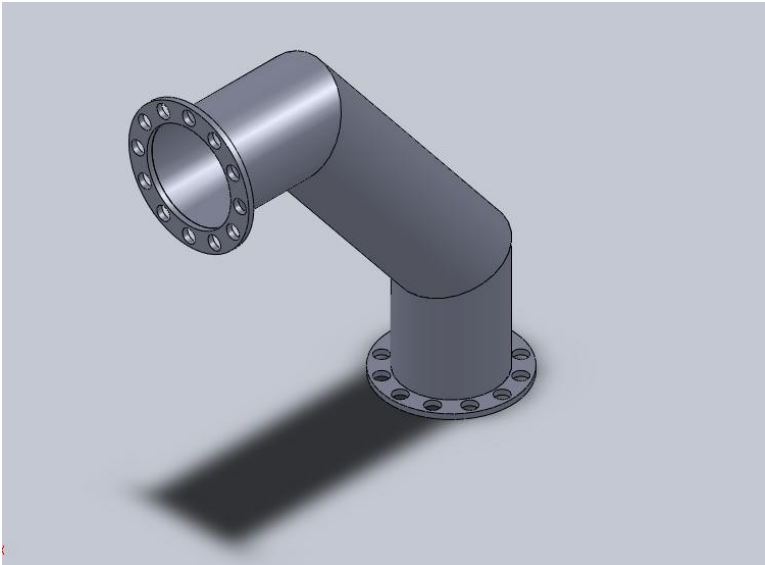
La fotografía 19 y 20 se muestra la tubería de 6 pulgadas la cual va unir todos lo elementos del depurador con tornillos de una pulgada.

Figura 19. Tubería en solidwork



Fuente: Los autores

Figura 20. Codo en solidwork



Fuente: Los autores

3.5.6 Ensamble.

En la figura 21 se observa el ensamble total del sistema de depuración en el horno de cubilote.

En donde se colocaran termopares en la salida del lavador, el lavador venturi y en la chimenea, para regular la temperatura de los humos a lo largo del sistema.

Figura 21. Ensamble del sistema de depuración



Fuente: Los autores

4. CONCLUSIONES

La relación Empresa Universidad se ha complementado con este trabajo de grado. Gracias a la formación académica, al compromiso de los autores y directores del proyecto y al apoyo de la empresa industrial de accesorios IDEA Ltda, ha sido posible llevar a fin este proceso de diseño, permitiendo aplicar los conocimientos adquiridos en la academia a una necesidad específica de la industria.

Mediante los conocimientos adquiridos en la academia y cálculos realizados se observa que cuando la producción de fundición aumenta la cantidad de material particulado, la velocidad y volumen de los humos emitidos a la atmósfera es mayor; siendo más notorio para 15% de coque entre carga.

Se ha logrado con este trabajo estimar el comportamiento de cada uno de los elementos del sistema de depuración de humos teniendo en cuenta la distribución granulométrica, velocidad, volumen y temperatura de las partículas provenientes del proceso de fundición, cumpliendo con las normas ambientales que actualmente rigen este tipo de procesos.

El uso de la herramienta CAD, ha sido fundamental para el diseño y constante revisión del proceso de eficiencia en la limpieza de los humos. La reducción del tiempo en la etapa ingenieril y por ende en la inmediatez de los planos es clave para la etapa de construcción de un proyecto de diseño, sobre todo cuando se trabaja en un sector donde existe un compromiso con el ambiente.

5. RECOMENDACIONES

En la realización de la construcción del sistema de depuración de humos se sugiere que el material a utilizar sea HR A36 de 3/16 de pulgada de espesor.

Los tornillos a utilizar en el ensamble deben ser del mismo material utilizado en la construcción de cada uno de los elementos del sistema de depuración.

Para la selección de la bomba se recomienda que la altura efectiva de la columna de agua se de dos metros por encima de la altura del lavador.

En la primera sección de la chimenea es aconsejable colocar un aislante térmico de baja conductividad.

La velocidad mínima de salida recomendada en la chimenea debe ser mayor o igual a 6 metros por segundo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RIVERA. Pedro S., Estudio de la contaminación industrial del aire de la zona norte de Bucaramanga. Tesis de Magíster, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 1986.
2. AMERICAN FOUNDRY SOCIETY. AFS. Cupola Handbook. 6th edition, Illinois. 2006. Capítulo 4. pp. 1 – 17.
3. JEAN-FRANCOIS. C., Le dépoussiérage des gaz de cubilots. En: Hommes et Fonderie. (nov 1974) pp. 17, 23-26.
4. CHARBONNIER. M. et al. , Devenir des poussières de cubilots. Dépoussières à sec. En: Fonderie-Fondeur d'Aujourd'hui. no. 174. (abr 1998) pp. 44 - 46.
5. ULMER. G., Dépoussiérage et récupération thermique sur les fumées du cubilot. En: Fonderie-Fondeur d'Aujourd'hui, no. 6. (jun, jul 1981) pp. 40 - 44.
6. ULMER. G., Le dépoussiérage des fumées de cubilot. En: Fondeur d'Aujourd'hui. no 238 (nov 1972).pp 6, 7, 9.
7. INTERNATIONAL COMMITTEE OF FOUNDRY TECHNICAL ASSOCIATIONS. (ICFTA) Cupola Dust Collection. En: AFS International Cast Metals Journal. (dic 1980) pp. 26-44.
8. VILLEGAS. Francisco A., Evaluación y control de la contaminación. Universidad Nacional. (1995). pp. 79-95.
9. GUYOT, J., Manuel du cubilot. 1ª ed. Paris. Edition Techniques des Industries de la Fonderie. 1980. pp 104, 105, 114, 120-123.
10. ALONSO Baquero. Arnaldo., Diseño, operación y control del cubilote. 1ª Edición, Editorial UIS, Bucaramanga 2000.
11. AMERICAN FOUNDRY SOCIETY. AFS. EL Horno Cubilote y su Operación. Segunda edición, USA. 1967.
12. ANTHONY F. MILLS, Transferencia de Calor, Mc. Graw hill/ Irwin. Publicada originalmente en ingles por Richard D. Irwin
13. NERVERS. Noel., Ingeniería de control de la contaminación del aire. Editorial McGraw-Hill. Primera edición (1998)

14. INCROPERA, Frank P., fundamentos de transferencia de calor. Cuarta edición, (1999), pp. 581 – 613.
15. MARADEY, Juan F., Termodinámica aplicada, editorial UIS, edición 2003
16. STERLING SIHI, Principios básicos para el diseño de instalaciones de bombas centrifugas, 7 edición,

ANEXOS

ANEXO A.

CARTAS DE COMPROMISO Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS PLATEADOS POR PARTE DE LA EMPRESA DELDEPURADOR

Bucaramanga, Diciembre de 2010

Doctor
LUIS ORLANDO AGUIRRE RODRÍGUEZ
Director Escuela de Ingeniería Metalúrgica
Universidad Industrial de Santander
Ciudad Bucaramanga

Apreciado Doctor,

La empresa **INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA IDEA**, está interesada en fomentar las relaciones Industria – Universidad y para ello, después de un estudio de sus principales procesos de producción, ha encargado a los estudiantes de último nivel, **CAROLINA CASTILLO MUNEVAR** estudiante de ingeniería metalúrgica y **OSCAR IVAN MONTOYA** estudiante de ingeniería mecánica, para el diseño de un sistema de depuración de humos para el horno cubilote. Trabajo que será desarrollado de acuerdo a las necesidades fundamentales de la empresa.

En espera de óptimos beneficios en pro de la formación ingenieril del estudiante, y que esto redunde a favor de la empresa y de nuestra relación interinstitucional.

Cordialmente,



**INDUSTRIAL DE
ACCESORIOS LTDA.**
NIT. 804.009.385-8
IDEA® PEDC: 6522037

JAIRO PINZÓN RUÍZ
C.C 91.152.267
NIT 804.009.385-8
Gerente de Industrial de Accesorios Ltda.

Bucaramanga, Diciembre de 2010

Doctor
ALFONSO GARCIA
Director Escuela
Universidad Industrial de Santander
Ciudad Bucaramanga

Apreciado Doctor,

La empresa **INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA IDEA**, está interesada en fomentar las relaciones Industria – Universidad y para ello, después de un estudio de sus principales procesos de producción, ha encargado a los estudiantes de último nivel, **CAROLINA CASTILLO MUNEVAR** estudiante de ingeniería metalúrgica y **OSCAR IVAN MONTOYA** estudiante de ingeniería mecánica, para el diseño de un sistema de depuración de humos para el horno cubilote. Trabajo que será desarrollado de acuerdo a las necesidades fundamentales de la empresa.

En espera de óptimos beneficios en pro de la formación ingenieril del estudiante, y que esto redunde a favor de la empresa y de nuestra relación interinstitucional.

Cordialmente,



JAIRO PINZÓN RUÍZ
C.C 91.152.267
NIT 804.009.385-8
Gerente de Industrial de Accesorios Ltda.

Bucaramanga, Abril 15 de 2011

Señores
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Ciudad

Apreciados señores:

Me permito informar que la señorita carolina Castillo Munevar estudiante de Ingeniería Metalúrgica y el señor Oscar Ivan Montoya estudiante de Ingeniería Mecánica cumplieron con los objetivos y el cronograma propuesto en el proyecto de grado presentado a nosotros el cual tiene como título Diseño de un sistema de depuración de humos para el horno cubilote.

Agradezco su cordial atención

Atentamente,



INDUSTRIAL DE
ACCESORIOS LTDA.
NIT. 804.009.385-8

CLAUDIA P. LANDAZABAL R.
Administradora



INDUSTRIAL DE
ACCESORIOS LTDA.
NIT. 804.009.385-8

HENRRY HERRERA O.
Dir. Apoyo Técnico



ANEXO B.

CONTROL Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DEPURACION DE HUMOS

Un buen mantenimiento está basado en el aspecto de limpieza de cada uno de los componentes que conforman el sistema de depuración de humos y operación en el rango de diseño. No seguir las recomendaciones de un mantenimiento preventivo acarrea un deterioro del sistema y pérdidas económicas por el mantenimiento correctivo.

PROGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTO

Para mantener en un buen estado el sistema de limpieza de humos, se llevara a cabo un programa de mantenimiento sencillo con una actividad básica según la siguientes Tablas.

Descripción del trabajo	Respuesta	Tiempo	Otro
Revisión y limpieza del sistema eléctrico		30 min	bimestral
Revisión de los alabes del extractor		20 min	bimestral
revisión de los las bridas		6 horas	anual
revisión de los conductos	pintura anti corrosiva	2 días	2,5 años
Revisión del tanque de agua		30 min	anual

LAVADOR DE HUMOS	Semanal	Quincenal	Mensual	Trimestral	Anual
Bomba			X		
Lubricación De La Bomba		X			
Motor			X		
Cableado Eléctrico					X
Tubería				X	
Carcasa Lavador			X		
Soporte Del Lavador				X	
Tubo Venturi					
Bomba				X	
Tubería De Alimentación De Agua			X		
Carcasa Venturi	X				
Salida De Lodos	X				
Ciclón					
Carcasa Del Ciclón			X		
Compuerta De Descarga	X				
Extractor					
Carcasa Extractor		X			
Motor	X				
Cableado Eléctrico	X				

ANEXO C.

GRÁFICA DE LA BOMBA PARA LAVADOR

Por consulta a un asesor la mejor selección de la bomba:

Inicio Compañía Productos Documentación Servicio Soporte Contáctenos

Bombas IHM ▶
Bombas Importadas ▶
Equipos Diesel Sobre Chasis o Base ▶

Click en una imagen para ampliar

+ ZOOM
Manual
Documentación

Comparta esta página

/ Bombas IHM / Centrifugas Caracol

Características

- Bombas para trabajo continuo
- Motor monofásico tipo americano
- Versiónes desde 1/4 hasta 2 HP
- Motobomba para presión y/o caudal
- Acoples Monoblock
- mayor duración y silenciosa

Especificaciones

- Capacidades máximas desde 40 hasta 130 GPM
- Altura dinámica total de 40 a 140 pies
- Conexión de descarga de 1 y 2 pulgadas
- Potencias desde 1/4 hasta 2 HP
- Motor eléctrico monofásico a 60Hz

Aplicaciones

- Sistemas de agua y riego, para casas, fincas e Industrias.
- Bombeo tanque a tanque
- Uso Residencial
- Otras aplicaciones rurales

VERSIONES DISPONIBLES.

- Caracol Monofásica Económica
- Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX

Versión	Modelo	Succión x Descarga	Motor	Potencia	Rotor	Curva
Caracol Monofásica Económica	1B-1/4W	1" x 1"	Monofásico	0.25 HP	98 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1A-1/3W	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.33 HP	104 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1A-1/2W	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.5 HP	110 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1A-3/4W	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.75 HP	120 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	2x4 -3/4W	2"	Monofásico	0.75 HP	84 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1.1/2A-1W	1.1/2"	Monofásico	1 HP	127 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	2x4 - 1W	2"	Monofásico	1 HP	89 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1.1/2A-1.5MW	1.1/2"	Monofásico	1.5 HP	140 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	1.1/2A-2MW	1.1/2"	Monofásico	2 HP	143 mm	ver curva
Caracol Monofásica Económica	2x4 - 2MW	2"	Monofásico	2 HP	95 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1-1/2	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.5 HP	112 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1-3/4	1.1/4" x 1"	Monofásico	0.75 HP	117 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1-1.0	1"	Monofásico	1 HP	127 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1H-1.0	1.1/4" x 1"	Monofásico	1 HP	135 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1H-1.5	1.1/4" x 1"	Monofásico	1.5 HP	144 mm	ver curva
Caracol Monofásica Doméstica MINIMAX	CD1H-2.0	1 1/4" x 1"	Monofásico	2 HP	150 mm	ver curva

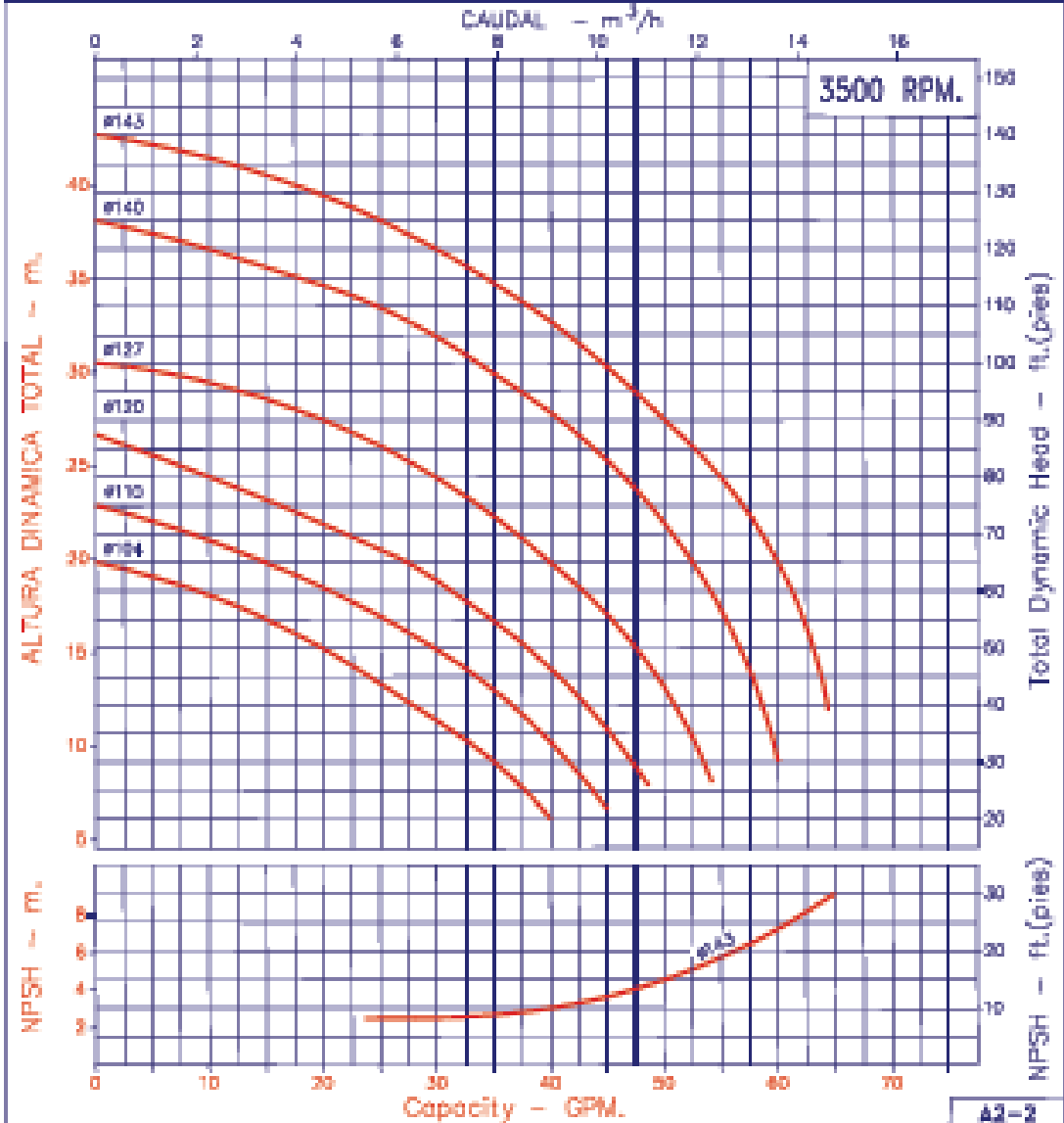


MOTOBOMBAS CENTRIFUGAS USO GENERAL
"CARACOL SUPER"
 MONOBLOCK ELECTRICAS

Version: Sello Mecanico.
 Ø Rotor: Variable
 Ø Max. Particulas: 3 mm.
 Motor: Electrica Monof.
 1/3 a 2.0 HP

MODELOS: 1A-1/3; 1A-1/2; 1A-3/4
 1J/2A-1A; 1J/2A-1.5; 1J/2A-2.0

MODELO	SUGCHON	DESCARGA
1A	1/4" NPT.	1" NPT.
1J/2A	1/2" NPT.	1.1/2" NPT.



Código: 980040CU
 Reemp: 950190CU
 Fecha: ABR-29-08

NOTAS: 1. Densidad del agua a 4°C = 1 g/cm³
 2. Curvas desarrolladas a nivel del Mar.

Caudal Max.	gpm.
Altura Max.	ft.
Eficiencia Max.	%

A2-2

ANEXO D. SELECCIÓN DEL MOTOR DE LA BOMBA DEL LAVADOR

Motores ▶

Click en una imagen para ampliar








→ ZOOM

[Comparta esta página](#)

/ Motores / Motores Eléctricos

Características

- La más completa gama de motores eléctricos estándar a 60 Hz en variadas revoluciones con los mejores tiempos de entrega.
- Motores de última tecnología.
- Bajo nivel de ruido.
- Alto par de arranque.
- Bajo consumo de energía.
- Rotor jaula de ardilla.
- Rodamientos prelubricados de bolas.
- 24 meses de garantía por defectos de fabricación a partir de la fecha de manufactura.

Especificaciones

- Estándar Monofásicos** : Con capacitor de arranque, aislamiento claseB, centrifugos de gran capacidad y larga vida
- Estándar Trifásicos** : Bajo nivel de ruido y vibración, protección IP55, aislamiento clase F, carcasa en fundición gris, anillos de protección tipo V ring en la tapa ballnera, para servicio continuo, forma constructiva B3D
- A prueba de explosión** : Protección IP55, aislamiento clase F, carcasa en fundición gris, anillos tipo V'ring en la tapa ballnera, placa de identificación en acero, servicio continuo, forma constructiva B3D, clase de temperatura T4, Norma IEC (Zona 1, grupos IIA y IIB), Norma NEMA (Clase1, división I, grupos C y D; Clase 2, división I, grupos F y G), Certificados CEPEL

Aplicaciones

- Motores a prueba de explosión para aplicación en donde gases o vapores inflamables puedan estar presentes en cantidades suficientes para crear mezclas explosivas o inflamables debido a cualquier tipo de procesos o escapes

Bridas




BRIDA FC **BRIDA B5**

[Click aquí para ver dimensiones](#)

TABLA DE MODELOS SEGÚN VERSION.

Ver tabla de equipos Monofásicos semiabiertos (2 polos) 3600 rpm

Ver tabla de equipos Monofásicos semiabiertos (4 polos) 1800 rpm

Ver tabla de equipos Monofásicos cerrados (2 polos) 3600 rpm

Ver tabla de equipos Monofásicos cerrados (4 polos) 1800 rpm

Ver tabla de equipos Trifásicos (2 Polos) 3600 RPM

Ver tabla de equipos Trifásicos (4 Polos) 1800 RPM

Ver tabla de equipos Trifásicos (6 Polos) 1200 RPM

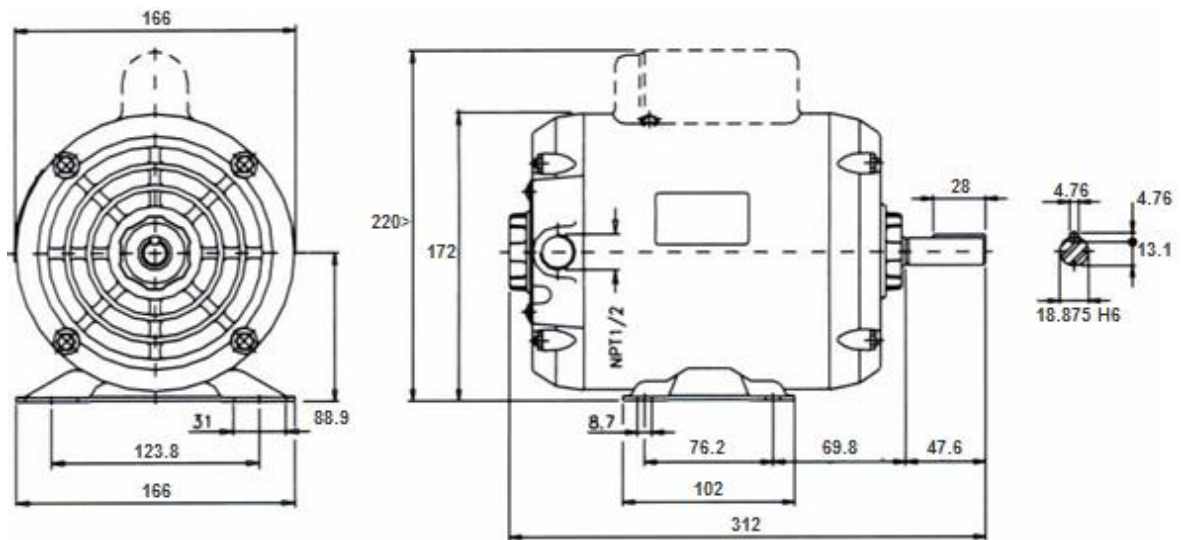
Ver tabla de equipos Trifásicos (8 Polos) 900 RPM

Ver tabla de equipos Trifásicos a prueba de explosión (2 Polos) 3600 RPM

Ver tabla de equipos Trifásicos a prueba de explosión (4 Polos) 1800 RPM

Motores Monofásicos semiabiertos (2 polos) 3600 rpm

HP	Carcasa	Protección IP	F. S.	Corriente (A) 110 V	Corriente (A) 220V	Masa Kg	
0.5	C56	21	1.25	7	3.5	10	Ver dimensiones
0.75	B56	21	1.25	10.2	5.1	13	Ver dimensiones
1	D56	21	1.25	14.2	7.1	15	Ver dimensiones
1	D56	21	1.15	18.6	9.3	16.5	Ver dimensiones
2	F56H	21	1.15	22.9	11.4	20	Ver dimensiones
3	G56H	21	1	30.8	15.4	20	Ver dimensiones
5	112M	22	1.25	N.A.	22	45	Ver dimensiones



Dimensiones en milímetros
Monofásicos semiabiertos (2 polos) 3600 rpm de 1HP

ANEXO E. SELECCIÓN DEL MOTOR DEL EXTRACTOR

Click en una imagen para ampliar



+ ZOOM

Comparta esta página



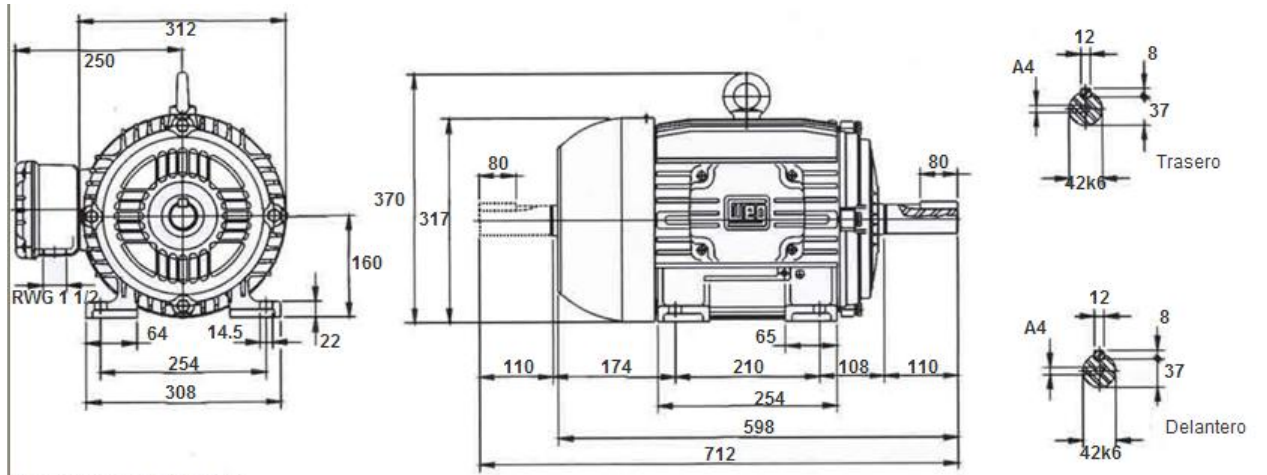
/ Motores / Motores Eléctricos

Características

- La más completa gama de motores eléctricos estándar a 60 Hz en variadas revoluciones con los mejores tiempos de entrega.
- Motores de última tecnología.
- Bajo nivel de ruido.
- Alto par de arranque.
- Bajo consumo de energía.
- Rotor jaula de ardilla.
- Rodamientos prelubricados de bolas.
- 24 meses de garantía por defectos de fabricación a partir de la fecha de manufactura.

Motores Trifásicos (2 Polos) 3600 RPM

HP	Carcasa	Protección IP	F.S.	Corriente (A) 110 V	Corriente (A) 220V	Masa Kg	
0.5	63	55	1.15		1.71	7.4	Ver dimensiones
0.75	71	55	1.15		2.39	9.7	Ver dimensiones
1	71	55	1.15		3.01	10.9	Ver dimensiones
1.5	80	55	1.15		4.28	13.1	Ver dimensiones
2	80	55	1.15		5.43	14.6	Ver dimensiones
3	90S	55	1.15		8.43	18.8	Ver dimensiones
4	90L	55	1.15		11	21.6	Ver dimensiones
5	100L	55	1.15		12.9	30	Ver dimensiones
6	112M	55	1.15		15.8	38.3	Ver dimensiones
7.5	112M	55	1.15		19.1	42.1	Ver dimensiones
10	132S	55	1.15		25.5	63.4	Ver dimensiones
15	132M	55	1.15		36.9	72.5	Ver dimensiones
20	160M	55	1.15		50.3	106	Ver dimensiones
25	160M	55	1.15		61.6	116	Ver dimensiones
30	160L	55	1.15		72.1	130.5	Ver dimensiones
40	200M	55	1.15		99	212.8	Ver dimensiones
50	200L	55	1.15		120	246.6	Ver dimensiones
60	225M/S	55	1		143	356.8	Ver dimensiones
75	225M/S	55	1		174	408.3	Ver dimensiones
100	250S/M	55	1		233	445.1	Ver dimensiones
125	280S/M	55	1		289	689.7	Ver dimensiones
150	280S/M	55	1		344	693.9	Ver dimensiones
200	315S/M	55	1		464	861.1	Ver dimensiones
250	315S/M	55	1		572	990	Ver dimensiones

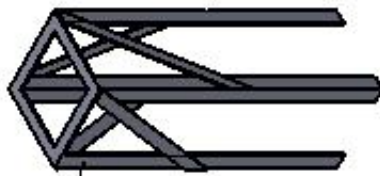


Dimensiones en milímetros

Trifásicos (2 Polos) 3600 RPM de 25HP

PLANOS

ESCALA 1:10

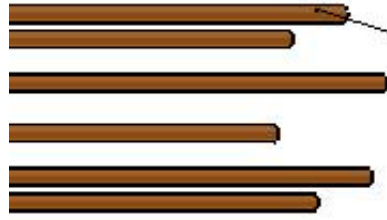


ángulo de 37°/4°
colocado a
long. 740

ESCALA 1:10



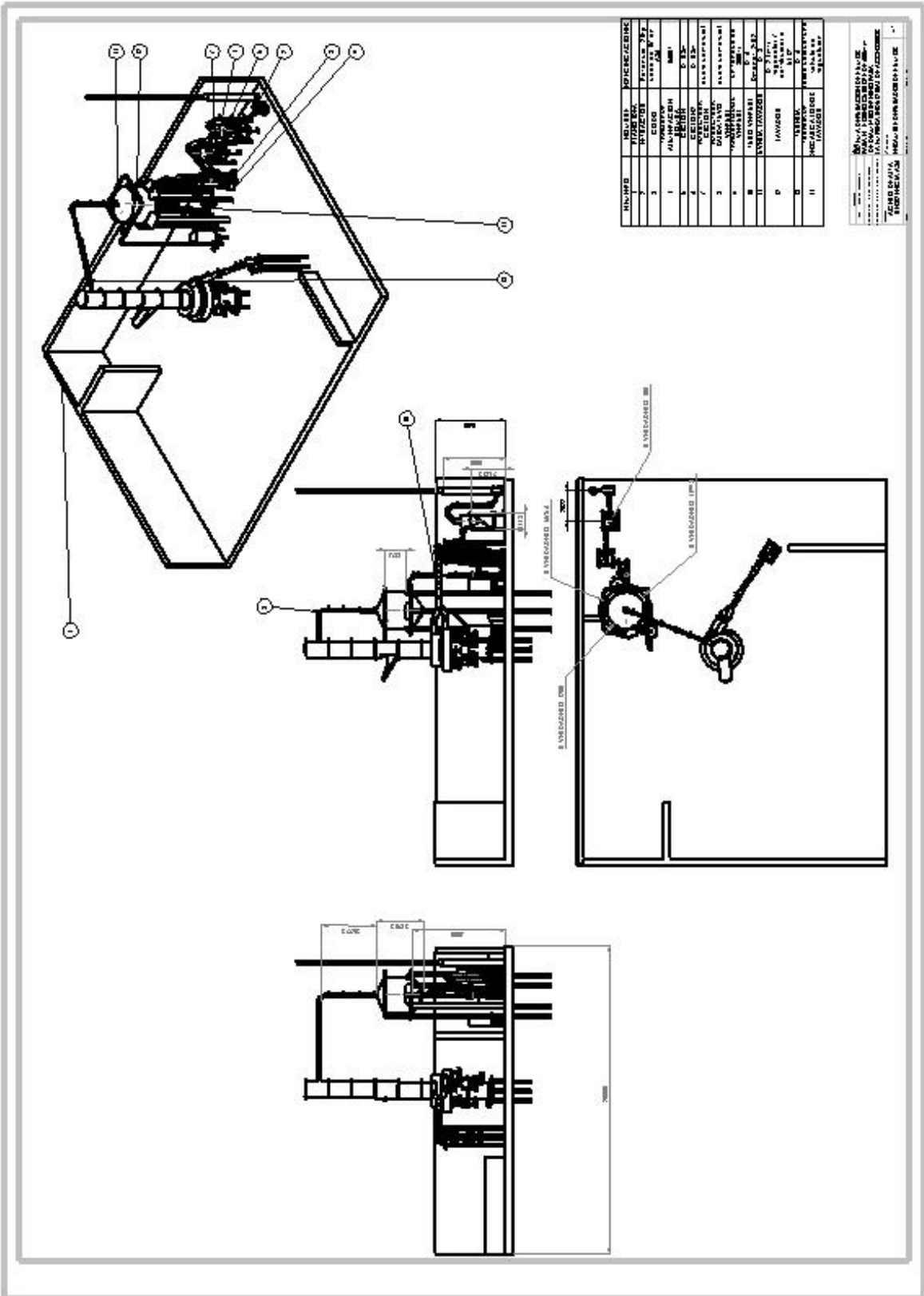
ESCALA 1:50



ESCALA 1:50

6 SOPORTES
A LUJERA INCLUIDA
EL AJUSTE AL SUBEJO

VENECIA DO: A R N A I D O A I O N S O E .	SO L I D W O R K 2007
J A E I D Q U I R O C A	
N O M B R E : O S C A R M A N M O N I O Y A	N U M E R O : 47
	N U M E R O D E D I S E Ñ O : 47



NUMERO	DESCRIPTION	QUANTITE
1	BOSS	1
2	ROULEAU	2
3	BOSS	1
4	BOSS	1
5	BOSS	1
6	BOSS	1
7	BOSS	1
8	BOSS	1
9	BOSS	1
10	BOSS	1
11	BOSS	1
12	BOSS	1
13	BOSS	1
14	BOSS	1
15	BOSS	1
16	BOSS	1
17	BOSS	1
18	BOSS	1
19	BOSS	1
20	BOSS	1
21	BOSS	1
22	BOSS	1
23	BOSS	1
24	BOSS	1
25	BOSS	1
26	BOSS	1
27	BOSS	1
28	BOSS	1
29	BOSS	1
30	BOSS	1
31	BOSS	1
32	BOSS	1
33	BOSS	1
34	BOSS	1
35	BOSS	1
36	BOSS	1
37	BOSS	1
38	BOSS	1
39	BOSS	1
40	BOSS	1
41	BOSS	1
42	BOSS	1
43	BOSS	1
44	BOSS	1
45	BOSS	1
46	BOSS	1
47	BOSS	1
48	BOSS	1
49	BOSS	1
50	BOSS	1
51	BOSS	1
52	BOSS	1
53	BOSS	1
54	BOSS	1
55	BOSS	1
56	BOSS	1
57	BOSS	1
58	BOSS	1
59	BOSS	1
60	BOSS	1
61	BOSS	1
62	BOSS	1
63	BOSS	1
64	BOSS	1
65	BOSS	1
66	BOSS	1
67	BOSS	1
68	BOSS	1
69	BOSS	1
70	BOSS	1
71	BOSS	1
72	BOSS	1
73	BOSS	1
74	BOSS	1
75	BOSS	1
76	BOSS	1
77	BOSS	1
78	BOSS	1
79	BOSS	1
80	BOSS	1
81	BOSS	1
82	BOSS	1
83	BOSS	1
84	BOSS	1
85	BOSS	1
86	BOSS	1
87	BOSS	1
88	BOSS	1
89	BOSS	1
90	BOSS	1
91	BOSS	1
92	BOSS	1
93	BOSS	1
94	BOSS	1
95	BOSS	1
96	BOSS	1
97	BOSS	1
98	BOSS	1
99	BOSS	1
100	BOSS	1

1. BOSS
 2. ROULEAU
 3. BOSS
 4. BOSS
 5. BOSS
 6. BOSS
 7. BOSS
 8. BOSS
 9. BOSS
 10. BOSS
 11. BOSS
 12. BOSS
 13. BOSS
 14. BOSS
 15. BOSS
 16. BOSS
 17. BOSS
 18. BOSS
 19. BOSS
 20. BOSS
 21. BOSS
 22. BOSS
 23. BOSS
 24. BOSS
 25. BOSS
 26. BOSS
 27. BOSS
 28. BOSS
 29. BOSS
 30. BOSS
 31. BOSS
 32. BOSS
 33. BOSS
 34. BOSS
 35. BOSS
 36. BOSS
 37. BOSS
 38. BOSS
 39. BOSS
 40. BOSS
 41. BOSS
 42. BOSS
 43. BOSS
 44. BOSS
 45. BOSS
 46. BOSS
 47. BOSS
 48. BOSS
 49. BOSS
 50. BOSS
 51. BOSS
 52. BOSS
 53. BOSS
 54. BOSS
 55. BOSS
 56. BOSS
 57. BOSS
 58. BOSS
 59. BOSS
 60. BOSS
 61. BOSS
 62. BOSS
 63. BOSS
 64. BOSS
 65. BOSS
 66. BOSS
 67. BOSS
 68. BOSS
 69. BOSS
 70. BOSS
 71. BOSS
 72. BOSS
 73. BOSS
 74. BOSS
 75. BOSS
 76. BOSS
 77. BOSS
 78. BOSS
 79. BOSS
 80. BOSS
 81. BOSS
 82. BOSS
 83. BOSS
 84. BOSS
 85. BOSS
 86. BOSS
 87. BOSS
 88. BOSS
 89. BOSS
 90. BOSS
 91. BOSS
 92. BOSS
 93. BOSS
 94. BOSS
 95. BOSS
 96. BOSS
 97. BOSS
 98. BOSS
 99. BOSS
 100. BOSS