

# Desarrollo de un sistema de recuperación de materias primas y emergentes de procesos productivos. Sustitución de importación a través de conocimientos propios e ingeniería inversa.

## Innovación y Gestión de Productos

Adami, Alejandro, Aristarain, Josefina, Arrieta, Gustavo

*EISI S.A.- Empresa de Ingeniería y Saneamiento Industrial S.A.*

*Parque Industrial Pesado M5 L1  
C.P. 9120 - Puerto Madryn - Chubut  
[info@eisisa.com](mailto:info@eisisa.com)*

[adami@eisisa.com](mailto:adami@eisisa.com), [jaristarain@eisisa.com](mailto:jaristarain@eisisa.com), [garrieta@eisisa.com](mailto:garrieta@eisisa.com)

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en el desarrollo de un sistema de recuperación de materias primas y emergentes de procesos productivos, teniendo como premisas la optimización del proceso, el manejo seguro de sustancias recuperables y de aquellas que merezcan un tratamiento particular hasta su disposición final; propiciando la diversificación de la matriz productiva del sector metalmeccánico local y contribuyendo a la sustitución de importaciones.

El sistema de recuperación es mediante un equipo-prototipo que tiene como principal aplicación captar material particulado de carbón de coque, producto de derrames en procesos industriales, embolsarlo en big-bags (bolsones de rafia de polipropileno), para su posterior reutilización como materia prima en el mismo proceso productivo.

En el cálculo y diseño se tienen en cuenta las variables que rigen la captación, transporte y filtrado de partículas en fase diluida, utilizando como medio de transporte aire a presión negativa. Se consideró el transporte y separación de partículas que van desde 10  $\mu\text{m}$  hasta 25 mm de diámetro. El proyecto prevé continuar con el desarrollo hacia una versión superadora del mismo, con autonomía para operar en sitios remotos y, aplicable a sustancias emergentes en procesos vinculados a sectores del petróleo y la minería.

**Palabras claves:** Sustitución de importación - Recuperación de materias primas - Ingeniería inversa.

## ABSTRACT

This work is about the development of a system for recovering raw materials and emerging from production processes, taking as premises optimization process, the safe handling of recoverable substances and those that deserve special treatment to final disposal; promoting the diversification of the productive matrix local engineering sector and contributing to import substitution.

The recovery system is through a machine-prototype whose main application is capture particulate from coking coal due to leaks of industrial processes, bagged in big-bags (polypropylene raffia pockets) to reuse as raw materials in the same production process.

The calculation and design takes into account the variables from the catchment, transportation and filtration of particles in dilute phase, using as a transport negative pressure air. To transport and separation of particles were considered diameter ranging from 10  $\mu\text{m}$  to 25 mm.

The project will continue development toward an overcoming version, with autonomy to operate in remote sites and applicable to emerging substances in processes related to the petroleum and mining.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes y objetivo general**

EISI S.A. es una compañía de servicios de Ingeniería y Saneamiento Industrial, con una trayectoria de más de veinte años de trabajo en dichas áreas. Cuenta con capacidad operativa, equipos específicos y conocimientos concretos para ofrecer una amplia gama de servicios industriales a disposición del cliente.

Con el objetivo de acompañar al Estado Nacional en el programa de sustitución de importaciones de bienes de capital, la Dirección impulsa el desarrollo de un sistema de recuperación de materias primas y emergentes de procesos productivos, mediante conocimiento propio e ingeniería inversa, aplicable en primera instancia a la industria del aluminio, y previendo una versión superadora para operar en áreas como el petróleo y la minería.

Para aumentar la cadena de valor se espera construir y comercializar dicho sistema en el marco del MERCOSUR, lo cual contribuye al desarrollo de la matriz productiva regional.

De esta manera, el objetivo general de EISI S.A. es promover el desarrollo sustentable local. Es decir, desarrollo productivo mediante equipos con mano de obra y materiales locales como también la gestión ambiental responsable en la recuperación de partículas que hubiesen sido enviadas a disposición final y mediante este sistema se reincorporan en el proceso.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema autónomo de captación, almacenamiento y transporte de material particulado de carbón de coque valiéndonos de los conocimientos adquiridos en nuestra actividad y utilizando el método de ingeniería inversa.
- Optimizar el manejo de sustancias recuperables, en seguridad, eficiente y el proceso en general.
- Utilizar componentes de industria nacional (90% como mínimo).
- Realizar un análisis económico del proyecto.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1 Definición de ingeniería inversa**

El objetivo de la ingeniería inversa es obtener información o un diseño a partir de un producto accesible al público, con el fin de determinar de qué está hecho, qué lo hace funcionar y cómo fue fabricado.

El método se denomina así porque avanza en dirección opuesta a las tareas habituales de ingeniería, que consisten en utilizar datos técnicos para elaborar un producto determinado. En general, si el producto u otro material que fue sometido a la ingeniería inversa fue obtenido en forma apropiada, entonces el proceso es legítimo y legal. De la misma forma, pueden fabricarse y distribuirse, legalmente, los productos genéricos creados a partir de la información obtenida de la ingeniería inversa, como es el caso de algunos proyectos de Software libre ampliamente conocidos [1], (ver apartado 4).

Para mayor comprensión, en la Figura 1 se observa un gráfico de lo expresado anteriormente.

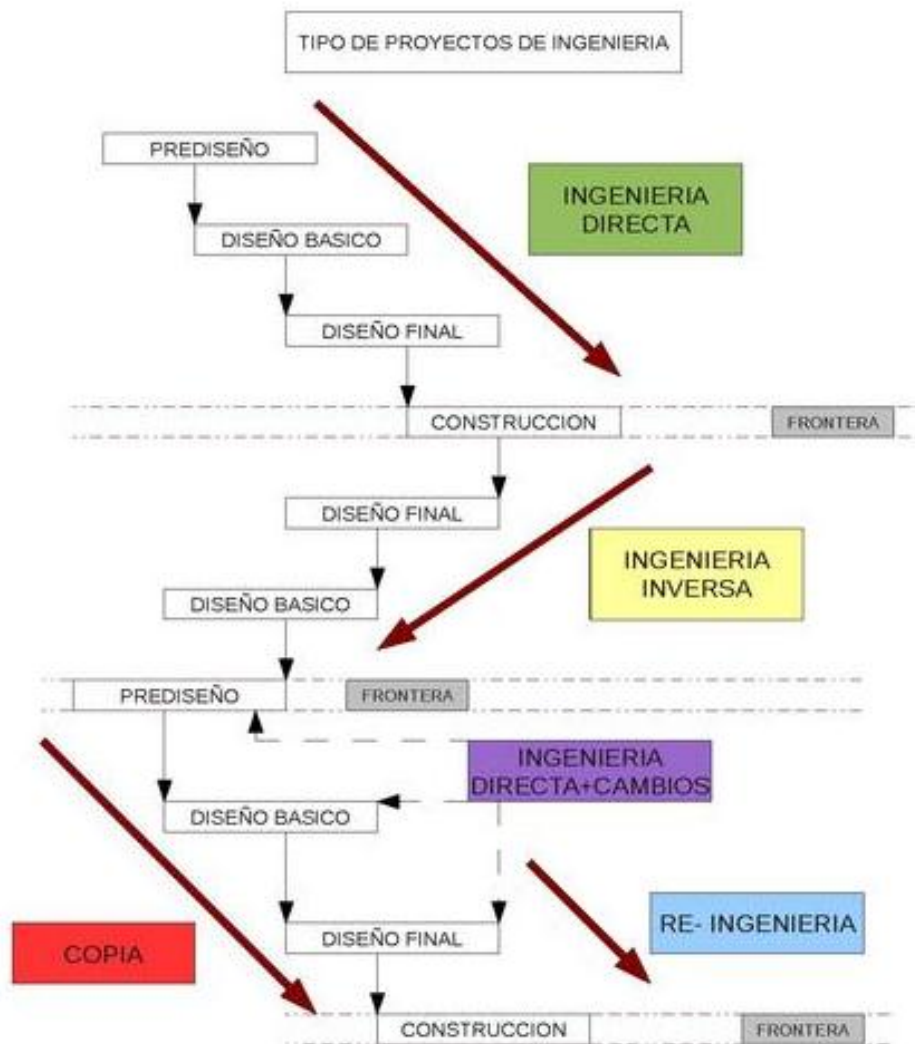


Figura 1. Procesos de la ingeniería directa, ingeniería inversa, reingeniería y copia.

## 2.2 Sustitución de importaciones

### 2.2.1 Modelo ISI (Industrialización por Sustitución de Importaciones)

Es una estrategia o modelo económico adoptado en el territorio latinoamericano y en otros países en desarrollo con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial. La falta de productos elaborados provenientes desde las naciones europeas industrializadas durante las guerras mundiales e incluso durante la gran depresión, fue un estímulo a esta política.

Dicho modelo se basa en los siguientes postulados:

- Política industrial activa: subsidios y dirección del estado para la producción de sustitutos.
- Barreras al libre comercio (proteccionismo): altos aranceles a la importación.
- Política cambiaria o monetaria: tipo de cambio elevado.

De esta manera se crea en Latinoamérica la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL). Para la citada institución la tendencia al deterioro de los términos de intercambio de los países en desarrollo (productores de bienes primarios) era causada por las características del progreso tecnológico y las condiciones socioeconómicas existentes tanto en los países ricos como en los países pobres del sistema capitalista mundial y citan las siguientes características [2-3] (ver apartado 4):

- El progreso técnico sustituye productos primarios por productos manufacturados, lo que ocasiona un descenso de la demanda por productos primarios y, por tanto, una disminución en los precios de los mismos.

- El progreso técnico ocasiona que el producto final requiera menor cantidad de productos primarios, con efectos similares a los del primer punto.
- La elasticidad-ingreso de la demanda por alimentos es menor que la unidad en los países avanzados, de tal manera que el crecimiento del ingreso implica un crecimiento menos que proporcional en su demanda.
- Los países avanzados han establecido una política proteccionista sobre bienes primarios (estableciendo aranceles, cuotas y subsidios al comercio internacional).

### 2.2.2 “Programa intensivo y agresivo de sustitución de importaciones” a nivel nacional

En enero 2014 desde el Ministerio de Industria de la Nación, mediante el jefe de gabinete, la ministra de Industria y empresarios de la industria metalmeccánica, se acordaron una serie de metas y un “programa intensivo y agresivo de sustitución de importaciones”.

El gobierno puso en conocimiento nuevos instrumentos orientados a incrementar la inversión y las exportaciones y profundizar el proceso de sustitución de importaciones. Un ejemplo es el fideicomiso Fondear, que busca dar financiamiento blando y distintos incentivos fiscales a aquellos sectores estratégicos definidos.

En el marco del programa de aumento y diversificación de exportaciones el gobierno identifica tanto el interés en la exportación de bienes de capital vinculados a las industrias de petróleo, gas y minería, como la búsqueda de una integración regional dentro de América Latina y la potencialidad de distintos sectores de la metalmeccánica, equipamiento médico, equipamiento eléctrico pueden tener en aquellos países emergentes como algunos de África, Vietnam, Indonesia y países árabe [4] (ver apartado 4).

### 2.3 Descripción del sistema

A partir de la experiencia de EISI S.A. en el manejo y recuperación de sustancias emergentes de los procesos productivos vinculados a la fabricación de aluminio primario y semielaborado, se toma como punto de partida para el desarrollo, la captación y disposición final de coque calcinado (a granel y en polvo), materia prima utilizada para la fabricación de ánodos en la industria de referencia.

En las operación de almacenaje y transporte del coque calcinado existen derrames que necesitan ser controlados de forma rápida y segura, por tal motivo se utilizan equipos que permiten el control de los mismos.

Con esta premisa y utilizando el método de ingeniería inversa, se plantea un sistema compuesto por:

- a) Equipo de aspiración industrial con sistema de unidad filtrante incorporada.
- b) Pre separador ciclónico con descarga a bolsones tipo big-bag.
- c) Camión con hidrogrúa para traslado, posicionamiento del equipo, carga y descarga de bolsones con el producto recuperado para su reintroducción al proceso productivo.

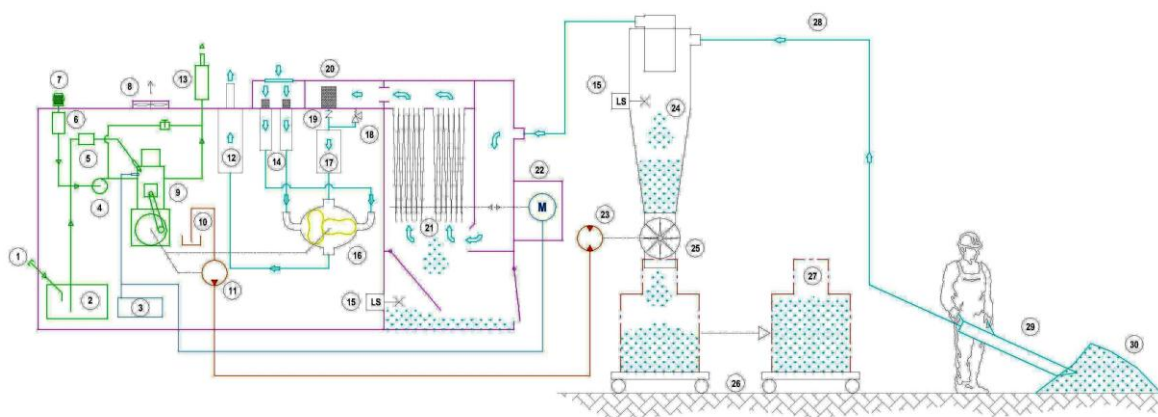


Figura 2. Esquema del sistema de recuperación.

Tabla 1. Referencias del esquema Figura 2.

1	Boca de carga combustible.	16	Bomba de vacío.
2	Tanque de combustible.	17	Silenciador gases de admisión soplador.
3	Batería motor / accionamientos.	18	Válvula de alivio.
4	Turbocompresor motor.	19	Válvula de retención.
5	Bomba de inyección de combustible motor.	20	Filtro secundario gases de admisión bomba de vacío.
6	Unidad filtro de aire motor.	21	Filtro principal (de bolsas).
7	Unidad pre - filtro de aire motor.	22	Unidad limpieza de bolsas (por agitación mecánica).
8	Extractor de aire caliente.	23	Motor hidráulico accionamiento válvula rotativa.
9	Motor a explosión.	24	Separador ciclónico de partículas.
10	Depósito de aceite hidráulico.	25	Válvula rotativa descarga a bolsones.
11	Bomba hidráulica.	26	Carro traslación bolsones (estructura soporte ciclón).
12	Silenciador gases de escape soplador.	27	Bolsones tipo big-bag.
13	Silenciador gases de escape motor.	28	Manguera de transporte de producto.
14	Silenciadores aire refrigeración soplador.	29	Boquilla de aspiración.
15	Interruptor de nivel polvo en depósito. Unidad filtrante.	30	Materia prima a recuperar (carbón de coque).

Para conducir las sustancias emergentes desde el área de captación a la de embolsado se recurrirá a un principio que es utilizado con éxito en la industria desde hace muchos años, el transporte neumático en fase diluida y presión negativa o vacío, el cual resulta una alternativa viable debido a que posee gran flexibilidad en cuanto a dirección y distancia de transporte, ahorrando espacio y permitiendo además, la implementación de una estación móvil que puede ser ubicada según la necesidad.

Un sistema de baja concentración o sistema de fase diluida es aquel en donde el flujo es impulsado a través de la tubería de transporte a una relativa baja presión y alta velocidad, donde el medio de transporte es un gas, usualmente aire [5] (ver apartado 4).

Los sistemas de transporte neumático son particularmente versátiles y se ajustan a las necesidades de la aplicación donde serán utilizados.

El material a ser transportado será introducido a la tubería a través de una boquilla de aspiración de manera controlada, permitiéndole a las partículas ser llevadas en suspensión por medio de una manguera flexible hasta el punto de destino.

La pre-separación de las sustancias emergentes se efectuará por medio de un ciclón, el cual constituirá uno de los medios menos costosos eficientes de recolección de partículas, tanto desde el punto de vista de operación como de la inversión. La descarga del producto recuperado se realizará por intermedio de una válvula rotativa accionada hidráulicamente, a bolsones del tipo big - bag (ver Anexo A.1). El recambio del bolsón podrá realizarse deslizando un carro rebatible que formará parte de la estructura portante, resultando ésta, una solución eficiente y compacta [6] (ver apartado 4).

El equipo de aspiración será el elemento de mayor complejidad y constará de una bomba de vacío de lóbulos rotativos, accionada por un motor turbodiésel; formando parte del conjunto, el filtro principal, que tendrá como misión retener las partículas de menor sección. Los citados elementos estarán alojados en un gabinete metálico insonorizado interiormente con paneles fonoabsorbentes para atenuar las emisiones sonoras que puedan generarse durante el funcionamiento de la unidad.

El filtro será del tipo multibolsa de poliéster y poseerá un sistema de limpieza por agitación mecánica por el cual se eliminará parte del pastel que genera el polvo fino de coque. Este caerá por gravedad a un compartimento que se encontrará en la parte inferior del filtro el cual permitirá

que cerrando una tapa pueda autolimpiarse aspirando con la misma manguera que transporta el material captado.

Para que el nivel de polvo captado no supere la capacidad del depósito del filtro ni la altura del cono de descarga del ciclón, se instalarán sensores de nivel que detendrán el proceso en tal caso.

Una vez completada la capacidad del bolsón se cortará el proceso para cerrarlo y desplazarlo a la zona de carga con el carro portabolsón que estará integrado a la estructura del ciclón. Con la hidrogrúa montada en el chasis del camión se cargará el bolsón a la caja de éste.

El carro tendrá la posibilidad de volver a su posición inicial, colocándose otro bolsón y de esta forma reiniciar todo el proceso hasta completar la carga del camión, el cual llevará los bolsones con la sustancia emergente recuperada al lugar donde se procederá a su inserción en el proceso productivo.

## 2.4 Cálculo y diseño

### 2.4.1 Características físicas del material a transportar

El carbón o coque calcinado es un subproducto de la refinación del petróleo. La presentación del mismo puede ser a granel (Fig.3) y después de un proceso de molienda se obtiene un polvo fino como el de la Fig.4.



Figura 3. A granel.



Figura 4. En polvo.

Para el cálculo del transporte neumático los valores granulométricos a considerar fueron los siguientes:

<b>A granel</b>
Diámetro medio sección: 25 mm.
Relación de aspecto (Largo/Diámetro): 50 mm / 25 mm = 2.
Peso específico: 800 kg/m <sup>3</sup> .

<b>En polvo</b>
Diámetro máx. sección: 200 µm.
Diámetro mín. sección: 10 µm.
Diámetro medio sección: 120 µm.
Peso específico: 1200 kg/m <sup>3</sup> .

### 2.4.2 Diseño del sistema de transporte

En el diseño del sistema de transporte de sólidos en fase diluida se consideró:

- Selección de la combinación del tamaño de la línea y de la velocidad del gas que aseguren transporte en fase diluida.
- Selección de las unidades para separar los sólidos al final de la línea (pre-separador ciclónico) y filtro multibolsa del equipo de aspiración.
- Cálculo de la caída de presión en la línea, el pre-separador y el filtro multibolsa.
- Selección del equipamiento para mover los sólidos (equipo de aspiración).

Para el cálculo se tuvieron en cuenta las ecuaciones que rigen la captación, transporte y separación de partículas [5-7] (ver apartado 4).

### 2.4.3 Resultados obtenidos

En base a las características del material a transportar citadas en el punto 2.4.1 y teniendo en cuenta las consideraciones del punto 2.4.2, se realizaron los cálculos del sistema que permitieron elaborar la siguiente tabla.

Tabla 2. Resultado de los cálculos.

<b>Resultados</b>						
<b>Parámetros</b>	<b>A granel</b>			<b>En polvo</b>		
	<b>Øint. Manguera (mm)</b>			<b>Øint. Manguera (mm)</b>		
	<b>89</b>	<b>101</b>	<b>127</b>	<b>89</b>	<b>101</b>	<b>127</b>
Longitud de manguera (vertical) - (m)	5,0			5,0		
Longitud de manguera (horizontal) - (m)	15,0			16,0		
Veloc. min. de transporte (m/seg)	16,5			3,0		
Veloc. de transporte adoptada (m/seg)	30,0			30,0		
Capac. del sistema (Ton/h)	10,0			5,0		
Razón de carga de sólidos	7,1	5,8	3,9	3,8	3,1	2,0
Volúmen de aire requerido (m <sup>3</sup> /h)	1.336,1	1.629,4	2.401,2	1.246,6	1.540,8	2.307,3
Eficiencia del pre separador ciclónico (%)	100,0			99,8		
Velocidad de filtración (m/seg)	0,015	0,019	0,027	0,014	0,018	0,026
Relación gas-tela	3,01	3,67	5,40	2,80	3,47	5,19
Area filtrante adoptada (m <sup>2</sup> .)	24,3			24,3		
Pérdida de carga transporte (mm H <sub>2</sub> O)	4.460,0	3.675,2	2.722,9	3.469,6	2.913,3	2.212,4
Pérdida de carga ciclón (mm H <sub>2</sub> O)	778,8	778,8	778,8	778,8	778,8	778,8
Pérdida de carga filtro multibolsa (mm H <sub>2</sub> O)	18,7	26,7	54,7	16,5	24,2	50,7
Pérdida de carga total (mm H <sub>2</sub> O)	5.257,5	4.480,7	3.556,3	4.264,9	3.716,3	3.041,9

#### 2.4.4 Selección del equipamiento motor/bomba - Características

De los valores obtenidos, se pudo seleccionar la bomba de vacío y el motor que cumplan con estos requerimientos.



Figura 5. Bomba de vacío - detalle rotores.

La selección de la bomba se realizó a partir de la curva característica de ésta, la cual compara dos parámetros fundamentales, el caudal de aire y la presión de trabajo (ver Fig.6).

En este caso también se consideró el rango de velocidad sugerido por el fabricante.

Se eligió una bomba de vacío de lóbulos rotativos, la cual no requiere de inyección de fluidos refrigerantes tales como aceites o similares entre sus órganos internos (rotores y carcasa) ya que esta función es realizada utilizando aire ambiente.

Para lograr que la emisión sonora producto de la compresión del aire, este dentro de los valores admitidos por la legislación, se utilizarán silenciadores en los circuitos de admisión, escape y refrigeración (provistos por el fabricante).



En caso de que exista un atoramiento en la línea de transporte y se genere una depresión que supere la máxima admisible actuarán válvulas de alivio que se instalarán en la admisión para evitar que los elementos integrantes de la instalación aguas abajo colapsen.

Q= caudal en las condiciones de aspiración.  
 P= potencia absorbida en el eje.  
 $\Delta P$ = diferencial de presión.  
 $\Delta t$ = incremento teórico de temperatura.  
 $GD^2=1,065\text{kgm}^2$ .  
 Estas curvas son válidas para aire a 20°C,  $\rho=1,2\text{kg/m}^3$ .

Q= suction volume.  
 P= power consumption at the coupling.  
 $\Delta P$ = differential pressure.  
 $\Delta t$ = theoretical temperature increase.  
 $GD^2=1,065\text{kgm}^2$ .  
 These curves are valid for air at 20°C,  $\rho=1,2\text{kg/m}^3$ .

Funcionando por encima de  $\Delta t=100^\circ\text{C}$  o 1800rpm, por favor consultarnos. For upper values of  $\Delta t=100^\circ\text{C}$  or 1800rpm, please consult us.

## SOPLADOR RVM 4000

TRABAJANDO COMO BOMBA DE VACÍO, VACUUM

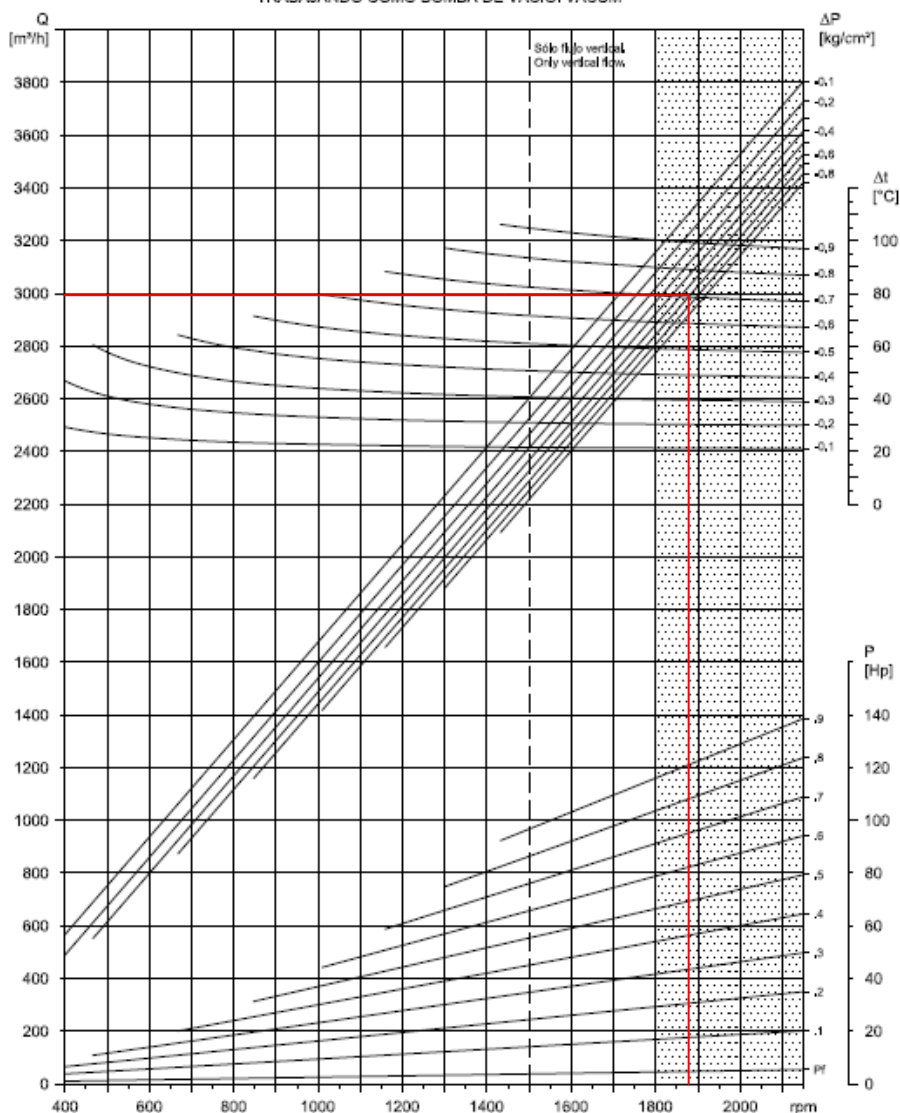


Figura 6. Curva característica de la bomba de vacío seleccionada.

Tabla 3. Condiciones de trabajo de la bomba de vacío seleccionada.

Caudal	3.000 m <sup>3</sup> /h
Presión	-600 mbar
Rotación	-1.864 rpm
Potencia absoluta	95 HP

Seguidamente se seleccionó el motor de accionamiento de la bomba. La potencia sugerida por el proveedor de la bomba de vacío es de un 15%, con lo cual sería necesario un motor de 110 HP.



Se seleccionó entonces, un motor de 6 cilindros diésel turboalimentado el cual tiene 135 CV de potencia continua para uso industrial, lo que permite que la zona de trabajo del mismo se encuentre en un 80% de su potencia máxima.

Modelo	BF6L 913	
Nro. de Cilindros		6
Diámetro / Carrera	mm	102 / 125
Cilindrada	l	6,128
Alimentación		Turbo sobrealimentación
Relación de Compresión		17,5 : 1
Régimen nominal máximo	rpm	2500
<b>Rangos de Potencias</b> ①		
<b>Potencia intermitente para aplicación industrial</b>	①	
Régimen	kW / CV rpm	118 / 160 2500
<b>Potencia continua para aplicación industrial</b>	①	
Régimen	kW / CV rpm	99 / 135 2300
<b>Potencia intermitente para equipos de Bombeo</b>	②	
Régimen	kW / CV rpm	105 / 144 1800
<b>Potencia para Grupos Electrógenos</b>	③	
* Al régimen 1500 rpm		
Pot. Continua, ICN (COP)	kW / CV	88 / 120
Pot. Prime, ICN (PRP)	kW / CV	92 / 125
Pot. Stand-by, IFN (LTP)	kW / CV	97 / 132
* Al régimen 1800 rpm		
Pot. Continua, ICN (COP)	kW / CV	106 / 144
Pot. Prime, ICN (PRP)	kW / CV	110 / 150
Pot. Stand-by, IFN (LTP)	kW / CV	116 / 158
<b>Potencia máxima Vehicular</b>	④	
Régimen	kW / CV rpm	118 / 160 2650
Par Motor máximo	Nm	520
Régimen	rpm	1650
Consumo específico de combustible	⑤	
	g/kWh g/CVh	225 165
Peso Motor	⑥	kg
		485

- ① Potencias netas al volante  
 ① Potencia IFN según ISO 3046/1 para motores industriales (Nivel II)  
 ② Potencia IFN según ISO 3046/1 para motores industriales (Nivel III)  
 ③ Potencias según ISO 8528 para G.E.:  
 - Pot. Continua: 100% sin limitación temporal más 10% para regulación  
 - Pot. Prime: 100% con potencia promedio 60% sin limitación temporal más 5% para regulación  
 - Pot. Stand-by: 100% disponible máx 500 hs/año ó 300 hs/año en forma continua, sin sobrecarga permitida.  
 ④ Potencia IFN según ISO 1585 para motores vehiculares  
 ⑤ Consumo específico de combustible basado en combustible diésel según DIN 51601 con peso específico 0,835 kg/dm<sup>3</sup> a 15 °C  
 ⑥ Peso s/DIN 70020 Parte 7A, sin motor de arranque, alternador, sin líquidos, y con volante standard

Figura 7. Hoja de datos motor turbodiésel.

#### 2.4.5 Detalles constructivos

El motor seleccionado podrá acoplarse ó desacoplarse a la bomba de vacío por medio de un embrague con accionamiento hidráulico accionado desde el tablero de control.

Para la transmisión del par de giro se utilizarán poleas multicanal y correas en "V". Completando la configuración, un mecanismo de tensado de las mismas.

El montaje del conjunto se realizará sobre un bastidor metálico utilizando soportes antivibratorios para su vinculación.

El tanque de combustible está diseñado para tener una autonomía de 12 horas de trabajo continuo.

El filtro estará compuesto por una cámara limpia y otra sucia, siendo la interfase entre ambas dos unidades multibolsa filtrante de tela poliéster.

Todo este equipamiento se integrará en un gabinete de chapa plegada de acero al carbono, con puertas de acceso lateral y techo desmontable para facilitar el mantenimiento de la unidad (ver Fig. 8).

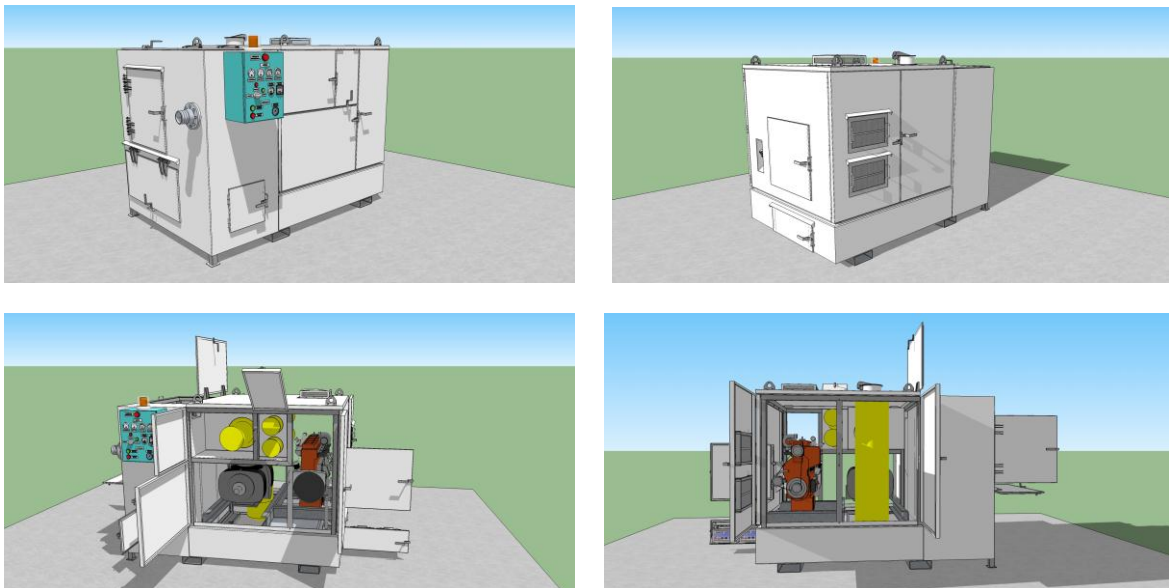


Figura 8. Equipo de aspiración industrial.

El pre-separador ciclónico descargará el material por intermedio de una válvula rotativa (ver Anexo A.2) a un bolsón tipo big-bag de 1 m<sup>3</sup> de capacidad.

La misma será accionada por un motor hidráulico y las conexiones serán del tipo acoplamiento rápido. Contará con una estructura portante extensible que permite su transporte sobre camión.

En la base de la estructura existirá un carro de traslación que permite desplazar el bolsón a la posición de carga (ver Fig. 9).

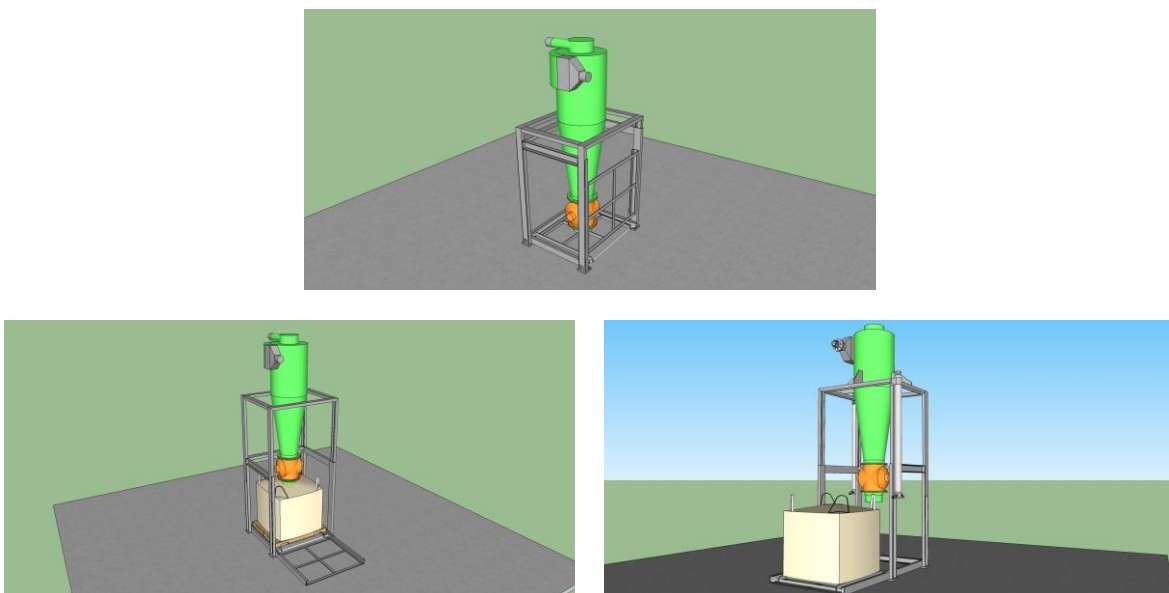


Figura 9. Pre-separador con carro portabolsón.

Las mangueras de transporte estarán constituidas con alma helicoidal de PVC rígido e incorporadas en una capa de PVC flexible íntimamente unidas, lo que le confiere una estructura de elevada flexibilidad y bajo peso (ver Anexo A.3). Las conexiones entre tramos se harán por intermedio de sistema de acople rápido.

El equipo de aspiración con el pre-separador y mangueras se transportarán en una unidad móvil con hidrogrúa como el de la Fig.10, que permitirán el traslado y posicionamiento de los equipos y la carga y descarga de bolsones.

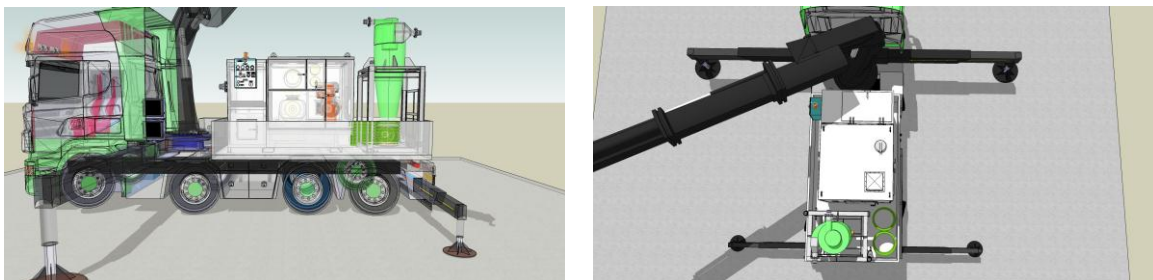


Figura 10. *Conjunto.*

## **2.5 Fabricación - Normas y procedimientos**

El gabinete (estructura portante, bastidor, puertas) será construido en chapa plegada de acero al carbono laminado en frío IRAM 1.020.

Para el ensamble del gabinete se utilizará soldadura continua de filete con proceso por arco alambre y protección gaseosa GMAW (Gas metal arc welding) con alambre de 1,5 mm.

El pre-separador ciclónico se construirá con en chapa de acero al carbono laminada en frío IRAM 1.020 en su envolvente y cono de descarga, salvo el conducto de ingreso y superior de la envolvente la que se construirá en chapa bimetálica (con aporte de metal duro), para minimizar el efecto de abrasión ante el impacto de partículas de gran tamaño.

En la construcción del ciclón se utilizará el proceso de soldadura por arco con electrodo revestido (proceso SMAW).

En el esquema de soldadura se utilizará un electrodo AWS E6010 para la raíz y un AWS 7.018 para el relleno.

La estructura soporte del ciclón se construirá en perfilera de acero IRAM F24.

Los procedimientos de soldadura se regirán por las normas de la AWS (American Welding Society), la preparación superficies según norma SSPC-SP6, el esquema de pintura mediante Primer Epoxi autoimprimante altos sólidos mediante terminación Epoxi poliamina y aplicado con equipo air-less.

Los ensayos y pruebas de rendimiento y confiabilidad del sistema serán efectuados por personal del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial).

### **2.5.1 Cronograma de fabricación**

Para cuantificar el tiempo que nos demandarán las tareas de fabricación, los recursos y el tipo de especialidad requerida para cada tarea específica, se elaboraron las siguientes tablas.

Tabla 4. Cronograma de fabricación.

Cronograma de fabricación.																				
Item	Tarea	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16			
1	Diseño e Ingeniería.	[Barra amarilla]																		
2	Gestión de compras-suministros.				[Barra azul]															
3	Bastidor soporte motor-bomba+boquilla aspiración.								[Barra naranja]											
4	Gabinete metálico equipo aspiración.									[Barra amarilla]										
5	Pre-separador ciclónico.													[Barra roja]						
6	Estructura soporte+carroportabolsón (del ítem 5).															[Barra azul]				
7	Instalac. eléctrica e instrumentos									[Barra verde]										
8	Instalac mecánica.										[Barra morada]									
9	Instalac. hidraulica.														[Barra roja]					
10	Tratam. Superficie + Pintura.								[Barra azul]											
11	Ensayos / Pruebas.																[Barra roja]			

Tabla 5. Distribución de mano de obra por tarea y por tipo de recurso.

Distribución hs. por tarea y por recurso.															
It.	Tarea	Total H/h por tarea y especialidad.												Total por ítem	%
		Ing.	Comprad.	Tec. Seg.	Superv.	Of. Cald.	Of. Sold.	Of. Mec.	Of. Elec.	Ofic.	1/2 Ofic.	Ayde.			
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11		
1	Diseño e Ingeniería.	360,00												360,00	11,05%
2	Gestión de compras-suministros.		190,00											190,00	5,83%
3	Bastidor soporte motor-bomba+boquilla aspiración.			12,00	26,00	40,00	40,00					40,00		158,00	4,85%
4	Gabinete metálico equipo aspiración.			60,00	121,00	192,00	192,00					192,00		757,00	23,24%
5	Pre-separador ciclónico.			15,00	26,00	40,00	40,00					40,00		161,00	4,94%
6	Estructura soporte+carroportabolsón (del ítem 5).			15,00	30,00	48,00	48,00					48,00		189,00	5,80%
7	Instalac. eléctrica e instrumentos			30,00	64,00				208,00			104,00		406,00	12,46%
8	Instalac mecánica.			25,00	52,00			160,00				80,00		317,00	9,73%
9	Instalac. hidraulica.			10,00	15,00			48,00				24,00		97,00	2,98%
10	Tratam. Superficie + Pintura.			45,00	90,00					336,00		96,00		567,00	17,40%
11	Ensayos / Pruebas.			8,00	8,00							40,00		56,00	1,72%
<b>Total por especialidad</b>		<b>360,00</b>	<b>190,00</b>	<b>220,00</b>	<b>432,00</b>	<b>320,00</b>	<b>320,00</b>	<b>208,00</b>	<b>208,00</b>	<b>336,00</b>	<b>320,00</b>	<b>344,00</b>	<b>3258,00</b>	<b>100%</b>	

## 2.6 Análisis económico

Tabla 6. Costo de materiales y consumibles.

Equipo de aspiración + Pre-separador ciclónico - Costo Materiales .			
Item	Detalle	\$ Total	U\$S
1	Motor diesel.	103.270,00	12.294,05
2	Bomba de vacío+Silenciadores+Valv. alivio.	258.750,00	30.803,57
3	Embrague con accionam. hidráulico.	31.280,00	3.723,81
4	Gabinete metálico equipo aspiración (incluye costo de corte y plegado).	39.690,00	4.725,00
5	Bastidor soporte motor-bomba.	2.450,00	291,67
6	Pre-separador ciclónico.	5.250,00	625,00
7	Estructura soporte+carro portabolsón (del ítem 5).	15.435,00	1.837,50
8	Sistema accionam. hidráulico valv. descarga ciclón.	11.921,00	1.419,17
9	Sistema de limpieza por agitación mecánica de bolsas	6.155,00	732,74
15	Transmisión (poleas + correas)	15.365,00	1.829,17
19	Tablero de comando y control.	24.600,00	2.928,57
20	Componentes circuito eléctrico+sensores+instrumentos medición.	11.823,00	1.407,50
21	Válvula rotativa descarga ciclón.	27.400,00	3.261,90
22	Varios (**)	31.982,00	3.807,38
<b>Sub Total</b>		<b>585.371,00</b>	<b>69.687,02</b>

(\*\*) Incluye, tanque de combustible, extractor de aire caliente gabinete, filtros de aire, tacos antivibratorios bastidor, burletes de goma puertas, protección de seguridad transmisión, placas fonoabsorbentes, mangueras de interconexión circuito de vacío, multibolsas filtrantes, pinturas.

Tabla 7. Costo mano de obra directa.

Equipo de aspiración + Pre-separador ciclónico - Costo Mano de obra directa.			
Item	Detalle	\$ Total	U\$S
1	Construcc. Gabinete metálico equipo aspiración.	52.800,00	6.285,71
2	Construcc. Bastidor soporte conjunto motor-bomba.	11.000,00	1.309,52
3	Construcc.Pre-separador ciclónico.	11.000,00	1.309,52
4	Construcc. Estructura soporte+carroportabolsón (del ítem 4).	13.200,00	1.571,43
5	Instalac. eléctrica e instrumentos	24.960,00	2.971,43
6	Instalac mecánica.	19.200,00	2.285,71
7	Instalac. hidraulica.	5.760,00	685,71
8	Pintura	30.240,00	3.600,00
9	Pruebas	11.000,00	1.309,52
<b>Sub Total</b>		<b>179.160,00</b>	<b>21.328,57</b>

Tabla 8. Costos indirectos.

Equipo de aspiración + Pre-separador ciclónico - Costos Indirectos.			
Item	Detalle	\$ Total	U\$S
1	Ingeniería básica y detalle.	51.500,00	6.130,95
2	Supervisión	54.000,00	6.428,57
3	Técnico en seguridad	24.200,00	2.880,95
4	Gestión de compras	19.000,00	2.261,90
5	Gastos asesoramiento técnico.	8.600,00	1.023,81
6	Gastos movilidad personal.	42.000,00	5.000,00
7	Consumibles	27.000,00	3.214,29
8	EPP	6.480,00	771,43
<b>Sub Total</b>		<b>226.300,00</b>	<b>26.940,48</b>

Tabla 9. Costo total.

Equipo de aspiración + Pre-separador ciclónico - Costo Total.				
Item	Detalle	\$	U\$S	%
1	Costo Materiales	585.371,00	69.687,02	59,08%
2	Costo Mano de obra directa	179.160,00	21.328,57	18,08%
3	Costos Indirectos	226.300,00	26.940,48	22,84%
<b>Total</b>		<b>990.831,00</b>	<b>117.956,07</b>	<b>100,00%</b>

Los valores estimados que figuran en las tablas corresponden al mes de agosto de 2014, por lo tanto están sujetos a los mayores costos que puedan generarse de aquí en adelante por incremento de los índices en los distintos rubros.

### 3. CONCLUSIONES

De lo expuesto, se demuestra que se cumple con todos los objetivos planteados en el presente trabajo en cuanto a que es posible la fabricación del sistema planteado dentro de los parámetros de funcionamiento calculados.

El sistema logra optimizar el manejo de sustancias recuperables con un sistema rápido y seguro contribuyendo a la mejora en el campo de la gestión ambiental.

El 99% de los materiales que se utilizarán para la fabricación son nacionales, en consecuencia, se cumplirá con el propósito de generar productos industrializados por sustitución de importaciones.

Por último, para la fabricación de los equipos, se utilizará mano de obra local, con lo cual se propicia la generación de empleo genuino, contribuyendo al desarrollo de la matriz productiva regional.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Guerras Martín, Luis Ángel; Navas López, José Emilio. (2007). *La Dirección Estratégica de la Empresa. Teoría y Aplicaciones*. Madrid. 4ª edición. Thomson-Civitas.
- [2] Frenkel, Roberto. (2003). "Globalización y crisis financiera en América Latina". *Revista CEPAL. Revista CEPAL N° 80, páginas 41-54*. Santiago de Chile, Chile.
- [3] Browning, David. (1998). "El Salvador, La Tierra y el hombre". Cuarta edición, Dirección de Publicaciones e Impresos CONCULTURA, San Salvador, El Salvador.
- [4] Web del Ministerio de Industria de la Nación Argentina. <http://www.industria.gob.ar/el-estado-nacional-acordo-metas-para-la-sustitucion-de-importaciones-de-bienes-de-capital-y-linea-blanca/>. Publicado el 13 de enero de 2014.
- [5] Mills, D. (2004). "Pneumatic Conveying Design Guide" Second Edition. London, England: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [6] Zenz, F. A.; Cyclone design tips, *Chemical Engineering*, 60–64 (2001).
- [7] EPA 452/B-02-002 – Cap. 1 - Filtros y casas de bolsas (1998).

#### 5. ANEXOS

##### A.1. Bolsones tipo Big - Bags

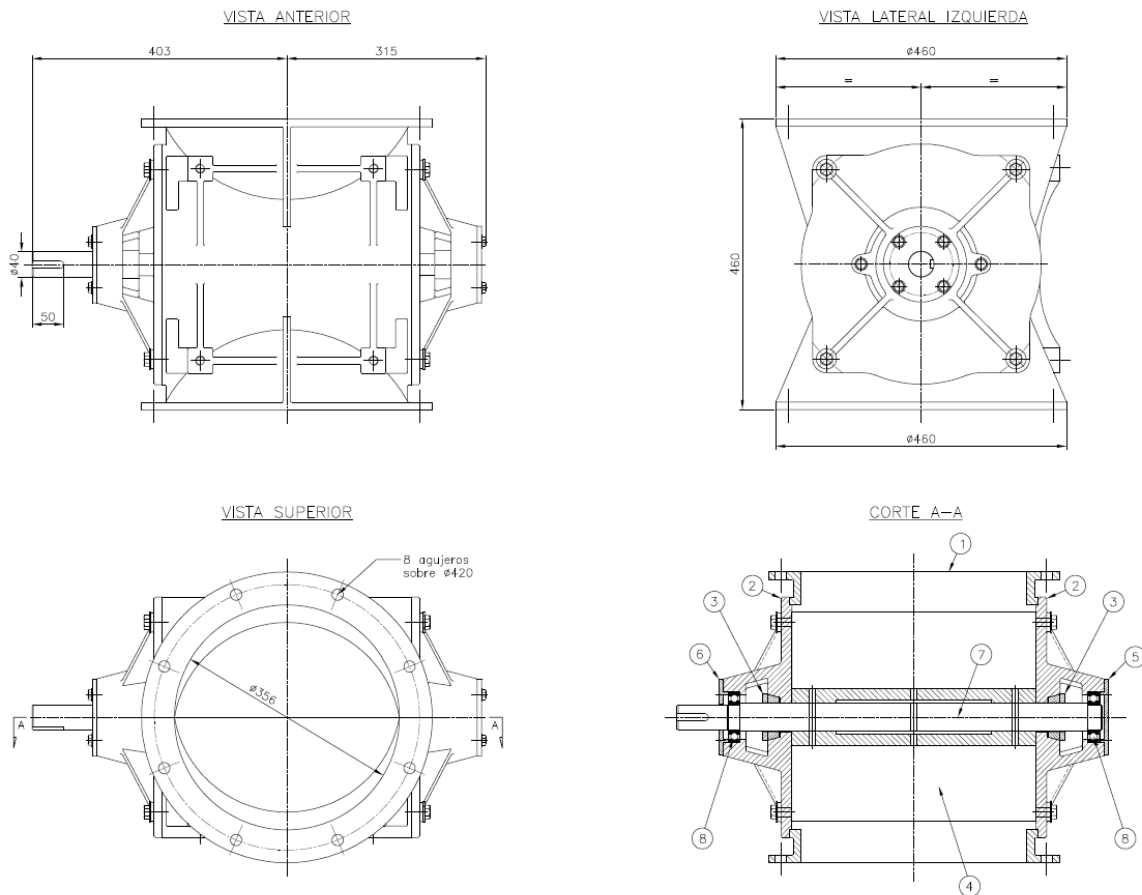
Contenedor flexible Big-Bags de tela de rafia de polipropileno de 220 g/m<sup>2</sup> con tratamiento ultravioleta. Capacidad de carga 1.000 a 2.000 kg.





## A.2. Válvula rotativa de descarga del ciclón

Válvula rotativa con bridas, rotor de 8 paletas, Ø 14", capacidad de descarga 14 ton/h. de coque granulado.



8	RODAMIENTO	2	Comercial
7	EJE	1	
6	TAPA DE RODAMIENTO MANDO	1	
5	TAPA DE RODAMIENTO POSTERIOR	1	
4	ROTOR	1	
3	PRENSAESTOPA	2	
2	TAPA	2	
1	CUERPO	1	
POS.	DENOMINACION	CANT.	OBSERVACIONES

## A.3. Mangueras para transporte del material aspirado





## **Agradecimientos**

Los autores de éste trabajo desean agradecer:

- Al Sr. Oscar Dethier por impulsar la concreción de éste proyecto y motivarnos a buscar propuestas innovadoras.
- Al Arq. Sebastián García Vieyra por su participación en el diseño del equipo de aspiración.
- Al Ing. Walter Granja por su aporte profesional al tema desarrollado.
- Al Ing. Donato Laurita por sus sugerencias, las cuales enriquecieron el desarrollo del presente trabajo.