

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Diseño básico del proceso de desulfurización en el reciclaje de baterías ácido-plomo

Autor: Mario Manuel PRADO GARCÍA

Fecha: Junio 2005





ÍNDICE DEL PROYECTO

- DOCUMENTO 1. MEMORIA.....1
 - Anexo I. Cálculos.....76
 - Anexo II. Anexo explicativo.....142
 - Anexo III. Equipos.....154
 - Anexo IV. Anexo gráfico.....155
 - Anexo V. Fichas de datos de seguridad.....162

- DOCUMENTO 2. PLIEGO DE CONDICIONES
TÉCNICAS GENERALES.....163

- DOCUMENTO 3. PRESUPUESTO.....186

- DOCUMENTO 4. PLANOS.....192

DOCUMENTO 1. MEMORIA

1	PETICIONARIO.....	5
2	OBJETO DEL PROYECTO.....	5
3	ANTECEDENTES	5
3.1	EL RECICLADO DE BATERÍAS.	6
3.2	MARCO LEGAL.....	8
3.3	LINEAS GENERALES DEL TRATAMIENTO DE LAS BATERIAS DESECHADAS.....	9
3.4	PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL	12
4	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	13
4.1	JUSTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	13
4.2	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	14
5	UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	14
6	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.	15
6.1	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	15
6.2	PROCESO DE FUNCIONAMIENTO.....	19
<i>6.2.1</i>	<i>REACCIÓN QUÍMICA.....</i>	<i>22</i>
<i>6.2.2</i>	<i>FILTRACIÓN.</i>	<i>24</i>
<i>6.2.3</i>	<i>CRISTALIZACION</i>	<i>27</i>
<i>6.2.4</i>	<i>FILTRACIÓN</i>	<i>31</i>
<i>6.2.5</i>	<i>SECADO.....</i>	<i>34</i>
<i>6.2.6</i>	<i>SILOS DE ALMACENAMIENTO.....</i>	<i>37</i>
<i>6.2.7</i>	<i>SISTEMA DE TUBERÍAS.....</i>	<i>39</i>
7	SEGURIDAD E HIGIENE.....	40

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

7.1	RIESGOS RELACIONADOS CON LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD.	40
7.1.1	<i>LUGARES DE TRABAJO.</i>	40
7.1.2	<i>EQUIPOS DE TRABAJO</i>	43
7.2	RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES.	47
7.2.1	<i>AGENTES FÍSICOS.</i>	47
7.2.2	<i>AGENTES QUÍMICOS.</i>	48
7.3	RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN.	52
7.4	NORMATIVA.	53
8	CONTROL E INSTRUMENTACIÓN	54
8.1	CONTROL DE TEMPERATURA	56
8.1.1	<i>CONTROL DE TEMPERATURA EN EL REACTOR.</i>	56
8.1.2	<i>CONTROL DE TEMPERATURA EN EL CRISTALIZADOR</i>	57
8.2	CONTROL DE NIVEL	57
8.2.1	<i>CONTROL DE NIVEL EN EL REACTOR</i>	57
8.2.2	<i>CONTROL DE NIVEL EN EL CRISTALIZADOR</i>	58
8.3	CONTROL DE CAUDAL	58
8.3.1	<i>CONTROL DE CAUDAL EN EL REACTOR QUÍMICO.</i>	58
8.3.2	<i>CONTROL DE CAUDALES EN EL CRISTALIZADOR</i>	59
9	INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL	59
9.1	MEDIDAS CORRECTORAS.	63
9.1.1	<i>MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.</i>	63
9.1.2	<i>PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DE SUELOS.</i>	63
9.1.3	<i>PROTECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE SOSIEGO PÚBLICO.</i> ...	63

9.1.4	<i>PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN.....</i>	<i>64</i>
10	DATOS ECONÓMICOS DE PRODUCCIÓN DE PLOMO	64
11	COMPARATIVA ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS	69
12	BIBLIOGRAFÍA.....	72

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA DE FLUJO TRATAMIENTO DE BATERÍAS DESECHADAS.....	11
ILUSTRACIÓN 2. DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO PRENGAMANN.....	17
ILUSTRACIÓN 3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN	21
ILUSTRACIÓN 4. FILTRO HORIZONTAL DE BANDA A VACÍO.....	26
ILUSTRACIÓN 5. FILTRO ROTATORIO A VACIO.	34
ILUSTRACIÓN 6. SECADERO ROTATORIO INDIRECTO.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CONSUMO Y PRODUCCIÓN EN LOS PROCESOS TRADICIONALES Y DE DESULFURIZACIÓN.....	14
TABLA 2. BALANCE DE MATERIA PARA EL REACTOR QUÍMICO.....	23
TABLA 3. DIMENSIONES REACTOR QUÍMICO.	23
TABLA 4. BALANCE DE MATERIA EN EL CRISTALIZADOR.	29
TABLA 5. DIMENSIONES CRISTALIZADOR.	30
TABLA 6. DIMENSIONES FILTRO ROTATORIO.....	34
TABLA 7. DIMENSIONES SILOS DE ALMACENAMIENTO.	38
TABLA 8. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL	62
TABLA 9. CONSUMO DE PLOMO EN EL MUNDO. 1995-2000	66
TABLA 10. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLOMO EN EL SIGLO XX.	67
TABLA 11. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE PLOMO EN ESPAÑA.	69

1 PETICIONARIO.

El presente proyecto ha sido tutorizado por la Doctora Doña Maria José Muñoz Cueto, profesora titular del Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de los Alimentos y Tecnología del Medio Ambiente y realizado por Mario Manuel Prado García. Tiene la consideración de Proyecto Fin de Carrera para la obtención del título de Ingeniero Químico.

2 OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el diseño básico del proceso de desulfurización en el reciclaje de las baterías ácido-plomo para disminuir los problemas operativos y medio ambientales que se producen. Esta desulfurización se realizará extrayendo el azufre presente en la denominada pasta de la batería mediante la reacción con carbonato potásico en disolución acuosa, antes de que la pasta sea introducida en el horno de fundición.

Dichos objetivos se reflejan en la hoja de Propuesta de Proyecto de Fin de Carrera aprobada por la Comisión de Proyectos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz.

3 ANTECEDENTES

A medida que los dispositivos eléctricos y electrónicos se convierten progresivamente en parte esencial de la sociedad moderna, somos cada vez más dependientes de nuestras fuentes de energía eléctrica. Las baterías son uno de los pocos métodos prácticos de almacenar energía eléctrica. Por ello, son componentes vitales en los más diversos dispositivos. Los recientes avances en la tecnología, tanto en lo que se refiere a tipos nuevos de baterías, como por las mejoras en los tipos existentes, ha

alimentado un repentino aumento en la cantidad y variedad de aplicaciones de estos dispositivos.

Entre los distintos tipos de baterías, las de mayor uso y aceptación son las denominadas de ácido-plomo, englobadas dentro de las denominadas baterías secundarias, las cuales se emplean como fuente de energía principalmente en todo tipo de automóviles y en equipos industriales.

3.1 EL RECICLADO DE BATERÍAS.

Los recursos minerales son limitados y no renovables. En el caso concreto del plomo, a las reservas conocidas en la actualidad se les estima una vida relativamente corta, de ahí que el reciclado del mismo, dado su alto consumo, sea algo indispensable hoy en día, ya que la valoración de los residuos metalíferos mediante su recuperación y reciclado es la forma de gestión de los mismos más racional y ecológicamente recomendable.

El plomo es un material muy fácil de reciclar, pudiéndose reutilizar un número muy elevado de veces y, aunque en todas ellas se someta a procesos de fusión y afinado, el producto final (el llamado plomo secundario) es, en todo, similar al primario obtenido a partir de minerales. El plomo puede reciclarse, obteniéndose plomo secundario, a partir de baterías desechadas, de chatarras y residuos plomíferos y de otros productos o residuos que contengan plomo, así como de procesos productivos de otros metales tales como acero, cobre o cinc.

De una forma aproximada puede estimarse que, en el conjunto del mundo occidental, del total del plomo recuperado de las baterías, un 70% procede de las de arranque (Start, Light & Ignition, SLI), un 15% de las de tracción y un 10% de las

estacionarias. Una estimación para la vida media de cada tipo de batería da una cifra de 3 a 5 años para las de arranque y unos 10 años para las demás, es decir, que se está ante un ciclo de recuperación bastante rápido. Teniendo en cuenta el predominio de las de arranque, de vida más corta, podría estimarse el ciclo medio para las baterías, en conjunto, de 4 a 5 años.

El plomo total contenido en una batería seca o vaciada, es decir, sin ácido, oscila entre el 55 y el 60% en peso.

Aunque, globalmente, la cantidad de residuos generados por el consumo de baterías no es francamente desmesurado (se estima que suponen solamente el 0,1% de los residuos sólidos generados en España) su alto contenido en plomo y ácido sulfúrico supone que las baterías desechadas de plomo-ácido sean residuos de alta toxicidad y considerados como peligrosos, principalmente por los dañinos efectos que el plomo provoca en los seres humanos y el medioambiente.

Las baterías desechadas de modo incontrolado acaban frecuentemente en el camión de la basura, donde es muy posible que el contenedor pueda llegar a liberar su contenido.

En el vertedero los agentes meteorológicos pueden provocar la corrosión del contenedor y la liberación de los elementos constituyentes que, transportados por el agua de lluvia, contaminan los suelos y acuíferos cercanos.

Otro posible final para las baterías es la incineración. Este proceso de combustión de los residuos libera aerosoles de metales pesados que se extienden por la atmósfera aumentando de modo irreversible los niveles atmosféricos típicos. Bien es cierto que parte de los aerosoles quedan retenidos por los sistemas de filtración del incinerador junto con las cenizas del resto de residuos. No obstante, es muy probable

que debido al difícil tratamiento de estos restos, el material pulverizado acabe siendo depositado en un vertedero.

Así pues, el reciclado de baterías se hace indispensable no solo por el valor económico de las materias primas que se recuperan sino también por el problema medioambiental que las baterías desechadas suponen.

3.2 MARCO LEGAL

En la actualidad el reciclado de baterías es obligatorio en todos los países de la Unión Europea y las baterías ácido-plomo están incluidas en el Catálogo de Residuos Peligrosos aprobado por la Unión Europea, incorporado a nuestra legislación mediante la Orden del Ministerio de Medio Ambiente (MAM)/304/2002).

En el derecho comunitario, la Directiva 91/157/CEE, del Consejo, de 18 de marzo, incorporado a nuestra legislación por el Real Decreto 45/1196, establece una serie de medidas para fomentar la valorización y la eliminación controlada de las pilas y acumuladores usados que contengan determinadas materias peligrosas como plomo y mercurio.

Dicho Real Decreto 45/1996 establece en su artículo 5 que “Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas y las entidades locales, en los términos establecidos, en su caso, en la legislación de las correspondientes Comunidades Autónomas, adoptarán las medidas necesarias para que las pilas y acumuladores usados se recojan por separado para su posterior valorización o eliminación.”

Por su parte la Ley 10/98, del 21 de Abril, de Residuos en su artículo 11 establece que “Los poseedores de residuos estarán obligados, siempre que no procedan a gestionarlos por sí mismos, a entregarlos a un gestor de residuos, para su valorización o eliminación, o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración que

comprenda estas operaciones” y a que “Todo residuo potencialmente reciclable o valorizable deberá ser destinado a estos fines, evitando su eliminación en todos los casos posibles.”

3.3 LINEAS GENERALES DEL TRATAMIENTO DE LAS BATERIAS DESECHADAS

Se expone a continuación, en líneas generales, el tratamiento que sufren las baterías desechadas para su reciclaje. Para una mayor profundización en el proceso así como en la composición y funcionamiento de las baterías, se remite al Anexo II, Anexo Explicativo.

El proceso de reciclaje de baterías ha sufrido numerosas variaciones desde sus comienzos, tendiendo en la actualidad a separar sus componentes sólidos en tres fracciones, que son:

1. Las rejillas, compuesta casi en su totalidad por plomo metálico,
2. La pasta de las baterías, compuesta en un 60% por sulfato de plomo (PbSO_4), 21% por plomo metálico (Pb) y 19% por óxidos de plomo (PbO_x).
3. Los separadores y carcasa, formados por polímeros sintéticos.

Además de los componentes sólidos, el ácido sulfúrico, que constituye el electrolito, es también drenado para su tratamiento

De esta forma, el proceso de reciclaje de baterías puede dividirse en tres fases, que son:

- 1) Trituración.

En esta etapa las baterías son trituradas normalmente en un molino triturador. Se produce así, el drenaje del ácido sulfúrico contenido en las baterías que pasará a ser tratado posteriormente. El material sólido, formado por las rejillas, la pasta y los separadores pasan a una etapa posterior de clasificación.

2) Clasificación.

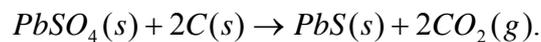
Las materias sólidas una vez trituradas, pasan a un clasificador que puede ser de tipo neumático o hidráulico. De esta clasificación se obtienen tres fracciones distintas de sólidos: las rejillas, la pasta y los separadores.

Los separadores se extraen del sistema para su posterior recuperación por una empresa especializada, mientras que tanto las rejillas como la pasta pasan al proceso de fundición y afino.

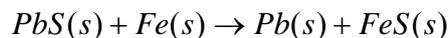
3) Fundición y afino.

En esta etapa se produce el proceso metalúrgico propiamente dicho. Debido a su distinta composición, las rejillas y las pasta se funden en hornos distintos.

En la fundición de la pasta se emplea coque como fundente que reacciona con el sulfato de plomo:



Para obtener el plomo metálico se hace reaccionar al sulfuro de plomo con hierro:



lo que produce una importante cantidad de escorias compuestas mayoritariamente por sulfuro de hierro.

Una vez realizada esta fundición, la materia fundida pasa a un horno de afino donde se obtiene el plomo metálico que posteriormente, pasa a una etapa de moldeo.

En la Ilustración 1 se representa el diagrama de flujo del proceso de reciclaje de las baterías desechadas.

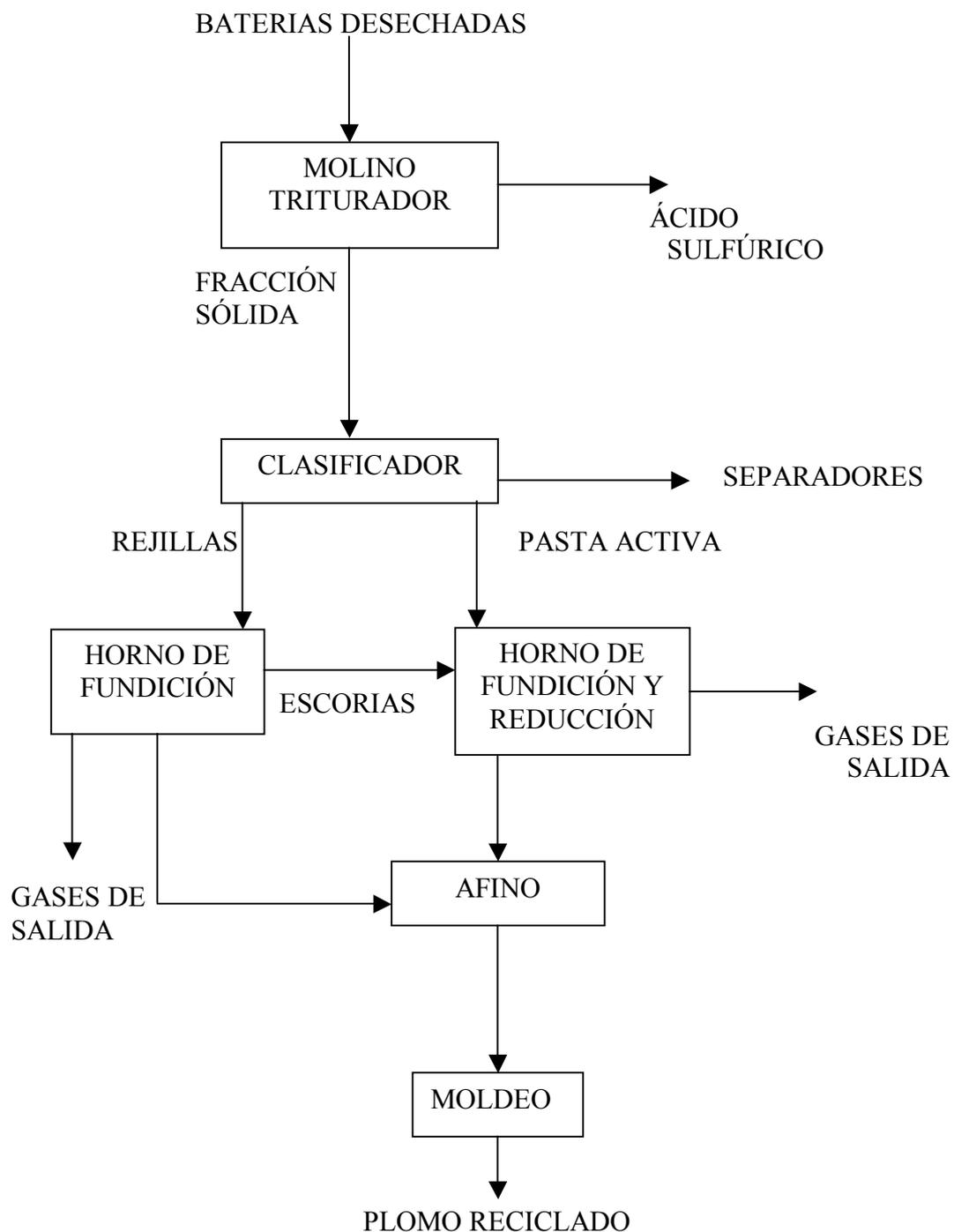
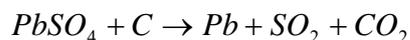


Ilustración 1. Diagrama de flujo tratamiento de baterías desechadas..

3.4 PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL

El reciclado de baterías es un proceso que se viene realizando desde mediados de la década de los setenta, presentando desde su comienzo numerosos problemas medioambientales, debido principalmente a la toxicidad de los compuestos presentes en las baterías. Estos problemas se reducen básicamente a dos: emisión de partículas de plomo y emisiones de óxidos de azufre a la atmósfera en el horno de fundición. De ellos, el presente proyecto se centra en la disminución del último de esos problemas.

La emisión de óxidos de azufre a la atmósfera se produce en la fundición de la denominada pasta de la batería compuesta principalmente por sulfato de plomo ($PbSO_4$), plomo metálico (Pb) y óxidos de plomo (PbO_x). Debido a la alta proporción de azufre contenida en la pasta y las altas temperaturas a las que opera el horno, dicho azufre acaba a menudo reaccionando de la siguiente forma:



con lo que los niveles de emisiones de óxidos de azufre superan con mucho los límites legales, creando un serio problema medioambiental.

De este modo el tratamiento o captura de los gases de salida de los hornos representa un grave problema de gestión medioambiental para este tipo de instalaciones

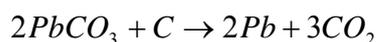
Además, la alta temperatura de fusión del sulfato de plomo, alrededor de los $1.100^\circ C$, produce que el consumo de energía en los hornos sea bastante elevado. Este alto consumo se hace más significativo si tenemos en cuenta que el resto de materiales que se funden en los hornos, es decir, plomo metálico y óxidos de plomo, poseen una temperatura de fusión entre los $500^\circ C$ - $600^\circ C$.

4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

4.1 JUSTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL.

El presente proyecto conlleva una serie de ventajas medioambientales en el proceso de reciclado de baterías ácido-plomo como son:

- Disminución de las emisiones de SO_x en un 95% con valores por debajo de los 100mg/Nm³. Esta disminución se llevará a cabo por la conversión de sulfato de plomo a carbonato de plomo antes de su introducción en el horno, mediante reacción química con carbonato potásico. La Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 23 de Octubre de 2001 sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes, establece un límite máximo de emisiones de SO_x de 800 mg/Nm³.
- Reducción de emisiones de CO₂ producidas por el horno de fundición en un 15%, debido a las reacciones que sufre el carbonato de plomo, las cuales producen menor cantidad de dióxido de carbono en comparación con las reacciones que sufre el sulfato potásico.
- Disminución significativa de la cantidad de escorias producidas por el horno las cuales son tóxicas debido a la concentración de sulfuro de hierro que se encuentran en las mismas. Esto es así, dado que al producirse en la desulfurización una eliminación casi total del sulfato de plomo, la reacción predominante que tiene lugar en el horno es:



por lo que no es necesario un consumo tan alto de hierro para obtener el plomo metálico.

En la siguiente tabla aparecen resumidas los consumos y la producción de los distintos compuestos en gramos por cada kilogramo de batería desechada, suponiendo que todo el sulfato de plomo reacciona con el coque:

Tabla 1. Consumo y producción en los procesos tradicionales y de desulfurización.

	<i>CONSUMO</i>		<i>PRODUCCIÓN</i>	
	C(gr)	Fe(gr)	CO ₂ (gr)	FeS(gr)
<i>Proceso tradicional</i>	47,5	110,49	174,1	173,9
<i>Proceso con desulfurización</i>	15,3	5,9	149,6	9,28

4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El presente proyecto conlleva además una serie de ventajas económicas en el proceso de reciclado como son:

- Aumento en la productividad del horno de alrededor del 25-30%, debido a la sustitución de sulfato de plomo, con una temperatura de fusión alrededor de 1.100°C, por carbonato de plomo cuya temperatura de fusión es de 550°C-600°C. En unas instalaciones de las características del presente proyecto, este ahorro puede suponer aproximadamente unos 150.000 €/año.
- Disminución en un 90% del empleo de hierro como fundente en los hornos de fundición.
- Obtención de sulfato potásico como producto secundario. Este compuesto posee una amplia aplicación en el campo de la agricultura como fertilizante.

5 UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.

En España existen actualmente cuatro grandes fundiciones recicladoras de plomo situadas en Murcia, Soria, Valladolid y Barcelona con una capacidad total de 116.000

toneladas/año, siendo la situada en Soria, perteneciente al grupo Tudor la mayor de ellas, con una capacidad de 60.000 toneladas/año.

En Andalucía no existe ninguna instalación de estas características, por lo que las baterías desechadas que son recogidas en Andalucía deben ser transportadas hasta alguna de estas fundiciones.

Por lo tanto, una planta de las características del presente proyecto podría ubicarse en la zona occidental de Andalucía, en las provincias de Córdoba o Sevilla, ya que presentan una alta densidad de población y se encuentran situadas a distancias similares de los distintos centros urbanos. La única consideración que debe tenerse en cuenta es que pueda asegurarse el suministro regular de carbonato potásico por empresas fabricantes del mismo y poder cubrir la alta demanda de energía que requiere una instalación de estas características.

En todo caso, el presente proyecto puede adaptarse a empresas recicladoras de plomo ya existentes sin que el proceso o los equipos deban sufrir cambios significativos.

6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

6.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.

La problemática medioambiental de los gases de salida de los hornos de fundición de plomo ha sido abordada hasta fechas recientes desde el punto de vista del tratamiento de los gases, una vez que éstos se han producido, sin tratar la pasta de las baterías antes de su introducción en el horno. La mayoría de las industrias secundarias de plomo poseen sistemas de depuración de gases a la salida del horno de fundición.

Este tipo de tratamiento ha logrado una disminución significativa de las emisiones contaminantes, hasta llegar a límites dentro de la legalidad, como el patentado por Prengaman[26] en 2001.

Este tratamiento consiste, como puede observarse en la Ilustración 2, en el uso de filtros de mangas donde quedan atrapadas las partículas sólidas, las cuales son recirculadas al horno. Tras el filtro manga, los gases pasan por un scrubber donde mediante la adición de NaOH y Na₂CO₃ se absorben, en parte, los óxidos de azufre. La disolución que se obtiene, pasa por un sistema de oxidación con aire donde se obtiene una disolución de Na₂SO₄ que, posteriormente, es cristalizado mediante un cristalizador de vacío y secado en un secadero de pulverización, para obtener un producto comercialmente aceptable.

Las desventajas del proceso descrito son, como se han comentado anteriormente (4.1 y 4.2), la alta temperatura a la que debe operar el horno de fundición y la producción de escorias.

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

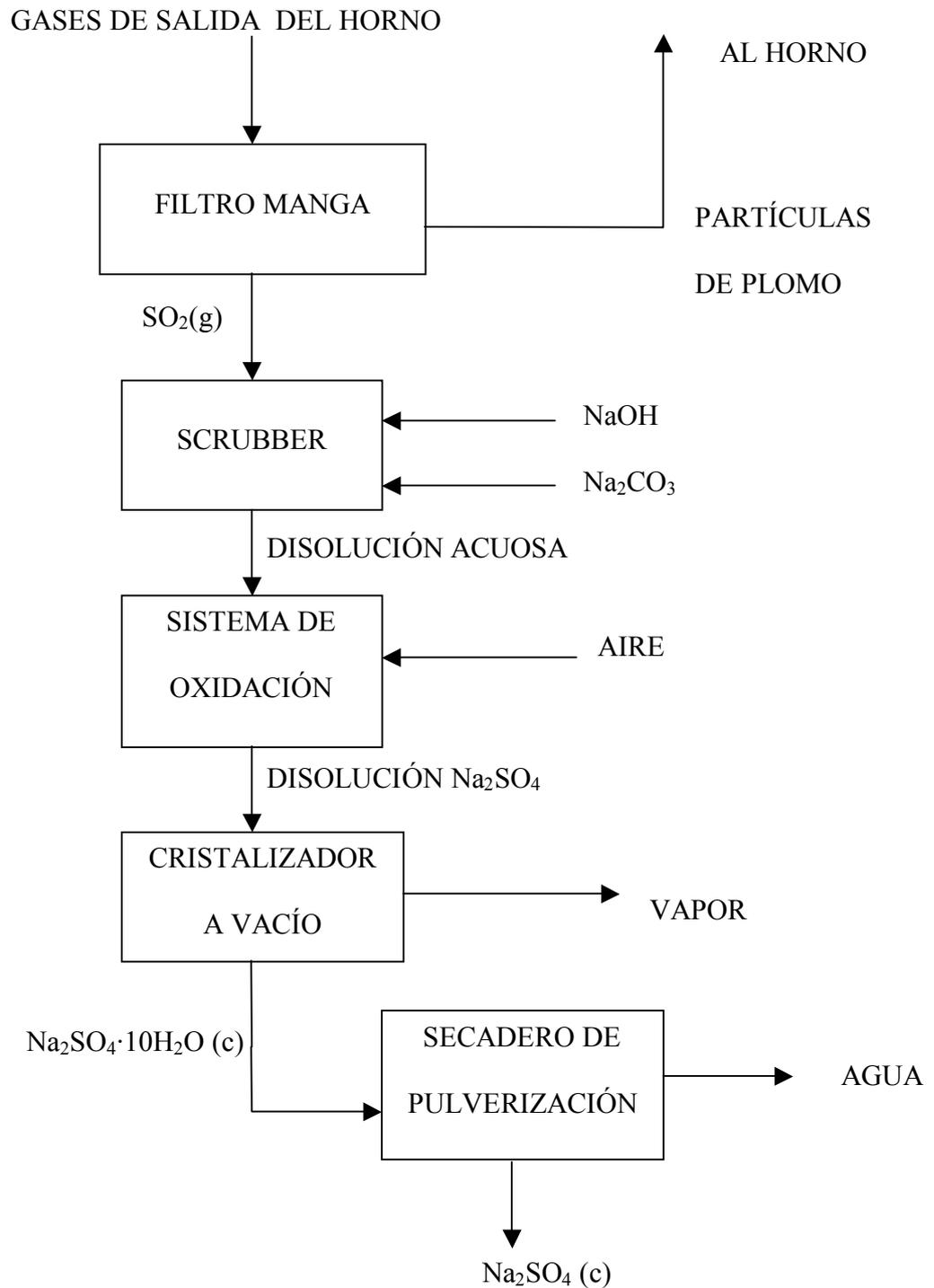
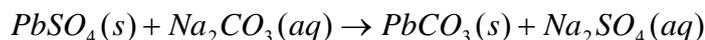


Ilustración 2. Diagrama de flujo proceso Prengamann

El segundo procedimiento para minimizar las emisiones de óxidos de azufre es el tratamiento de la pasta antes de su introducción en el horno, mediante contacto con disoluciones acuosas. Dentro de las muchas disoluciones que han sido estudiadas para la desulfurización (Ferracin[8]) solo las correspondientes a los metales alcalinos (sodio, potasio y calcio) han demostrado ser realmente eficientes y económicamente viables para plantas de proceso con una producción anual menor a 20.000-25.000 Tn/año. En todos los casos, la economía del proceso depende de las condiciones de operación y del precio de mercado del producto obtenido.

El proceso más extendido en la industria actualmente, aunque en términos globales sea un porcentaje muy pequeño, es el que emplea el carbonato sódico (Na_2CO_3) como reactivo y ha demostrado buenos rendimientos. Este proceso consiste en la reacción del sulfato de plomo con carbonato sódico:



Tras la reacción, el carbonato de plomo es enviado al horno y la disolución acuosa de sulfato sódico se introduce en un cristalizador a vacío, mediante lo cual, se obtiene sulfato sódico hidratado que se seca en un secadero de pulverización.

A pesar de los buenos resultados que produce el tratamiento anteriormente descrito, el proceso que se propone en el presente proyecto posee una serie de ventajas significativas como son:

- ✓ Las condiciones de operación en el proceso son más económicas, debido principalmente a que la solubilidad del sulfato potásico es sensiblemente menor que la del sulfato sódico, lo que supone una mayor facilidad para el proceso de separación mediante cristalización.
- ✓ Los costes del reactivo son menores y la venta del producto secundario que se obtiene presenta un mayor valor de mercado, con lo que la economía del proceso

es mayor. Además, el sulfato potásico se destina en su mayoría a la fabricación de abonos compuestos, un mercado que presenta un mayor crecimiento y demanda que el de la industria del papel para el que se destina el sulfato sódico

6.2 PROCESO DE FUNCIONAMIENTO.

El proceso de desulfurización que se diseña en el presente proyecto, está compuesto por las siguientes operaciones unitarias:

- **Reacción química:** Se produce la reacción entre el carbonato potásico y el sulfato de plomo, obteniéndose como producto de la reacción carbonato de plomo y sulfato potásico. Los demás componentes permanecen como inertes en la reacción.
- **Filtración:** Se produce la separación de la materia particulada y la corriente líquida. Una vez separada, la materia sólida se introduce en el horno de fusión, y la corriente líquida pasa al proceso de cristalización para obtener sulfato potásico como subproducto del proceso y poder recircular la corriente líquida, optimizando así el proceso desde el punto de vista económico.
- **Cristalización:** mediante enfriamiento y adición de carbonato potásico, se produce la cristalización del sulfato potásico en forma de cristales de tamaño 1,5 mm.
- **Filtración:** Los cristales de sulfato potásico se separan de la corriente líquida en un filtro rotatorio. La torta que se obtiene pasa al secador rotatorio y la corriente líquida se recircula a la entrada del reactor.
- **Secado:** Para obtener un producto comercialmente aceptable, se secan los cristales de sulfato potásico hasta llegar a unos niveles de humedad

suficientemente bajos. El producto que se obtiene contiene solo un 1% de impurezas de carbonato potásico.

En la Ilustración 3 se representa el diagrama de flujo del proceso con el correspondiente balance de masa a los distintos componentes.

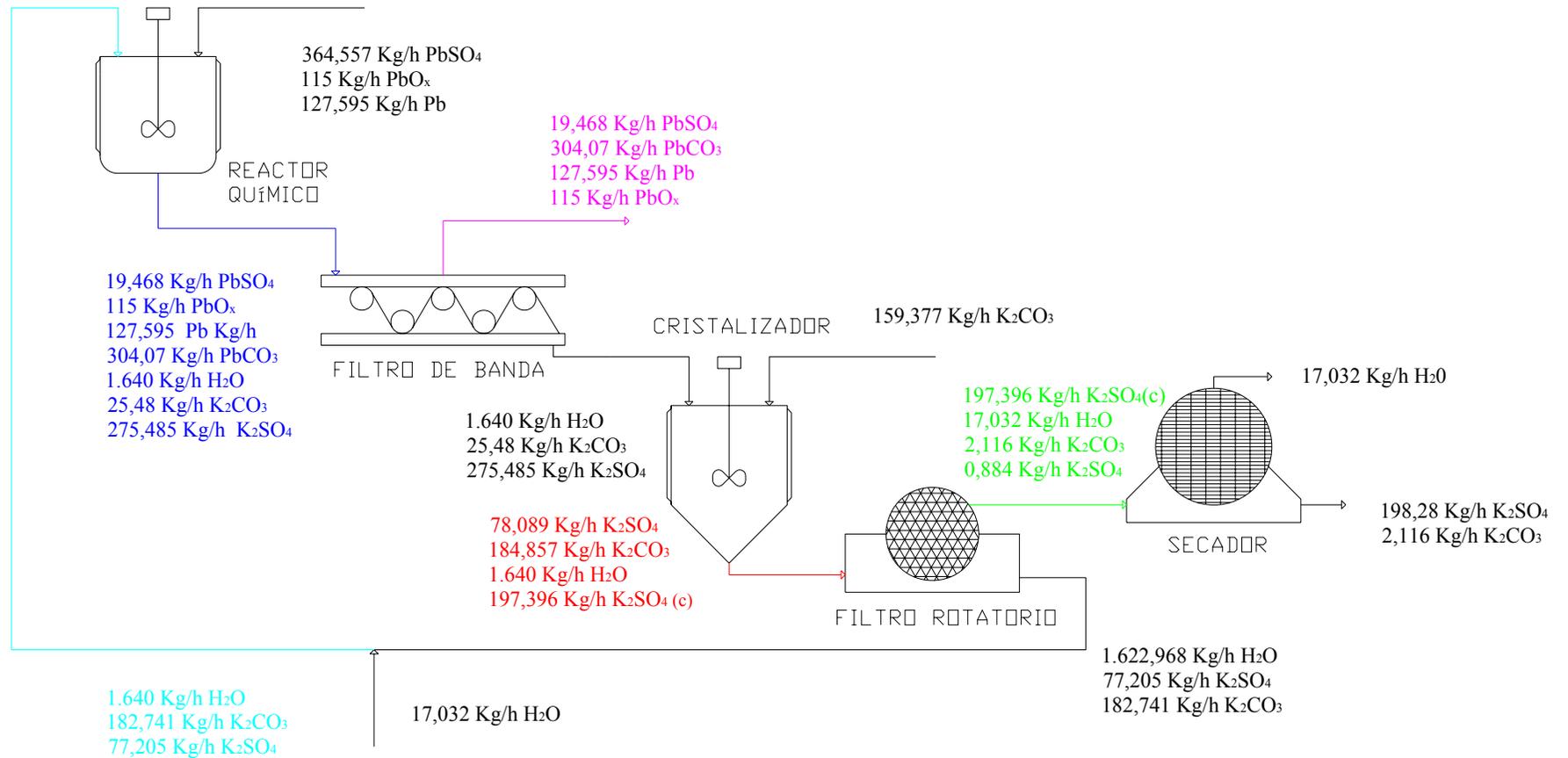


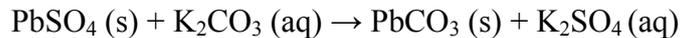
Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso de desulfurización

6.2.1 REACCIÓN QUÍMICA.

La operación unitaria fundamental del proceso de desulfurización tiene lugar en el reactor químico, en el cual se introducen dos corrientes de alimentación: la primera de ellas es la que contiene la pasta de la batería en forma de sólido granulado y que proviene de una etapa anterior de separación. El tamaño de dichas partículas suele ser de 5 a 10 mm de diámetro.

La segunda corriente proviene de la separación en el filtro rotatorio y se recircula al reactor para así optimizar económicamente el proceso.

En el reactor se produce la siguiente reacción heterogénea:



Se extrae de esta forma el azufre presente en la pasta de la batería, el objetivo fundamental del presente proyecto, que pasa a formar parte de la corriente líquida en forma de sulfato potásico disuelto.

Dicha reacción ha sido estudiada de forma empírica por Lyakov[15], estableciendo unas condiciones de operación óptimas de reacción que serán las empleadas para el diseño del reactor. Estas condiciones son:

TEMPERATURA = 65° C ± 5° C.
TIEMPO DE RESIDENCIA = 40 min.
PRESIÓN = 1 atm.

También se establece que la relación fase líquida/fase sólida debe tener un valor de 3 a 3,5 kg fase líquida/kg fase sólida.

La conversión que se alcanza, bajo estas condiciones, es del 94,66% de sulfato de plomo cuando se hace reaccionar con un 10% en exceso de carbonato potásico.

Los caudales de los distintos componentes aparecen resumidos en la siguiente tabla:

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

COMPUESTO	ENTRADA(Kg/h)	SALIDA(Kg/h)
PbSO ₄	364,557	19,468
PbO _x	115	115
Pb	127,595	127,595
PbCO ₃	0	304,07
H ₂ O	1.640	1.640
K ₂ CO ₃	182,741	25,48
K ₂ SO ₄	77,205	275,485
TOTAL	2.507,098	2.507,098

Tabla 2. Balance de materia para el reactor químico.

El reactor tendrá un volumen de 1,46 m³, formado por una virola cilíndrica de diámetro 1,05 m y fondos torisféricos Klopper. La altura de la virola será 1,42 m.

El material elegido es el acero inoxidable AISI 316L, ampliamente utilizado en la industria debido a sus ventajosas propiedades frente a la corrosión. El espesor de pared, tanto de la virola como de los fondos será de 5 mm. El reactor estará sostenido por cuatro patas de perfiles IPN-80 de 50 cm de altura. Las dimensiones del reactor aparecen resumidas en la siguiente tabla:

VOLUMEN	1,46 m ³
DIÁMETRO INTERIOR	1,05 m
ALTURA VIROLA CILÍNDRICA	1,42 m
ESPESOR ENVOLVENTE	5 mm
ESPESOR FONDOS KLOPPER	5 mm

Tabla 3. Dimensiones reactor químico.

El sistema estará agitado por un agitador tipo hélice para favorecer la mezcla de los componentes además de cuatro placas deflectoras. Dicha hélice tendrá una velocidad de giro de 1.020 rpm y un diámetro de 350 mm. El consumo de potencia será de 8,8 kW.

Dado que el reactor debe operar a altas temperaturas, el sistema estará calentado por un serpentín de diámetro nominal 1^{1/4} pulgadas y número de Schedule 40 que posee un diámetro interior de 3,505 cm en acero AISI 316L y una longitud de 9,78 metros, con un diámetro de 0,8 m. Por el interior de dicho serpentín circulara vapor saturado a 100°C de temperatura, que saldrá del sistema como condensado a la misma temperatura.

En vistas a un mayor aprovechamiento energético, el reactor estará aislado térmicamente por poliuretano de 50 mm de espesor.

6.2.2 FILTRACIÓN.

Una vez que se ha producido la reacción, la corriente de salida del reactor contiene tanto la disolución líquida como la materia particulada, por lo que es necesario filtrar la corriente.

La filtración es la separación de partículas sólidas a partir de un fluido haciendo pasar el fluido a través de un medio filtrante sobre el que se depositan los sólidos. Las filtraciones industriales van desde un sencillo colado hasta separaciones muy complejas. Debido a la enorme operación de procesos, se han desarrollado numerosos tipos de filtros.

El fluido circula a través del medio filtrante en virtud de una diferencia de presión a través del medio. Así, los filtros se clasifican en función de si operan con una sobrepresión, a presión atmosférica o aquellos que presentan vacío.

La mayoría de filtros industriales son filtros de presión o de vacío y pueden operar de forma continua o discontinua.

Los filtros de torta continua se utilizan cuando la formación de la torta de sólidos es bastante rápida como, por ejemplo, las situaciones en las que el flujo de la suspensión es mayor a 5 L/min, la concentración es superior al 1% y las partículas son mayores de 0,5 μm de diámetro. Por lo general, se requiere una viscosidad del líquido inferior a 100 cP para mantener un flujo rápido a través de la torta.

Bajo este criterio y dadas las características de la suspensión, así como el caudal a filtrar, se elige un filtro continuo.

Dentro de los filtros continuos, los filtros de tambor giratorio y los filtros rotatorios de discos son los más utilizados.

Sin embargo, cuando la alimentación contiene partículas sólidas gruesas que sedimentan rápido, un filtro de tambor rotatorio funciona mal o simplemente no puede funcionar. Las partículas gruesas no se mantienen bien en suspensión y la torta que se forma con frecuencia no se adhiere a la superficie del tambor. En estos casos se utiliza un filtro horizontal alimentado por la parte superior.

Los filtros de banda horizontal constan de una banda perforada o ranurada elástica, que opera como un transportador de banda y lleva encima una banda de tela filtrante. Las dos bandas están apoyadas en una plataforma lubricada. Una plancha a vacío, alineada con las ranuras de la banda elástica, forma una superficie continua a vacío que puede incluir múltiples zonas para la formación de la torta, el lavado y la eliminación final del agua.

La suspensión se alimenta en un extremo por medio de unos vertederos de rebose o una rampa en forma de abanico y el licor de lavado, si se necesita, se aplica mediante rociadores en uno o más puntos, a medida que la torta se desplaza a lo largo

del filtro. La torta se descarga cuando la banda pasa sobre la polea terminal, tras la separación de la superficie de drenado. La duración del ciclo de filtración se controla mediante la velocidad de la banda, que suele tener una velocidad de 0,05 m/s y puede alcanzar 1 m/s. El mínimo espesor de la torta, para una carga de sólidos dada que puede descargarse de forma eficaz limita la velocidad de las bandas desde un punto de vista del proceso. El máximo espesor de la torta depende del método empleado para retener la suspensión durante la formación de la torta y con algunos materiales de drenado rápido se producen tortas cuyo espesor varía entre 100 y 150 mm.

Los filtros de banda horizontales tienen la ventaja de un preciso control del ciclo de filtración, incluyendo la capacidad de operar en contracorriente en el lavado de la torta. La desventaja principal es que al menos la mitad del área de filtración siempre se encuentra ociosa en el circuito de retorno, lo que significa un coste de inversión que puede llegar a ser de dos a cuatro veces superior al de un filtro de tambor con igual área. Los filtros de banda horizontales están disponibles con áreas de filtración de 0,18 m² a 120 m².

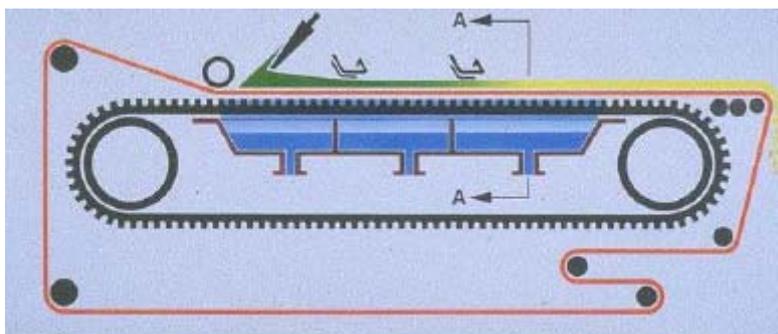


Ilustración 4. Filtro horizontal de banda a vacío.

El filtro seleccionado tendrá una superficie útil de filtrado de 23,9 m². El ancho de la banda filtrante será de 3,2 m y la longitud total de la banda de 15 m. El vacío que

se aplicara será igual a 0,3 atms y la velocidad de la banda de 0,5 m/s. El material en el que estará realizado será en acero AISI 316L.

Una vez filtrada, la torta de sólido deberá ser transportada por un operario a la zona de fundición, mientras que la corriente líquida pasa a la operación de cristalización.

6.2.3 CRISTALIZACION

La cristalización es la formación de partículas sólidas a partir de una fase homogénea, que puede ser un vapor, mediante la solidificación de un líquido fundido, como ocurre en la formación de grandes monocristales, o bien como cristalización de una disolución líquida.

La cristalización de disoluciones es industrialmente importante dada la gran variedad de materiales que se comercializan en forma cristalina. Su amplia utilización se debe a dos razones: un cristal formado a partir de una disolución impura es esencialmente puro, y la cristalización proporciona un método práctico para la obtención de sustancias químicas puras en condiciones adecuadas para su envasado y almacenamiento.

Por estas razones, la cristalización es, en muchos casos, la técnica de separación más adecuada frente a las llamadas operaciones de separación clásicas como la destilación, dado el ahorro de energía que conlleva.

Para la formación de un cristal se requieren dos etapas: el nacimiento de una nueva partícula y su crecimiento hasta tamaño microscópico. La primera etapa recibe el nombre de nucleación. El tamaño de los cristales esta determinado por la interacción de las velocidades de nucleación y crecimiento, y el proceso global es cinéticamente complicado. El potencial impulsor para ambas velocidades es la sobresaturación, que se define como la diferencia de concentración entre la disolución sobresaturada en la que

el cristal está creciendo y la de la disolución en equilibrio con el cristal. Las concentraciones pueden definirse bien como la fracción molar del soluto o en moles de soluto por unidad de volumen de disolución. También se expresa con frecuencia la sobresaturación como una diferencia de temperatura en vez de una diferencia de concentración.

Por tanto, en una disolución no saturada o poco saturada no puede ocurrir ni nucleación ni crecimiento. Esta sobresaturación puede originarse por uno o más métodos:

1°. Si la solubilidad del soluto aumenta fuertemente con la temperatura la sobresaturación se consigue por simple enfriamiento y reducción de la temperatura.

2°. Si la solubilidad es relativamente independiente de la temperatura, una disolución sobresaturada se puede generar por evaporación de una parte del disolvente.

3°. Si no es deseable ni enfriamiento ni evaporación, como cuando la solubilidad es muy elevada, la sobresaturación se puede generar por la adición de un tercer componente. Este tercer componente puede actuar físicamente mediante la formación, con el disolvente original, de una mezcla de disolventes en la que la solubilidad del producto se reduce bruscamente. Si se requiere una precipitación prácticamente completa, se puede crear un nuevo soluto químicamente añadiendo un tercer componente que reacciona con el soluto original y forma una sustancia insoluble.

Para el caso del sulfato potásico, que es la sustancia que se quiere obtener de forma cristalizada, el método que presenta mayor ventajas para su cristalización es el enfriamiento, dada la fuerte disminución de solubilidad que dicho compuesto sufre con la temperatura. Además, y en vistas a una mayor optimización del proceso, se añadirá en el cristalizador carbonato potásico en la misma cantidad en la que reacciona con el

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

sulfato de plomo en el reactor, para provocar así una disminución de la solubilidad del compuesto por el comúnmente llamado efecto del ión común. La presencia de carbonato potásico, en el cristalizador producirá un aumento en la producción de sulfato y, dado que la solubilidad del carbonato es mucho mayor (del orden de diez veces mayor), pueden obtenerse cristales puros de sulfato potásico, sin que ninguna cantidad de carbonato potásico llegue a precipitar.

La cristalización tendrá lugar en un recipiente que operará a presión atmosférica y a una temperatura de 15°C. Por debajo de esta temperatura los cristales que se forman comienzan a contener carbonato potásico en su composición y a contaminar el producto que se obtiene.

Los caudales de los distintos componente aparecen resumidos en la siguiente tabla:

COMPONENTE	ENTRADA (kg/h)	SALIDA (kg/h)
H ₂ O	1.640	1.640
K ₂ CO ₃	184,857	184,857
K ₂ SO ₄	275,485	78,089
K ₂ SO ₄ (c)	0	197,396
TOTAL	2.100,342	2.100,342

Tabla 4. Balance de materia en el cristalizador.

El cristalizador estará constituido por una envolvente cilíndrica y dos fondos tipo Klopper, sostenido sobre cuatro perfiles IPN-80 de 90 cm de altura, y tendrá las siguientes dimensiones:

VOLUMEN	6,6m ³
DIÁMETRO INTERIOR	1,8 m
ALTURA VIROLA CILÍNDRICA	2,15 m
ESPESOR ENVOLVENTE	6 mm
ESPESOR FONDOS KLOPPER	6 mm

Tabla 5. Dimensiones cristalizador.

Para la refrigeración del sistema se empleara un serpentín sumergido por el cual circulara un fluido frío, el cual será enfriado a su vez por un refrigerante. Este sistema se denomina de refrigeración indirecto, y presenta varias ventajas fundamentales:

- Impide que eventuales fugas de refrigerante contaminen el recinto o sustancia a refrigerar.
- Permite crear una reserva de capacidad de refrigeración ante posibles averías en el sistema o fluctuaciones en la potencia frigorífica demandada.
- Debido a su mayor conductividad térmica, permite un enfriamiento más rápido del producto que el que se conseguiría enfriando por aire.
- Permite un control más fácil de instalaciones complejas.

Las sustancias más comúnmente usadas como fluidos frigoríferos o refrigerantes secundarios, en los sistemas indirectos, son el agua, las salmueras de cloruro sódico y de cloruro cálcico y las disoluciones hidroalcohólicas de etilenglicol, propilenglicol, metanol o glicerina.

En el caso de emplear agua como refrigerante la superficie de intercambio se hace excesivamente alta debido principalmente a su alta temperatura de congelación, lo que hace que el valor de ΔT_{ml} sea muy bajo. Bajo estas condiciones el empleo de un serpentín es inviable debido a la superficie requerida y el empleo de un intercambiador

de calor a contracorriente puro supone unas necesidades de espacio y económicas que no son óptimas.

Se decide emplear una disolución de cloruro sódico al 25%, utilizado ampliamente en aquellas aplicaciones industriales que no precisan temperatura excesivamente bajas, como es nuestro caso y que presenta un coste relativamente bajo. La solución penetrará en el sistema a -15°C y saldrá del mismo a 10°C . Para enfriar la disolución acuosa se emplea un sistema de refrigeración por compresión de vapor simple, utilizando amoníaco(R717) como refrigerante. Para la compresión del R717, se emplea un compresor modelo 250 VSD de la empresa Mycom.

El serpentín en el cristalizador estará compuesto por un tubo de tamaño nominal $2\frac{1}{2}$ pulgadas y número Schedule 40 que posee un diámetro interior de 6,271cm. La longitud del serpentín será de 30,67 m con un diámetro de 1,35 m.

El sistema estará agitado por un agitador tipo turbina con cuatro palas inclinadas, en acero inoxidable AISI 316L y un diámetro de 550 mm que girará a una velocidad de 137 rpm, proporcionado por la empresa Milto Roy Mixing.

En vistas a un mayor aprovechamiento energético, el reactor estará aislado térmicamente por poliuretano de 50 mm de espesor.

6.2.4 FILTRACIÓN

Una vez se ha cristalizado el sulfato potásico es necesario la separación de los cristales y la solución que los contiene. Dada las características de la suspensión, así como el caudal a filtrar, se elige un filtro continuo.

Dentro de los filtros continuos, los filtros de tambor giratorio y los filtros rotatorios de discos son los más utilizados. Existen muchas variaciones en su diseño, que incluyen la operación como un filtro a presión o a vacío. La principal diferencia entre los diseños está en la técnica para la descarga de la torta.

El funcionamiento del filtro rotatorio de discos es muy parecido al del filtro de tambor, pero proporciona un lavado peor y la descarga de la torta es más difícil. Su principal ventaja sobre el filtro de tambor es que proporciona un área de filtración mucho mayor en el mismo espacio.

En nuestro caso, y dado que el caudal a filtrar no es excesivamente alto y por tanto no se requerirán equipos especialmente voluminosos se ha elegido un filtro de tambor rotatorio para la filtración de la corriente que contiene las partículas de sulfato potásico

El tipo más frecuente de filtro continuo de vacío y el más empleado en la industria es el filtro continuo de tambor rotatorio. Un tambor horizontal, con una superficie acanalada, gira con una velocidad de 0,1 a 3 rpm en un depósito con la suspensión agitada. Un medio filtrante, tal como una lona, cubre la superficie del tambor, que está sumergido parcialmente en el líquido. Debajo de la superficie cilíndrica acanalada del tambor principal se encuentra un segundo tambor más pequeño con una superficie sólida. Entre los dos tambores existen separaciones radiales que dividen el espacio anular en compartimentos separados, cada uno de los cuales está conectado por medio de una tubería interna a un orificio situado en la placa de la válvula rotatoria. Conforme el tambor gira se alimenta aire y vacío alternativamente en cada compartimiento. Una tira de tela filtrante cubre la cara expuesta de cada compartimiento para formar una sucesión de paneles.

En el momento de introducirse la suspensión, a medida que se sumerge debajo de la superficie del líquido, se aplica vacío por medio de la válvula rotatoria. Se forma una capa de sólidos sobre la superficie del panel a medida que pasa líquido por la tela hacia el interior del compartimiento, a través de la tubería interna, a través de la válvula y hacia un tanque colector. A medida que el panel sale de la suspensión y entra en la

zona de lavado y secado, se aplica vacío al panel desde un sistema exterior, succionando líquido de lavado y aire a través de la torta de sólidos. Posteriormente, el líquido es drenado del filtro hacia un tanque separador colector. Después de que la torta de sólidos depositada sobre la superficie del panel ha sido succionada para ser secada, el panel sale de la zona de secado, se corta el vacío y se retira la torta rascándola con una cuchilla horizontal o rasqueta. Se inyecta un poco de aire debajo de la torta con el fin de despegarla de la tela. De esta forma la torta se desprende de la tela haciendo innecesario que la cuchilla roce la superficie del tambor. Una vez que se ha desprendido la torta, el panel entra de nuevo en la suspensión y se repite el ciclo. Por lo tanto, la operación de cualquier panel es cíclica, pero como algunos paneles están en todo momento en cada parte del ciclo, la operación global del filtro es continua.

El grado de inmersión del tambor es variable. La mayor parte de los filtros alimentados por el fondo operan con aproximadamente 30% de su superficie filtrante sumergida en la suspensión. Cuando se desea una elevada capacidad de filtración sin lavado, se puede utilizar el filtro muy sumergido, con una inmersión de 60 o 70%. La capacidad de cualquier filtro rotativo depende considerablemente de las características de la suspensión de alimentación y, sobre todo, del espesor de la torta que se deposita en la operación práctica. Las tortas formadas en filtros rotativos de vacío de tipo industrial tienen un espesor comprendido entre 3 y 40 mm. Los tambores estándar de los tambores varían desde 0.3 m de diámetro y 0.3 m de longitud hasta 3m de diámetro y 4.3 m de longitud.

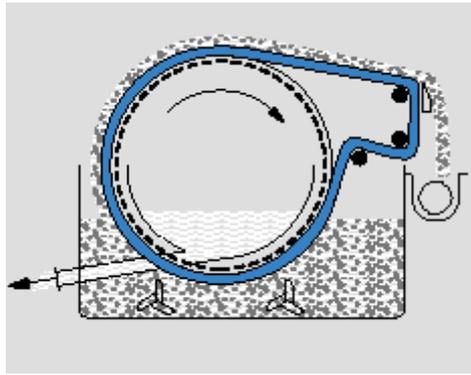


Ilustración 5. Filtro rotatorio a vacío.

El filtro elegido será el fabricado por la empresa GL&V/Dorr-Oliver en acero AISI 316 con las siguientes dimensiones:

ÁREA DE FILTRACIÓN	22,86 m ² .
DIÁMETRO	1,83 m.
LONGITUD	1,22 m.

Tabla 6. Dimensiones filtro rotatorio.

El filtro girará con una velocidad de 0,2 rpm y un 30% de superficie sumergida. La presión de vacío será de 13,544 kPa (0,13 atms).

Una vez obtenida la torta, esta será transportada al secador rotatorio por operarios.

6.2.5 SECADO

El secado de materiales constituye a menudo la operación final de un proceso de fabricación, llevándose a cabo inmediatamente antes del envasado o la expedición. Se entiende por secado la eliminación final del agua y a menudo esta operación sigue a la evaporación, la filtración o la cristalización. La mayoría de los procesos industriales el secado se lleva a cabo por una o más de las siguientes razones:

- Para reducir el coste del transporte.

- Para obtener un material más manejable, por ejemplo jabón en polvo, colorantes o fertilizantes.
- Para proporcionar unas determinadas propiedades.
- Para evitar la presencia de la humedad, que podría provocar la corrosión.

El secado de sólidos húmedos es, por definición, un proceso térmico. Aunque con frecuencia se complica por la difusión en el sólido o a través del gas, es posible secar muchos materiales simplemente calentándolos por encima de la temperatura de ebullición del líquido, tal vez bastante por encima con el fin de liberar las últimas trazas de materias adsorbido. En la mayoría de secaderos, el diseño se realiza sobre la base exclusiva de consideraciones de transmisión de calor.

En los productos cristalinos como nuestro caso es necesario que los cristales no resulten perjudicados durante el secado y evitar en la medida de lo posible su contaminación.

Para el secado de los cristales se empleará un secadero de tipo rotatorio. Un secadero rotatorio consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, dispuesta horizontalmente o ligeramente inclinada hacia la salida. Al girar la carcasa, unas pestañas levantan los sólidos para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa. La alimentación entra por un extremo del cilindro y el producto seco se descarga por el otro. Los secaderos rotatorios se calientan por contacto directo del gas con los sólidos, por gas caliente que pasa a través de un encamisado externo, o por medio de vapor de agua que condensa en un conjunto de tubos instalados sobre la superficie interior de la carcasa. El último recibe el nombre de secadero rotatorio con tubos de vapor de agua.

Los secadores rotatorios de tubo de vapor y calor indirecto son, probablemente, el tipo más común de secador rotatorio de calor indirecto. Los tubos calentados con vapor, que corren a lo largo de la longitud completa del cilindro, están sujetos

simétricamente en una, dos o tres hileras concéntricas, dentro del cilindro con el que giran. Los tubos son simples tuberías con condensado que escurre por gravedad hasta el múltiple de descarga, o bien son tipo bayoneta. Estos últimos se emplean también cuando las unidades se utilizan como enfriadores de tubos de agua.

La alimentación mojada penetra en el secador por un canal o un alimentador de tornillo. El producto se descarga por las aberturas periféricas de la carcasa de los secadores ordinarios. Esas aberturas sirven también para admitir el aire de purga, para barrer la humedad o los demás gases desprendidos en la cubierta. Prácticamente en todos los casos el gas circula a contracorriente en relación con el flujo de sólidos. Para conservar un lecho profundo dentro del secador, casi siempre del 10% al 20% de llenado, las aberturas de descarga están provistas de canales o vertederos eliminables, que se extienden radialmente dentro del secador.

El vapor se introduce en los tubos a partir de una junta rotatoria a prueba de vapor hacia el lado de vapor múltiple. El condensado se separa continuamente por gravedad a través de una junta a prueba de vapor hasta un recipiente de condensado.

Los vapores de secado se separan en el extremo de alimentación del secador para liberarlos a la atmósfera a través de una chimenea de tiro natural. Cuando se emplean en operaciones de secado simple con $3,5 \cdot 10^5$ a $10 \cdot 10^5$ Pa de presión de vapor, el tiro se controla por medio de un amortiguador para admitir sólo la cantidad suficiente de aire exterior, con el fin de eliminar la humedad del cilindro, descargándolo a temperaturas de 340 a 365 K con un margen de 80 a 90% de saturación. De esta manera se reducen al mínimo las velocidades de gas de la carcasa y la producción de polvo.

Los tubos se fijan rígidamente a la placa frontal del múltiple y se sostienen dentro de una placa anular perfectamente bien adaptada en el otro extremo, para dar margen a la expansión.

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

Los secadores de tubo de vapor se emplean para el secado continuo, el calentamiento o el enfriamiento de sólidos granulares o en forma de polvo, que no pueden exponer a los gases ordinarios atmosféricos o de combustión. Son particularmente apropiados para partículas de polvo fino, como nuestro caso, debido a las velocidades de gas reducidas que se utilizan para purgar el cilindro.

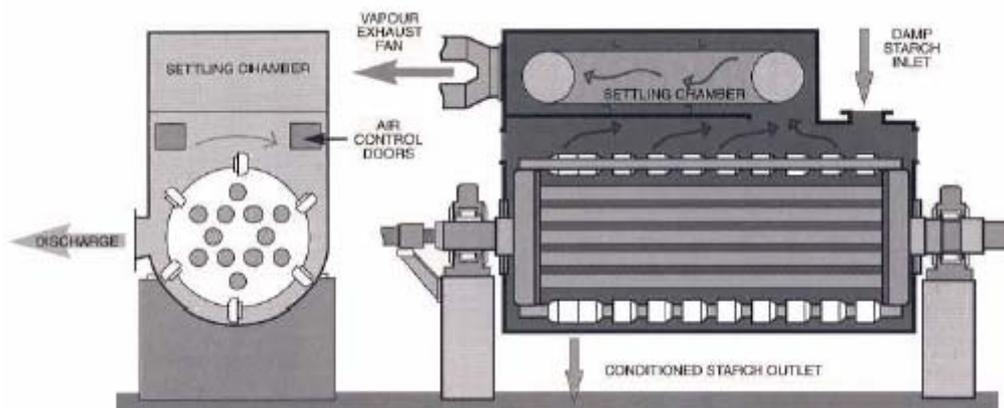


Ilustración 6. Secadero rotatorio indirecto.

Los cristales de sulfato potásico entrarán en el sistema a 15°C con un contenido en humedad del 10% en base seca. El flujo de calor necesario será de 18.486,85 W y será proporcionado por vapor que circulará por el interior de los tubos del secador a una temperatura comprendida entre 145°C y 177°C y que saldrá como condensado por el extremo del secador. El área necesaria de intercambio de calor será de 11 m².

El secador seleccionado será el proporcionado por la firma Simon-Dryers en acero inoxidable, que posee un diámetro de 60 cm y una longitud de 325 cm.

6.2.6 SILOS DE ALMACENAMIENTO

Los sólidos gruesos tales como gravas o carbón, se almacenan a la intemperie, en grandes apilamientos, sin protección del clima. Por el contrario, los sólidos que son demasiados valiosos o demasiados solubles para estar expuestos a la intemperie, se almacenan en depósitos, tolvas o silos. Éstos son recipientes cilíndricos o rectangulares

de hormigón o metal. Los silos pueden ser altos y de diámetro relativamente pequeño, mientras que los depósitos son bastante anchos y no tan altos. Todos estos contenedores se cargan por la parte superior utilizando algún tipo de elevador, mientras que la descarga se realiza, por lo general, por el fondo.

Puesto que el proceso consume y produce altas cantidades de carbonato potásico y sulfato potásico respectivamente, se decide equipar a la instalación con dos silos de almacenamiento con una capacidad semanal de producción.

Estos silos están realizados en acero AISI 316 y sus dimensiones son:

SILO	CAPACIDAD	ALTURA	DIÁMETRO
K ₂ CO ₃	19,66 m ³	7 m	2,05 m
K ₂ SO ₄	21 m ³	9 m	2,1 m

Tabla 7. Dimensiones silos de almacenamiento.

Para proporcionar el carbonato potásico en el cristalizador se emplea un sistema neumático, que es una de las técnicas más importantes de manejo de materiales en la industria química consistente en el desplazamiento de materiales suspendidos en una corriente de aire. Se pueden manejar mediante esta técnica materiales que van desde polvos finos hasta gránulos de más de 6 mm, y densidades aparentes desde 16 a más de 3.200 kg/m³.

En general, los transportadores neumáticos se clasifican según cinco tipos básicos: de presión, de vacío, combinados de presión y vacío, de fluidización y de tanque ventilador. Los sistemas de vacío se suelen usar cuando los flujos no presentan valores altos y la longitud equivalente es menor de 305m. Se usan mucho para materiales finamente divididos. De especial interés son los sistemas de vacío diseñados para flujos menores de 7,6 kg/min, que se utilizan para transferir materiales a distancias

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

cortas desde depósitos o tolvas de almacenamiento a granel hasta unidades de proceso, lo cual coincide con las características de la instalación. Se caracterizan por el desplazamiento de materiales en una corriente de aire de presión menor que la ambiental. Las ventajas de este tipo son las de que toda la energía de bombeo se usa para mover el producto y se puede absorber material en la línea del transportador sin necesidad de un alimentador giratorio o un sello similar entre el recipiente de almacenamiento y el transportador. El material permanece suspendido en la corriente de aire hasta que llega a un receptor.

El vacío necesario para impulsar los cristales de carbonato potásico será producido por un soplante modelo CL18/01 de la empresa Mapner el cual proporciona un vacío de hasta 100 mbar, impulsando los sólidos a una velocidad de 45 m/s.

6.2.7 SISTEMA DE TUBERÍAS

El sistema de tubería de la instalación se ha diseñado teniendo en cuenta los diámetros óptimos para cada caudal. El material de todas las tuberías es acero inoxidable AISI-316L. En la siguiente tabla se presentan de manera resumida las longitudes, diámetros y bombas empleadas para cada tramo de la planta:

TUBERIA	SALIDA	LLEGADA	LONGITUD	DIÁMETRO NOMINAL	BOMBA
PL01	Reactor químico	Filtro de banda	2,5 m	1 pulg	A-50
PL02	Filtro de banda	Cristalizador	4,55 m	1 ^{1/4} pulg	MXH 202E
PL03	Cristalizador	Filtro rotatorio	2,4	1 ^{1/4} pulg	C16/1E
PL04	Filtro rotatorio	Reactor químico	16 m	1 ^{1/4} pulg	MXH 202E

Todas las bombas son proporcionadas por Calpeda. Las características, funcionamiento y curvas de potencia se encuentran recogidas en el Anexo III.

7 SEGURIDAD E HIGIENE.

En este apartado se citan los principales riesgos laborales a los que estarán expuestos los trabajadores de la instalación diseñada en el presente proyecto, enumerándose las líneas generales a adoptar para la disminución o eliminación de dichos riesgos. No se citan aquellos riesgos que no se consideren relevantes para la instalación como pueda ser el de riesgo biológico.

Se deja para un diseño más en detalle de la instalación y los equipos, la adopción de medidas más concretas y específicas para la prevención de los riesgos.

7.1 RIESGOS RELACIONADOS CON LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD.

7.1.1 LUGARES DE TRABAJO.

Se define el lugar de trabajo como las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deben permanecer o a las que pueden acceder en razón de su trabajo, incluidos los servicios higiénicos y locales de descanso, los locales de primeros auxilios y los comedores. En España, el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril es el que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

- **Condiciones constructivas.**

Los lugares de trabajo, en cuanto a su diseño y características constructivas, ofrecerán seguridad frente a los riesgos de:

- resbalones o caídas,
- choques o golpes contra objetos,
- derrumbamientos o caídas de materiales sobre las personas.

Así mismo, deberán:

- facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio;
- posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de las personas.

Las dimensiones mínimas de los lugares de trabajo en lo referente a vías de circulación, puertas, ventanas, salidas de evacuación, etc. deben cumplir el citado R.D. 486/97, de 14 de abril.

- **Señalización. Orden, limpieza y mantenimiento.**

La señalización de los lugares de trabajo deberá cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, desarrollada por la Guía Técnica de Señalización, redactada a tenor de lo indicado en dicho Real Decreto.

En relación con el orden, limpieza y mantenimiento de dichos lugares, deberán ajustarse a las siguientes condiciones:

- Las zonas de paso, salidas y vías de circulación, en especial las previstas para evacuación en caso de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.
- Se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas. Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento.
- Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.
- Las operaciones de limpieza no deberán constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los/as trabajadores/as que las efectúen ni para terceros.
- Deberá establecerse el mantenimiento de los lugares de trabajo y, en particular, el de sus instalaciones, de forma que las condiciones de funcionamiento satisfagan siempre

las especificaciones del proyecto, subsanándose con rapidez las deficiencias que puedan afectar a la salud de los/as trabajadores/as.

— Si se utiliza una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y un sistema de control deberá indicar toda avería siempre que sea necesario para la salud de los/as trabajadores/as.

- **Condiciones ambientales.**

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de las personas ni, en la medida de lo posible, constituir una fuente de incomodidad o molestia.

Deberán evitarse en todo caso:

- las temperaturas y las humedades extremas,
- los cambios bruscos de temperatura,
- las corrientes de aire molestas,
- los olores desagradables.

- **Iluminación.**

La iluminación deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en un lugar de trabajo, por lo que debe tenerse en cuenta los riesgos para la seguridad y salud de los/as empleados/as dependientes de las condiciones de visibilidad y las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

Siempre que sea posible, los locales de trabajo tendrán una iluminación natural que deberá complementarse con iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En estos casos se utilizará, preferentemente, la iluminación general complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.

- **Servicios higiénicos y locales de descanso.**

Los lugares de trabajo dispondrán de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible. Asimismo, se evitará toda circunstancia que posibilite la contaminación y se indicará en las fuentes de agua si es o no potable, siempre que puedan existir dudas al respecto.

Los lugares de trabajo dispondrán de vestuarios cuando los/as empleados/as deban llevar ropa especial de trabajo y no se les pueda pedir, por razones de salud o decoro, que se cambien en otras dependencias.

- **Material y locales de primeros auxilios**

Los lugares de trabajo dispondrán de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado en cuanto a:

- su cantidad y características,
- número de trabajadores/as,
- los riesgos a los que estén expuestos,
- la facilidad de acceso al centro de asistencia médica más próximo.

El material debe adaptarse a las atribuciones profesionales del personal habilitado para su prestación. La situación o distribución del material tiene que estar dispuesto de tal forma que se garantice la prestación de los primeros auxilios con la rapidez que requiera el tipo de daño previsible.

7.1.2 EQUIPOS DE TRABAJO

El uso de las máquinas ha permitido la modernización de los métodos de trabajo, a la vez que ha aumentado la productividad y el rendimiento económico de las empresas, relevando al trabajador/a de muchas tareas que antes resultaban penosas para él/ella.

A pesar de que el uso de la maquinaria ha mejorado considerablemente las condiciones de trabajo, no cabe duda de que siguen existiendo situaciones peligrosas. En el momento en que se produce una falta de coordinación entre el ser humano y la máquina, se genera una situación de riesgo que puede desembocar en un accidente.

Los principales riesgos derivados del uso de máquinas se pueden clasificar en:

- a) Mecánicos. Cortes y golpes, originados por los movimientos de las piezas o por la proyección de fragmentos desprendidos de las piezas que se están trabajando. La máquina puede producir accidentes por atrapamientos o por golpes. Las partes giratorias pueden ser causa de accidentes al arrastrar al operario/a.
- b) Eléctricos. Producidos por contacto directo e indirecto con la instalación eléctrica de la máquina.
- c) Térmicos. Quemaduras debidas al contacto con partes de la maquinaria que alcanzan grandes temperaturas.
- d) Producidos por el ruido y las vibraciones. En todos aquellos aparatos que transmiten vibraciones a nuestro organismo.
- e) Combinación de varios de los riesgos anteriores.

- **Fabricación de las Máquinas.**

El/la fabricante es el/la responsable de la seguridad de una máquina. Seguirá los requisitos esenciales de salud y seguridad recogidos por el RD/1435/92 por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE relativa a la aproximación de los Estados miembros de la Comunidad Europea sobre máquinas, modificado por el RD/56/1995 y la orden del 8 de abril de 1991, por la que se aprueba la ITC MSG-SM-1 del Reglamento de Seguridad en Máquinas.

- **Uso de las Máquinas.**

El empresario/a está también obligado/a a formar a los/as trabajadores/as acerca del manual de instrucciones de la máquina e informar a los/as trabajadores/as sobre los riesgos que existen en la utilización de la máquina. Toda máquina se utilizarán de acuerdo con la finalidad para la que han sido fabricadas.

- **Dispositivos de seguridad.**

Las máquinas estarán siempre protegidas de manera adecuada, aunque no se utilicen durante un periodo largo de tiempo. Es por ello que contarán con dispositivos de seguridad que, ante el fallo de algún componente, provoque la parada de los elementos móviles y evite su puesta en marcha.

Los dispositivos de seguridad estarán integrados en los sistemas de mando y quedará terminantemente prohibida su manipulación.

Dispositivos de seguridad:

Protección eléctrica.

Los motores eléctricos estarán protegidos mediante carcasas y resguardos propios para cada aparato. Queda prohibido el uso de máquinas sin protección.

Todas las partes metálicas de las máquinas movidas por motores eléctricos se conectarán con una toma de tierra y tendrán doble aislamiento. Cuando no estén protegidas con doble aislamiento, además de la conexión a la red de tierra, estarán conectadas a los diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.

Además de todo lo anteriormente expuesto, existirá un sistema de corte de la corriente que alimenta a la máquina, mediante un interruptor diferencial de gran sensibilidad en el extremo del conductor.

Protección frente a quemaduras.

Todas las partes de la máquina que puedan alcanzar altas temperaturas se protegerán para evitar el contacto con ellas. Queda prohibido usar aquellas que no tengan protección.

Protección frente a incendios y explosiones.

Las máquinas están diseñadas para evitar el riesgo de incendio, es por ello que no se realizarán modificaciones por parte del personal no especializado.

Protección contra el exceso de ruido.

Las máquinas que produzcan ruido cumplirán la normativa prevista al respecto sobre determinación y limitación de potencias acústicas admisibles en determinado material y maquinaria de obra. Queda prohibido realizar modificaciones en los dispositivos amortiguadores de ruido de las máquinas.

Iluminación y sistemas de señales.

Todas las máquinas estarán equipadas con dispositivos de iluminación y señalización adecuados.

- **Inspección y mantenimiento.**

Toda máquina tendrá un correcto mantenimiento y un buen estado de conservación. La seguridad en su empleo depende de ello.

El/la operario/a de la máquina comunicará siempre cualquier problema de funcionamiento que observe para que sea reparado inmediatamente. Nunca reparará la máquina por su cuenta. Esta operación la realizará un/a trabajador/a acreditado/a y autorizado/a para ello.

Las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los/as trabajadores/as de los equipos de trabajo vienen reflejadas en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.

7.2 RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES

7.2.1 AGENTES FÍSICOS.

- **Ruido.**

Se puede definir el ruido como un sonido no deseado o desagradable. Las características que definen un sonido son su intensidad, el tono y el timbre.

La exposición del oído a un ruido intenso provoca una disminución de la capacidad auditiva, que puede ser temporal o permanente. Al cabo de unos minutos de exposición corta a un ruido intenso, aparece la pérdida temporal (fatiga auditiva), que consiste en una disminución de la sensibilidad auditiva, y que desaparece a los pocos minutos de permanecer en un ambiente no ruidoso. Cuando la exposición al ruido intenso es diaria y prolongada, la sensibilidad auditiva se recupera sólo parcialmente. Si éste proceso se repite, su consecuencia es una disminución permanente de la capacidad auditiva y el desarrollo de la sordera.

La acción de un ruido intenso sobre el organismo humano se puede manifestar tanto por acción refleja como por repercusión sobre el psiquismo de la persona.

El estudio higiénico del ruido tiene como fin dos objetivos principales:

- valorar el riesgo de exposición al ruido en el puesto de trabajo;
- conocer las características del ruido, con objeto de proceder a su control.

El nivel de ruido al que estarán expuestos los trabajadores deberá cumplir el RD 1316/1989 el cual tiene como objeto la protección de los/as trabajadores/as frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo

Para controlar el ruido, se realizará la medición del mismo, se analizará el problema teniendo en cuenta los criterios de valoración y, en caso de detectarse una situación

peligrosa, se aplicarán las medidas preventivas de eliminación y reducción adecuadas en cada caso.

7.2.2 AGENTES QUÍMICOS

- **Exposición al plomo**

Los trabajadores que desarrollan su actividad en el campo de las fundiciones secundarias de plomo presentan uno de los niveles de exposición más altos de toda la industria. Las posibles fuentes de exposición son:

1. Liberación de nubes de partículas que contengan plomo en las operaciones de cortado, guillotinado o triturado de las baterías, las cuales pueden secarse y producir polvo de plomo.
2. Liberación de plomo en la trituración de las baterías, que puede caer en el suelo y acumularse.
3. Producción de polvo de plomo por los equipos vibratorios con superficies contaminadas por plomo.
4. Salpicaduras de líquidos que contienen plomo pueden secarse en equipos y superficies adyacentes y pueden llegar a ser transportados por el aire con el riesgo de ingestión o respiración por parte de los trabajadores.

Se sabe desde tiempos remotos, que la exposición al plomo puede tener consecuencias adversas para la salud. Hay constancia de enfermedades relacionadas con el plomo en la antigua Roma, consecuencia del envenenamiento con el metal, especialmente entre las clases acomodadas. Hasta época bien reciente, muchos trabajadores expuestos al plomo sufrían efectos negativos para su salud.

El plomo tiene dos efectos tóxicos bastante diferentes en los seres humanos, los fisiológicos y los neurológicos.

Los efectos relativamente inmediatos del envenenamiento con plomo son enfermedades definidas por síntomas tales como náuseas, vómitos, dolores abdominales, diarreas, anemia, irritabilidad y pérdida de coordinación.

Otros efectos fisiológicos provocados por la toma y absorción de plomo se manifiestan en el sistema renal, que puede llegar a provocar el fallo de los riñones

La otra interferencia bien definida del plomo son los efectos neurotóxicos en niños y adultos cuando los niveles son altos. Sin embargo, el grupo de población con mayor riesgo, incluso a bajos niveles, son los fetos y los niños con edades inferiores a 7 años. Los efectos neurológicos se reflejan en el comportamiento, atención y coeficiente de inteligencia de los niños afectados.

La protección de los trabajadores deberá cumplir en todo momento el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

En el caso del plomo, se considera que los/as trabajadores/as están expuestos/as al riesgo higiénico por plomo cuando:

- Durante un período superior a 30 días al año realiza su trabajo en un ambiente cuya concentración sea 40 mg/m³, para 8 h/día y 40 h semanales.
- La concentración de plomo en sangre sea 40 mg/100 ml de sangre.

Los valores límites de exposición (VLE) en tales casos son:

- Ambiental (máximo 150 mg/m³).
- En sangre (70 mg/100 ml de sangre).

La OSHA establece una serie de recomendaciones específicas de seguridad para la industria secundaria del plomo, especialmente la del reciclado de baterías. Dichas

recomendaciones tienen como objetivo la imposición de un riguroso plan de orden y limpieza en todo el proceso con el fin de disminuir los niveles de plomo en aire tanto como sea posible.

Las medidas de control a tomar son:

- Instalación de campanas extractoras con ventiladores locales para las sierras, trituradoras y martillos para controlar las emisiones de polvo.
- Proporcionar aislamiento y sistemas de ventilación para las cintas transportadoras.
- Proporcionar un aislamiento de aire o una habitación de aire limpio con temperatura controlada, presión positiva y aire filtrado.
- Automatizar el proceso mediante sierras de baja velocidad para el corte de las tapas de las baterías. Este tipo de sierras emiten menos polvo de plomo y nieblas de ácido que las sierras de alta velocidad.
- Proporcionar cortinas o escudos en los equipos de rotura de las baterías que contengan las nieblas y gotas de líquido que puedan contener plomo particulado.
- Emplear técnicas húmedas de supresión para controlar los niveles de exposición durante las operaciones de cortado y serrado.
- Proporcionar aislamiento y un sistema local de extracción de gases de salida en los puntos de descarga a la trituradora que pueden contribuir a una sobreexposición de los trabajadores.

Equipos de protección personal.

Los siguientes equipos de protección personales deben ser siempre utilizados según OSHA cuando puedan alcanzarse niveles considerables de exposición al plomo:

- Ropa integral de trabajo.

- Guantes, casco y botas de seguridad.
- Protectores integrales.

Los equipos de protección personal deberán ser lavados y secados diaria o semanalmente dependiendo de los niveles de exposición y reparados o reemplazados para mantener su seguridad y eficacia. Toda la ropa de protección debe quitarse al final la jornada laboral en vestuarios específicos diseñados para tal propósito.

Los equipos de protección que deban ser limpiados, se situaran en contenedores correctamente etiquetados y señalados en la zona de vestuarios.

La extracción del plomo de las ropas por sacudidas, soplado o cualquier otra técnica que implique la dispersión de plomo en aire esta terminantemente prohibida.

Limpieza de las instalaciones.

Los suelos y otras superficies donde el plomo se acumule no deben ser limpiados por el uso de aire a presión y solo debe emplearse la limpieza con agua o mediante cepillado cuando la aspiración u otro método equivalente hayan sido intentados y demostrado baja eficacia.

Cuando la aspiración sea el método seleccionado, las aspiradoras deberán ser usadas y vaciadas de manera que minimicen la reentrada de plomo en el área de trabajo.

Obligaciones de los trabajadores.

Los trabajadores no deben consumir bebidas, comidas ni tabaco ni usar productos cosméticos en los lugares de trabajo a excepción de los vestuarios, comedores y baños. Aquellos empleados expuestos a niveles por encima del los niveles

recomendados deberán ducharse en el lugar de trabajo al finalizar su turno y no pueden abandonar el lugar de trabajo llevando ropas o equipos utilizados durante su turno de trabajo.

Los empleados deberán lavarse sus caras y manos antes de comer, beber, fumar o maquillarse.

- **Exposición al ácido sulfúrico**

Las nieblas de ácido formadas por las sierras pueden llegar a afectar al trabajador, dada la localización cercana que estos equipos pueden tener a la zona de desulfurización. La protección recomendada para los compuestos que contienen plomo es, en todo caso, suficiente y válida para proteger al personal de la planta de los posibles riesgos del ácido sulfúrico.

Las fichas de seguridad de los componentes se encuentran en el Anexo V.

7.3 RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN.

En las instalaciones de producción de plomo secundario a partir de baterías el riesgo de explosión viene ocasionado por el desprendimiento de hidrógeno y oxígeno en presencia de un foco de ignición. Aunque este desprendimiento es débil con la batería en reposo o en descarga, las consecuencias que puede producir hacen que se deba tener en consideración el riesgo de incendio y explosión.

Para la protección frente al riesgo de incendio pueden adaptarse diferentes medidas preventivas:

1. Protección pasiva

Es el conjunto de medios o técnicas para prevenir el inicio del incendio y evitar su propagación. Se clasifican en:

- Seguridad pasiva. Es la parte de la protección pasiva que implica el comportamiento del edificio ante el fuego.
- Prevención activa. Es el establecimiento de unas normas y acciones que permitan un conocimiento del riesgo de incendio existente en cada local o lugar de trabajo así como los comportamientos preventivos necesarios,

2. Protección activa

Es el conjunto de medios de actuación ante un incendio. Se clasifican en:

- Medios de detección. Es aquel conjunto de medios capaces de detectar un incendio y alertar al personal.
- Medios de extinción. Es el conjunto de medios técnicos utilizados para erradicar el incendio.

Las medidas a adoptar quedan recogidas en el Real Decreto de Protección contra Incendios en Establecimientos Industriales (RD786/2001).

7.4 NORMATIVA

Notas técnicas de prevención editadas por el INSHT:

NTP 165: Plomo. Normas para su evaluación y control.

NTP 97: Baterías de arranque. Riesgos de accidentes durante su manejo.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre señalización.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre lugares de trabajo.

8 CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

En este apartado se citan las variables cuya medida y control resultan imprescindibles para el óptimo funcionamiento de la instalación propuesta, así como la instrumentación mínima necesaria al respecto.

Por tanto, el objetivo del presente apartado no es otro que establecer que elementos son, en principio, susceptibles de ser controlados automáticamente y detallar un análisis previo de la configuración de dicho sistema de control. Se deja para técnicos y especialistas en la materia la elaboración de un análisis completo de las variables que es necesario controlar y el diseño del sistema de control que permita el óptimo funcionamiento de la planta en las condiciones de seguridad exigidas.

No se consideran los sistemas de control que contengan los equipos que han sido elegidos comercialmente, como son el filtro de banda horizontal a vacío, el filtro rotatorio a vacío y el secador rotatorio de contacto indirecto.

Un sistema de control automático de cualquier proceso está constituido por cuatro tipos de elementos básicos que son:

1. Sensor.

Los sensores son los instrumentos que miden las variables a controlar, las variables de perturbación y las variables secundarias a partir de las cuales se deduce el valor de otras que no pueden medirse directamente o que es muy costoso hacerlo. Los sensores se basan en la medición de un

fenómeno físico cuya magnitud está relacionada con el valor de la variable que se desea medir.

2. Transmisor.

El efecto físico producido en el sensor no suele ser directamente utilizable como señal que pueda ser procesada por el controlador para calcular la acción del control. Antes es preciso convertir la magnitud del efecto físico en una señal estándar que pueda ser transmitida a distancia sin verse perturbada y que pueda ser entendida por un controlador. De esta tarea se encarga el transmisor.

3. Controlador.

El controlador recibe la señal correspondiente a la variable medida y calcula la acción de control de acuerdo con el algoritmo de control que se haya programado. Ese cálculo se traduce en un valor determinado de la señal estándar de salida que se envía al elemento final de control. En la actualidad la mayoría de los controladores son digitales y están equipados con convertidores para poder recibir señales analógicas eléctricas.

4. Actuador.

Este elemento es el que manipula la variable de proceso de acuerdo con la acción calculada por el controlador, la cual le llega en forma de señal analógica estándar.

8.1 CONTROL DE TEMPERATURA

En el proceso existen dos equipos, reactor y cristizador, en los que el control de temperatura resulta esencial para alcanzar los objetivos que se persiguen en cuanto al rendimiento de los mismos.

8.1.1 CONTROL DE TEMPERATURA EN EL REACTOR

Tal como se ha indicado con anterioridad, según Lyakov[15], el intervalo de temperatura en el que debe producirse la reacción química entre el sulfato de plomo y el carbonato potásico es de $65 \pm 5^\circ C$, para que se alcance la conversión óptima. Por encima de este intervalo de temperatura, la conversión apenas sufre variación con lo que se malgastan recursos energéticos, y por debajo del mismo, presenta valores más bajos.

Para intentar mantener la temperatura en dicho intervalo, se controlará dicha variable mediante un sensor. Dado que los valores a medir no son extremos, puede emplearse indistintamente cualquiera de los sensores que más ampliamente se emplean en la industria, como son los termopares y las termorresistencias.

Los termopares abarcan un rango más amplio que las termorresistencias, pero en cambio, su precisión suele ser inferior y aunque los termopares son intrínsecamente más baratos, cuando se compara el precio total del sistema de medida las diferencias no son muy apreciables.

Se elige pues, un sensor tipo termorresistencias de platino debido a su resistencia a la corrosión y a su linealidad en un rango muy amplio de temperatura. El rango de utilización de las resistencias de platino es de $-270-650^\circ C$. Se suelen proteger de la corrosión encapsulándola en una vaina metálica de Inconel o acero inoxidable. El modelo seleccionado es el proporcionado por la empresa Kobold TWA R44 04012K.

La medida del sensor controlará el caudal de vapor que entra en el serpentín helicoidal mediante una válvula de globo o también llamadas de asiento que son

ampliamente utilizadas para controlar la velocidad de flujo de un fluido. El actuador será de tipo neumático de diafragma.

8.1.2 CONTROL DE TEMPERATURA EN EL CRISTALIZADOR .

En la operación de cristalización, la temperatura debe permanecer en todo momento cercana a los 15°C. Para ello se instalará un sistema de control análogo al del reactor. El tipo de sensor, transmisor y regulador ha sido elegido en función de los mismas consideraciones explicadas en el punto anterior.

La medida del sensor controlará el caudal de refrigerante, en este caso un disolución de cloruro de calcio, para conseguir mantener constante la temperatura mediante una válvula de asiento. El actuador será también en este caso, de tipo neumático de diafragma.

8.2 CONTROL DE NIVEL

La medida del nivel alcanzado por un líquido o por un sólido en un tanque o en un depósito es una de las tareas más comunes en la industria. El grado de complejidad del problema depende tanto de las propiedades del líquido o sólido, como de las condiciones de servicio.

8.2.1 CONTROL DE NIVEL EN EL REACTOR

El nivel de líquido en el reactor será controlado por un sensor ultrasónico, modelo NUS de la empresa Kobold. Los dispositivos ultrasónicos emiten una señal ultrasónica y mide el tiempo que tarda la onda en viajar hasta la superficie del líquido y volver al sensor una vez reflejada en el líquido. El sensor debe disponerse de manera que la emisión sea perpendicular a la superficie libre del líquido. El sensor regulará, mediante la acción de una válvula de globo, el caudal de la línea de tubería PL01.

8.2.2 CONTROL DE NIVEL EN EL CRISTALIZADOR

El nivel de líquido en el cristalizador será controlado mediante el modelo de sensor ultrasónico NUS de la empresa Kobold, el cual regulará, mediante la acción de una válvula de globo, el caudal de la línea de tubería PL03.

8.3 CONTROL DE CAUDAL

El valor del caudal de una planta de proceso es una de las variables más habitualmente medidas.

8.3.1 CONTROL DE CAUDAL EN EL REACTOR QUÍMICO

El reactor químico es alimentado por dos corrientes. Para el control de ambos caudales se empleará un lazo simple para controlar el caudal de la corriente líquida. El caudal de la corriente sólida será controlado por un lazo en cascada. De esta manera, se puede obtener una dosificación más precisa que cuando se controlan ambos caudales mediante lazos simples, sobre todo cuando se trata de cantidades pequeñas como en nuestro caso. Al comparar caudales este sistema mantiene el porcentaje de los componentes de la manera más precisa.

El caudalímetro empleado será de tipo placa también llamados de impacto. El medidor de impacto o disco consiste básicamente en una placa circular instalada en el centro de la tubería. La aceleración del fluido en torno al disco hace que la presión en la cara posterior del mismo sea menor que en la anterior, lo cual produce una fuerza proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido. Los medidores de disco pueden ser empleados para cualquier tipo de fluido, incluyendo fluidos con partículas en suspensión y su precio de compra e instalación es relativamente bajo.

El sensor seleccionado es el modelo DWN-16 con conexión roscada de la empresa Kobold y con un rango de medición de 10-250 l/min.

8.3.2 CONTROL DE CAUDALES EN EL CRISTALIZADOR

Al igual que en el reactor químico, el cristalizador es alimentado por dos corrientes, cuyos caudales serán controlados mediante un lazo simple para el caso de la corriente líquida y mediante lazo en cascada para la corriente de aire que contiene las partículas de carbonato potásico.

El sensor seleccionado es el modelo DWN-16 con conexión roscada de la empresa Kobold y con un rango de medición de 10-250 l/min.

9 INFORME DE IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en el caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismo, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Públicas competentes. Dentro de los distintos tipos de evaluaciones, el informe de impacto ambiental se aplica a proyectos en los que se supone un impacto ambiental bajo, y consiste en simples consideraciones sobre el efecto previsible, realizado sobre alguna lista de revisión, finalizado con unas valoraciones del impacto.

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en algunos de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales.

Hay que hacer constar que el término impacto no implica negatividad, ya que estos pueden ser tanto positivos como negativos.

En este punto se desarrolla una primera aproximación al estudio de acciones y efectos causados por la ejecución del proyecto, sin entrar en detalles, de manera que, gracias a esta primera visión de los efectos que se producirán sobre el medio, se podrá prever, de manera inicial, qué consecuencias acarrearán las acciones emprendidas para la consecución del proyecto sobre los parámetros medioambientales, así como vislumbrar aquellos factores que serán los más afectados.

De entre las muchas acciones susceptibles de producir impactos, se establecerán dos relaciones definitivas, una para cada periodo de interés considerado, es decir, acciones susceptibles de producir impactos durante la fase de construcción o instalación y acciones que pueden ser causa de impactos durante la fase de funcionamiento o explotación, o sea, con el proyecto ejecutado.

Los datos se reflejan en la Tabla 5 en forma de una matriz de relación causa-efecto, las cuales son matrices de doble entrada en las cuales se disponen las acciones del proyecto causa del impacto y en la otra los elementos o factores ambientales relevantes receptores de los efectos. En la matriz se señala las casillas donde se pueden producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales y, a continuación, se actuará de manera similar con los factores del medio que pueden verse afectados por aquellas.

Para realizar dicha matriz, es necesario definir un entorno. El entorno está constituido por elementos y procesos interrelacionados, los cuales pertenecen a los siguientes sistemas: Medio Físico y Medio Socio-Económico. Estos dos grandes sistemas, se dividen a su vez en varios subsistemas tal como representa la siguiente tabla:

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL
<u>MEDIO FÍSICO</u>	<i>M. INERTE</i>	Aire
		Tierra y suelo
		Agua
	<i>M. BIÓTICO</i>	Flora
		Fauna
		Paisaje
<u>MEDIO SOCIO-ECONÓMICO</u>	<i>M. SOCIO-CULTURAL</i>	Usos del territorio
		Cultural
		Infraestructuras
		Humanos y estéticos
	<i>M. ECONÓMICO</i>	Economía
		Población

Debe aclararse que el presente informe de impacto ambiental se limita a la parte de la instalación que en este proyecto se desarrolla, y no es, por tanto, la evaluación completa de una instalación para el tratamiento de baterías desechadas, que sin duda conllevaría unos impactos mayores sobre el entorno.

Además, y dado que no se conoce con precisión el entorno de ubicación de la instalación, no se puede realizar un inventario ambiental exhaustivo, por lo que los impactos presentados se tratan únicamente desde el punto de vista cualitativo.

		MEDIO FÍSICO						MEDIO SOCIO-ECONÓMICO						
		Aire	Tierra y suelo	Agua	Flora	Fauna	Paisaje	Usos del territorio	Cultural	Infraestructuras	Estéticos	Economía	Población	
FASES DEL PROYECTO	CONSTRUCCIÓN	Desbroce		-		-								
		Movimiento de tierras	-	-	-	-			?					
		Sólidos en suspensión	-										-	
		Voladuras y perforaciones	-										-	
		Tráfico de maquinaria	-				-						-	
		Mano de obra										+	+	
	EXPLOTACIÓN	Presencia de infraestructura						-	+		+	-	+	+
		Emisiones gaseosas.	+											
		Emisiones acústicas	-											
		Consumo de recursos hidráulicos			-									

Tabla 8. Matriz de impacto ambiental

9.1 MEDIDAS CORRECTORAS.

Tal y como puede observarse en la matriz de impacto ambiental, las mayores alteraciones del medio se producirán en la fase de construcción del proyecto.

En vistas a minimizar dichos impactos se exponen a continuación una serie de medidas correctoras para minimizarlo, en la medida que sea posible.

9.1.1 MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.

Objetivo: Mantener el aire libre de polvo durante la fase de construcción..

Indicador: Presencia evidente de polvo.

Frecuencia: Diaria durante los periodos secos.

Valor umbral: Presencia ostensible de polvo por simple observación visual según criterio del director de Obra.

Medida a adoptar: Incremento de la humectación en superficies polvorientas mediante el regado con agua.

9.1.2 PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DE SUELOS.

Objetivo: Tratamiento gestión de residuos durante la fase de construcción.

Indicador: Presencia de aceites, combustibles o materiales de construcción no gestionados.

Frecuencia: control periódico durante la realización de la obra.

Valor umbral: Incumplimiento de la normativa legal en el tratamiento y gestión de residuos.

Medida a adoptar: Gestión de los residuos producidos en obra por una empresa especializada.

9.1.3 PROTECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE SOSIEGO PÚBLICO.

Objetivo: Protección de las condiciones de sosiego público.

Indicador: L_{eq} expresado en dB (A) en zonas habitadas.

Valor umbral: Superior a 65 dB en horario diurno, superior a 55 dB en horario nocturno y superior a 90 dB como valor máximo en zonas habitadas.

Frecuencia: Medidas diaria del nivel de ruido en fase de construcción y anual en fase de explotación.

Medida a adoptar: si las mediciones anteriormente citadas así lo indicaran, utilización de equipos de bajo nivel sónico durante la fase de construcción y aislamiento acústico de la instalación.

9.1.4 PROTECCIÓN DE LA VEGETACIÓN.

Objetivo: Protección de la vegetación de las zonas sensibles.

Indicador: vegetación afectada por las obras en los límites exteriores del recinto.

Frecuencia: Controles periódicos en fase de construcción.

Valor umbral: 10% de superficie con algún tipo de afectación negativa por efecto de las obras.

Medidas a adoptar: Recuperación de las zonas afectadas.

10 DATOS ECONÓMICOS DE PRODUCCIÓN DE PLOMO

El plomo es uno de los recursos más valiosos que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, siendo objeto de explotación minera y de beneficio en más de 60 países. Su empleo ha venido creciendo de forma continuada, habiendo aumentado desde 0,8 Mt a principios del siglo XX, hasta 6,5 Mt al comenzar el XXI. De esta producción, aproximadamente 2 Mt corresponden a Europa. Esto implica que durante el siglo XX el consumo de plomo se multiplicó por ocho mientras que la población mundial lo hizo por cuatro.

El plomo ofrece, entre otras ventajas, la de tener un punto de fusión bajo y una maleabilidad extremada que permite su fácil moldeo, conformado, laminado y soldado.

Además, el plomo presenta una muy alta resistencia a la corrosión, siendo numerosos los ejemplos de productos de plomo que han perdurado a través de siglos. Es un metal relativamente abundante y sus concentrados pueden obtenerse fácilmente a partir del mineral bruto, dando origen al plomo metal con un consumo energético relativamente modesto. Todo ello se traduce en un precio del plomo bajo en comparación con el de otros metales no férreos. El plomo puede reciclarse, obteniéndose plomo secundario, a partir de baterías desechadas, de chatarras y residuos plomíferos y de otros productos o residuos que contengan plomo, así como de procesos productivos de otros metales tales como acero, cobre o cinc. La producción secundaria necesita menos energía que la primaria (menos de la mitad). Se estima que el consumo energético para la metalurgia primaria es de 7.000 - 20.000 MJ/t y el de la secundaria de 5.000 - 10.000 MJ/t.

Los usos finales del plomo, es decir, su aplicación práctica, han variado de forma drástica en lo que va de siglo. Usos clásicos, como la fontanería, la plancha para industrias químicas y para la construcción, las pinturas y los pigmentos, los cables eléctricos, etc., han retrocedido de forma sensible. En la gasolina la utilización del plomo tiende a desaparecer, obedeciendo a exigencias legales.

La batería plomo-ácido es la actividad que, con mucha diferencia consume la mayor cantidad de plomo, habiendo pasado, a lo largo de la segunda mitad del siglo y en números redondos, de un cuarto a casi tres cuartos del consumo total, siendo lo dicho válido, en sus líneas generales, para el mundo occidental en su conjunto y para España en particular como se muestra en la tabla.

Tabla 9. Consumo de plomo en el mundo. 1995-2000

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Baterías	70,2	72,1	72,1	74,2	74,9	75,2
	3.327,9	3395,2	3402,7	3479,6	3615,4	3781,3
Protección de cables	2,5	2,1	1,7	1,4	5,5	1,2
	117,3	99,0	77,5	64,0	264,1	58,1
Semitransformados	6,3	5,9	6,0	6,2		5,9
	299,2	278,2	282,5	290,6		297,7
Munición	2,7	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3
	127,1	108,6	109,5	111,9	113,4	117,9
Aleaciones	3,4	3,2	3,1	2,7	2,9	2,8
	163,1	149,9	143,8	127,9	140,9	142,2
Oxidos y compuestos	10,3	10,1	9,9	9,1	9,0	8,8
	486,3	476,9	465,5	426,3	434,3	440,6
Gasolinas	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
	55,1	44,2	37,0	31,5	27,6	26,0
Varios	3,4	3,3	3,4	3,3	3,5	3,3
	162,9	156,2	162,6	157,0	171,0	166,3

Fuente: International Lead & Zinc Study Group (ILZSG). Datos en t x 1000

La batería plomo-ácido es, en el momento actual, imprescindible e insustituible, especialmente en automoción, pero también en muchas otras aplicaciones que exigen continuidad en el suministro de energía eléctrica.

Además, en la última década se han desarrollado tipos avanzados de baterías plomo-ácido, con muy notables mejoras en sus prestaciones por lo que se refiere a duración, capacidad, facilidad de recarga, mantenimiento, economía, resistencia a las vibraciones, seguridad, control del ácido, etc., de forma espectacular..

Hasta ahora no puede decirse, por tanto, que haya aparecido una nueva tecnología capaz de sustituir ventajosamente a la batería plomo-ácido en sus aplicaciones clásicas, y que aúnen las condiciones de fiabilidad, economía y prestaciones bien demostradas por aquella. Su sustitución en sus campos tradicionales no parece cuestión fácil teniendo en cuenta su fiabilidad, prestaciones y economía, sin que sea factor despreciable a su favor el eficazísimo sistema existente para la recuperación y reciclado de sus residuos.

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

En cuanto a la producción, la proporción de plomo secundario en el conjunto mundial supera en varios puntos el 50% del plomo refinado total producido, siendo esta proporción aún mayor en los países más industrializados. EE UU y Europa Occidental producen, respectivamente, el 70% y el 60% de su plomo a partir de materias primas secundarias recicladas. Este índice de recuperación de plomo supera al de los restantes metales, tanto férreos como no férreos. Por el contrario, China basa su producción de metal casi exclusivamente en la minería.

Esta valoración de los residuos ha sido fundamental para abastecer la mayor parte de la demanda, satisfaciéndose el resto por parte de la metalurgia primaria, basada en la minería que, en los últimos tiempos, permanece estancada en torno a los 3 Mt de plomo, es decir, bastante menos de la mitad del consumo mundial.

AÑOS	Producción minera	Producción metalúrgica	Consumo
1920	859	873	1.059
1930	1.603	1.659	1.580
1940	1.762	1.736	1.630
1950	1.686	1.850	1.963
1960	2.376	2.717	2.376
1970	3.463	3.988	3.463
1980	3.577	5.458	3.577
1990	3.150	5.405	5.354
1991	3.158	5.283	5.154
1992	3.077	5.299	5.085
1993	2.737	5.458	5.153
1994	2.706	5.464	5.493
1995	2.750	5.759	5.858
1996	3.008	5.822	5.987
1997	3.026	6.010	6.014
1998	2.988	5.992	5.998
1999	2.945	6.216	6.194
2000	2.958	6.510	6.393

Fuentes: Asociación Española del Plomo, International Lead & Zinc Study Group (ILZSG)

Tabla 10. Evolución de la producción de plomo en el siglo XX.

Se trata de unos residuos considerados peligrosos, lo que hace obligada su gestión, vía valoración.

El reciclado tiene lugar cuando la industria encuentra estímulo económico para hacerlo y ello depende, en gran manera, de las cotizaciones del plomo en el LME (Bolsa de Metales de Londres) y, por supuesto, de los costos que, por exigencias ambientales, han aumentado sensiblemente en época reciente.

Se estima que, al menos el 85% del plomo que se consume puede reciclarse, aunque, en la práctica, se consigue algo menos, siendo, como se ha dicho, especialmente alto el índice de recuperación del plomo contenido en las baterías desechadas.

España ha pasado de ser el primer productor mundial de plomo a carecer de metalurgia primaria del mismo. Por otra parte, el consumo, debido a la industria de la batería, se ha más que duplicado. La única producción nacional es la procedente del reciclado, que ha de ser completada con importaciones crecientes, tal y como puede observarse en según reflejan los datos de la tabla 9.

AÑO	PLOMO PRIMARIO	PLOMO SECUNDARIO	IMPORTACIÓN	EXPORTACIÓN	PLOMO TOTAL	CONSUMO APARENTE
1970	72.000	3.500	5.300	60	75.500	77.500
1975	73.700	6.300	6.800	1.600	80.000	67.100
1980	87.200	33.500	459	7.600	120.700	110.600
1985	112.800	43.300	200	55.800	156.100	103.100
1990	57.700	66.600	10.600	19.300	124.000	114.600
1991	51.700	58.700	21.700	7.900	110.400	121.500
1992	600	61.500	45.600	700	62.100	105.000
1993	-	54.100	50.100	2.200	54.100	101.900
1994	-	74.600	37.500	4.800	74.600	109.300

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

1996	-	86.000	S.D.	S.D.	86.000	S.D.
1997	-	90.200	68.081	723	90.200	157.538
1998	-	94.200	83.247	1.779	94.200	175.668
1999	-	97.500	90.085	4.267	97.5600	182.958
2000	-	125.000	94.633	4.680	125.000	214.953

Datos expresados en toneladas.

Tabla 11. Evolución del consumo de plomo en España.

11 COMPARATIVA ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS

En anteriores puntos se ha indicado las ventajas que el presente proyecto supone para una instalación de reciclado de baterías ácido-plomo. Se estima a continuación en cifras más concretas los beneficios económicos que presentaría.

En el caso de una instalación que no dispusiera de ningún sistema de desulfurización de la pasta, el ahorro en energía que este proyecto y para una instalación de 10.000 Tn/año es de aproximadamente de 150.000 €/ año. Este cálculo se ha realizado calculando el ahorro de energía que se produce y teniendo en cuenta un precio de energía de 1,1 €/Kwh.

Para estimar dicho ahorro, calculamos el gasto energético que produce una instalación tradicional de reciclado de plomo. En una instalación de 10.000 Tn/año las cantidades de sulfato de plomo que se trata es de 2.880 Tn/año, 908,5 Tn/año de óxido de plomo y 1.008 Tn/año de plomo metálico, teniendo en cuenta solo el material procedente de la pasta de las baterías. Así, el calor necesario para fundir esos materiales puede considerarse como la suma del calor sensible más el calor latente de fusión (λ_f).

Los resultados son:

$$Q = \dot{m}(c_p \Delta T + \lambda_f) = 2.880 \cdot 10^6 [0,087 \cdot (1087 - 25) + 31,655] = 1,4948 \cdot 10^9 \text{ kJ / año ,}$$

para el sulfato de plomo.

$$Q = \dot{m}(c_p \Delta T + \lambda_f) = 908,5 \cdot 10^6 [0,053 \cdot (890 - 25) + 11,789] = 219,376 \cdot 10^6 \text{ kJ / año}$$

para el óxido de plomo

$$Q = \dot{m}(c_p \Delta T + \lambda_f) = 1.008 \cdot 10^6 [0,028 \cdot (327,4 - 25) + 5,907] = 60,427 \cdot 10^6 \text{ kJ / año ,}$$

para el plomo metálico.

El consumo energético total es de:

$$Q_T = 1,4948 \cdot 10^9 + 219,376 \cdot 10^6 + 60,427 \cdot 10^6 = 1.774,603 \cdot 10^6 \text{ kJ / año.}$$

Si el precio industrial de 1 kW·h es de 1,1 €, el coste total es de:

$$\text{Coste} = \frac{1.774,603 \cdot 10^6}{3.600 \text{ kJ / €}} \approx 492.945 \text{ € / año.}$$

Según Rabah[27] el ahorro es, aproximadamente, del 30% del total, por lo que se tiene un valor de:

$$\text{Ahorro} = 0,3 \cdot 492.945 \text{ €} = 147.883 \text{ € / año.}$$

Con relación a una instalación que empleará carbonato sódico en lugar de potásico, el beneficio económico que se obtiene es también muy significativo. Teniendo en cuenta que el precio de los producto en el mercado es:

PRODUCTO	PRECIO EN EL MERCADO (€/kg)
Na ₂ CO ₃	23,67
Na ₂ SO ₄	31,06
K ₂ CO ₃	18,00
K ₂ SO ₄	25,30

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

El valor de beneficios que se obtiene por la venta de los subproductos, sin tener en cuenta los demás gastos de la instalación (energía, mano de obra, etc.) que suponemos similares para los dos casos es igual a:

$$\text{Beneficio neto} = \text{Venta producto} - \text{Gasto reactivo.}$$

Para una instalación de 10.000Tn/año que emplean Na_2CO_3 se consumen 946,23 Tn/año de Na_2CO_3 y se producen 1.268,038 Tn/año de Na_2SO_4 . Así el beneficio es de:

$$\text{Beneficio} = \left(1.268.038 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \cdot 31,06 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} \right) - \left(946.230 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \cdot 26,9 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} \right)$$
$$\text{Beneficio} = 13.931.673 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Para una instalación de 10.000Tn/año que emplean K_2CO_3 , se consumen 1.233,670 Tn/año y se producen 1.555,477 Tn/año de K_2SO_4 :

$$\text{Beneficio} = \left(1.555.477 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \cdot 25,3 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} \right) - \left(1.233.670 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \cdot 18 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} \right)$$
$$\text{Beneficio} = 17.147.508 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, la diferencia de beneficios debida a la sustitución de reactivos es de 3.215.835 €/año.

Por último, y aunque los equipos empleados en ambos procesos son muy similares, existe una diferencia sustancial en el cristalizador. Esto se debe a que, mientras que el sulfato potásico puede obtenerse enfriando la disolución a una temperatura de 15°C, la obtención de sulfato sódico se realiza industrialmente por evaporación del disolvente, ya que la solubilidad apenas se ve afectada por la variación de temperatura. Los cristalizadores que operan a vacío poseen un precio de mercado más elevado que el diseñado en este proyecto. Concretamente, para una planta de reciclado de 10.000 Tn/año el precio del cristalizador es aproximadamente de 100.000€ un valor superior al

diseñado para el sulfato potásico que asciende aproximadamente a 41.000€ (ver Presupuesto).

12 BIBLIOGRAFÍA.

- [1] **Acedo** Sánchez, Alberto: “ Control avanzado de procesos. Teoría y práctica.”, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 2002.
- [2] **Andina** (Asociación nacional de industriales de materiales aislantes: “ El aislamiento en la industria y la edificación”, Madrid, 1990.
- [3] **Andrews**, D. et al: “Environmentally sound technologies for recycling secondary lead”, Journal of Power Sources 88(124-129), 2000.
- [4] **Baasel**, William D., “Preliminary chemical engineering plant design” 2ºed, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- [5] **Cabello**, P., Tirado, J.L.: “Baterías avanzadas”, Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España, 1999.
- [6] **Coulson**, J.M y Richardson, J.F, “Ingeniería química. Operaciones básicas” 3ªed, Reverte, Barcelona, 1988.
- [7] **Equipo Técnico de Marketing de Gates Energy Products**, “Baterías Recargables”, Paraninfo, Madrid, España, 1998.
- [8] **Ferracin**, L.C., et al.: “Lead recovery from a typical Brazilian sludge of exhausted lead-acid batteries using electrohydrometallurgical process”, Hydrometallurgy 65 (137-144), 2002.
- [9] **Gomez Orea**, Domingo: “Evaluación de impacto ambiental”, Mundi-Prensa, Madrid, 2002.
- [10] **Hagen**, F.: “A new way of recycling lead batteries in Norway”, Journal of Power Sources 78 (270-272), 1999.

- [11] **Happel**, J. y Jordan, D.G: “Economía de los procesos químicos”, Reverté, Barcelona,1981.
- [12] **Heino**, Vest: “Fundamentals of the recycling of lead-acid batteries”, Infogate, 2002.
- [13] **Koelet**, P.C: “ Frío industrial: Fundamentos, diseño y aplicaciones.”, Ediciones A. Madrid Vicente, Madrid, 1997.
- [14] **Linke**, W.F; Seidell,A: “ Solubilities of inorganic and metal organic compounds.”, American Chemical Society, Washington, 1965.
- [15] **Lyakov**, N., Yanakieva, V., Haralampiev, G.: “Desulphurization of the damped lead battery paste with potassium carbonate”, Journal of Power Sources 85 (178-180), 2000.
- [16] **Mataix**, Claudio: “ Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas”, Ediciones del Castillo, Madrid, 1993.
- [17] **McCabe**, Warren L., Smith, Julian C., Harriot, Peter: “Operaciones unitarias en Ingeniería Química” 4º ed, McGraw-Hill, 1991.
- [18] **Megyesy**, E.F: “ Manual de recipientes a presión: diseño y cálculo.”, Limusa, Mexico, 2001.
- [19] **Mersmann**, A.: “Crystallization technology handbook”, Marcel Dekker, New York, USA, 1995.
- [20] Ministerio de Industria y Energía: “ Manuales técnicos y de instrucción para conservación de energía”, Madrid, 1983.
- [21] **Narayan S.Tavare**: “Industrial Crystallization. Process Simulation, Analysis and Design”. Plenum Press, New York, 1995.
- [22] **Ollero de Castro**, Pedro: “Control e instrumentación de los procesos químicos”, Editorial Síntesis, Madrid, 1997.

- [23] **Paul**, E., Atiemo-Obeng, V., M.Kresta, S.: “Handbook of industrial mixing”, Wiley-Interscience, New Jersey, 2004.
- [24] **Perry**, J.H : “ Chemical engineering Hanbook”, 7^a ed, McGraw-Hill, New York, 2001.
- [25] **Peters**, Max S.: “ Plant design an economics for chemical engineers”, 4^a ed, McGraw-Hill, New York, 1991.
- [26] **Prengaman**, R.D.: Patent No: US 6,177,056 B1.,2001.
- [27] **Rabah**, M., Barakat, M.: “Energy saving and pollution control for short rotary furnace in secondary lead smelters”, *Renewable Energy* 23 (561-577), 2001.
- [28] **Ramírez**, Juan Antonio: “ Refrigeración”, Ediciones Ceac, Barcelona, 1994.
- [29] **Reimbert**, M y A: “ Silos: teoría y práctica”, Américalee, Buenos Aires, 1979.
- [30] **Rodríguez-Pomata**, Juan A.: “Calor y frío industrial”, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid,1996.
- [31] **Schwartz**, L., Etsell, L.: “The cementation of lead from ammoniacal ammonium sulphate solution”, *Hydrometallurgy* 47 (273-279), 1998.
- [32] **Taboada**, M.E: “Crystallization of potassium sulphate by cooling and salting-out usin 1-propanol in a calorimetric reactor”, *Cryst.Res.Technol* 38 (21-29), 2003.
- [33] **Zabaniotou**, A., Kouskoumvekaki, E., Sanopoulus, D.: “Recycling of spent lead/acid batteries: the case of Greece”, *Resources, Conservation and Recycling* 25 (301-317), 1999.
- [34] **Zignoli**, Vittorio : “Construcciones metálicas”, Dossat, Madrid,1978.

PÁGINAS DE INTERNET

www.calpeda.it : Equipos de bombeo.

www.confemetal.es/uniplom: Unión española de industrias del plomo.

www.directindustry.com : Portal general de industrias.

www.filtration-and-separation.com : Procesos generales de filtración y separación.

www.glv.com : Equipos para la industria química.

www.kobold.com : Instrumentación industrial.

www.mapner.com : Máquinas neumáticas rotativas.

www.mta.es/inshat : Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.

www.osha.gov :

www.segulab.com : Seguridad en el trabajo e higiene industrial.

Anexo I. Cálculos

1	REACTOR QUÍMICO.....	78
1.1	BALANCE DE MASA REACTOR.....	78
1.2	DIMENSIONAMIENTO REACTOR.....	80
1.3	SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL AGITADOR DEL REACTOR.....	86
1.4	BALANCE ENERGÍA REACTOR.....	90
2	DISEÑO FILTRO DE BANDA HORIZONTAL A VACÍO.....	98
3	DISEÑO DEL CRISTALIZADOR.....	101
3.1	BALANCE DE MASA EN EL CRISTALIZADOR.....	101
3.2	DIMENSIONAMIENTO CRISTALIZADOR.....	105
3.3	SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL AGITADOR DEL CRISTALIZADOR.....	112
3.4	BALANCE ENERGÍA CRISTALIZADOR.....	113
4	SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO ROTATORIO.....	121
5	SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO SECADOR.....	122
6	SISTEMA DE TUBERÍAS.....	125
6.1	TRAMO PL01.....	127
6.2	TRAMO PL02.....	130
6.3	TRAMO PL03.....	131
6.4	TRAMO PL04.....	133
7	DISEÑO DE SILOS DE ALMACENAMIENTO.....	134
8	DISEÑO DE SISTEMA DE TRANSPORTE NEÚMATICO.....	138

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. BALANCE MATERIA REACTOR	80
TABLA 2. BALANCE MATERIA CRISTALIZADOR.....	102
TABLA 3. DIMENSIONES DE SECADORES ROTATORIOS.....	125
TABLA 4. SISTEMA DE TUBERÍAS	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA DE SOLUBILIDAD PARA EL SISTEMA H₂O-	
 K₂CO₃-K₂SO₄.....	103
ILUSTRACIÓN 2. CICLO DE CARNOT EN DIAGRAMA PRESIÓN-	
 ENTALPÍA.	119

1 REACTOR QUÍMICO

1.1 BALANCE DE MASA REACTOR

Una vez alcanzado el estado estacionario la composición de las corrientes de entrada al reactor, con sus respectivos porcentajes en peso, son las siguientes:

Corriente Sólida:

364,557 Kg/h PbSO₄(60%).

115 Kg/h PbO(19%).

127,595 Kg/h Pb(21%).

Corriente Líquida:

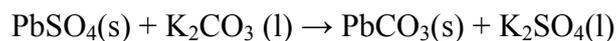
1640 Kg/h H₂O(86,4%).

182,741 Kg/h K₂CO₃(9,6%).

77,205 Kg/h K₂SO₄(4%).

La corriente sólida estará compuesta por partículas que se supondrán esféricas de un tamaño de 5 mm de diámetro.

La reacción química que se produce en el reactor es:



La conversión bajo las condiciones de operación establecidas es del 94,66 % para el sulfato de plomo, empleando un 10% de reactivo, en nuestro caso carbonato potásico, en exceso.

Para el balance de masa se consideraran el óxido de plomo y el plomo metálico como inertes, ya que no interfieren en la reacción ni reaccionan con ninguno de los productos. Aplicamos el balance macroscópico de masa en el reactor a los distintos compuestos según la ley de conservación de la masa:

$$\text{Acumulación (A)} = \text{Entrada (E)} - \text{Salida (S)} + \text{Generación (G)} - \text{Consumo (C)}$$

Sulfato de plomo(PbSO₄).

Dado que el sistema se encuentra en estado estacionario el término de acumulación es nulo así como el correspondiente al de generación, ya que el reactivo se consume:

$$\text{Entrada (E)} = \text{Salida (S)} + \text{Consumo(C)}.$$

El término de consumo viene determinado por la conversión de la reacción que se define como:

$$X_{PbSO_4} = \frac{N_{PbSO_4} \text{ entrada} - N_{PbSO_4} \text{ salida}}{N_{PbSO_4} \text{ entrada}} \cdot 100$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$94,66 = \frac{\frac{364.557 \text{ gPbSO}_4 / \text{ h}}{303,27 \text{ g / mol}} - N_{PbSO_4} \text{ salida}}{\frac{364.557 \text{ gPbSO}_4 / \text{ h}}{303,27 \text{ g / mol}}} \cdot 100 = \frac{1.202,09 \text{ mol / h} - N_{PbSO_4} \text{ salida}}{1.202,09 \text{ mol / h}} \cdot 100$$

$$N_{PbSO_4} \text{ salida} = 1.202,09 \text{ mol / h} - \left(\frac{94,66 \cdot 1.202,09 \text{ mol / h}}{100} \right) = 64,19 \text{ mol / h} = 19,468 \text{ Kg / hPbSO}_4.$$

Carbonato potásico(K₂CO₃).

Dado que la reacción entre reactivos es 1:1, el número de moles de sulfato de plomo que reaccionan es el mismo al del carbonato potásico,

$$\text{Salida (S)} = \text{Entrada (E)} - \text{Consumo (C)}$$

$$N_{K_2CO_3} \text{ salida} = \left(\frac{182.741 \text{ g / h}}{138,20 \text{ g / mol}} \right) - 1.137,9 \text{ mol / h} = 184,4 \text{ mol / h} = 25,48 \text{ kg / hK}_2\text{CO}_3$$

Sulfato potásico(K₂SO₄).

$$\text{Salida (S)} = \text{Generación (G)} + \text{Entrada(E)}.$$

El número de moles de sulfato potásico producidos es igual al número de moles de sulfato de plomo que reaccionan.

$$N_{K_2SO_4} \text{ salida} = 1.137,9 \text{ mol / h} = 1.137,9 \text{ mol / h} \cdot 174,25 \text{ g / mol} = 198,28 \text{ kg / hK}_2\text{SO}_4$$

$$S = G + E = 198,28\text{kg} / h + 77,205\text{kg} / h = 275,485\text{kg} / h\text{K}_2\text{SO}_4$$

Carbonato de plomo(PbCO₃).

$$N_{\text{PbCO}_3, \text{ salida}} = 1.137,9\text{mol} / h = 1.137,9\text{mol} / h \cdot 267,22\text{g} / \text{mol} = 304,07\text{kg} / h\text{PbCO}_3.$$

En la Tabla 1 aparecen resumidos los distintos caudales másicos de las corrientes para el balance de materia en el reactor:

Tabla 1. Balance materia reactor

COMPUESTO	ENTRADA(Kg/h)	SALIDA(Kg/h)
PbSO ₄	364,557	19,468
PbO _x	115	115
Pb	127,595	127,595
PbCO ₃	0	304,07
H ₂ O	1.640	1.640
K ₂ CO ₃	182,741	25,48
K ₂ SO ₄	77,205	275,485
TOTAL	2.507,098	2.507,098

1.2 DIMENSIONAMIENTO REACTOR

Para obtener el volumen óptimo de reactor deben calcularse, en primer lugar, los caudales en términos volumétricos. Supondremos que al ser las partículas sólidas, la densidad total de las mismas vendrá dada por la suma de la densidad de cada uno de sus componentes por la composición en tanto por ciento en peso de dichos componentes.

Así pues la densidad de las partículas será:

$$\rho_{\text{Partículas}} = \rho_{\text{PbSO}_4} \cdot X_{\text{PbSO}_4} + \rho_{\text{PbO}} \cdot X_{\text{PbO}} + \rho_{\text{Pb}} \cdot X_{\text{Pb}} = 6,2 \cdot 0,6 + 9,2 \cdot 0,19 + 11,337 \cdot 0,21 = 7,85\text{g} / \text{cm}^3$$

Por lo tanto, el caudal de la corriente sólida en términos volumétricos es:

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho_{part}} = \frac{607,152 \text{ kg} / \text{h}}{7.850 \text{ kg} / \text{m}^3} = 0,077 \text{ m}^3 / \text{h}$$

En el caso de la corriente líquida se trata de una disolución líquida. Dado que el carbonato potásico es el componente mayoritario supondremos que la densidad será la de una corriente con un 10% de K_2CO_3 despreciando, a efectos de cálculo de volumen, la cantidad de sulfato potásico presente en la corriente.

Según Perry [24], para una disolución de K_2CO_3 al 10% en peso a una temperatura de 70°C la densidad de la misma es $1,0662 \text{ g/cm}^3$.

El volumen de corriente de entrada será de:

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho_{disl}} = \frac{1.899 \text{ kg} / \text{h}}{1.066,2 \text{ kg} / \text{m}^3} = 1,781 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Así pues, el caudal total que entra en el reactor es de:

$$Q = Q_{part} + Q_{disl} = 0,077 \text{ m}^3 / \text{h} + 1,781 \text{ m}^3 / \text{h} = 1,858 \text{ m}^3 / \text{h}$$

El tiempo de residencia de las corrientes en el reactor ha sido estudiado por Lyakov[15] que ha estimado que el tiempo óptimo es de 40 minutos.

Así pues, el volumen del reactor vendrá dado por la ecuación:

$$\tau = \frac{V_{reactor}}{Q}$$

donde τ : tiempo de residencia (h).

$V_{reactor}$: volumen del reactor (m^3).

Q :caudal volumétrico que entra en el reactor (m^3/h).

Por lo tanto:

$$V_{reactor} = Q \cdot \tau = 1,858 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot 0,667 \text{ h} = 1,240 \text{ m}^3$$

Una vez obtenido el volumen del reactor aplicamos un coeficiente de sobredimensionado que viene determinado por Baasel[4] según el cual, y para reactores de operación:

- Recipientes de menos de $1,9 \text{ m}^3$ nunca se encuentran más de 85% su capacidad.
- Recipientes mayores de $1,9 \text{ m}^3$ nunca se encuentran a más del 90% de su capacidad.

Así pues, y dado que nuestro recipiente debe tener un volumen de $1,240 \text{ m}^3$, el volumen real será de:

$$V_{\text{recipiente}} = \frac{V_{\text{calculado}}}{0.85} = \frac{1,240 \text{ m}^3}{0,85} = 1,46 \text{ m}^3$$

El diámetro óptimo para recipientes con sólidos en suspensión se estima por la proporción estándar de diseño (según Paul[23]) $H/D \approx 1,2$. Según dicha relación:

$$D = \left(\frac{2}{\pi} \cdot V \right)^{1/3} \approx 976 \text{ mm}$$

Elegiremos un diámetro comercial de 1.050 mm.

El tipo de fondo elegido será torisférico, ya que son los de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas. Existen dos tipos principales: los Korbogen Boden y los Klopper Boden que se utilizan en casos de baja presión como es nuestro caso y que presentan un menor coste que los Korbogen.

Para fondos Klopper de 1.050 mm de diámetro el volumen de cada fondo es de $0,116 \text{ m}^3$, por lo que el volumen de la virola cilíndrica vendrá dado por:

$$V_{\text{virola}} = V_{\text{TOTAL}} - V_{\text{FONDOS}} = 1,46 \text{ m}^3 - 2 \cdot (0,116) \text{ m}^3 = 1,228 \text{ m}^3$$

Y dado que la virola es de forma cilíndrica la altura del mismo será:

$$V_{\text{virola}} = A \cdot h = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h$$

$$h = \frac{4 \cdot V_{\text{virola}}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 1,2228}{\pi \cdot (1,05)^2} = 1,42m$$

Por lo que la relación altura/diámetro es:

$$\frac{h}{D} = \frac{1,42}{1,05} = 1,35 \approx 1,2$$

o CÁLCULO DE ESPESOR.

Para el cálculo de espesores de las paredes del reactor se utilizara el código ASME para recipientes a presión, sección VIII, división 1.

El reactor trabajará a presión atmosférica, que será la presión de operación. La presión de diseño debe ser en todo caso mayor a la máxima de operación, que se puede fijar como la mayor de:

$$P > 1,1 \times \text{Presión máxima de operación} (\text{Kg}/\text{cm}^2)$$

$$P > \text{Presión máxima de operación} + 2 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$P \geq 3,5 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Calculando dichos valores y teniendo cuenta que la presión de operación es 1,03Kg/cm²:

$$P \geq 1,1 \times 1,03 = 1,133 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$P \geq 1,03 \text{ kg} / \text{cm}^2 + 2 \text{ Kg} / \text{cm}^2 = 3,03 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$P \geq 3,5 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Por lo tanto, la presión de diseño será de 3.5 Kg/cm²

Se tomará como temperatura de diseño el valor de:

$$T = \text{Máxima Temperatura de operación} + 20^\circ\text{C}.$$

La temperatura se establece según Lyakov[15] en 65⁺⁵°C. Así pues, la temperatura de diseño será 90°C.

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

Para esta temperatura la tensión admisible para el material elegido, acero AISI 316L, es de 1.322 Kg/cm².

Se supondrá tipo de juntas soldadas a tope y examinadas por zonas que presentan un valor eficiencia de soldadura de E=0,85.

El espesor mínimo para las envolventes y fondos será el mayor de los siguientes valores:

$$t_{\min} = 2,5 + c(mm).$$

$$t_{\min} = \frac{D}{1.000} + 2,54 + c(mm)$$

$$t_{\min} = 3mm \text{ Para aceros inoxidable.}$$

Calculamos el espesor necesario para la envolvente y lo comparamos con los valores mínimos:

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + c = \frac{3,5 \cdot 525}{1.322 \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 3,5} + 0,9 = 2,54mm \approx 3mm$$

$$t_{\min} = \frac{D}{1.000} + 2,54 + c = 1,05 + 2,54 + 0,9 = 4,49mm \approx 5mm$$

$$t_{\min} = 3mm \text{ Para aceros inoxidable.}$$

$$t_{\min} = 2,5 + c = 2,5 + 0,9 = 2,4mm \approx 3mm.$$

El espesor de la envolvente será de 5 mm.

Para el espesor de los fondos:

$$t = \frac{P \cdot D \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + c = \frac{3,5 \cdot 1.050 \cdot 1,54}{2 \cdot 1.322 \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 3,5} + 0,9 = 3,42mm \approx 4mm$$

$$t_{\min} = \frac{D}{1.000} + 2,54 + c = 1,05 + 2,54 + 0,9 = 4,49mm \approx 5mm$$

$$t_{\min} = 3mm \text{ Para aceros inoxidable.}$$

$$t_{\min} = 2,5 + c = 2,5 + 0,9 = 2,4mm \approx 3mm.$$

Por lo tanto, el espesor elegido tanto para los fondos como para la virola cilíndrica es de 5 mm.

El reactor estará apoyado sobre cuatro patas formadas por perfiles IPN 80. Para calcular la tensión en los perfiles, debemos calcular el peso de las cabezas, la envolvente y el líquido que contiene, los cuales son:

Peso cabeza: 48 kg.

Peso envolvente: 239 kg.

Peso del contenido: 1.670 kg.

El peso total del depósito será la suma de los valores anteriores, más un 6% que se considera habitualmente como el peso producido por los accesorios vendrá dado por:

$$P_{TOTAL} = 1,06 \cdot (2 \cdot 48 + 239 + 1.670) = 2.125,3 \text{ kg.}$$

Desde el punto de vista mecánico, consideraremos las patas como una viga empotrada en un extremo y el otro extremo libre. Para este tipo de vigas, la tensión que sufre la viga, sin tener en cuenta la carga producida por el viento, es:

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A}$$

donde σ : tensión en la viga (kg/cm^2).

ω : coeficiente de seguridad por pandeo.

P : peso ejercido sobre la viga (kg).

A : área transversal de la viga (cm^2).

Para el cálculo del coeficiente de seguridad por pandeo (ω), debemos calcular el valor de la esbeltez (λ) que se define como el cociente entre la longitud de pandeo (L) y el radio de giro (i_y).

Para el caso de perfiles IPN-80 el valor de i_y es (ver Anexo Gráfico, Tabla 2) igual a 0,91 cm. Si la longitud de las patas es de 50 cm, el valor de esbeltez es:

$$\lambda = \frac{L}{R_x} = \frac{50}{0,91} = 54,94 \approx 55.$$

Para este valor de esbeltez el valor del coeficiente de seguridad (ver Anexo Gráfico tabla 1) por pandeo es igual a 1,25.

Teniendo en cuenta que cada pata sostiene la cuarta parte del peso del depósito, el valor de la tensión es:

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A} = 1,25 \cdot \frac{531,325}{7,58} = 87,62 \text{ kg / cm}^2.$$

El valor de tensión es menor que la tensión admisible del material que es de 1.400 kg/cm², por lo que no existe riesgo de pandeo en las patas.

Por último, todos los recipientes a presión que contengan aire comprimido y aquellos sometidos a corrosión interna como es el caso, deben proveerse de un registro para hombre, un registro para la mano u otras aberturas de inspección para ser revisados. Según el código UG-46, para recipientes de diámetro mayor de 36 pulgadas (914 mm) el registro de inspección requerido debe tener un diámetro mínimo de 15 pulgadas (381 mm) o bien dos boquillas con tubos de 6 pulgadas (152 mm) de diámetro. La ubicación preferible de las aberturas de inspección es en cada cabeza o cerca de cada cabeza

1.3 SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL AGITADOR DEL REACTOR.

Las partículas sólidas se suspenden en líquidos con muchos fines, tales como producir una mezcla homogénea para alimentación de una unidad de proceso, disolver los sólidos, catalizar una reacción química o promover el crecimiento de un producto cristalino en una disolución sobresaturada.

Cuando los sólidos están suspendidos en un tanque agitado, existen diferentes formas para definir la condición de la suspensión, acorde al aumento de la uniformidad y del consumo de potencia. Así pues, podemos definir cuatro grados de suspensión:

- I. Suspensión prácticamente completa. La mayor parte del sólido está suspendido en el líquido, con un pequeño porcentaje de partes fileteadas de sólido en la periferia exterior del fondo o de otras partes del tanque. La existencia de una pequeña cantidad de sólidos que no están en movimiento puede permitirse en un tanque de alimentación de una unidad de proceso, pero la presencia de sólidos depositados en el fondo es siempre indeseable para proceso de precipitación y reacción química.
- II. Movimiento completo de las partículas. Todas las partículas o bien están suspendidas, o se mueven a lo largo del fondo del tanque. Las partículas que se mueven a lo largo del fondo del tanque tienen un coeficiente de transferencia de materia mucho menor que las partículas suspendidas, lo cual afecta al funcionamiento de la unidad.
- III. Suspensión completa o suspensión completa fuera del fondo. Todas las partículas están suspendidas fuera del fondo del tanque o bien no permanecen sobre el fondo más que 1 ó 2 segundos. Cuando alcanza justamente esa condición, generalmente habrá gradientes de concentración en la suspensión y puede existir una región de líquido claro cerca de la parte superior del tanque. El gradiente en la unidad, tal como un tanque de disolución o un reactor químico, y el coeficiente de transferencia de materia aumentará mucho más al aumentar la velocidad de giro del agitador.
- IV. Suspensión uniforme. Para velocidades del agitador considerablemente superiores a las que se requieren para obtener una suspensión completa, ya no

hay líquido claro cerca de la parte superior del tanque y la suspensión se hace uniforme. Sin embargo, pueden existir todavía gradientes verticales de concentración, especialmente si los sólidos tienen una amplia distribución de tamaños, aunque se puede llegar a alcanzar uniformidades del 95%.

En nuestro caso el objetivo de la agitación será la de favorecer la transferencia de masa en la reacción sólido-líquido, mediante una suspensión uniforme de las partículas sólidas.

Las dimensiones del agitador vendrán dadas por las proporciones estándar de diseño (McCabe[17]) que son:

$$\frac{D_a}{D} = \frac{1}{3} \quad \frac{J}{D} = \frac{1}{12} \quad \frac{E}{D_a} = 1 \quad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

donde:

D : diámetro del tanque

D_a : diámetro del agitador.

J : anchura de placa deflectora.

E: altura del agitador sobre el fondo del tanque.

W : anchura del rodete

L : longitud del rodete.

Dado que nuestro reactor posee un diámetro de 1.050 mm:

$$D_a = 350mm .$$

$$J = 87,5mm .$$

$$E = 350$$

$$W = 70mm .$$

$$L = 87,5 .$$

Para calcular la condición mínima de agitación para lograr una suspensión uniforme, emplearemos la correlación de Zwietering, la cual se define como:

$$N_{js} = S \nu^{0.1} \left[\frac{g_c (\rho_s - \rho_l)}{\rho_l} \right]^{0.45} X^{0.13} d_p^{0.2} D^{-0.85}$$

donde N_{js} = velocidad mínima de agitación(r.p.s),

S = constante que depende del tipo de agitador, para una hélice de tres palas 6,5.

ν = viscosidad cinemática del líquido, en nuestro caso $4,15 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

g_c = aceleración de la gravedad, $9,8 \text{ m/s}^2$.

ρ_s y ρ_l las densidades del sólido y líquido respectivamente, en nuestro caso 7.850 kg/m^3 y 1.066 kg/m^3 .

X = 100 peso de sólido/peso de líquido, en nuestro caso 32%.

d_p = tamaño medio de las partículas, en nuestro caso 5 mm.

D = diámetro del agitador, en nuestro caso 0,35 m.

El diámetro de partícula de los sólidos se ha estimado teniendo en cuenta los valores estándar que proporcionan los molinos trituradores en las plantas de reciclado de baterías.

Sustituyendo los datos en la ecuación de Zwietering:

$$N_{js} = S \nu^{0.1} \left[\frac{g_c (\rho_s - \rho_l)}{\rho_l} \right]^{0.45} X^{0.13} d_p^{0.2} D^{-0.85}$$

$$N_{js} = 6,5 \cdot (4,15 \cdot 10^{-7})^{0.1} \cdot \left[\frac{9,81 \cdot (7.850 - 1.066)}{1.066} \right]^{0.45} \cdot 32^{0.13} \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{0.2} \cdot 0,35^{-0.85}$$

$$N_{js} \approx 17 \text{ rps} = 1.020 \text{ rpm.}$$

Los agitadores de alta velocidad pueden girar a una velocidad de hasta 1.500rpm, por lo que las características del agitador se encuentra dentro de los límites usuales.

Para el cálculo de potencia del agitador se empleará la ecuación[17]:

$$P = N_p \cdot n^3 \cdot D_a \cdot \rho$$

donde P : potencia del agitador (W).

N_p : número de potencia.

n : velocidad de revolución (r/s).

D_a : diámetro del agitador (m).

ρ : densidad de la disolución (kg/m^3).

En tanques con placas deflectoras, para números de Reynolds superiores a aproximadamente 10.000, el número de potencia es independiente del número de Reynolds y la viscosidad ya no influye. En este intervalo el flujo es totalmente turbulento y la ecuación se transforma en:

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_a \cdot \rho$$

Comprobamos que el número de Reynolds es mayor de 10.000:

$$\text{Re} = \frac{n \cdot D_a^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{17 \cdot (0,35)^2 \cdot 1.066}{0,441 \cdot 10^{-3}} = 5,0225 \cdot 10^6 > 10.000$$

Sustituyendo los datos en la ecuación, teniendo en cuenta que $K_T=0,32$ (ver Anexo Gráfico, Tabla 6) el consumo de potencia del agitador es de:

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho = 0,32 \cdot (17)^3 \cdot (0,35)^5 \cdot 1066 = 8,8 \text{ kW}.$$

1.4 BALANCE ENERGÍA REACTOR

La expresión general del balance de energía viene dada por la ecuación:

$$\Delta H + \Delta E_c + \Delta E_p = Q + W_E$$

Para nuestro sistema estacionario, ΔE_c y ΔE_p son cero y consideramos que el término W_E , que representa el trabajo realizado por el agitador sobre nuestro sistema, puede despreciarse frente los demás términos, la ecuación se reduce al balance entálpico:

$$Q = \Delta H$$

A partir de los calores de formación podemos obtener la entalpía de reacción ($\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{K}_2\text{CO}_3(\text{l}) \rightarrow \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{l})$) que es igual a 4,68 Kcal/mol y es endotérmica.

La corriente de entrada debe calentarse desde 15°C a los que se introduce en el reactor, a los 70°C en los que debe producirse la reacción. A objetos de cálculo termodinámicos, dividiremos el proceso en tres partes: el calentamiento de la corriente de reactivos de 15°C a 25°C, reacción química de los compuestos a 25°C y el calentamiento de la corriente de productos de 25°C a 70°C, que se expresa en la ecuación:

$$Q = c_p \dot{m}_e \Delta T + \Delta H_r^\circ + c_p \dot{m}_s \Delta T$$

Para la corriente de entrada, y dado que no se poseen valores concretos de capacidades caloríficas para disoluciones acuosas de carbonato potásico y sulfato potásico, se supondrá un valor idéntico al del agua pura ya que la disolución se encuentra altamente diluida.

Para la corriente de salida, y dado que se conocen valores de disoluciones acuosas de sulfato potásico y que este es el componente mayoritario de la corriente de salida, se tomarán los datos obtenidos por Taboada[32].

El valor de cada uno de los términos será:

$$\Delta H_r^\circ = N_{\text{reaccionan}} \cdot \overline{\Delta H_r^\circ} = 1138 \frac{\text{mol}}{\text{h}} \cdot 4,68 \frac{\text{Kcal}}{\text{mol}} = 5325,84 \text{Kcal} / \text{h} = 22.301 \text{KJ} / \text{h}.$$

$$\Delta H_e = \dot{m}_e c_p \Delta T = 1899 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 4,184 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (25 - 15) = 79.454 \text{KJ} / \text{h}.$$

$$\Delta H_s = \dot{m}_s c_p \Delta T = 1940 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 3,88 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{h}} \cdot (70 - 25) = 338.724 \text{KJ} / \text{h}.$$

Por lo tanto el calor total que se debe aportar al sistema es:

$$Q = c_p \dot{m}_e \Delta T + \Delta H_r^\circ + c_p \dot{m}_s \Delta T = 79.454 + 22.301 + 338.724 = 423.503,84 \text{ KJ} / h = 117,64 \text{ kW}$$

Para el calentamiento de la corriente líquida se empleara un serpentín de acero AISI 316L por el cual circulara vapor de agua a 100°C. Supondremos que la temperatura de salida será también de 100°C, pero en forma de líquido condensado.

El diámetro interno del serpentín, siguiendo las condiciones de diseño recomendadas por Paul[23], vendrá dada por la relación:

$$d_{\text{serpentin}} = \frac{D_{\text{recipiente}}}{30} = \frac{1.050 \text{ mm}}{30} = 35 \text{ mm}.$$

Este diámetro corresponde comercialmente(ver anexo Gráfico, tabla 3) a un tubo de diámetro nominal $1^{1/4}$ pulgadas y número de Schedule 40 que posee un diámetro interior de 3,505 cm.

Para calcular el área del serpentín emplearemos la ecuación general de transmisión de calor:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml}$$

donde:

Q : cantidad de calor (W) .

U: coeficiente global de transmisión de calor (W/m²·°C).

A : área total del serpentín (m²).

ΔT_{ml} : temperatura media logarítmica (°C).

El valor del coeficiente global deben calcularse en función de los distintos coeficientes individuales de transmisión de calor.

Para el cálculo del coeficiente de transmisión de calor supondremos que la disolución acuosa posee las mismas propiedades que el agua, algo que, según

Peters[25], proporciona valores muy aproximados para disoluciones con viscosidades por debajo de 1,2 cP, como es el caso de nuestra disolución.

Para el calentamiento o enfriamiento de líquidos en tanques cilíndricos con placas deflectoras y equipado con un serpentín helicoidal y un agitador, el coeficiente de transmisión de calor viene dado por la expresión (Mc Cabe[17]):

$$\frac{h_o D_o}{k} = 0,17 \cdot \left(\frac{D_a^2 n \rho}{\mu} \right)^{0,67} \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)^{0,37} \left(\frac{D_a}{D_t} \right)^{0,1} \left(\frac{D_o}{D_t} \right)^{0,5} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,24}$$

donde h_o : coeficiente individual de transmisión de calor entre la superficie del serpentín y el líquido ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

D_o : diámetro exterior del tubo del serpentín, en nuestro caso 0,04216 m .

k : conductividad térmica del líquido, para el agua 0,68 $W/m \cdot ^\circ C$.

D_a : diámetro del agitador, en nuestro caso 0,35 m.

n : velocidad de agitación del agitador, 17 rps.

ρ : densidad del líquido. para el agua: 977,81 (kg/m^3).

μ : viscosidad del líquido, para el agua: $0,374 \cdot 10^{-3}$ $kg/m \cdot s$.

c_p : calor específico a presión constante del líquido: $4,184 \cdot 10^3$ ($J/kg \cdot ^\circ C$).

D_t : diámetro interior del tanque: 1,05 m.

μ_w : viscosidad del líquido para la temperatura de pared que supondremos de $80^\circ C$: $0,357 \cdot 10^{-3}$ ($kg/m \cdot s$).

Sustituyendo los datos en la ecuación:

$$\frac{0,042164 h_o}{0,68} = 0,17 \cdot \left(\frac{(0,35)^2 \cdot 17 \cdot 977,81}{0,406 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,67} \left(\frac{4,184 \cdot 0,406 \cdot 10^{-3}}{0,68} \right)^{0,37} \left(\frac{0,35}{1,05} \right)^{0,1} \left(\frac{0,042164}{1,05} \right)^{0,5} \left(\frac{0,374 \cdot 10^{-3}}{0,357 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,24}$$

$$0,062 h_o = 0,17 \cdot (5.015.491)^{0,67} \cdot (2,5)^{0,37} \cdot (0,33)^{0,1} \cdot (0,04)^{0,5} \cdot (1,048)^{0,24}$$

$$h_o = \frac{1.332,49}{0,062} = 21.491,8 W / m^2 \cdot ^\circ C.$$

Supondremos que la condensación del vapor en el interior del serpentín es en forma de película, que es la que tiene lugar en tubos de metales comunes. El líquido condensado forma una película, o capa continua de líquido que fluye sobre la superficie del tubo por acción de la gravedad. Esta capa interpuesta entre el vapor y la pared del tubo es la que provoca la resistencia al flujo de calor y, por lo tanto, fija el valor del coeficiente de transmisión de calor.

Las ecuaciones de Nusselt se basan en la suposición de que el vapor y el líquido están en equilibrio termodinámico, que la velocidad del líquido en la pared es cero y que la temperatura de la pared y el vapor son constantes. También se supone que el condensado abandona el tubo a la temperatura de condensación.

Bajo estas suposiciones, se establece que el coeficiente individual de transmisión de calor para condensación por el interior de tubos es:

$$h_i = 0,555 \left[\frac{g \cdot \rho_l (\rho_l - \rho_v) k^3 \cdot (\lambda + \frac{3}{8} c_p \Delta T_o)}{\mu \cdot \Delta T_o \cdot D_i} \right]^{1/4}$$

donde h_i : coeficiente individual de transmisión de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$).

k : conductividad térmica del líquido a la temperatura de condensación: $0,68 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$.

ρ_l : densidad del líquido a la temperatura de condensación: $958,38 \text{ kg}/\text{m}^3$.

ρ_v : densidad del vapor a la temperatura de condensación: $0,598 \text{ kg}/\text{m}^3$.

g : aceleración de la gravedad, $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$.

λ : calor latente de condensación del vapor: $2.253.920,8 \text{ (J}/\text{kg})$.

ΔT_o : diferencia de temperatura entre el vapor y la temperatura de pared, suponemos 20°C .

D_i : diámetro interior del tubo: $35,05 \text{ mm}$.

μ : viscosidad del líquido a la temperatura de ebullición: $0,284 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$.

C_p : calor específico del líquido: $4.184 \text{ J/Kg}\cdot\text{°C}$.

Sustituyendo los datos en la ecuación:

$$h_i = 0,555 \left[\frac{9,81 \cdot 958,38 \cdot (958,38 - 0,598) \cdot 0,68^3 \cdot (2.253.920,8 + \frac{3}{8} \cdot 4.184 \cdot 20)}{0,284 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 0,03505} \right]^{1/4}$$

$$h_i = 7.452 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

El coeficiente global de transmisión de calor viene dado por la expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} \left(\frac{D_o}{D_i} \right) + \frac{x_w}{k_m} \left(\frac{D_o}{D_L} \right) + \frac{1}{h_o}}$$

donde U : coeficiente global de transmisión de calor ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$).

h_i : coeficiente individual de transmisión de calor para el interior del tubo:
($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$).

D_o : diámetro exterior del tubo (m).

D_i : diámetro interior del tubo (m).

x_w : espesor de la pared del tubo (m).

k : conductividad calorífica del metal.

D_L : diámetro medio logarítmico(m).

h_o : coeficiente individual del exterior del tubo ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{°C}$).

Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{7.452} \left(\frac{4,2164 \cdot 10^{-2}}{3,505 \cdot 10^{-2}} \right) + \frac{0,3557 \cdot 10^{-2}}{16,271} \left(\frac{4,2164 \cdot 10^{-2}}{3,85 \cdot 10^{-2}} \right) + \frac{1}{21.491,8}} = 2.235,27 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$$

Se debe comprobar ahora que la temperatura de pared (T_w) supuesta es correcta. Para ello, se calcula la caída de temperatura desde la pared interior del tubo al líquido (ΔT_i) que viene dada por la expresión:

$$\Delta T_i = \frac{D_o / (D_i h_i)}{1/U} \Delta T = \frac{4,2164 / (3,505 \cdot 7.452)}{1/2.235,27} \cdot 57,5 = 20,58^\circ C.$$

por lo que la temperatura de pared es:

$$T_w = T - \Delta T_i = 100 - 20,58 = 79,42^\circ C.$$

Dado que el valor calculado de temperatura de pared ($79,42^\circ C$) se aproxima bastante al valor supuesto ($80^\circ C$), se consideran que los coeficientes calculados son válidos.

El valor obtenido ($2.235,27 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ C$) se encuentra dentro del intervalo de valores proporcionados por Perry[24] para serpentines que calientan disoluciones acuosas mediante vapor de agua, que oscilan entre $1.703,5$ y $3.123 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ C$.

Así pues, el valor del área del serpentín será:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{ml}} = \frac{117,64 \cdot 10^3 \text{ W}}{2.235,27 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C \cdot \frac{(100 - 70) - (100 - 15)}{\ln \frac{(100 - 70)}{(100 - 15)}}} = 0,997 \text{ m}^2.$$

Para compensar los posibles ensuciamientos en los tubos, Perry[24] recomienda, como regla general, proporcionar entre un 25 y un 30% más de superficie.

La longitud del serpentín será:

$$L = \frac{A}{\pi \cdot d_{serpentin}} = \frac{0,997 \text{ m}^2 \cdot (1,3)}{\pi \cdot 4,2164 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 9,78 \text{ m}.$$

Dado que se recomienda que el serpentín tenga un diámetro igual a $0,75 \cdot D_{recipiente}$ calculamos el número de vueltas que debe tener dicho serpentín:

$$N^\circ \text{ vueltas} = \frac{L}{\pi \cdot 0,75 \cdot D_{recipiente}} = \frac{9,78 \text{ m}}{\pi \cdot 0,75 \cdot 1,05 \text{ m}} = 3,955 \approx 4 \text{ vueltas}.$$

La separación entre las distintas vueltas será el doble que el diámetro de los tubos por lo que la altura total del serpentín será de 28,8 cm.

Para calcular el caudal de vapor necesario se supondrá que el calor absorbido por el fluido frío será igual al cedido por el fluido caliente. Así pues se establece la igualdad:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = \dot{m} \cdot \lambda_{cond}$$

Por lo que el caudal necesario de vapor será:

$$\dot{m}_v = \frac{Q}{\lambda_{cond}} = \frac{117,64 \cdot 10^3 W}{2.254 \cdot 10^3 J / kg} = 187,89 kg / h.$$

Señalar que resulta factible que el vapor necesario para calentar el reactor pueda obtenerse por el calentamiento de agua aprovechando el calor de los gases de salida del horno. El diseño de un intercambiador de calor requiere datos concretos de capacidad del horno de la instalación por lo que no se considerará su diseño en el presente proyecto.

Por otra parte, en el balance macroscópico de energía al reactor se ha supuesto que las pérdidas de calor al exterior son despreciables. Esto solo es así en el caso en el que los equipos están perfectamente aislados térmicamente. El Real Decreto 1490/75, de 12 de Junio, específicamente en la instrucción técnica IT.IC.19, obliga, con el propósito de reducir el consumo de energía, la instalación de aislamientos a los “aparatos, equipos y conducciones que contengan fluidos a temperatura inferior a la ambiente o superior a 40°C”.

Para el caso de recipientes o depósitos, cuando la superficie de pérdidas es superior a 2 m², el espesor del aislamiento será como mínimo de 50 mm. En el caso de que la superficie de pérdidas sea inferior a 2 m², el espesor será de 30 mm.

El reactor presenta una superficie aproximada de 4,7 m² por lo que el espesor de aislante será de 50 mm.

Para la elección del material aislante, se debe tener en cuenta que los aislantes deben reunir una serie de propiedades que son, entre otras:

- Baja conductividad térmica.
- Resistencia al deterioro.
- Buena estabilidad a la temperatura ambiente.
- Buena resistencia a la absorción de agua.
- Resistencia al fuego.

La forma física de los aislantes se clasifican en seis grupos: rígida, relleno suelto, flexible, banda flexible, plástico y lámina. Para el aislamiento de depósitos, siguiendo las recomendaciones de la Asociación Nacional de Materiales Aislantes (A.N.D.I.M.A)[2] se recomienda únicamente materiales flexibles o plásticos. Dentro de estos grupos, el material más ampliamente utilizado en la industria es el poliuretano. Este material puede trabajar hasta temperaturas de 95-110°C, según su tipo de aplicación y presenta un valor de conductividad térmica de 0,023 W/m °C.

Así pues, el aislamiento seleccionado tendrá como material base poliuretano un espesor de 50 mm.

2 DISEÑO FILTRO DE BANDA HORIZONTAL A VACÍO

En filtraciones a presión constante, la ecuación que relaciona el tiempo de filtración y el volumen de filtrado es:

$$\frac{dt}{dV} = \frac{1}{q} = K_c \cdot V + \frac{1}{q_0}$$

donde $K_c = \frac{\mu c \cdot \alpha}{A_T \cdot \Delta p}$

q_0 : velocidad de flujo en el instante $t = 0$.

V : volumen del líquido filtrado durante el tiempo t .

La integración de la anterior ecuación conduce a:

$$\frac{t}{V} = \left(\frac{K_c}{2} \right) \cdot V + \frac{1}{q_0}$$

El valor de q_0 depende de la resistencia del medio filtrante (R_m), que incluye cualquier porción de torta no retirada por el mecanismo de descarga y que pasa al siguiente ciclo. Cuando el medio filtrante se lava después de descargar la torta, R_m generalmente es despreciable, y por lo tanto $q_0 = 0$, llegándose así a la ecuación:

$$\frac{\dot{m}_c}{A_T} = \left(\frac{2c \cdot \Delta p}{\alpha \cdot \mu t_c} \right)^{1/2}$$

donde \dot{m}_c : velocidad de flujo másica de sólidos en la corriente (kg/s).

A_T : área total de filtración (m^2).

c : concentración de sólidos en suspensión (kg/m^3).

Δp : caída total de presión a través del filtro (N/m^2).

t_c : velocidad de ciclo del filtro (s).

α : resistencia específica de la torta (m/kg).

μ : viscosidad ($kg/m \cdot s$).

El contenido en humedad para materiales metálicos en este tipo de filtro puede considerarse despreciable, ya que se alcanzan valores por debajo del 5% humedad.

Los valores para el diseño del filtro son los siguientes:

$$\alpha = 30.000 \cdot 10^9 \text{ m / kg.}$$

$$\mu(70^\circ C) = 0,495 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m} \cdot \text{s}$$

$$\Delta p = 0,3 \text{ atm} = 30.397 \text{ N / m}^2.$$

$$\dot{m}_c = 566,135 \text{ kg / h} = 0,157 \text{ kg / s.}$$

La duración del ciclo de filtración se controla mediante la velocidad de la banda, que suele tener una velocidad de 0,05 m/s y puede alcanzar 1 m/s. En nuestro caso se elegirá un valor medio de 0,5m/s.

El logaritmo de cálculo será el siguiente: se supondrá un valor de la longitud del filtro de banda y con la velocidad de la banda filtrante se obtendrá la velocidad de ciclo (t_c) que será simplemente el cociente de la longitud del filtro (L) entre dicha velocidad (v). Una vez obtenido el valor del área total se calculará la anchura (W) del filtro. Si estos valores se encuentran entre los valores normales se considerará el resultado por correcto.

En vistas a un mayor aprovechamiento del espacio, el primer valor que se toma es el mínimo de longitud en los que pueden encontrarse estos equipos en el mercado y que es 4,9m (16 pies). El valor de anchura de banda que se obtiene es de 3,9, mientras que los filtro de banda horizontal estándar tienen una anchura máxima de 3,2 m.

Si suponemos un valor de $L = 7,5m$ el tiempo de ciclo será:

$$t_c = \frac{2 \cdot L}{v} = \frac{2 \cdot 7,5}{0,5} = 30 \text{seg.}$$

sustituyendo los valores en la ecuación, el valor del área será:

$$A_T = \dot{m}_c \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \mu \cdot t_c}{2c \cdot \Delta p} \right)^{1/2} = 0,157 \cdot \left(\frac{30.000 \cdot 10^9 \cdot 0,495 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{2 \cdot 315,51 \cdot 30.397,5} \right)^{1/2} = 0,157 \cdot (23.225,6)^{1/2} \approx 23,9m^2.$$

Y dado que:

$$A_T = L \cdot W$$

$$W = \frac{A_T}{L} = \frac{23,9}{7,5} = 3,2m.$$

Además, la relación longitud/anchura del área de filtro es de 2,34, un valor que se considera aceptable, ya que comercialmente estos equipos suelen tener un valor de $L/W > 1,6$. Por lo tanto, el valor se encuentra dentro de lo comercialmente aceptable.

El equipo seleccionado es el proporcionado por la empresa Dorr-Oliver Eimco, en acero inoxidable AISI 316, cuyo catálogo se incluye en el Anexo de Equipos..

3 DISEÑO DEL CRISTALIZADOR

3.1 BALANCE DE MASA EN EL CRISTALIZADOR.

Para el dimensionamiento del cristalizador se deberá conocer en primer lugar la cantidad de producto en forma cristalina que va a producirse. Para ello se recurrirá a los diagramas de equilibrio del sistema Agua- Carbonato Potásico- Sulfato Potásico proporcionados por Linke[14].

Las curvas de equilibrio han sido calculadas suponiendo que la solubilidad en los intervalos empleados es función lineal respecto a la temperatura, algo que concuerda en gran parte con el comportamiento individual que presentan tanto el carbonato potásico y el sulfato potásico en los intervalos de temperatura con los que se ha trabajado.

Para obtener el punto de intersección entre la curva de equilibrio y nuestra línea de trabajo, y en vistas de una mayor exactitud de la que se obtiene trabajando directamente sobre el diagrama, se ha empleado el programa Microsoft Excel 2000.

La composición de la corriente de entrada en el cristalizador es:

Compuesto	Caudal (kg/h)	Composición (% en masa)
K ₂ SO ₄	275,485	13,11%
K ₂ CO ₃	184,857	8,79%
H ₂ O	1640	78,1%

A partir de las composiciones de entrada, suponiendo que tanto la cantidad de agua como de carbonato potásico se mantiene constante en el sistema, podemos obtener, tal como se observa en la Ilustración 1 la composición de equilibrio, que viene

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

representado por el punto de intersección entre la llamada línea de cristalización, la cual representa las distintas composiciones del líquido para cantidades constantes de agua y carbonato potásico, y la curva de equilibrio a 15°C. Por encima de la curva el sistema es insoluble, mientras que por debajo de la misma es sistema es totalmente soluble. Consecuentemente, los distintos caudales de la corriente de salida del cristalizador son:

Compuesto	Composición en equilibrio (% en masa)	Caudal (kg/h)
K ₂ SO ₄	4,1 %	78,089
K ₂ CO ₃	9,6 %.	184,857
H ₂ O	86,3 %.	1.640

Por lo tanto la cantidad de cristales de sulfato potásico producidos por hora será:

$$K_2SO_4(\text{cristal}) = \text{Entrada} - \text{Salida} = 275,485 - 78,089 = 197,396 \text{ Kg / h}$$

En la siguiente tabla aparecen resumidos los valores de los componentes para el balance macroscópico de masa en el cristalizador:

Tabla 2. Balance materia cristalizador

COMPONENTE	ENTRADA (kg/h)	SALIDA (kg/h)
H ₂ O	1.640	1.640
K ₂ CO ₃	184,857	184,857
K ₂ SO ₄	275,485	78,089
K ₂ SO ₄ (c)	0	197,396
TOTAL	2.100,342	2.100,342

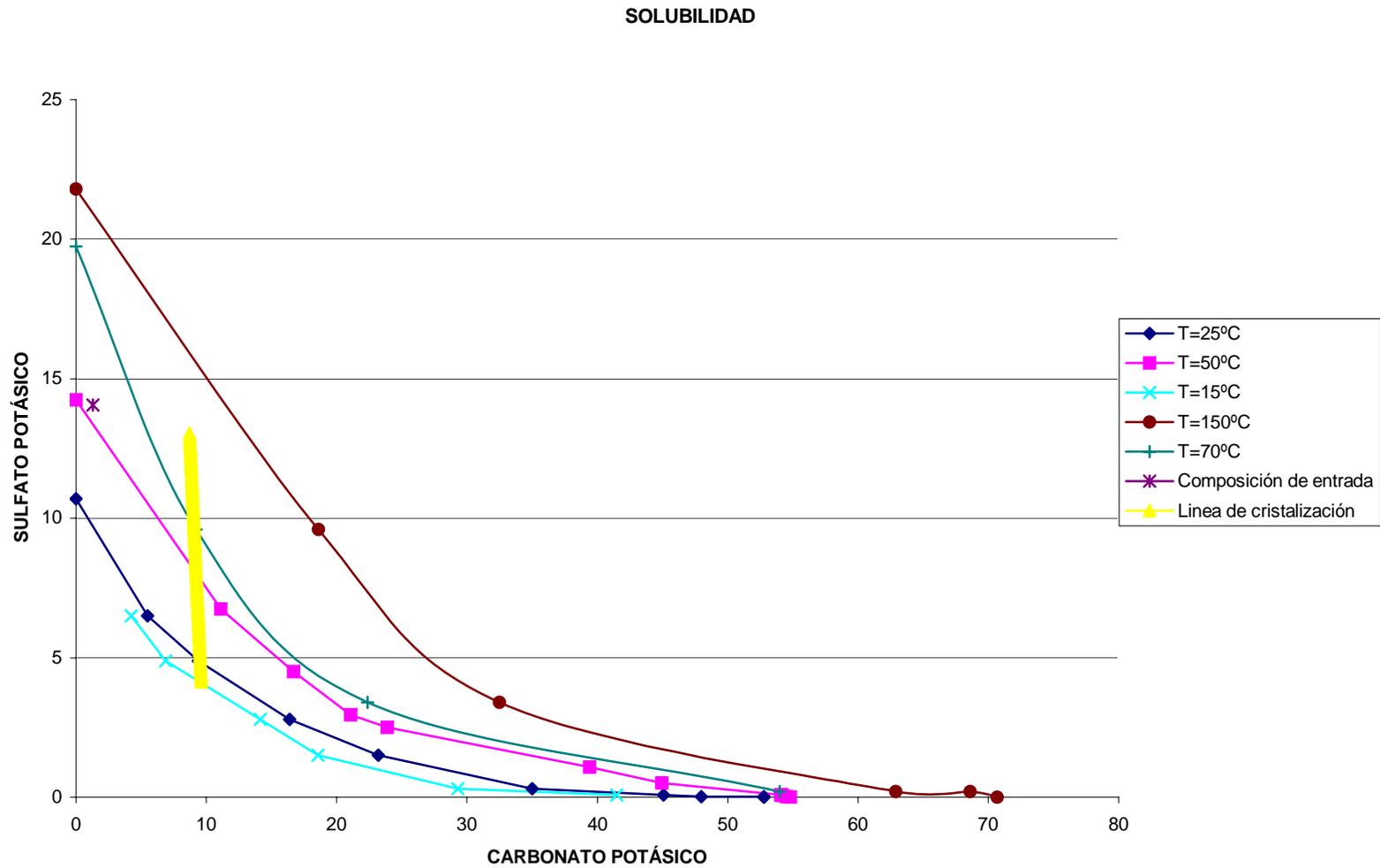


Ilustración 1. Diagrama de solubilidad para el sistema $H_2O-K_2CO_3-K_2SO_4$.

3.2 DIMENSIONAMIENTO CRISTALIZADOR.

Una vez conocido el caudal de las corrientes de entrada y la cantidad de sulfato potásico que va a cristalizar, el otro factor fundamental para dimensionar el cristalizador es la velocidad de nucleación.

La velocidad de nucleación es el número de nuevas partículas formadas por unidad de tiempo y unidad de volumen de magma o de aguas madres exentas de sólidos. Las fuentes de nucleación se clasifican en dos grupos: nucleación primaria y secundaria.

En la cristalización a partir de disoluciones casi nunca tiene lugar nucleación homogénea o primaria, excepto quizás en algunas reacciones de precipitación. Esto es debido a que los cristalizadores trabajan a sobresaturaciones bastante bajas.

La nucleación heterogénea o secundaria se produce por el efecto catalítico que las partículas sólidas tienen sobre la velocidad de nucleación dado que reducen la energía que se requiere para la misma. Se considera que si el núcleo “moja” a la superficie del catalizador, el trabajo de formación de un núcleo se reduce por un factor que es función del ángulo de mojado formado entre el núcleo y el catalizador.

Para el dimensionamiento del cristalizador se deberá calcular la cinética del proceso para así, y una vez calculado los parámetros correspondientes, obtener el volumen de recipiente necesario.

Se seguirá el procedimiento sugerido por Mullin y Nyvlt[21].

Para el cálculo de nuestro equipo se considerará que el cristalizador continuo reunirá los siguientes requisitos de operación:

1. La operación transcurre en estado estacionario.
2. En todo momento el cristalizador contiene un magma de suspensión mezclada, sin clasificación del producto.

3. En todo momento hay una suspensión uniforme en todo el magma.
4. Se cumple la ley del ΔL para el crecimiento de los cristales.
5. No se utiliza ningún sistema de retirada de tamaños clasificados.
6. No hay cristales en la alimentación.
7. El magma producto abandona el cristalizador en equilibrio, de forma que las aguas madres del magma producto están saturadas.
8. No hay rotura de cristales en partículas de tamaño finito.

Este modelo representa un modelo idealizado de cristalizador llamado modelo de suspensión mezclada-separación de productos mezclado (MSMPR) y que puede decirse es análoga al modelo de reactor de mezcla completa.

También se supondrá que la cinética de cristalización del sulfato potásico no se verá afectada por la presencia del carbonato potásico.

Si suponemos estado estacionario en nuestro proceso, deberá cumplirse la igualdad de que la cantidad de cristales que se forman en el seno del cristalizador debe ser igual a la cantidad de cristales que salen del cristalizador. Este concepto se expresa por la igualdad:

$$N_o = \frac{k_b \Delta c^b}{k_v \rho_c L_n^3} = \frac{P_c}{S k_v \rho_c L_p^3} \quad (i)$$

donde k_b es el coeficiente de velocidad de nucleación $[(\text{kg/kg})^{1-b}/\text{s}]$, para K_2SO_4

$$k_b = 2 \times 10^8$$

Δc : sobresaturación de la disolución kg soluto/kg solvente

b : orden de velocidad de nucleación, para K_2SO_4 $b = 8,3$

k_v : factor de forma, para K_2SO_4 $k_v = 0,525$

ρ_c : densidad del cristal (kg/m^3), para K_2SO_4 $\rho_c = 2.660 \text{kg} / \text{m}^3$

L_n : tamaño estimado del núcleo (μm), para K_2SO_4 $L_n = 100 \mu\text{m}$

P_c :producción de cristales (kg/h), en nuestro caso $P_c = 197,416 \text{ kg/h}$

S : masa de solvente (kg), en nuestro caso agua.

\bar{L}_p tamaño de cristal deseado (μm), en nuestro caso $\bar{L}_p = 1.500 \mu\text{m}$

El tamaño de cristal deseado se ha elegido en función de los tamaños en los que se distribuye habitualmente el sulfato potásico como producto comercial y cuyo tamaño de cristales están en un 85% en el margen de $1.000\mu\text{m}-2.000\mu\text{m}$ por lo que se elige un valor medio.

Despejando el valor de (i) el valor de \bar{L}_p se obtiene que:

$$\bar{L}_p = L_n \left(\frac{P_c}{S k_b \Delta c^b} \right)^{1/3} \quad (\text{ii})$$

Teniendo en cuenta que la velocidad específica de producción puede expresarse como:

$$\frac{P_c}{S} = k_g \Delta c^g \frac{k_a W}{k_v \rho_c L_p} \quad (\text{iii})$$

donde g orden de velocidad de crecimiento

W :peso específico de los cristales con respecto a la masa del solvente

k_a :factor de forma, para K_2SO_4 $k_a = 3,675$

k_g :coeficiente de velocidad de crecimiento, para K_2SO_4 $k_g = 0,75$

y eliminando el termino Δc de las ecuaciones (ii) y (iii) se obtiene la expresión:

$$\left(\frac{\bar{L}_p}{L_n} \right)^{1+\frac{3g}{b}} = 3 \left[\frac{k_a k_g}{3 k_v \rho_c L_n k_b^{g/b}} \right] W P^{(g/b)-1}$$

resolviendo la ecuación obtenemos un valor de P, que definimos como P/S:

$$P^{1-\frac{2}{8.3}} = 3 \left[\frac{7 \times 0,75}{3 \times 2.660 \times 1 \times 10^{-4} \times (2 \times 10^8)^{2/8.3}} \right] \frac{(0,1309 - 0.04)}{\left(\frac{1.500}{100} \right)^{\left(1 + \frac{3 \times 2}{8.3} \right)}} = 1,688 \times 10^{-4}$$

$$P^{0.76} = 1,688 \times 10^{-4}$$

$$P = 1,086 \times 10^{-5} \text{ kg cristal/kg solvente} \cdot s$$

Por lo tanto y dado que la producción de nuestro cristalizador debe ser de 197,396 kg/h (según el diagrama de solubilidad) la capacidad correspondiente vendrá dada por:

$$S = \frac{P_c}{P} = \frac{0,0548 \text{ kg} / s}{1,086 \cdot 10^{-5} \text{ kg} / \text{kg solvente} \cdot s} \approx 5.050 \text{ kg agua}$$

Dado que la composición de la corriente de alimentación está formada por un 78.1% en masa de agua, el volumen total debe ser de:

$$V = \frac{S}{0.782} = \frac{5.050}{0.781} = 6.466 \text{ kg disolución} \approx 6 \text{ m}^3$$

Siguiendo las normas sugeridas de diseño (Baasel[4]), sobredimensionaremos el volumen del cristalizador en un 10%. Por lo tanto, el volumen final del cristalizador será:

$$V_{crist} = \frac{6 \text{ m}^3}{0.9} = 6,6 \text{ m}^3$$

El diámetro óptimo para recipientes con sólidos en suspensión se estima por la proporción estándar de diseño (Paul[23]) $H/D=1,2$. Esta relación se cumple cuando:

$$D = 1.800 \text{ mm} .$$

El tipo de fondo elegido será torisférico, ya que son los de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas. Existen dos tipos principales: los Korbogen Boden y los Klopper Boden que se utilizan en casos de baja presión como es nuestro caso y que presentan un menor coste que los Korbogen.

Para fondos Klopper de 1.800 mm de diámetro el volumen de cada fondo es de $0,580 \text{ m}^3$, por lo que el volumen de la virola cilíndrica vendrá dado por:

$$V_{virola} = V_{TOTAL} - V_{FONDOS} = 6,6m^3 - 2 \cdot (0,580m^3) = 5,44m^3$$

Y dado que la virola es de forma cilíndrica la altura del mismo será:

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

$$h = \frac{4 \cdot V_{virola}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 5,44}{\pi \cdot (1,8)^2} = 2,138m \approx 2,150m$$

Así pues, la relación altura diámetro es:

$$\frac{h}{D} = \frac{2,150}{1,8} = 1,194 \approx 1,2$$

o CÁLCULO DE ESPESOR

Para el cálculo de espesores de las paredes del cristalizador se utilizara el código ASME para recipientes a presión, sección VIII, división 1.

El cristalizador trabajara a presión atmosférica que será la presión de operación. La presión de diseño debe ser en todo caso mayor a la máxima de operación, que se puede fijar como la mayor de:

$$P > 1,1 \times \text{Presión máxima de operación (Kg/cm}^2\text{)}$$

$$P > \text{Presión máxima de operación} + 2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P \geq 3,5 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando dichos valores y teniendo cuenta que la presión de operación es 1.03Kg/cm²:

$$P \geq 1,1 \times 1,03 = 1,133 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P \geq 1,03 \text{ kg/cm}^2 + 2 \text{ Kg/cm}^2 = 3,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$P \geq 3,5 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, la presión de diseño será de 3,5 Kg/cm²

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

La temperatura de diseño para recipientes que trabajan a temperatura por debajo de 20°C, será la mínima de operación, en el caso del cristalizador 15°C.

El cálculo de los espesores se hará de forma análoga al del reactor.

El espesor de la envolvente vendrá dado por el mayor de los siguientes valores:

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + c = \frac{3,5 \cdot 90}{1.322 \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 3,5} + 0,9 = 2,8mm + 0,9mm = 3,7mm \approx 4mm$$

$$t_{\min} = \frac{D}{1.000} + 2,54 + c = 1,8 + 2,54 + 0,9 = 5,24mm \approx 6mm$$

$$t_{\min} = 3mm \text{ Para aceros inoxidable.}$$

$$t_{\min} = 2,5 + c = 2,5 + 0,9 = 2,4mm \approx 3mm .$$

El espesor de la envolvente será de 6 mm.

En el caso de los fondos:

$$t = \frac{P \cdot D \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + c = \frac{3,5 \cdot 180 \cdot 1,54}{2 \cdot 1.322 \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 3,5} + 0,9 = 4,3mm + 0,9mm = 5,2mm \approx 6mm$$

$$t_{\min} = \frac{D}{1.000} + 2,54 + c = 1,8 + 2,54 + 0,9 = 5,24mm \approx 6mm$$

$$t_{\min} = 3mm \text{ Para aceros inoxidable.}$$

$$t_{\min} = 2,5 + c = 2,5 + 0,9 = 2,4mm \approx 3mm .$$

El espesor seleccionado para las paredes del recipiente, tanto para los fondos como para la virola cilíndrica es de 6 mm.

El cristalizador estará apoyado sobre cuatro patas formadas por perfiles IPN-80. Para calcular la tensión en los perfiles, debemos calcular el peso de las cabezas, la envolvente y el líquido que contiene, los cuales son:

Peso del fondo: 162,5 kg.

Peso de la envolvente: 617 kg.

Peso del líquido: 6.466 kg.

El peso total del depósito será la suma de los valores anteriores, más un 6% que se considera habitualmente como el peso producido por los accesorios vendrá dado por:

$$P_{TOTAL} = 1,06 \cdot (2 \cdot 162,5 + 617 + 6.466) = 7.852,48 \text{ kg.}$$

El valor de la esbeltez para el perfil, si la longitud de la pata es de 90 cm:

$$\lambda = \frac{L}{R_x} = \frac{90}{0,91} = 98,9 \approx 99.$$

Para este valor de esbeltez el valor del coeficiente de seguridad por pandeo (ver anexo gráfico, Tabla 1) es igual a 1,88.

Teniendo en cuenta que cada pata sostiene la cuarta parte del peso del depósito, el valor de la tensión es:

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A} = 1,88 \cdot \frac{1.963,12}{7,58} = 486,9 \text{ kg / cm}^2.$$

El valor de tensión es menor que la tensión admisible del material que es de 1.400 kg/cm², por lo que no existe riesgo de pandeo en las patas.

Por último, todos los recipientes a presión que contengan aire comprimido y aquellos sometidos a corrosión interna como es el caso, deben proveerse de un registro para hombre, un registro para la mano u otras aberturas de inspección para ser revisados. Según el código UG-46, para recipientes de diámetro mayor de 36 pulgadas (914 mm) el registro de inspección requerido debe tener un diámetro mínimo de 15 pulgadas (381 mm) o bien dos boquillas con tubos de 6 pulgadas (152 mm) de diámetro. La ubicación preferible de las aberturas de inspección es en cada cabeza o cerca de cada cabeza

3.3 SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL AGITADOR DEL CRISTALIZADOR.

El agitador seleccionado en este caso es una turbina de cuatro palas inclinadas. La selección de este tipo de agitador se considera adecuado en este caso dado que, según Mersmann[19], debido a las bajas velocidades de agitación que conllevan estos agitadores, mucho menores que los agitadores tipo hélice marina, por lo que no se producen tensiones considerables que, en el caso de materiales relativamente frágiles como la de sales cristalizadas, puede producir la rotura de numerosos cristales produciendo problemas en la nucleación de los mismos.

Siguiendo las relaciones estándar de diseño y dado que nuestro reactor posee un diámetro de 1.800mm:

$$D_a = 600mm . J = 150mm \quad E = 600mm . W = 120mm . L = 150mm .$$

Para el cristalizador y el agitador seleccionado los datos son:

$$S = 4,4$$

$$D = 600mm$$

$$\rho_s = 2662Kg / m^3$$

$$\rho_l = 1092Kg / m^3$$

$$\nu = 1,141 \cdot 10^{-6} m^2 / s$$

$$X = 10,5\%$$

$$d_p = 1,5 \cdot 10^{-3} m$$

Sustituyendo los datos en la ecuación de Zwietering:

$$\begin{aligned} N_{js} &= S \nu^{0.1} \left[\frac{g_c (\rho_s - \rho_l)}{\rho_l} \right]^{0.45} X^{0.13} d_p^{0.2} D^{-0.85} = \\ &4,4 \cdot (1,141 \cdot 10^{-6})^{0.1} \cdot \left[\frac{9,81 \cdot (2662 - 1092)}{1092} \right]^{0.45} \cdot 10,5^{0.13} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^{0.2} \cdot 0,6^{-0.85} = \\ &= 2,1rps = 126rpm \end{aligned}$$

Dado que no existen agitadores comerciales que cumplan dichas características de dimensiones y velocidades de agitación, la turbina seleccionada será la proporcionada

por la empresa Milto Roy Mixing de la gama Helisem, tipo VPR, modelo 3051S en acero AISI 316L y con las siguientes características:

$$D = 550 \text{ mm.}$$

$$\text{Velocidad de giro} = 137 \text{ rpm.}$$

Comprobamos si dicho agitador cumple la velocidad mínima de agitación para nuestro diseño:

$$\begin{aligned} N_{js} &= S V^{0.1} \left[\frac{g_c (\rho_s - \rho_l)}{\rho_l} \right]^{0.45} X^{0.13} d_p^{0.2} D^{-0.85} = \\ &4,4 \cdot (1,141 \cdot 10^{-6})^{0.1} \cdot \left[\frac{9,81 \cdot (2662 - 1092)}{1092} \right]^{0.45} \cdot 10,5^{0.13} \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^{0.2} \cdot 0,55^{-0.85} = \\ &= 2,26 \text{ rps} = 135,6 \text{ rpm} < 137 \text{ rpm.} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el agitador seleccionado es adecuado para las condiciones de operación.

El consumo de energía, según catálogo, de 1,1 kW.

3.4 BALANCE ENERGÍA CRISTALIZADOR.

La expresión general del balance de energía viene dada por la ecuación:

$$\Delta H + \Delta E_c + \Delta E_p = Q + W_E$$

Para nuestro sistema estacionario, ΔE_c y ΔE_p son cero y consideramos que el término W_E , que representa el trabajo realizado por el agitador sobre nuestro sistema, puede despreciarse frente los demás términos, la ecuación se reduce al balance entálpico:

$$Q = \Delta H$$

En el término de variación de entalpía se deben considerar tres fenómenos: las entalpías de las corrientes de entrada y salida, el calor de disolución del carbonato potásico y el calor de cristalización del sulfato potásico.

Según Perry[24], la entalpía de cristalización para el sulfato potásico es $\overline{\Delta H_c^\circ} = 21 \text{KJ/mol}$ y la entalpía de dilución para el carbonato potásico $\overline{\Delta H_d^\circ} = 6,58 \text{Kcal/mol}$, ambas exotérmicas.

El procedimiento de cálculo será análogo al balance de energía al reactor.

$$\Delta H_e = \dot{m}_e c_p \Delta T = 1940 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 3,88 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (25 - 70) = -338.724 \text{KJ/h.}$$

$$\Delta H_s = \dot{m}_s c_p \Delta T = 1899 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 4,1874 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{h}} \cdot (15 - 25) = -79.516 \text{KJ/h.}$$

$$\Delta H_c^\circ = N_{\text{cristalizan}} \cdot \overline{\Delta H_c^\circ} = 1.138 \text{mol/h} \cdot -21 \text{KJ/mol} = -23.898 \text{KJ/h.}$$

$$\Delta H_d^\circ = N_{\text{disoluyen}} \cdot \overline{\Delta H_d^\circ} = 1.138 \text{mol/h} \cdot 6,58 \text{Kcal/mol} = -7.488 \text{Kcal/h} = -31.330 \text{KJ/h.}$$

El flujo de calor total a retirar del sistema será:

$$\Delta H = \Delta H_e + \Delta H_c + \Delta H_d + \Delta H_s = -338.724 - 23.898 - 31.330 - 79.516 = -473.438 \text{KJ/h} \\ = -131.510 \text{W.}$$

Para la refrigeración del sistema se empleará un serpentín sumergido por el cual circulará un fluido frío, el cual será enfriado a su vez por un refrigerante.

Las sustancias más comúnmente usadas como fluidos frigoríferos o refrigerantes secundarios, en los sistemas indirectos, son el agua, las salmueras de cloruro sódico y de cloruro cálcico y las disoluciones hidroalcohólicas de etilenglicol, propilenglicol, metanol o glicerina.

En el caso de emplear agua como refrigerante la superficie de intercambio se hace excesivamente alta debido principalmente a su alta temperatura de congelación, lo que hace que el valor de ΔT_{ml} sea muy bajo. Bajo estas condiciones el empleo de un serpentín es inviable debido a la superficie requerida y el empleo de un intercambiador

de calor a contracorriente puro supone unas necesidades de espacio y económicas que no son óptimas.

Se decide emplear pues, una disolución de cloruro sódico al 25%, utilizado ampliamente en aquellas aplicaciones industriales que no precisan temperatura excesivamente bajas, como es nuestro caso y que presenta un coste relativamente bajo.

Para una disolución de cloruro sódico al 25%, la temperatura de congelación, según Rodríguez-Pomata[30], es de -23°C . Supondremos que la temperatura de entrada de la corriente de salmuera es de -15°C y la temperatura de salida 10°C .

Para calcular el caudal de salmuera necesario se supondrá que el calor absorbido por el fluido frío será igual al cedido por el fluido caliente. Así pues se establece la igualdad:

$$Q = \dot{m}_c \cdot c_p \cdot \Delta T = \dot{m}_f \cdot c_p \cdot \Delta T$$

donde los subíndices c y f representan las corrientes de los fluidos caliente y frío respectivamente.

Para disoluciones de cloruro sódico al 25% el valor de $c_p = 0,8 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C} = 3,347 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$.

Por lo tanto:

$$\dot{m}_f = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} = \frac{473.438 \cdot 10^3 \text{ J/h}}{3,347 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C} \cdot (10 - (-15))} = 5.658 \text{ Kg/h.}$$

Una vez conocido el flujo necesario de refrigerante, podemos calcular los coeficientes individuales de transmisión de calor y, consecuentemente, el coeficiente global de transmisión de calor respecto al área exterior (U).

Será necesario, en primer lugar, establecer las dimensiones del serpentín.. Se siguen las condiciones de diseño recomendadas por Paul[23], que establece la relación:

$$d_{\text{serpentin}} = \frac{D_{\text{recipiente}}}{30} = \frac{1.800 \text{ mm}}{30} = 6 \text{ cm.}$$

Este diámetro corresponde comercialmente (ver Anexo Gráfico, Tabla 3) a un tubo de tamaño nominal $2\frac{1}{2}$ pulgadas y número de Schedule 40 que posee un diámetro interior de 6,271 cm y exterior de 7,303 cm.

Para el cálculo del coeficiente de transmisión de calor supondremos que la disolución acuosa posee las mismas propiedades que el agua, algo que, según Peters[25], proporciona valores muy aproximados para disoluciones con viscosidades por debajo de 1,2 cP, como es el caso de nuestra disolución.

Para el calentamiento o enfriamiento de líquidos en tanques cilíndricos con placas deflectoras y equipado con un serpentín helicoidal y un agitador, el coeficiente de transmisión de calor viene dado por la expresión (Mc Cabe[17]):

$$\frac{h_o D_o}{k} = 0,17 \cdot \left(\frac{D_a^2 n \rho}{\mu} \right)^{0,67} \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)^{0,37} \left(\frac{D_a}{D_t} \right)^{0,1} \left(\frac{D_o}{D_t} \right)^{0,5} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,24}$$

donde h_o : coeficiente individual de transmisión de calor entre la superficie del serpentín y el líquido ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

D_o : diámetro exterior del tubo del serpentín, en nuestro caso 0,07303 m .

k : conductividad térmica del líquido, para el agua 0,632 $W/m \cdot ^\circ C$.

D_a : diámetro del agitador, en nuestro caso 0,55 m.

n : velocidad de agitación del agitador, 2,28 rps.

ρ : densidad del líquido. para el agua: 991,245 (kg/m^3).

μ : viscosidad del líquido, para el agua: $0,6275 \cdot 10^{-3}$ $kg/m \cdot s$.

c_p : calor específico a presión constante del líquido, $4,184 \cdot 10^3$ ($J/kg \cdot ^\circ C$).

D_t : diámetro interior del tanque, 1,8 m.

μ_w : viscosidad del líquido para la temperatura de pared que supondremos de $25^\circ C$, $0,898 \cdot 10^{-3}$ ($kg/m \cdot s$).

Sustituyendo estos datos en la ecuación:

$$\frac{h_o \cdot 0,07303}{0,632} = 0,17 \cdot \left(\frac{0,55^2 \cdot 2,28 \cdot 991,245}{0,6275 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,67} \left(\frac{4,184 \cdot 0,6275 \cdot 10^{-3}}{0,632} \right)^{0,37} \left(\frac{0,55}{1,8} \right)^{0,1} \left(\frac{0,07303}{1,8} \right)^{0,5} \left(\frac{0,6275}{0,898} \right)^{0,24}$$

$$0,116 \cdot h_o = 0,17 \cdot (1.089.500,68)^{0,67} \cdot (4,154)^{0,37} \cdot (0,306)^{0,1} \cdot (0,040)^{0,5} \cdot (0,699)^{0,24}$$

$$h_o = \frac{520,556}{0,116} = 4.487,55 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

Debemos calcular ahora el coeficiente en el interior del serpentín. Una ecuación empírica bien conocida, para transmisión de calor por convección forzada en flujo turbulento para tubos rectos, es la de Ditus-Boelter:

$$\frac{h_i D}{k} = 0,023 \left(\frac{DG}{\mu} \right)^{0,8} \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)^{0,4} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Para serpentines con número de Reynolds turbulento, debe multiplicarse el valor obtenido a partir de la ecuación aplicable a tubos rectos por el término:

$$\left(1 + 3,5 \frac{D_i}{D_h} \right)$$

donde D_i : diámetro interior del serpentín, en nuestro caso 6,271 cm.

D_h : diámetro de la hélice del serpentín, según el recomendado por Paul

$$D_h = 0,75 \cdot D_i = 1,35 \text{ m.}$$

Sustituyendo los valores en las dos ecuaciones anteriores y suponiendo que el término relacionado con la viscosidad es despreciable:

$$\frac{h_i \cdot 0,06271}{0,420} = 0,023 \left(\frac{0,06271 \cdot 508,858}{3,83 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,8} \left(\frac{3,280 \cdot 3,83 \cdot 10^{-3}}{0,420} \right)^{0,4} \left(1 + 3,5 \frac{0,06271}{1,35} \right)$$

$$h_i = 957,18 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{C}}$$

El coeficiente global de transmisión de calor viene dado por la expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} \left(\frac{D_o}{D_i} \right) + \frac{x_w}{k_m} \left(\frac{D_o}{D_L} \right) + \frac{1}{h_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{957,18} \left(\frac{7,303 \cdot 10^{-2}}{6,271 \cdot 10^{-2}} \right) + \frac{0,516 \cdot 10^{-2}}{16,271} \left(\frac{7,303 \cdot 10^{-2}}{6,774 \cdot 10^{-2}} \right) + \frac{1}{4.487,55}} = 561,36 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

El valor obtenido concuerda con los datos proporcionados por Perry[24] para serpentines sumergidos que contienen salmueras a baja temperatura y enfrían disoluciones acuosas, cuyos valores de U varían de 456 W/m²·°C a 712 W/m²·°C.

Sustituyendo el valor de U en la ecuación básica de transmisión de calor obtenemos el área necesaria de intercambio de calor:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{ml}} = \frac{131.510W}{561,36W / m^2 \cdot ^\circ C \cdot \frac{(70 - 10) - (15 - (-15))}{\ln \frac{(70 - 10)}{(15 - (-15))}}} = 5,41m^2.$$

Para compensar los posibles ensuciamientos en los tubos, Perry[24] recomienda, como regla general, proporcionar entre un 25 y un 30% más de superficie.

La longitud del serpentín será, por tanto:

$$L = \frac{A}{\pi \cdot d_{serpentin}} = \frac{5,41m^2(1,3)}{\pi \cdot 7,303 \cdot 10^{-2} m} = 30,67m.$$

Dado que se recomienda que el serpentín tenga un diámetro igual a 0,75·D_{recipiente} calculamos el número de vueltas que debe tener dicho serpentín:

$$N^\circ vueltas = \frac{L}{\pi \cdot 0,75 \cdot D_{recipiente}} = \frac{30,67m}{\pi \cdot 0,75 \cdot 1,8m} = 7,23 \approx 8vueltas.$$

La separación entre las distintas vueltas será el doble que el diámetro de los tubos por lo que la altura total del serpentín será de 117 cm.

Por otra parte, en el balance macroscópico de energía al cristalizador se ha supuesto que las pérdidas de calor al exterior son despreciables. Esto solo es así en el caso en el

que los equipos están perfectamente aislados térmicamente. Siguiendo las mismas consideraciones que en el caso del reactor, el aislante seleccionado es poliuretano y, dado que el cristizador presenta una superficie de más de 12 m^2 , el espesor será de 50 mm.

El refrigerante que enfriará a la salmuera de cloruro cálcico será amoníaco que, a efectos de refrigeración, se denomina R717. El amoníaco se considera un refrigerante del grupo segundo, es decir, de seguridad media. Las principales ventajas del amoníaco sobre otros refrigerantes es su baja temperatura de vaporización y su alto calor latente de vaporización. El sistema de refrigeración es el denominado de compresión mecánica simple de vapor. En este proceso la extracción de calor del foco frío (salmuera), se efectúa mediante la vaporización de un líquido a baja presión y la cesión de calor a un foco caliente (aire exterior), mediante la condensación una presión más elevada del vapor formado. Para ello es necesario la adición de trabajo neto al sistema, en forma de compresión del vapor a alta presión.

Para obtener el caudal de amoníaco necesario para enfriar la salmuera de 10 a -15°C , debe trabajarse directamente sobre el diagrama presión-entalpía. Sobre este diagrama y según el ciclo de Carnot (Ilustración 2), se pueden obtener los valores necesarios para el cálculo.

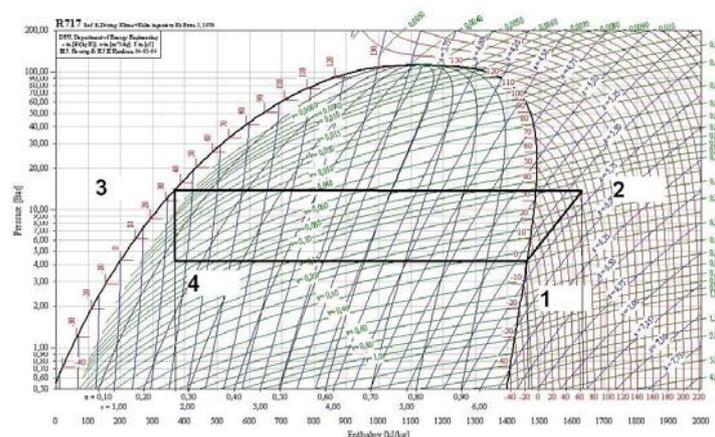


Ilustración 2. Ciclo de Carnot en diagrama presión-entalpía.

A la hora de establecer las condiciones de operación solo debe tenerse en cuenta dos condiciones: la temperatura de vaporización debe ser menor que la del foco frío y la de condensación mayor que la del foco caliente. En nuestro caso estas temperaturas son 10°C y, suponiendo condiciones ambientales, 25°C. Se recomienda (Ramirez[28]) que esta diferencia de temperaturas no sea mayor de 10°C para obtener un mayor rendimiento del proceso. Así pues, las temperaturas elegidas son 0°C para la de evaporación y 35°C para la de condensación.

Según el diagrama presión-entalpía(ver Anexo Gráfico, Ilustración 1) el calor que absorbe el amoníaco es la diferencia de entalpía entre los puntos 1 y 4, que resulta de 1.092 kJ/kg. Por lo tanto, el caudal másico de amoníaco es de:

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta H$$
$$\dot{m} = \frac{Q}{\Delta H} = \frac{473.438}{1.092} = 433,55 \text{ kg / h.}$$

El trabajo que debe realizar el compresor viene dado por el caudal de flujo másico de amoníaco multiplicado por la diferencia de entalpía entre los puntos 1 y 2, que es de 169 kJ/kg:

$$P_c = \dot{m} \cdot \Delta H = 433,55 \cdot 169 = 73.270 \text{ kJ / h} = 20,35 \text{ kW.}$$

El compresor seleccionado es el proporcionado por la empresa Mycom, modelo 250 VSD y diseñado especialmente para el uso con R717. Posee una capacidad de refrigeración, según catálogo, de 526.836 KJ/h. Las dimensiones del compresor aparecen recogidas en el Anexo de Equipos.

4 SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO ROTATORIO.

En un filtro continuo, como el de tipo tambor rotativo, la alimentación, el filtrado y la torta se mueven con velocidades continuas estacionarias.

Para el dimensionamiento del filtro se empleara la ecuación para filtración continua tanto a vacío como a presión:

$$\frac{\dot{m}_c}{A_T} = \left(\frac{2c\Delta pfn}{\alpha\mu} \right)^{1/2}$$

donde \dot{m}_c : velocidad de flujo másica de sólidos en la corriente (kg/h).

A_T : área total de filtración (m²).

c : concentración de sólidos en suspensión (kg sólidos/m³ líquido).

Δp : caída total de presión a través del filtro (N/m²).

f : fracción de volumen de tambor sumergido.

n : velocidad de giro del tambor (s⁻¹).

α : resistencia específica de la torta (m/kg).

μ : viscosidad (kg/m·s).

Se ha supuesto que la torta es totalmente incompresible. Aunque casi todas las tortas filtrantes son compresibles en cierto grado, en la mayoría de los casos el grado de compresibilidad es tan pequeño que la torta puede considerarse, a efectos prácticos, incompresible. Por lo tanto el valor de α , resistencia específica de la torta, será independiente de la diferencia de presión a través de la torta.

Para el cálculo del filtro, se supondrán los siguientes valores:

$$f = 0,30$$

$$\dot{m}_c = 197,36 \text{ Kg/h}$$

$$\Delta p = 4 \text{ inch Hg} = 13544 \text{ N/m}^2$$

$$c = 128,785 \text{ Kg/m}^3$$

$$\alpha = 4.45 \cdot 10^{10} \text{ m/Kg}$$

$$\mu = 1,26 \text{ cP} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/m}\cdot\text{s}$$

$$n = \frac{1}{300} \text{ s}^{-1}$$

Por lo tanto la superficie necesaria para el filtrado será:

$$A_T = \frac{\dot{m}_c}{\left(\frac{2c\Delta pfn}{\alpha\mu}\right)^{1/2}} = \frac{54,82 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{2 \cdot 128,785 \cdot 13544 \cdot 0,35 \cdot (1/300)}{4.45 \cdot 10^{10} \cdot 1,26 \cdot 10^{-3}}\right)^{1/2}} = \frac{54,82 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{4069,95}{56,07 \cdot 10^6}\right)^{1/2}} = 6,43 \text{ m}^2$$

Así pues, la superficie necesaria para el filtrado será de 6,46 m² (69,56 pie²).

El filtro elegido será el fabricado por la empresa GL&V/Dorr-Oliver Eimco en acero AISI 316L con las siguientes dimensiones:

Área de filtrado: 75 pie²

Diámetro: 6 pie = 1,83 m

Longitud: 4 pie = 1,22 m.

Las demás características técnicas del mismo se muestran en el catálogo correspondiente incluido en el Anexo de Equipos.

5 SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO SECADOR.

El secado de sólidos húmedos es, por definición, un proceso térmico. Aunque con frecuencia se complica por la difusión en el sólido o a través del gas, es posible secar muchos materiales simplemente calentándolos por encima de la temperatura de ebullición del líquido, tal vez bastante por encima con el fin de liberar las últimas trazas de materias adsorbido. En la mayoría de secaderos, el diseño se realiza sobre la base exclusiva de consideraciones de transmisión de calor.

Para calcular el consumo de calor en secaderos, se puede dividir el proceso en cuatro pasos:

1. Calentar la alimentación (sólidos y líquidos) hasta la temperatura de vaporización.
2. Vaporizar el líquido.
3. Calentar los sólidos hasta su temperatura final.
4. Calentar el vapor hasta su temperatura final.

En el caso general la velocidad global de transmisión de calor (Q) por unidad de flujo másico de sólido (\dot{m}_s) se puede calcular mediante la ecuación:

$$\frac{Q}{\dot{m}_s} = c_{ps}(T_{sb} - T_{sa}) + X_a \cdot c_{pl}(T_v - T_{sa}) + (X_a - X_b)\lambda + X_b c_{pl}(T_{sb} - T_v) + (X_a - X_b)c_{pv}(T_{vb} - T_v)$$

donde T_{sa} = temperatura de la alimentación.

T_v = temperatura de vaporización.

T_{sb} = temperatura final de los sólidos.

T_{vb} = temperatura final del vapor.

λ = calor latente de vaporización.

c_{ps} , c_{pl} , c_{pv} = calores específicos del sólido, líquido y vapor, respectivamente.

X_a , X_b = contenido inicial y final de líquido en el sólido.

En los productos cristalinos como nuestro caso es necesario que los cristales no resulten perjudicados durante el secado y evitar en la medida de lo posible su contaminación.

Para el secado de los cristales se empleará un secadero de tipo rotatorio. Un secadero rotatorio consiste en una carcasa cilíndrica giratoria, dispuesta horizontalmente o ligeramente inclinada hacia la salida. Al girar la carcasa, unas pestañas levantan los sólidos para caer después en forma de lluvia a través del interior de la carcasa. La alimentación entra por un extremo del cilindro y el producto seco se descarga por el

otro. Los secaderos rotatorios se calientan por contacto directo del gas con los sólidos, por gas caliente que pasa a través de un encamisado externo, o por medio de vapor de agua que condensa en un conjunto de tubos instalados sobre la superficie interior de la carcasa. El último recibe el nombre de secadero rotatorio con tubos de vapor de agua, y es el que presenta mayores ventajas para la instalación, ya que es especialmente apropiado para sólidos finamente divididos, que no deben ser contaminados.

El calor necesario para reducir la humedad de los cristales será:

$$\begin{aligned} \frac{Q}{197,396} &= 0,19 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} (100 - 15) + 0,1 \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} (100 - 15) + (0,1 - 0,005) \cdot 538,7 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} + \\ &+ 0,19 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} (120 - 100) + 0,05 \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} (120 - 100) + 0,45 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} (0,1 - 0,005) \cdot (120 - 100) = \\ &= 80,58 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \\ Q &= 80,58 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \cdot 197,396 \cdot 10^3 \frac{\text{gr}}{\text{h}} = 4.418,46 \frac{\text{cal}}{\text{s}} = 18.486,85\text{W} \end{aligned}$$

En equipos que arrastran vapor saturado a temperaturas comprendidas entre 145°C y 177°C el flujo de calor $U\Delta T$ tiene un valor medio[24] de 1.890 J/m²·s para sólidos inorgánicos finamente divididos con una temperatura de entrada de 7 a 17°C, como es nuestro caso.

Para calcular el área del secador aplicaremos la ecuación básica de transmisión de calor.

$$Q = U \cdot \Delta T \cdot A$$

despejamos el valor del área necesaria:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T} = \frac{18.486,45 \text{ J/s}}{1.890 \text{ J/m}^2 \cdot \text{s}} = 9,78 \text{ m}^2.$$

Teniendo en cuenta que la efectividad de los secadores es de alrededor del 90%, el área real del secador debe ser:

$$A_R = \frac{A}{0,90} = 10,87 \text{ m}^2 \approx 11 \text{ m}^2$$

Dado el valor de área de intercambio necesaria, el equipo seleccionado será el proporcionado por la firma Simon-Dryers en acero inoxidable con las siguientes dimensiones:

Diámetro: 60 cm.

Longitud: 325 cm.

En el Anexo de equipos se muestran las características del equipo seleccionado.

Tabla 3. Dimensiones de secadores rotatorios

SERIES No.	TUBEREEL			Área Calentamiento (Metros Cuadrados)
	DIAMETRO (Metro)	LONGITUD (Metros)		
		Mínimo	Máximo	
060	0.60	2.20	3.25	4 - 11
090	0.90	2.30	5.00	15 - 47
105	1.05	2.30	5.00	21 - 70
120	1.20	2.30	6.40	92 - 109
160	1.60	3.20	6.40	84 - 182
180	1.80	5.65	7.00	173 - 281
205	2.05	6.40	8.25	245 - 392
245	2.45	6.40	9.14	352 - 612

Fuente: Simon-Dryers

6 SISTEMA DE TUBERÍAS.

El sistema de tuberías permite el transporte de las corrientes líquidas entre los distintos equipos por la impulsión mediante bombas. En nuestro caso, los tramos de tuberías son, tal y como puede verse en la distribución de planta, cuatro:

TUBERIA	SALIDA	LLEGADA	LONGITUD
PL01	Reactor químico	Filtro de banda horizontal	2,5 m
PL02	Filtro de banda horizontal	Cristalizador	4,55 m
PL03	Cristalizador	Filtro rotatorio a vacío	2,4
PL04	Filtro rotatorio a vacío	Reactor químico	16 m

Tabla 4. Sistema de tuberías

El tamaño óptimo de tubería, para un caso determinado, depende de los costes relativos de instalación, de la potencia, mantenimiento y de los accesorios. Para el cálculo del diámetro interior óptimo de la tubería, emplearemos la ecuación propuesta por para flujo turbulento por Peters[25] :

$$D_{i,opt} = 3,9 \cdot q_f^{0,45} \cdot \rho^{0,13}$$

donde $D_{i,opt}$: diámetro interior óptimo de tuberías (pulg).

q_f : caudal volumétrico(ft³/s).

ρ : densidad de la corriente (lb/ft³).

Una vez obtenido el diámetro de tubería, se deben calcular las pérdidas de carga en la misma, con el objetivo de obtener la potencia de la bomba. Las pérdidas de carga en las tuberías son de dos clases: primarias y secundarias.

Las pérdidas primarias son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería, rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tiene lugar en flujo uniforme, por tanto principalmente en los tramos de tubería de sección constante.

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones, codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería.

La pérdida de carga primaria en la tubería recta (sin accesorios) resulta según la fórmula de Darcy-Weisbach o Ley de fricción:

$$H = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

donde H: pérdida de carga (metros de columna de líquido).

f: coeficiente de fricción (adimensional).

L: longitud total equivalente de la tubería (m).

D: diámetro interior (m).

v: velocidad del fluido (m/s).

g: aceleración de la gravedad (m/s^2).

Para el cálculo de las pérdidas secundarias, se emplea una fórmula análoga a la anterior de la forma:

$$H_s = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}$$

donde H_s : pérdida de carga secundaria.

ζ : coeficiente adimensional de pérdida de carga secundaria.

v : velocidad media en la tubería

Para el cálculo del factor de fricción se empleará la ecuación de Moody para régimen turbulento:

$$f = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{\epsilon}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right]$$

donde f : factor de fricción.

Re : número de Reynolds.

ϵ : rugosidad del material. Para el acero comercial $\epsilon = 0,05mm$.

D : diámetro interno de la tubería (mm).

A continuación se detallan los cálculos realizados para los distintos tramos en base a las ecuaciones anteriores.

6.1 TRAMO PL01

El diámetro óptimo de la tubería según Peters[25] es:

$$D_{i,opt} = 3,9 \cdot q_f^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 3,9 \cdot (0,018)^{0,45} \cdot (66,563)^{0,13} = 1,1 pu \lg \approx 28mm.$$

Este diámetro corresponde a una tubería comercial (ver Anexo Gráfico, Tabla 3) de diámetro nominal $1^{1/4}$, con diámetro interior de 35,05 mm.

En las corrientes que contienen sólidos particulados, como son las que corresponden a los tramos PL01 y PL03, debe comprobarse que la velocidad de flujo será suficiente para producir el arrastre de dichas partículas, sin que se produzca así sedimentación. Para ello se emplea la ecuación semi-teórica propuesta por Oroskar y Turian para predecir la velocidad crítica en el transporte hidráulico:

$$\frac{V_c}{\sqrt{g \cdot d \cdot (S - 1)}} = 1,85 \cdot C_v^{0,1536} (1 - C_v)^{0,3564} \left(\frac{D}{d}\right)^{-0,378} Re_p^{0,09} x^{0,3}$$

donde V_c : velocidad mínima en el transporte hidráulico (m/s).

g : aceleración de la gravedad, 9,81 m/s².

d : diámetro de la partícula sólida (m).

S : relación de las densidades del líquido y sólido.

C_v : concentración volumétrica de sólido en el líquido.

D : diámetro interno de la tubería (m).

Re_p : número de Reynolds de partícula.

x : factor de corrección, para velocidades críticas comprendidas entre 0,02 m/s a 1,62 m/s su valor es de 0,96.

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior que corresponden al tramo

PL01:

$$\frac{V_c}{\sqrt{9,81 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot (7,67 - 1)}} = 1,85 \cdot (0,038)^{0,1536} (1 - 0,038)^{0,3564} \left(\frac{35,05}{5}\right)^{-0,378} (13.070)^{0,09} (0,96)^{0,3}$$

$$V_c = 0,7 \text{ m/s.}$$

Comprobamos ahora la velocidad con la que circula la corriente líquida por la tubería:

$$V = \frac{Q_v}{S} = \frac{1,782 \text{ m}^3 / \text{h}}{\frac{\pi \cdot (35,05 \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 1846,89 \text{ m} / \text{h} \approx 0,5 \text{ m} / \text{s.}$$

La velocidad es por lo tanto insuficiente por lo que debemos seleccionar una tubería de menor diámetro. La seleccionada es la inmediatamente inferior, es decir, la tubería de diámetro nominal de 1 pulgada y diámetro interior de 2,664 cm. Con estos nuevos valores, el valor de velocidad crítica es:

$$V_c = 0,77m/s.$$

mientras que la velocidad en la tubería es ahora de:

$$V = 0,89m/s > V_c.$$

Por lo tanto con la tubería seleccionada se asegura en transporte hidráulico de los sólidos.

Para el cálculo de la potencia de la bomba debe también calcularse las pérdidas de carga por fricción y las debidas a los accesorios.

El valor del factor de fricción es:

$$f = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{\epsilon}{D} + \frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{1/3} \right] = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{0,05}{26,64} + \frac{10^6}{57.132} \right)^{1/3} \right] = 0,026.$$

Los accesorios que contiene la tubería son cuatro codos de 90° y una válvula de regulación tipo globo con valores $\zeta = 0,9$ y $\zeta = 10$ respectivamente. Por tanto las pérdidas por fricción son:

$$H_T = H + H_s = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(f \cdot \frac{L}{D} + \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(0,026 \cdot \frac{2,5}{26,64 \cdot 10^{-3}} + 13,6 \right) \cdot \frac{(0,89)^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$H_T = 0,65m.$$

Aplicando la ecuación de Bernouilli podemos calcular el trabajo necesario que debe realizar la bomba:

$$W = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \Delta z + H_T + \frac{\Delta v^2}{2g} = 1 + 0,65 + \frac{(0,88)^2}{2 \cdot 9,81} = 1,7m.$$

En las corrientes que contienen sólidos, se recomienda que se sobredimensione la potencia de la bomba multiplicándola por el término $(1+r)$ donde r es la relación másica entre sólido y líquido en la corriente, por lo que el trabajo a realizar por la bomba será:

$$W = 1,7 \cdot (1 + r) = 1,7 \cdot (1 + 0,29) = 2,2m.$$

La selección del tipo de bomba centrífuga se realiza en función de las curvas proporcionadas por las empresa Calpeda. El modelo seleccionado para un caudal de 30,34 l/min y una potencia de 2,2 m es A-25, la cual permite el bombeo de líquidos con partículas en suspensión de hasta 10 mm. Las demás características del equipo se encuentran en el Anexo de Equipos.

6.2 TRAMO PL02

Como valor inicial de diámetro se toma el sugerido por Peters[25]:

$$D_{i,opt} = 3,9 \cdot q_f^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 3,9 \cdot (0,0174)^{0,45} \cdot (68,278)^{0,13} = 1,09 \text{ pu lg.}$$

El diámetro comercial correspondiente (ver Anexo Gráfico, Tabla 3) es el de diámetro nominal $1^{1/4}$ pulgadas con un diámetro interior de 35,05 mm.

El valor del factor de fricción es:

$$f = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{\epsilon}{D} + \frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{1/3} \right] = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{0,05}{35,05} + \frac{10^6}{48.240} \right)^{1/3} \right] = 0,02.$$

Los accesorios que contiene la tubería son tres codos de 90° y una válvula de regulación tipo globo con valores $\zeta = 0,9$ y $\zeta = 10$ respectivamente. Por tanto las pérdidas por fricción son:

$$H_T = H + H_s = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(f \cdot \frac{L}{D} + \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(0,02 \cdot \frac{4,55}{35,05 \cdot 10^{-3}} + 12,7 \right) \cdot \frac{(0,511)^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$H_T = 0,2m.$$

Aplicando la ecuación de Bernouilli podemos calcular el trabajo necesario que debe realizar la bomba:

$$W = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \Delta z + H_T + \frac{\Delta v^2}{2g} = 2,15 + 0,2 + \frac{(0,511)^2}{2 \cdot 9,81} = 2,36m.$$

La bomba seleccionada es una bomba tipo multicelulares, proporcionada por la empresa Calpeda, atendiendo a las curvas proporcionada por la propia empresa:

Según la curvas, para un caudal de 29,58 l/min y una altura de 2,36 m, el modelo de bomba adecuado es MXH 202E, indicada para el bombeo de líquidos limpios en aplicaciones industriales. Las demás características del equipo se encuentran en el Anexo de Equipos.

6.3 TRAMO PL03

Para el tramo PL03, y ya que la corriente contiene sólidos, en este caso, los cristales de sulfato potásico, los cálculos para obtener el diámetro óptimo son análogos a los que se realizaron con el tramo PL01.

Como valor inicial de diámetro se toma el sugerido por Peters[25]:

$$D_{i,opt} = 3,9 \cdot q_f^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 3,9 \cdot (0,0171)^{0,45} \cdot (68,173)^{0,13} = 1,08 pu lg.$$

El diámetro comercial correspondiente (ver Anexo Gráfico, Tabla 3) es el de diámetro nominal 1^{1/4} pulgadas con un diámetro interior de 35,05 mm.

El valor de la velocidad mínima es:

$$\frac{V_c}{\sqrt{9,81 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (2,44 - 1)}} = 1,85 \cdot (0,043)^{0,1536} (1 - 0,043)^{0,3564} \left(\frac{35,05}{1,5} \right)^{-0,378} (257,67)^{0,09} (0,96)^{0,3}$$

$$V_c = 0,08m/s.$$

Comprobamos ahora la velocidad con la que circula la corriente líquida por la tubería:

$$V = \frac{Q_v}{S} = \frac{1,74m^3 / h}{\frac{\pi \cdot (35,05 \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 1803,32m / h = 0,5m / s > V_c.$$

Por lo tanto el tamaño de tubería seleccionada es correcto.

El valor del factor de fricción es:

$$f = 0,0055 \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{\epsilon}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right] = 0,0055 \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{0,05}{35,05} + \frac{10^6}{16.844} \right)^{1/3} \right] = 0,03.$$

Los accesorios que contiene la tubería son tres codos de 90° y una válvula de regulación tipo globo con valores $\zeta = 0,9$ y $\zeta = 10$ respectivamente. Por tanto las pérdidas por fricción son:

$$H_T = H + H_s = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(f \cdot \frac{L}{D} + \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(0,03 \cdot \frac{2,4}{35,05 \cdot 10^{-3}} + 12,7 \right) \cdot \frac{(0,5)^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$H_T = 0,19m.$$

Aplicando la ecuación de Bernouilli podemos calcular el trabajo necesario que debe realizar la bomba:

$$W = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \Delta z + H_T + \frac{\Delta v^2}{2g} = 0,9 + 0,19 + \frac{(0,5)^2}{2 \cdot 9,81} = 1,1m.$$

En las corrientes que contienen sólidos, se recomienda que se sobredimensione la potencia de la bomba multiplicándola por el término (1+r) donde r es la relación másica entre sólido y líquido en la corriente, por lo que el trabajo a realizar por la bomba será:

$$W = 1,7 \cdot (1 + r) = 1,1 \cdot (1 + 0,1) = 1,21m.$$

La bomba seleccionada es una bomba tipo centrífuga con rodete abierto de la empresa Calpeda, modelo C16/1E. Esta bomba se recomienda para aplicaciones con

líquidos moderadamente cargados de impurezas y admite cuerpos sólidos de hasta 4 mm de diámetro. Las demás características del equipo se encuentran en el anexo.

6.4 TRAMO PL04

El diámetro óptimo de tubería es:

$$D_{i,opt} = 3,9 \cdot q_f^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 3,9 \cdot (0,0175)^{0,45} \cdot (68,173)^{0,13} = 1,09 \text{ pulg} \approx 28 \text{ mm.}$$

que corresponde (ver Anexo Gráfico, Tabla 3) a un diámetro nominal de 1^{1/4} pulgadas con diámetro interior de 35,05mm.

El valor de fricción es:

$$f = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{\epsilon}{D} + \frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{1/3} \right] = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{0,05}{35,05} + \frac{10^6}{15.758} \right)^{1/3} \right] = 0,03.$$

Los accesorios de la tubería son siete codos de 90° y una te de confluencia en 90°, y una válvula de regulación, cuyos coeficientes de pérdida son $\zeta = 0,9$, $\zeta = 1,8$ y $\zeta = 10$ respectivamente.

La pérdida de carga total será:

$$H_T = H + H_s = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(f \cdot \frac{L}{D} + \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(0,03 \cdot \frac{16}{35,05 \cdot 10^{-3}} + 18,1 \right) \cdot \frac{0,513^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_T = 0,43 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli podemos calcular la potencia necesaria de la bomba:

$$W = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \Delta z + H_T + \frac{\Delta v^2}{2g} = 0,45 + 0,43 + \frac{(0,513)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,9 \text{ m.}$$

La selección del tipo de bomba se realiza en función de las curvas proporcionadas por las empresa Calpeda. El modelo seleccionado para un caudal de 29 l/min y una potencia de 0,9 m es MXH 202E, indicada para el bombeo de líquidos

limpios en aplicaciones industriales. Las demás características del equipo se encuentran en el Anexo de Equipos.

7 DISEÑO DE SILOS DE ALMACENAMIENTO.

Para el correcto funcionamiento de la planta, los reactivos y productos obtenidos en el proceso, es decir, carbonato potásico y sulfato potásico, serán almacenados en dos silos de almacenamiento.

Se ha decidido que los silos tengan una capacidad para almacenar una producción semanal.

En el caso del reactivo, carbonato potásico, su consumo es de 159,377 Kg/h y, dado que la planta opera 168 h/semana el consumo total de reactivo es de 26.775,336 Kg.

Para el cálculo del volumen del silo debe tenerse en cuenta que, ya que tratamos con producto granulado, el volumen real no es igual al volumen que ocupa en el silo debido a la porosidad del material (ϵ), que se define como la relación entre el volumen de huecos de un lecho y el volumen total (huecos más sólido) del lecho. El valor de ϵ depende de la forma de las partículas y la relación entre el diámetro de las partículas y el diámetro del lecho. Si suponemos que las partículas están dispuestas al azar y, teniendo en cuenta que el diámetro de las partículas es despreciable frente al del silo, el valor proporcionado por McCabe[17] es de $\epsilon = 0,34$.

Así pues, considerando la densidad de los cristales de K_2CO_3 como $\rho = 2.290\text{Kg/m}^3$, el volumen del silo viene dado por la expresión:

$$V = \frac{M}{\rho(1 - \epsilon)} = \frac{26.775,336}{2.290(1 - 0,34)} = 17,7\text{m}^3$$

Una vez obtenido el volumen del silo, aplicaremos un coeficiente de sobredimensionado que viene determinado por Baasel[4] según el cual los recipientes

mayores de $1,9 \text{ m}^3$ nunca se encuentran a más del 90% de su capacidad. Por tanto el volumen es de $19,66 \text{ m}^3$.

Para obtener el diámetro óptimo del recipiente empleamos la relación sugerida por Baasel[4]:

$$D_{\text{óptimo}} = 0,75 \cdot V^{1/3} = 0,75 \cdot (19,66)^{1/3} = 2,024 \text{ m} \approx 2050 \text{ mm}.$$

El silo esta constituido por una envolvente cilíndrica y una tolva tronco cónica con un diámetro inferior igual al del tubo de salida del sistema de transporte neumático que se ha establecido. Por consideraciones de resistencia de mecánica, no se recomienda que la tolva tenga un ángulo mayor de 30° respecto a la vertical, por lo que adoptaremos ese valor. La altura de la tolva es de $1,730 \text{ m}$ por lo que el volumen de la misma es de:

$$V_{\text{tolva}} = 0,2618h(D^2 + D \cdot d + d^2) = 0,2618 \cdot 1,730 \cdot ((2,05)^2 + (2,050 \cdot 52,5 \cdot 10^{-3}) + (52,5 \cdot 10^{-3}))$$

$$V_{\text{tolva}} = 1,953 \text{ m}^3$$

La altura de la envolvente cilíndrica es:

$$(V_{\text{silos}} - V_{\text{tolva}}) = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot H$$

$$H = \frac{4 \cdot (V_{\text{silos}} - V_{\text{tolva}})}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot (19,66 - 1,953)}{\pi \cdot (2,05)^2} = 5,365 \text{ m}$$

Cuando los sólidos granulares se almacenan en un silo, la presión lateral ejercida sobre las paredes en cualquier punto es menor que la calculada a partir de la carga de material situada por encima de dicho punto. Además, por lo general hay fricción entre la pared y los granos de sólido. La fuerza de fricción en la pared tiende a contrarrestar el peso del sólido y reduce la presión ejercida por la masa sobre el piso del contenedor.

La carga máxima sobre las paredes, para un material granulado en reposo, puede considerarse:

$$p_{\max} = \frac{\gamma \cdot A}{P \cdot \operatorname{tg} \varphi}$$

donde p_{\max} : carga máxima que se ejerce sobre el recipiente.

γ : densidad del material (kg/m^3).

A : area transversal del silo (m^2).

P : perímetro de dicha sección (m).

φ : ángulo de rozamiento del material contra las paredes del silo.

Dado que no se ha encontrado el valor concreto de φ para los materiales almacenados en los silos, se ha decidido, siguiendo las recomendaciones de diseño mecánicas de Reimbert[29], seleccionar el valor más desfavorable de ángulo de rozamiento para fosfatos. Estos materiales presentan, en principio, una mayor similitud con otros productos inorgánicos cristalinos de los que puedan presentar los cereales, materiales cuyos valores de φ sí se encuentran ampliamente recogidos en la bibliografía.

Sustituyendo los datos, obtenemos que el valor de presión máxima es:

$$p_{\max} = \frac{\gamma \cdot A}{P \cdot \operatorname{tg} \varphi} = \frac{1.511,4 \cdot \pi \cdot \frac{(2,05)^2}{4}}{\pi \cdot 2,05 \cdot 0,342} = 2.264,89 \text{ kg} / \text{m}^2.$$

Si se tiene en cuenta que el acero admite una tensión de $1.400 \text{ kg}/\text{cm}^2$, el espesor de la chapa es de:

$$t_{\min} = \frac{R \cdot p_{\max}}{1.400} = \frac{1,025 \cdot 2.264,89}{1.400} = \frac{2.321,51 \text{ kg} / \text{m}}{14 \cdot 10^6 \text{ kg} / \text{m}^2} = 0,16 \text{ mm}.$$

A estas paredes se les suele dar un espesor mínimo de 3 a 5mm para tener en cuenta también la corrosión y el desgaste, por lo que se elige un espesor de 3 mm.

El silo de almacenamiento estará sostenido por cuatro patas formadas por perfiles IPN 14. Para el caso de perfiles IPN-14 el valor de i_y es (ver Anexo gráfico, tabla2) igual a 1,40 cm. Si la longitud de las patas es de 200 cm, el valor de esbeltez es:

$$\lambda = \frac{L}{R_x} = \frac{200}{1,40} = 142,85 \approx 143.$$

Para este valor de esbeltez el valor del coeficiente de seguridad por pandeo es (ver Anexo gráfico, tabla1) igual a 3,45.

Teniendo en cuenta que cada pata sostiene la cuarta parte del peso del depósito, el valor de la tensión es:

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A} = 3,45 \cdot \frac{6.693,834}{18,3} = 1.261,95 \text{ kg/cm}^2.$$

El valor de tensión es menor que la tensión admisible del material que es de 1.400 kg/cm², por lo que no existe riesgo de pandeo en las patas.

En el caso del sulfato potásico las consideraciones realizadas son iguales a las del carbonato, por lo que se representan a continuación los valores obtenidos:

SILO DE ALMACENAMIENTO	VOLUMEN	ALTURA	DIÁMETRO
K₂SO₄	(m³)	(m)	(m)
TOTAL	21	7,225	2,1
TOLVA	2,1	1,775	2,1
ENVOLVENTE CILÍNDRICA	18,9	5,45	2,1

El espesor de la pared del silo es de:

$$t_{\min} = \frac{R \cdot p_{\max}}{1.400} = \frac{1,05 \cdot 2.697}{14 \cdot 10^6} = 0,2 \text{ mm}.$$

El espesor de pared elegido es de 3 mm.

El silo de almacenamiento estará sostenido por cuatro patas formadas por perfiles IPN 16, para cuyo caso, el valor de i_y es (ver Anexo Gráfico, Tabla 2) igual a 1,55 cm. Si la longitud de las patas es de 200 cm, el valor de esbeltez es:

$$\lambda = \frac{L}{R_x} = \frac{200}{1,55} = 129,03 \approx 129.$$

Para este valor de esbeltez el valor del coeficiente de seguridad por pandeo es (ver Anexo Gráfico, Tabla1) igual a 2,81.

Teniendo en cuenta que cada pata sostiene la cuarta parte del peso del depósito, el valor de la tensión es:

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A} = 2,81 \cdot \frac{8.327,76}{22,8} = 1.026,36 \text{ kg} / \text{cm}^2.$$

El valor de tensión es menor que la tensión admisible del material que es de 1.400 kg/cm², por lo que no existe riesgo de pandeo en las patas

8 DISEÑO DE SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO.

Para alimentar el cristizador con la cantidad necesaria de carbonato potásico particulado se emplea un sistema neumático. En un transportador neumático el fluido de la suspensión es un gas, generalmente aire, que circula con velocidades comprendidas entre 15 a 50 m/s, en tuberías que van desde 2 a 10 pulgadas (50,8 y 254 mm). La relación entre la masa de sólido y de gas (r) es generalmente menor de cinco. Para nuestro caso, en el que se pretende transportar partículas de una densidad aparente de 1.511 Kg/m³, la velocidad de flujo de aire recomendada por Perry[24], es de 45m/s.

La caída de presión que se requiere para pasar aire a través de un sistema neumático de transporte es pequeña, pero aumenta considerablemente cuando es preciso comunicar energía para levantar y mover sólidos. Este requerimiento adicional de energía, según un balance de energía basado en la ecuación de Bernouilli es:

$$E_s = r \left[\frac{p_b - p_a}{\rho_s \cdot g} + \frac{v_b^2 - v_a^2}{2g} + (Z_b - Z_a) \right]$$

donde E_s : energía comunicada a los sólidos por el fluido (m).

r : relación de masa de sólidos a fluido.

p_b y p_a : presión en la salida y entrada del sistema (Pa).

ρ_s : densidad de la partícula sólida (Kg/m^3).

v_b y v_a : velocidad del sólido a la salida y entrada del sistema (m/s).

g : aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Z_b y Z_a : altura del sólido a la salida y entrada del sistema (m)

La energía E_s es suministrada por el aire y es transmitida a las partículas sólidas por medio de la acción de las fuerzas de rozamiento entre el aire y el sólido. La energía E_s es un término de trabajo y debe aparecer en el balance de energía mecánica para el aire.

Suponiendo, además, que la caída de presión es una pequeña fracción de la presión absoluta, el aire puede considerarse como un fluido no compresible de densidad constante.

La caída de presión por tanto que se produce en el sistema es:

$$\frac{p_a - p_b}{\rho \cdot g} + (Z_b - Z_a) + \frac{\Delta v^2}{2g} = -E_s - h_f$$

Sustituyendo el valor de E_s , se obtiene que la caída de presión en el sistema es:

$$\Delta P = \frac{g(1+r)\Delta z + \frac{(1+r)\Delta v^2}{2} + h_f}{\frac{1}{\rho} + \frac{r}{\rho_s}}$$

Para el cálculo de las pérdidas de fricción y teniendo en cuenta que el problema de flujo simultáneo de dos fases es complejo y rara vez se pueden calcular las pérdidas de fricción con exactitud, supondremos que la pérdida de carga por fricción es igual a la que produciría una corriente de aire limpia. El diámetro nominal de tubería elegido es de 2 pulgadas.

Por lo tanto, el factor de fricción es:

$$f = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{\epsilon}{D} + \frac{10^6}{\text{Re}} \right)^{1/3} \right] = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(20.000 \cdot \frac{0,05}{52,5} + \frac{10^6}{164.820} \right)^{1/3} \right] = 0,02.$$

Los accesorios de la tubería son tres codos de 90° y una válvula de regulación, cuyos coeficientes de pérdida son $\zeta = 0,9$ y $\zeta = 10$ respectivamente.

La pérdida de carga total será:

$$H_T = H + H_s = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(f \cdot \frac{L}{D} + \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(0,02 \cdot \frac{3,65}{52,5 \cdot 10^{-3}} + 12,7 \right) \cdot \frac{(45)^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_T = 1.454,3m$$

Sustituyendo los datos obtenidos en la ecuación:

$$\Delta P = \frac{g(1+r)\Delta z + \frac{r\Delta v^2}{2} + h_f}{\frac{1}{\rho} + \frac{r}{\rho_s}} = \frac{9,81(1+1)2,15 + \frac{(1+1)(45)^2}{2} + 1.454,3}{\frac{1}{1,186} + \frac{1}{2.290}}$$

$$\Delta P = 4.174,3Pa = 0,04atms.$$

Si suponemos que la eficacia mecánica es de $\eta = 0,6$, la diferencia de presión que se debe proporcionar es:

$$\Delta P = \frac{\Delta P_t}{\eta} = \frac{0,04}{0,6} \approx 0,07atms = 7.092,75Pa$$

Para producir esta diferencia de vacío en el sistema, se decide emplear un soplante de canal lateral, los cuales son indicados para aquellas aplicaciones que exigen presiones considerablemente superiores a las que pueden conseguirse utilizando ventiladores centrífugos. Los extractores de canal lateral se utilizan en todas aquellas aplicaciones que demandan un vacío de servicio mayor del alcanzable con un ventilador y que sin embargo no precisan del uso de una bomba de vacío. Las piezas giratorias no están en contacto con la carcasa, por lo que no hay ninguna fricción durante el

funcionamiento ni, por lo tanto, ninguna necesidad de lubricación interna. Resulta pues que el gas transportado en la máquina no se contamina y permanece totalmente exento de aceite. Otras ventajas principales que ofrecen las máquinas de canal lateral incluyen la facilidad de instalación, el bajo nivel sonoro, una descarga exenta de pulsaciones y mantenimiento mínimo.

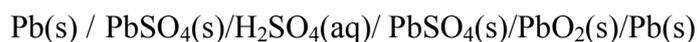
El soplante seleccionado es el proporcionado por la empresa Mapner, concretamente el modelo CL18/01, el cual proporciona una diferencia de presión de 100 mbar (10.000 Pa) y que puede llegar a proporcionar un caudal de aire de 184 m³/h. Las demás características del soplante se encuentran dentro del Anexo de Equipos.

Anexo II. Anexo explicativo

1	COMPOSICIÓN DE LA BATERÍA ÁCIDO-PLOMO.....	143
2	FUNCIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO.....	146
3	LÍNEAS GENERALES DEL TRATAMIENTO DE LAS BATERÍAS DESECHADAS.	149

1 COMPOSICIÓN DE LA BATERÍA ÁCIDO-PLOMO.

En 1859, G.Planté (1834-1889) construyó la primera batería secundaria con el objeto de sustituir las pilas usadas hasta aquellas fechas en telegrafía. El diseño básico de la celda constaba de dos laminas de plomo sumergidas en ácido sulfúrico como electrolito y puede representarse esquemáticamente como:



El diseño de los electrodos estaba basado en láminas de plomo como ánodos, mientras que los cátodos los obtuvo a partir de la corrosión de las láminas de plomo, lo cual originaba la formación de una capa de óxido de plomo en superficie. Fauré modifico, en 1880, el diseño de los electrodos sustituyendo la corrosión de láminas por el revestimiento de aquellas con una pasta de óxido de plomo y ácido sulfúrico, lo que provocaba un aumento significativo de la superficie de contacto del material activo con el electrolito y la consecuente mejora en la capacidad de la batería.

La celda galvánica es la unidad elemental de una batería. Los componentes fundamentales que la constituyen son:

- **ÁNODO.**

Está constituido por la especie que espontáneamente se oxida, cediendo electrones al circuito externo. La generación de los electrones origina una carga negativa sobre el electrodo lo que determina su polaridad negativa. La selección de un ánodo tiene en cuenta que sea buen agente reductor, que tenga alta conductividad y estabilidad, además de facilidad de fabricación y bajo coste.

El material activo en el caso de las baterías ácido-plomo está compuesto por cristales aciculares de plomo metálico que proporcionan una elevada superficie y buena conductividad eléctrica. Sin embargo, bajo condiciones extremas de uso, ejercida por elevadas corrientes y número de ciclos, los cristales adquieren forma esférica y elevado

tamaño lo que implica una disminución de la superficie de contacto electrodo/electrolito. Asimismo, bajo esta morfología, la pasivación en la superficie está favorecida por la adhesión irreversible del PbSO_4 . Para evitarlo se añaden aditivos, aproximadamente 1% en peso, derivados del ácido ligno-sulfónico que son denominados expansores. Estas sustancias se caracterizan por la propiedad de disminuir la tensión superficial del plomo, haciendo menos favorable la formación de grandes cristales. Por otro lado, aditivos como el BaSO_4 en polvo muy fino, que es isomórfico con el PbSO_4 , promueve la formación de capas porosas de PbSO_4 que no pasivan al ánodo.

- CÁTODO.

Consiste en una especie oxidante que acogerá los electrones que, liberados por el ánodo, le llegan por el circuito externo y que son consumidos en su reducción durante la reacción electroquímica. Es tomado como el polo positivo de la celda.

El material activo es el dióxido de plomo. Este compuesto puede existir como dos formas cristalinas α (romboédrica) y β (tetragonal). Puesto que el α - PbSO_4 y el PbSO_4 son isomórficos, una elevada concentración de fase α originaría la rápida formación de una capa densa y compacta de láminas coherentes de PbSO_4 que pasivarían la superficie del electrodo. Por tanto, se desea que el cátodo se componga mayoritariamente de la fase β . Afortunadamente, la fase β es más estable termodinámicamente por lo que, durante la vida de servicio de la batería, las pequeñas cantidades de fase α se transformarían rápidamente en fase β observándose una mejora en el rendimiento.

Con el fin de conseguir una densidad de corriente óptima, es necesario que el material sea muy poroso para que el contacto entre sólido y electrolito sea grande. La porosidad es también importante porque el PbSO_4 formado es más voluminoso que el

PbO₂ pudiendo provocar, sin existencia de volumen vacío, tensiones en la estructura que originarían la destrucción del cátodo. En una batería típica de automóvil, su superficie oscila entre 50 y 150 m²/Ah.

- REJILLAS.

La misión de la rejilla es la de sostener el material electrodo y actuar como colector de la corriente que llega o parte del circuito externo. Debido a la buena conductividad del plomo y su bajo punto de fusión (327°C), es usado como materia principal de la rejilla ya que estas se preparan por fusión del material y encastramiento en moldes. En la mayoría de los casos, se añaden aditivos como el antimonio, que mejoran las propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión de una rejilla de plomo puro. Con ello, se desea evitar el desprendimiento de material activo de los electrodos que se acumulan progresivamente en el suelo del recipiente de la batería llegando a ocasionar pérdida de capacidad e incluso, tras un elevado número de ciclos, el cortocircuito del sistema.

- ELECTROLITO.

Su propiedad principal es la de ser un buen conductor iónico y mal conductor electrónico. Normalmente es un líquido que puede ser bien agua u otro disolvente en cuyo seno se haya disuelto una sal, un ácido o una base responsable de la conductividad iónica. Algunos electrolitos son sólidos lo que supone una gran ventaja en la manipulabilidad de la celda, si bien es cierto que como requisito debe cumplir que posea una buena conductividad iónica a la temperatura de trabajo de la batería.

La disolución electrolítica debe poseer una alta conductividad iónica lo más constante posible durante el proceso. El electrolito está constituido por H₂SO₄ y H₂O en la proporción que asegure una baja resistencia eléctrica. La presencia del ácido impide

el uso de materiales metálicos en la construcción del recipiente. En las baterías de plomo-ácido, el electrolito se consume en la reacción, por lo que su concentración disminuye durante la descarga. De este modo, el control de la densidad permite conocer el estado de carga de la batería. Así, cuando la batería está completamente cargada, el potencial de la celda es 2,15 V con una concentración de ácido sulfúrico en el electrolito del 40% en peso y una densidad de 1,30 Kg L⁻¹. Cuando está descargada, E=1,98 V con un 16% en peso de H₂SO₄ y 1,10 Kg L⁻¹. La mayoría de las baterías cargadas poseen una densidad que oscila entre 1,27-1,30 Kg L⁻¹. Ello corresponde a una concentración de H₂SO₄ en agua que asegura una baja resistividad específica de la disolución iónica.

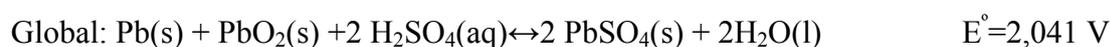
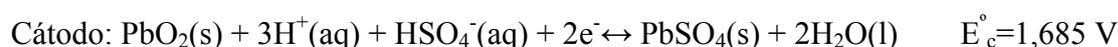
- SEPARADORES.

El separador es una lámina aislante de material poroso situado entre el cátodo y el ánodo que impide su contacto. Normalmente, se dispone envolviendo al cátodo por lo que también soporta al material activo del electrodo positivo y previene de la formación de dendritas.

Los más extendidos para su uso en baterías SLI(Start, Light & Ignition) de automóviles de turismo son aquellos basados en polímeros sintéticos ya que la porosidad puede controlarse dentro de ciertos niveles de tolerancia durante el proceso de manufactura.

2 FUNCIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO.

La reacción electroquímica global que ocurre en las baterías de plomo-ácido se expresa como sigue:



DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

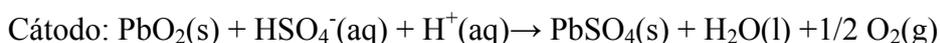
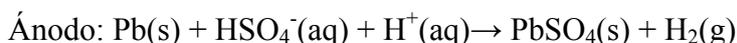
Estas reacciones tienen lugar en los procesos de descarga, carga y autodescarga.

DESCARGA.

Durante la descarga, la combinación del ácido sulfúrico con plomo y dióxido de plomo produce sulfato de plomo en ambos electrodos. El PbSO_4 formado como producto de la reacción electroquímica es un mal conductor eléctrico. Se deposita como una capa densa de grano fino que puede pasivar a ambos electrodos llegando a poder reducir la capacidad hasta valores tan pequeños como 5-10% de la teórica según las corrientes empleadas.

AUTODESCARGA.

Otro factor que afecta a la capacidad es el tiempo de almacenamiento de baterías en circuito abierto durante periodos largos. Durante este tiempo se origina una disminución de la capacidad debido a la inestabilidad de los electrodos en contacto con el H_2SO_4 , según las reacciones siguientes:



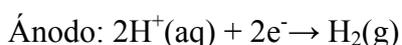
La cinética de estos procesos de autodescarga depende de la temperatura, la composición del electrolito y del contenido de impurezas u otros elementos en los electrodos. Un caso particular de este último factor es la presencia de antimonio en las rejillas de sujeción. La presencia de este elemento en los electrodos acelera la reacción de autodescarga. Es por ello, que la tendencia en los últimos años es la utilización de aleaciones de plomo-calcio en las rejillas, de forma que reduzca el antimonio a concentraciones bajas o cero.

CARGA

Si la batería está bien diseñada y el procedimiento de carga es correcto, una batería de plomo-ácido puede dar muchos ciclos de carga y descarga sin merma aparente de sus prestaciones. Durante la carga, el sulfato de plomo es reducido a plomo

en el ánodo y oxidado a PbO_2 en el cátodo. La respuesta del potencial de la celda es una subida inmediata de voltaje debido principalmente al incremento repentino de la densidad del electrolito en los poros del material activo. La posterior subida de voltaje es progresiva y está gobernada por la velocidad de producción del ácido en los electrodos y su difusión en el seno del electrolito.

Para conseguir una carga completa es obligado en ocasiones descargar la batería lo que origina una reacción colateral de descomposición del agua, denominada electrólisis, según las siguientes reacciones:



Como resultado del proceso de gasificación, la eficacia del proceso de carga oscila entre 0,85 y 0,9. Estos valores varían según la profundidad de la descarga y la velocidad de la carga. Con el objeto de mejorar la eficacia del método de la carga, se recurre a la carga parcial de la batería. Ello consiste en terminar la carga antes de que se produzca la electrólisis del agua. Para ello es conveniente controlar en todo momento el estado de carga de la batería registrando el potencial o la densidad del electrolito. De otro modo, la carga se considera totalmente completada cuando tanto el voltaje de la batería como la densidad del electrolito permanecen constantes durante tres horas.

El resultado es una batería que aporta 0,033 kW h /Kg con una vida media de servicio que oscila entre 3 y 5 años.

3 LÍNEAS GENERALES DEL TRATAMIENTO DE LAS BATERÍAS DESECHADAS.

Tanto la composición y tipo de las baterías, como las condiciones medioambientales, determinan el tipo de tratamiento metalúrgico a aplicar. En general, el proceso obedece a tres métodos:

1. **Métodos directos**, que tratan baterías completas tal y como se reciben del recuperador. Por supuesto, antes de pasar a los hornos han de ser drenadas.
2. **Métodos semidirectos**, que antes del proceso metalúrgico, someten a la batería a una separación de las cajas o carcasas.
3. **Métodos indirectos**, en los que las baterías se someten a un tratamiento que permite la separación más completa posible de materiales plomíferos que van a la metalurgia, del resto de los materiales no plomíferos.

Dentro de esta clasificación podría hacerse una distinción, según se utilicen procesos pirometalúrgicos o hidrometalúrgicos. En general, los primeros son los más convencionales, aunque también la hidrometalurgia va alumbrando nuevas tecnologías aplicables al reciclado del plomo.

En términos generales, se puede dividir el proceso global de reciclaje de baterías en dos grandes grupos: el pretratamiento y el proceso metalúrgico propiamente dicho. El primero de ellos se realiza antes del proceso metalúrgico, en el cual el material es fundido en el horno para su recuperación.

□ PRETRATAMIENTO DE BATERÍAS.

Los fines generales de cualquier método de pretratamiento de baterías se pueden resumir así:

- Obtener la máxima recuperación del metal base.

- Recuperar el máximo de materias metalíferas susceptibles de tratamiento metalúrgico ulterior.
- Recuperar como subproductos cualquier material que pueda tener valor comercial.
- Conseguir residuos finales con la mínima conflictividad medioambiental

El pretratamiento de las baterías o desguace, para utilizar un término muy familiar con esta actividad, ha evolucionado mucho en los últimos tiempos, con tendencia a abandonar las operaciones manuales o poco mecanizadas y automatizadas por razones obvias. Pero, de una forma o de otra, lo que se busca es una fragmentación de las baterías seguida por una clasificación y separación de los distintos componentes.

La fragmentación en masa de baterías, por razones de productividad, eficacia y control ambiental son cada vez más utilizadas, y, su esquema general de funcionamiento, se ajusta a la aplicación de procesos mineralúrgicos, bien conocidos, y a la utilización de equipos o métodos muy similares y en línea con los empleados en la concentración de minerales (mineralúrgia). Este tipo de tratamiento se hace en plantas de diseños diversos pero que, con pocas variantes, constan de cuatro secciones:

1. Recogida de ácido.
2. Fragmentación
3. Separación y concentración.
4. Tratamiento de líquidos.

1. Recogida del ácido

La recogida del ácido se hace, en primer lugar, en el área de almacenamiento de baterías, que debe contar con pisos impermeabilizados y canales de captación. La corrosión obliga a la utilización de materiales especiales en esta sección.

2. Fragmentación

La fragmentación tiene por objeto liberar los distintos componentes sólidos, de forma que puedan separarse unos de otros. Los equipos de fragmentación más utilizados son el molino de martillos y el tambor triturador, actuando este último de una forma muy similar a los molinos autógenos, produciéndose la rotura de las baterías por la caída y golpeo de unas sobre otras. A veces, el tambor está provisto de calentamiento, con objeto de secar los materiales y facilitar el cribado y clasificación.

3. Separación y concentración

La separación y clasificación de los distintos componentes de las baterías se lleva a cabo por dos tipos:

Clasificación Hidráulica

Se comienza por una fragmentación primaria en un tambor triturador, calentado con fuel, el cual rompe las baterías, y da origen a tres tamaños de partículas: mayores de 200mm, que corresponde a las cajas; entre 200 y 10mm y menores de 10mm. Este último formado por pasta activa, se destina a los hornos.

La parte cribada a través de las rejillas del tambor corresponde a la pasta activa, que se destina a la metalurgia secundaria. Los tamaños mayores se trituran en un molino de impactos y se someten a una clasificación en serie por medio de hidroclasificador. La parte intermedia se trata en un separador de medios densos con densidad relativa de corte variable entre 1,7 y 2 y que da origen a dos productos que, a su vez, se criban en húmedo para separar material plomífero con destino a la metalurgia secundaria, residuos orgánicos y un producto “mixto” que se recicla en cabeza del proceso. Los productos finales de esta clasificación son plásticos y material plomífero, más un residuo que se recicla dentro de la propia planta.

Clasificación neumática.

Se procede, como primer paso, a guillotinar los fondos de las cajas de las baterías, separando la parte superior que se tritura y, por medio de un separador de corriente de aire ascendente, se separa la materia metálica, con destino a la fundición, de la materia orgánica. Los fondos de las baterías, pasan a una separación de cajas y componentes interiores, operación que comenzó siendo manual. Las cajas se someten a lavado, con separación y recuperación de los lodos, formados por materias activas con destino a la fundición, quedando las cajas como residuo. Los paquetes de rejillas se pasan por un tambor secador, para facilitar la separación en un eulitriador de aire que da lugar a tres fracciones: las de menor tamaño, formada por la pasta activa; la de mayor tamaño, que se tritura y reclasifica, y la intermedia, que se ciclona para separar la parte no metálica.

4. Tratamiento de Líquidos

Hay que distinguir entre lo que es el tratamiento del ácido drenado de las baterías y el de los líquidos o pulpas en circulación cuando se trabaja por vía húmeda. En el primer caso, el ácido puede recuperarse para su uso posterior o bien neutralizarse, como sulfato sódico (vendible, a veces) o sulfato cálcico.

□ **TRATAMIENTO METALÚRGICO.**

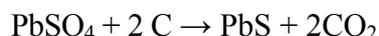
La metalurgia secundaria del plomo era, al finalizar la década de los noventa, de carácter predominantemente pirometalúrgico, aunque ya existían algunas plantas industriales hidrometalúrgicas, además de varios procesos en estudio por esta misma vía. Posiblemente la hidrometalurgia irá a más pero, en principio, no parece probable que, a corto o a medio plazo, la pirometalurgia pierda su carácter dominante, mucho más si se tiene en cuenta que las fundiciones primarias tienden, cada vez más, a añadir a la carga de concentrados de sus

hornos materias primas secundarias, es decir, que la ambivalencia, es práctica común y en aumento.

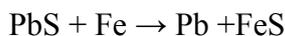
Las fases principales del proceso metalúrgico son:

- Secado de la carga.
- Volatilización y combustión de los compuestos orgánicos que puedan existir.
- Fusión de los componentes metálicos plomíferos.
- Fusión de la pasta activa y de otros componentes metálicos de punto de fusión más bajo que el del plomo.
- Reducción de componentes metálicos oxidados.
- Formación de la escoria y, si ha lugar, de la mata.

El agente reductor es el carbón, en forma de coque o de antracita. Conviene que sea bajo en cenizas para aminorar la formación de escorias. El coque reacciona con el sulfato de plomo produciéndose la reacción:



Como agentes escorificadores y fundentes, se emplean normalmente, caliza, cloruro sódico y chatarra de hierro, la cual se añade para formar matas con el fin de obtener plomo metálico mediante la reacción:



Como quiera que el plomo producido es un plomo bruto -o de obra-, si se quiere conseguir una categoría superior, habrá que acudir a un proceso complementario de afino.

En la metalurgia secundaria del plomo se utilizan, prácticamente, los mismos tipos de hornos que en la primaria, adaptados a las materias a tratar. Cuando éstas son baterías, la carga del horno puede hacerse con baterías completas, previamente drenadas para separar el ácido, o bien con los materiales procedentes de un tratamiento de las baterías, es decir, alimentarse con elementos metálicos (placas) pasta (óxidos y sulfatos) operando a una

temperatura próxima a los 1.100°C. Variarán, en cada caso, la forma de conducir los hornos, pero éstos serán, básicamente, los clásicos ya indicados.

Afino.

El llamado plomo de obra tiene un valor comercial muy limitado, además de plantear problemas a la hora de formar ciertas aleaciones. En consecuencia, cuando las circunstancias así lo exijan, habrá que someter al plomo bruto a un proceso de afinado que, en principio, es el mismo con independencia de que su origen sea primario o secundario. La diferencia que podría existir de orden práctico es que, cuando se trate del afinado del plomo secundario, el proceso, por lo común, será más simple ya que, por la naturaleza de las materias primas empleadas, habrá algunos metales, especialmente plata, que no estén presentes.

El afinado del plomo es un proceso que consta de varias fases:

- Eliminación del cobre, mediante oxidación.
- "Ablandamiento", consistente en la separación del antimonio, estaño y arsénico. Se hace por adición de sosa y nitrato sódico, recuperándose dichos metales como antimoniatos, estannatos y arseniatos que, a su vez, pueden ser objeto de tratamiento y reciclado.
- Desplataado, por el método PARKES, y descincado subsiguiente del plomo, por vacío.
- Desbismutado, por el proceso KROLL-BETTERTON, a base de adición de magnesio.

Las temperaturas en juego no exceden nunca los 500-600° C, y la operación se lleva a cabo en calderas semiesféricas de acero y calefacción inferior, que pueden disponer de agitación mecánica.

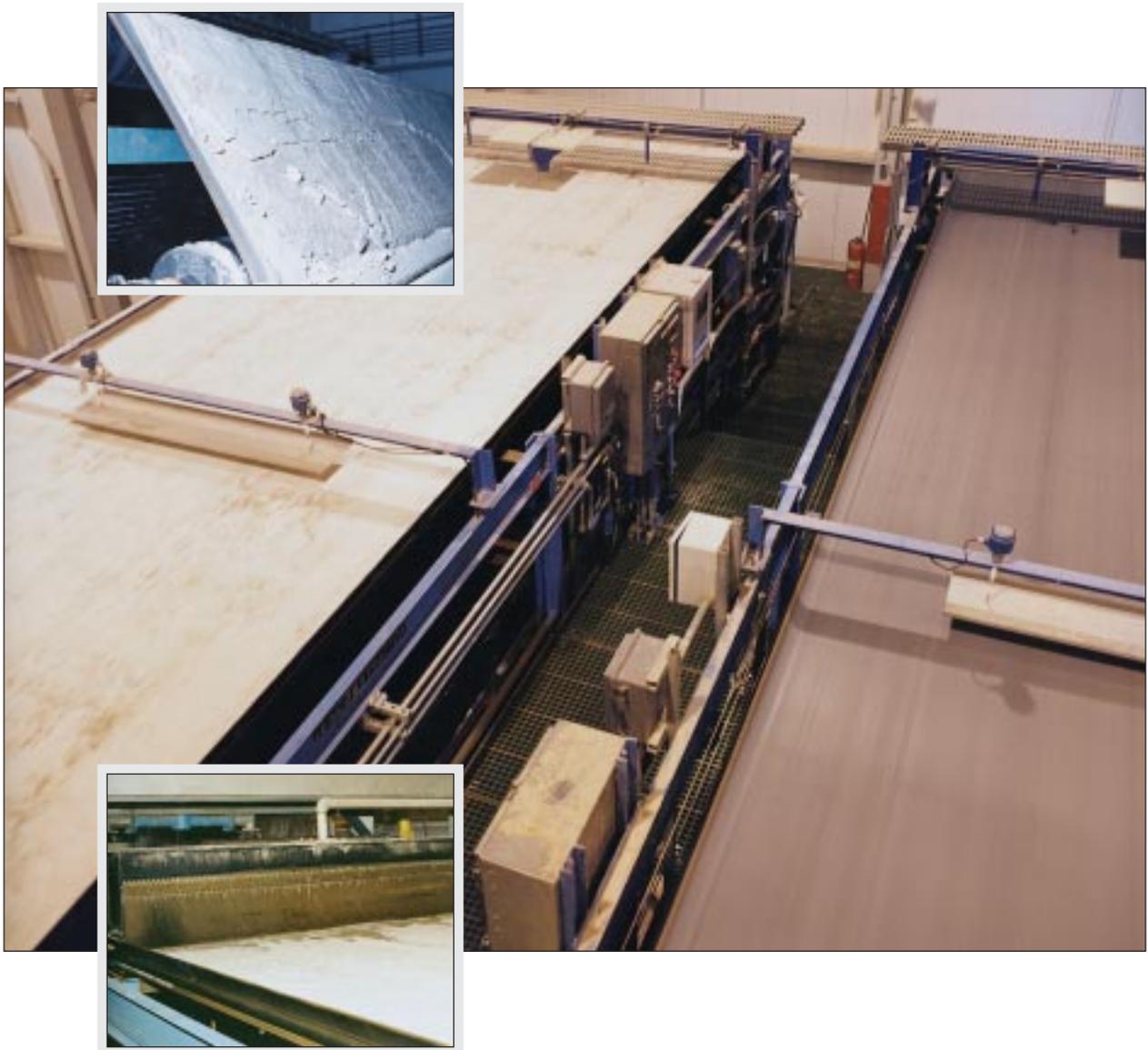
Anexo III. Equipos.

- 1- FILTRO DE BANDA HORIZONTAL.
- 2- FILTRO ROTATORIO A VACÍO.
- 3- SECADERO ROTATORIO.
- 4- AGITADOR TIPO VRP GAMA HEISEN.
- 5- SOPLANTE MAPNER CL 18/01.
- 6- BOMBA CALPEDA A 50.
- 7- BOMBA CALPEDA MXH 202E.
- 8- BOMBA CALPEDA C 16/1E.
- 9- COMPRESOR MYCOM 250 VSD.
- 10- MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO KOBOLD NUS.
- 11- TRANSMISOR DE CAUDAL KOBOLD DWN-16.
- 12- TERMORRESISTENCIA KOBOLD TWA R44.

EIMCO-Extractor[®]

Horizontal Belt Vacuum Filter

*For High Production Solid Liquid Separation
with Washing Capabilities*



Applications of Horizontal Belt Filters

EIMCO's Experience

Since 1961, when the first EIMCO Extractor® Horizontal Belt Filters were built, EIMCO has supplied more than 700 units worldwide, far more than any other manufacturer. EIMCO not only offers process expertise in a wide variety of applications, but also provides more elastomer choices for drainage belts than any other horizontal belt filter supplier.

Applications of Horizontal Belt Filters

EIMCO Extractor filters can be applied to many different slurries, including fibrous materials, fine slimes, and coarse granular solids. They provide high extraction efficiency, low cake moisture, increased production and reduced operating costs while achieving maximum filtration area in comparison to other filter options. EIMCO Extractor filters maximize cake purity at a minimum cost per pound of product.

Horizontal Belt Filters Should Be Used When:

Thorough cake washing is required with

- Free settling solids
- Complete processing of feed materials
- Maximum product recovery
- Minimum operating cost

A flexible range of operating conditions is required

Simplicity of operation and maintenance are required

Process contact requires exotic construction materials

EIMCO Extractor filters are especially suited for applications requiring low cake moisture and multi-stage washing. Low energy consumption and high filtration rate make EIMCO Extractor filters an excellent choice for a wide range of processes, including:

- Minerals processing
- Metallurgical ores
- Chemical Processing
- Power wastes
- Industrial waste
- Food processing
- Pulp washing

Principles of Operation

A. Feed slurry is uniformly distributed over the full width of the filter by a top feed arrangement. This eliminates cake formation problems associated with fast settling material. Gravity helps reduce vacuum energy and cake formation time. Several types of feed box arrangements are available, tailored to the process requirement.

B. Cake travels with the filter media which is supported by the rubber drainage belt. Dewatering is accomplished by applying vacuum to the bottom of the drainage belt.

C. Differential pressure draws slurry liquor through the filter cloth, along channels in the support belt to drain holes centered over the vacuum pan. Channels and drains must be carefully sized to accommodate the hydraulic and pneumatic flows required for efficient filtration.

D. Co-current or counter current wash systems are designed to meet the specific process requirement, employing one or more independent washing zones to optimize product recoveries.

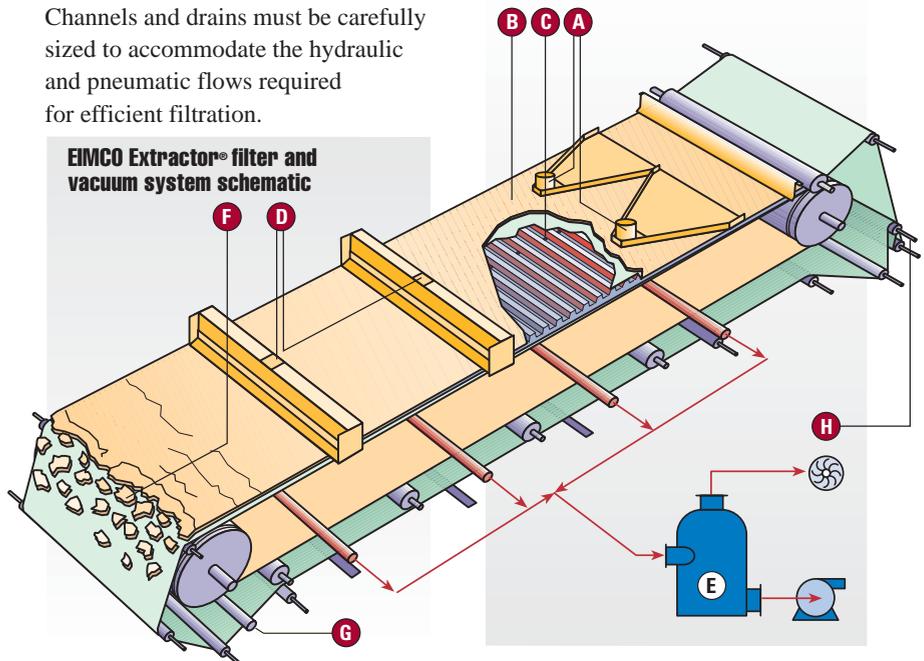
E. Filtrate and air enter the vacuum receiver(s) where the liquid drops out and is pumped away. Air exits at the top of the receiver due to the negative pressure developed by the vacuum pump.

F. Cake is discharged as the filter media travels around a small roller after separating from the drainage belt.

G. Multiple wash sprays clean the drainage belt and filter media independently to extend the service life of both.

H. Continuous tension is maintained on the belt and filter media. Positive, automatic tracking and alignment of the filter media is controlled by sensors. Cleaning, tensioning, alignment, and support from the drainage belt contribute to an improved filter media life.

EIMCO Extractor® filter and vacuum system schematic



Features and Benefits

Belt speeds up to 200 feet per minute.

Fast filtration cycles minimize cake thickness for maximum production, and cake washing efficiency and drying. By controlling the speed of the filter and process conditions, cake thickness can be varied from 1/16 of an inch to 8 inches.

Low maintenance

Heavy duty construction meets and exceeds special demands of 24 hour continuous operation. To minimize corrosion, frames are available in stainless steel as well as carbon steel. Wetted parts can be supplied in a variety of stainless steels and other specialty metals as required for process conditions. The filter cloth is continuously washed to prevent blinding. Cloth changes are accomplished quickly and easily.

Minimal Operation Attention

Filtration surfaces are visible at all times. Normally, only a periodic operator check is required. Alarm instrumentation can be supplied for control room reporting.

Low Installation Cost

EIMCO Extractor filters, including all auxiliaries, can be located on one floor, saving on plant space and construction costs. Filters up to 512 ft² (47 m²) have been shipped fully assembled.



Drainage Belts

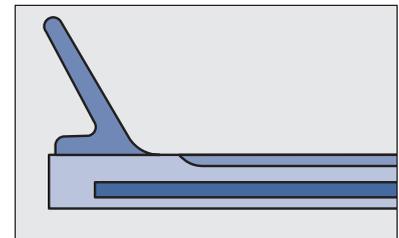
The most important component of the EIMCO Extractor filter is the drainage belt. Drainage belts are uniquely designed for each application to suit the process and environment. Important characteristics of the belt are:

- Uniform filtration
- Mechanical strength
- Chemical resistance

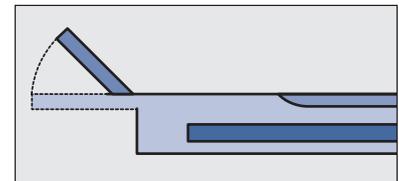
Years of belt manufacturing and product research have provided EIMCO with expertise in vulcanization, drainage profile, and carcass and elastomer selection. Drainage belt carcasses are totally encapsulated in the elastomer to protect against chemical attack and carcass delamination. Carcass and elastomer selection are based on standard testing procedures and empirical data.

Drainage belts are available in natural rubber, SBR, EPDM, Neoprene, Hypalon, and Butyl. All belt splices are hot vulcanized to maximize the strength of the splice and insure carcass protection. Standard belt widths range from one to ten feet (0.3 to 3.2 meters).

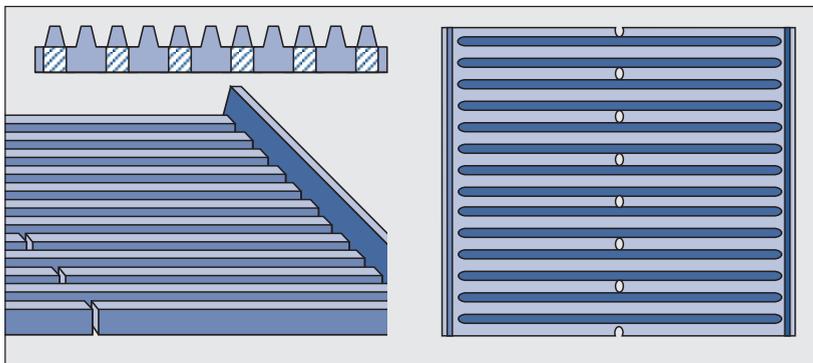
EIMCO utilizes two designs for the belt-edge seal:



1. Flexible flanges fold down when passing over the pulleys. Both flanges are vulcanized to the edge of the drainage belt.



2. Elastomer lips are raised in the filtration zone and may be supplemented by static-sideboard seals.

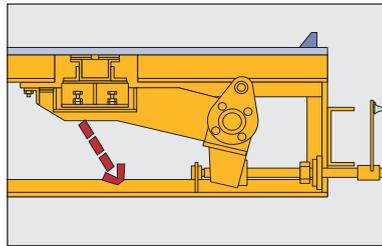
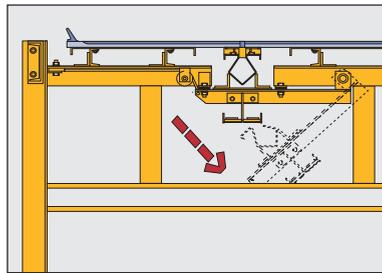
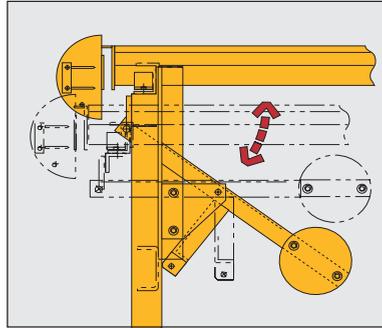


Vacuum Pan and Lowering Mechanism

Lowering Mechanism

A pan located beneath the support belt drain holes serves as a vacuum manifold and filtrate collection chamber. On larger filters (4600 series and above) a lowering mechanism is provided to simplify vacuum pan inspection and maintenance. On large, severe duty filters, a counterweighted system is required to lower the pan vertically. By maintaining a parallel orientation to the filter surface during travel, this arrangement eliminates realignment difficulties and assures positive reseating.

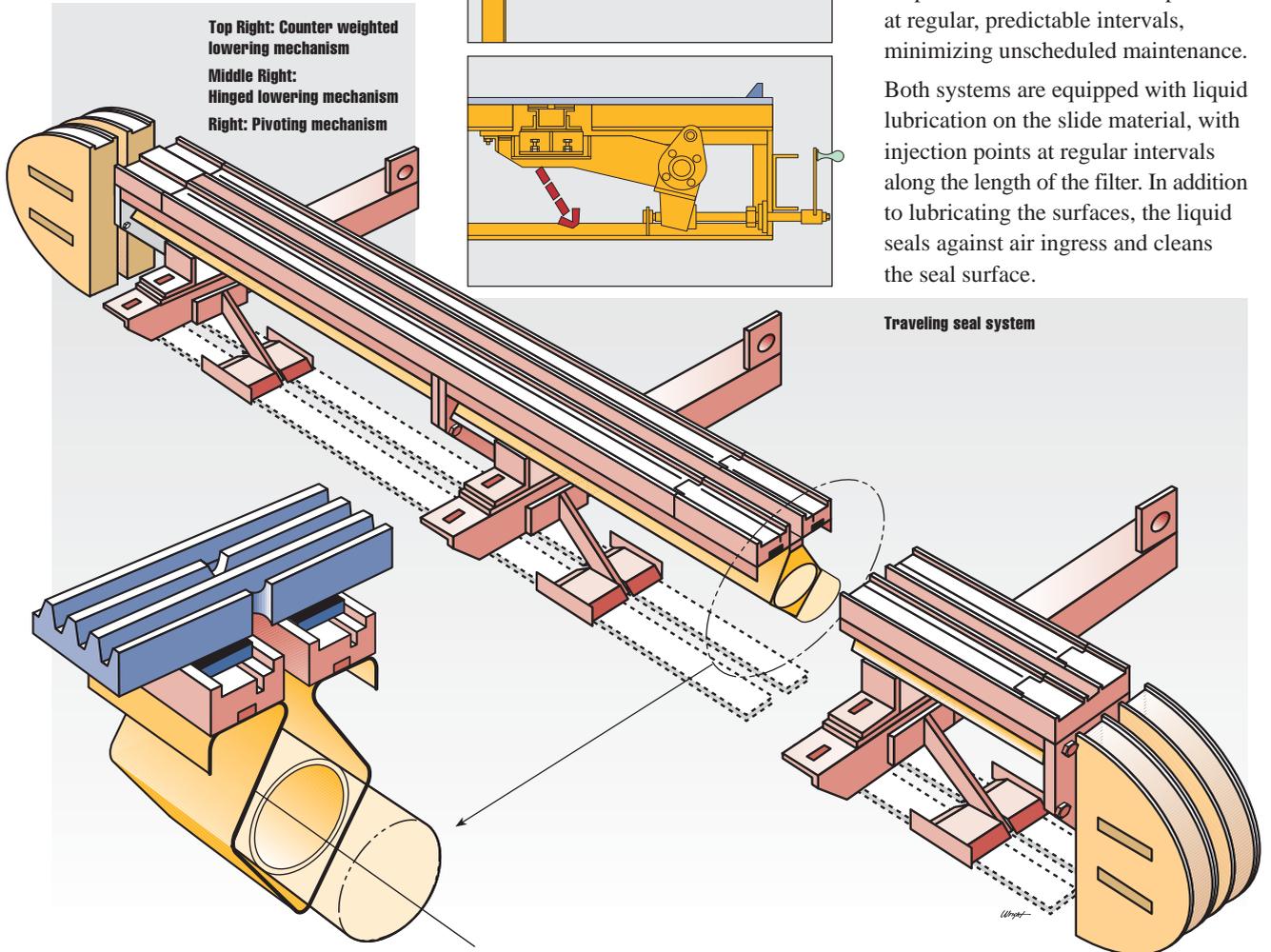
A hinged cable and capstan arrangement and mechanical pivot system are also available.



Top Right: Counter weighted lowering mechanism

Middle Right: Hinged lowering mechanism

Right: Pivoting mechanism



Vacuum Sealing systems

EIMCO Extractor filters are equipped with a vacuum seal that prevents vacuum loss between the moving drainage belt and the stationary vacuum pan. Two types of seal systems are available.

Traveling seals are independent of the drainage belt and move relative to the top of the vacuum pan. Most of the wear occurs on the traveling seals which are easily replaced.

Fixed-seal systems incorporate a center rib vulcanized to the drainage belt and a slide strip attached to the vacuum pan. Most of the wear occurs on the slide strip material which can be replaced at regular, predictable intervals, minimizing unscheduled maintenance.

Both systems are equipped with liquid lubrication on the slide material, with injection points at regular intervals along the length of the filter. In addition to lubricating the surfaces, the liquid seals against air ingress and cleans the seal surface.

Traveling seal system

Manufacturing

All phases of design and manufacturing are closely monitored according to strict, documented quality control procedures. Customers are invited to witness the factory test prior to shipment. Because most units are shipped fully assembled, installation costs are minimal. Often, all that is required at the installation site are basic foundation preparation and necessary hookups.

EIMCO can also size and provide all necessary vacuum accessories for a complete turn-key system.



Parts Service

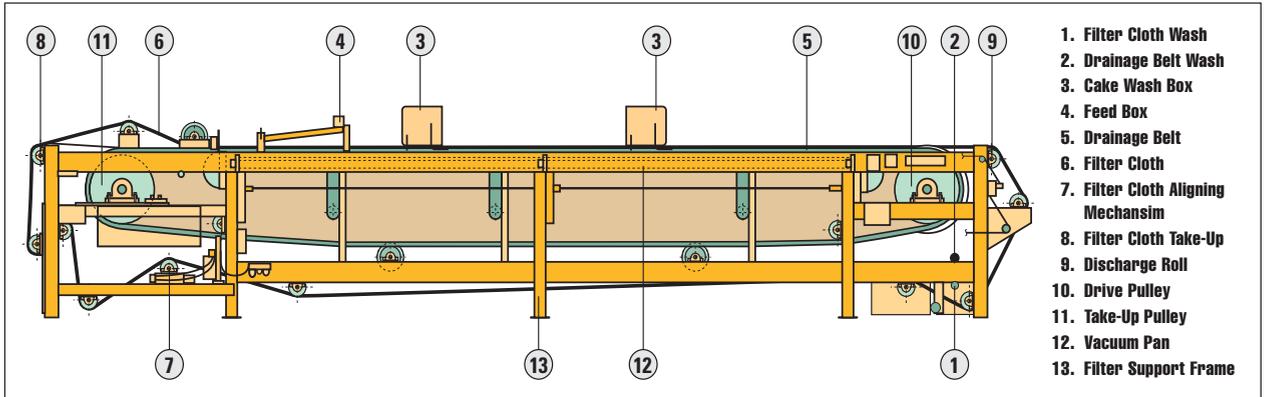
EIMCO Service Parts department is dedicated to keeping units functioning at peak performance. Critical replacement items are inventoried for quick response to the customers' needs. Preventive measures should not be ignored however, and EIMCO Service Parts will recommend standard replacement parts.



- *All materials of construction are determined by the operating conditions*
- *Belt deck support is either water-lubricated or air supported*
- *Several feed mechanism designs are available*
- *Several cake wash distributor designs are available*
- *Various filter media weaves, fabrics and widths can be supplied*
- *Media wash sprays clean both sides of the media to prevent blinding*
- *All drainage belt carcasses are totally encapsulated*
- *Support frame and cross supports are of heavy-duty structural steel*



EIMCO-Extractor



For a complete listing of office locations, visit www.glv.com or contact our US office at 1.801.526.2000

DORR-OLIVER EIMCO

e-mail: doeinfo.sl@glv.com • www.glv.com



Rotary Drum Filter



GL&V/Dorr-Oliver 8 x 10 ft. Drum Filter with Belt Discharge

Features

The GL&V/Dorr-Oliver drum

Manufactured to exacting tolerances to give you maximum efficiency during cake formation, washing drying, and cake discharge. The piping arrangement assures a smooth even flow of liquid and air. This results in maximum vacuum at the working surface of the drum, which in turn produces higher filtering rates. The filtrate piping design is tailored to meet the specific needs. The drum is fitted with standardized drainage grids of polypropylene or heavy 5-mesh wire screen depending on the application. Precise machining of internal fly rims, drum heads, openings and flanges for the trunnions assures concentricity.

Non-lubricated torsion bearing

A unique feature of the GL&V/Dorr-Oliver agitator is the rubber torsion bearing. Because it does not require lubrication, it prevents possible contamination of the slurry with lubricant, a common problem. Torsion bearings last much longer and require less attention.

Our specially designed agitator is exceptionally strong. Its boxed construction virtually eliminates twisting and flexing, thus lengthening the useful life of the equipment. The long swing gives plenty of rake overlap to prevent cake build-up on the tank bottom. Our method of torsion bearing pin mounting permits the agitator to remain in line with the filter drum at all times, thereby eliminating the danger of drive and agitator damage during installation, maintenance, or replacement work.

Three-point suspension valve

The heart of our filter is the automatic filter valve. Our exclusive valve has many features which can be translated into higher production and lower maintenance cost to the owner.

- Three point external support eliminates troublesome center pin.
- Streamlined contour for high filtering rates and low wear.
- One inch thick wear plate, which can be resurfaced several times, instead of the "throw-away" type.
- Single or double outlets to fit specific needs.

GL&V/Dorr-Oliver drum filter technical data

LENGTH ft.	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
A	710"	910"	1110"	1310"	1510"	1710"	1910"	2110"	2310"	2510"	2710"	307"	327"	347"	367"	387"	407"	
B	Drain on drum. ϕ												611"	75"	711"	85"	811"	
V	Valve can be located on either or both ends. See dia. table for projection.																	

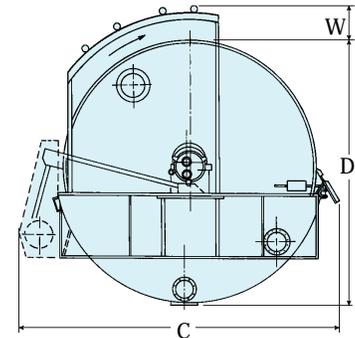
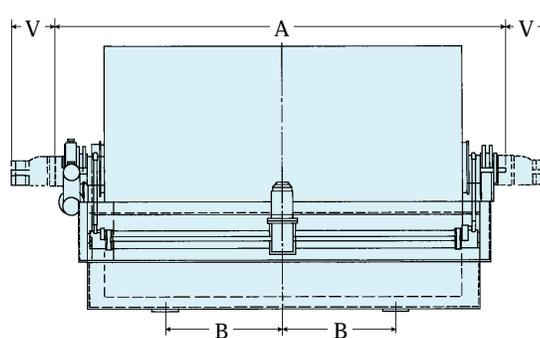
DIA. ft.	6	8	10	12	13	13'-6"
C	8'4"	10'4"	12'4"	14'4"	17'0"	17'6"
D	6'10"	8'10"	10'10"	12'10"	14'0"	14'6"

DIA. ft.	6	8	10	12	13	13'-6"
V	1'5"	1'7"	1'7"	1'7"	2'1"	2'1"
W	Add approx. 12" all dia.					

DIA. ft.	TOTAL FILTER AREA — SQ. FT																
	Length In Feet																
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
6	75	113	151	188	226												
8			200	250	300	350	400										
10				310	372	434	496	558	620								
12					456	532	603	684	760	836	912						
13									817	899	980	1061	1143	1225	1306	1388	
13'-6"									848	933	1018	1103	1188	1272	1357	1442	1527

DIA. ft.	APPROXIMATE OPERATING WEIGHT - LBS.																
	Length In Feet																
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
6	7400	8900	10300	11700	13100												
8			2080	2200	24100	26250	2820										
10				24100	2950	3500	40250	4570	51000								
12					3700	4030	4370	4700	5030	5360	5700						
13									68000	72500	77000	82000	84300	88500	92900	98200	
13'-6"									78400	83300	88300	92600	97800	103400	108200	113400	118500

* Assume contents at 62.4 lbs./cu.ft. and 35% drum submergence



Worm/Gear filter drive

Our filter drive consists of an enclosed variable speed reducer and a ruggedly constructed worm and worm gear. This is a big maintenance saver compared to the chain drive found on many filters. There are no chains to tighten or replace.

Other drives available:

- Shaft mounted drive
- Right angle drive

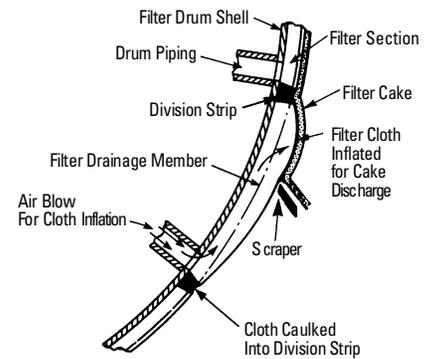
Accessories and auxiliaries

A complete line of accessories and auxiliaries are readily available from GL&V/Dorr-Oliver for use with the vacuum rotary drum filter such as:

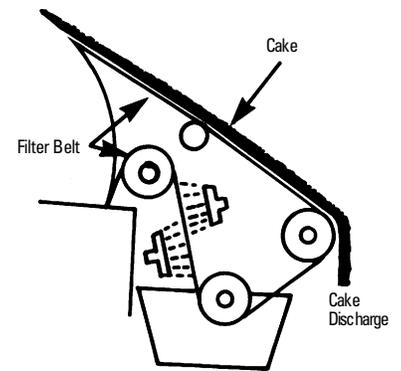
- Wash Arrangements
- Hoods
- Repulpers
- Receivers, Moisture Traps and Condensers
- Pumps

Choices of Cake Discharge

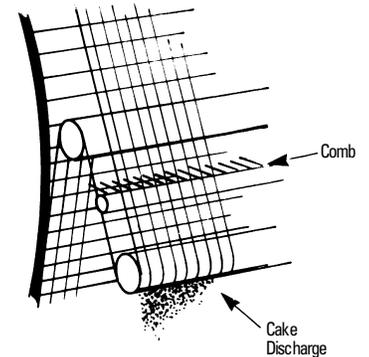
The Scraper discharge is the simplest and most versatile method of discharging the cake. The scraper system is counter-weighted to provide a free-floating contact with the cloth. It pivots at both ends and is easily adjusted accurately for the desired clearance. Just prior to cake discharge, a short burst of compressed air is applied which billows the cloth so it deflects around the scraper, releasing the cake and helping to remove the solids from the cloth pores.



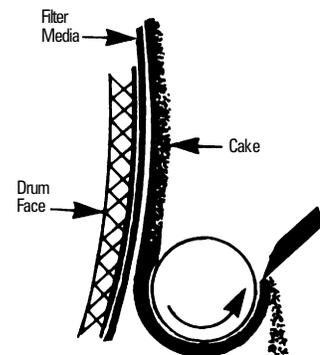
The Belt discharge is especially useful when the cake is sticky, tends to blind or contains fine suspended solids. With this method the cloth is continuously washed from both sides to eliminate blinding. The filter cloth is taken off the drum surface and passes over a cake breaker roll to remove the cake. The key to productive belt filter performance is the belt itself. Our belt is manufactured to the highest quality standards. Furthermore, the special patented GL&V/Dorr-Oliver edge-guide system provides gentle cloth adherence over a wide gripping area rather than point contact, which causes the cloth to tear.



The String discharge is used efficiently for gelatinous slurries or fibrous cakes which form mats. A series of parallel strings run on top of the filter cloth. In the cake discharge zone, the strings leave the drum carrying filter cake with it. The strings then pass around a system of rolls, discharging the cake before returning to the drum. A “comb” between the rolls removes any cake not released at the discharge roll and ensures uniform spacing of the strings.



The Roll discharge is used for very finely divided solids, such as pigments or other thin, sticky cakes. These types of cakes were once dewatered by batch filter presses. Now the roll discharge enables them to be handled continuously. A roller with the axis parallel with the drum serves as discharge medium. The surface speed of the discharge roll is synchronized with the drum. The sticky cake transfers from filter drum to the roll and then is scraped off the roll. A small heel forms on the roll which makes the cake pick-up easier.



Other GL&V/Dorr-Oliver Filters and Applications

Disc filter

For applications such as iron ore, Taconite, mineral concentration & tailings, pastefill, and coal. Provides maximum filtration area in a minimum of floor space. Higher filtrate rates achieved due to increased hydraulic and pneumatic capacities.

Horizontal table filter

For heavy and/or fast draining materials especially where efficient washing is required. Continuous horizontal rotating table with up to 680 sq. ft. of filter area.

Horizontal Belt filter

For slow and moderate draining slurries where efficient washing, high capacity and minimum dilution of liquor are required.

Dorrco filter

Used for dewatering and washing of sand/slime mixtures containing a segregated fraction. No feed slurry suspension problem.

Kelly filter

Vertical or horizontal leaf pressure filter for filtering aluminate liquor and red mud in alumina plants.

Oliver Campbell filter

Drum filter specially adapted for sugar cane mud filtration.

Sweetland filter

Vertical leaf pressure filter used in sugar refining.

Dewaxing filter

These are specialized filters for recovery of oil and wax in petrochemical plants.

Precoat filter

The precoat filter is a specialized machine designed for dewatering very low concentrations of suspended solids or for producing a sparkling filtrate. The filter media is formed from diatomaceous earth or perlite or other form of free draining materials. The GL&V/Dorr-Oliver precoat filter is particularly productive because of the low maintenance, automatic advancing knife.

Pressbelt filter

This filter combines vacuum filtration with cake compression to deliver a much drier cake than can be obtained with conventional vacuum drum filter. It is particularly suited for filtration of pigment slurries, thixotropic and fibrous slurries and those with a tendency to crack during filtration, or containing elastic or porous substances.

CANADA

GL&V/Dorr-Oliver
174 West Street South
Orillia, ON L3V 6L4
Tel: +705 325 6181
Fax: +705 325 2347

BRAZIL

GL&V Brazil Ltda
Rua Jose Inocencio de Campos
53-salas 63 e 641
Edificio Metropolitan Plaza-Cambui
13024-230 Campinas, SP-Brazil
Tel: +55 11 745 9291
Fax: +55 11 745 9091

CHILE

GL&V/Dorr-Oliver Chile Ltda
Moneda 140, Oficina 1301
Santiago
Tel: +56 26961935
Fax: +56 26717395

MEXICO

GL&V/Dorr-Oliver Mexico
Av. Cuauhtemoc No. 1338
Desps. 302, 3032Y 304
Col.Santa Cruz Atoyac
03310 Mexico, D.F.
Tel: +52 5 688 5877
Fax: +52 5 688 5619

USA

GL&V/Dorr-Oliver
612 Wheelers Farm Rd.
Milford, CT 06460-1676
Tel: +203 876 5400
Fax: +203 876 5480

GL&V/Dorr-Oliver

333 S. Allison Parkway, Suite 304
Denver, CO 80226-3115
Tel: +303 986 4656
Fax: +303 986 4959

GL&V/Dorr-Oliver

1000 Laval Blvd.
Lawrenceville, GA 30043
Tel: +770 963 2100
Fax: +770 396 7504

GERMANY

GL&V/Dorr-Oliver GmbH
Friedrich Bergius Str 5
D-65203 Wiesbaden
Tel: +49 611 2040
Fax: +49 611 204255

FRANCE

GL&V/Dorr-Oliver (France) S.a.R.L.
22 Rue Pierre Mendes-France
77200 Torcy
Tel: +33 160 17 12 63
Fax: +33 160 17 11 85

THE NETHERLANDS

GL&V/Dorr-Oliver B.V.
Wegalaan 42-44
2132 JC Hoofddorp
Tel: +31 23 567 8111
Fax: +31 23 562 62 64

SOUTH AFRICA

GL&V/Dorr-Oliver South Africa
Unit A8, Mini Units
5 Galaxy Avenue
Linbro Business Park
Linbro, Sandton
Tel: +27 11 458 8100
Fax: +27 11 608 0372

CHINA

GL&V/Dorr-Oliver
Rm 1003 Kelun Building A
No.12 Guanghua Rd.
Chaoyang District
Beijing, P.R. China
Tel: +86 10 6581 8465
Fax: +86 10 6581 2250

AUSTRALIA

GL&V Australia Pty. Ltd.
Unit 8/12-18 Victoria Street
Lidcombe, NSW 2141
Tel: +61 2-9749-4499
Fax: +61 2-9749-4933

LICENSEES

INDIA

Hindustan Dorr-Oliver Limited
Dorr-Oliver House
Link Road, Chakala
Andheri (East)
Mumbai 400 099
Tel: +91 22 832 5541
Fax: +91 22 836 5659

JAPAN

Sanki Engineering Company Ltd.
Sanshin Building, Room 300
1-4-1 Yurakucho, Chiyoda-Ku
Tokyo 100-8484
Tel: +81 3 3502 6198
Fax: +81 3 3506 8546

e-mail: dorr-oliver@glv.com
<http://www.glv.com/english/process>



Bulletin VDF-2
2000 © GL&V/Dorr-Oliver Inc.



simondryers
Process Drying Technology

TUBULAR DRYERS



SIMON TUBULAR DRYERS, COOLERS & CONDITIONERS

With over 90 years of experience in the design, manufacture and application of rotating Tubular dryers and coolers, for an extensive range of materials, R. Simon (Dryers) Ltd. can offer a unique advisory service to process industry in the application of extremely efficient and well proven products. Equipment from this range of products has been supplied to over 50 different countries throughout the world, and to many different process industries, the major ones being brewing and distilling, confectionery, starch, food, chemical, pharmaceutical, corn and cereal milling.

CONTINUOUS OPERATION

Lowers labour and operational costs and simplifies material handling. The drying material is uniformly agitated and flows through the drum at the rate fixed for efficient drying of the particular material.

ECONOMY OF PERFORMANCE

Achieved through the efficient transference of heat through the product with optimum use of heating surfaces plus the ease of operation and low maintenance cost.

SIMPLICITY OF DESIGN AND CONSTRUCTION

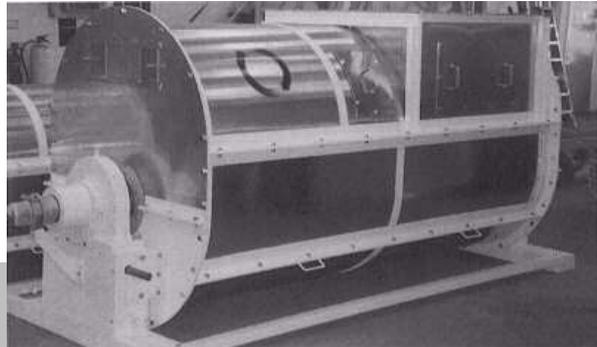
The product of experience enables operating and maintenance costs to be kept at a low level. The robust construction gives the equipment a long and economical working life.

DESIGNED FOR VERSATILITY

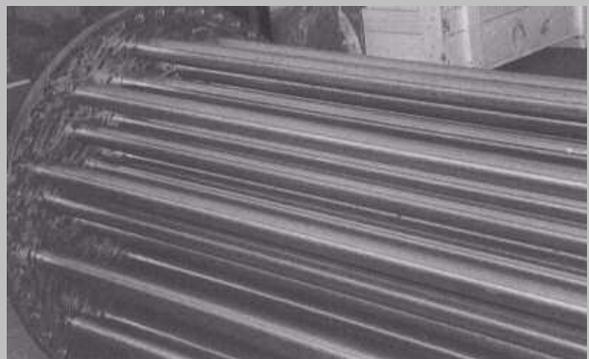
These units are constructed to meet the particular requirements of the process industry and the nature of the processed material, such as treatment of corrosive material, high quality food, chemical and pharmaceutical products, etc.

SIMON ENGINEERS

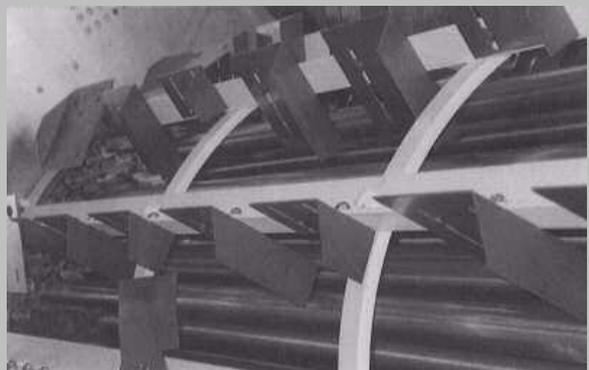
Experience available for testing products, advising on plant layout including materials and handling. Test/small volume production plant available on Hire/Loan.



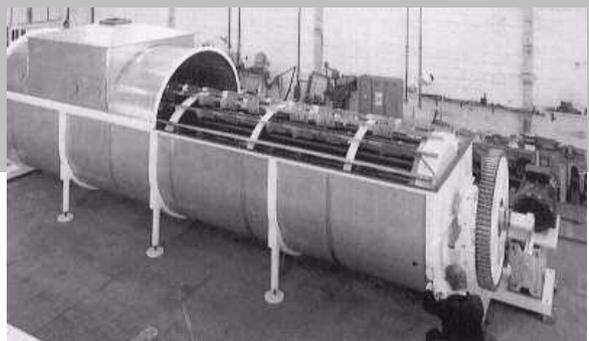
Series 090 Starch/Flour Dryer



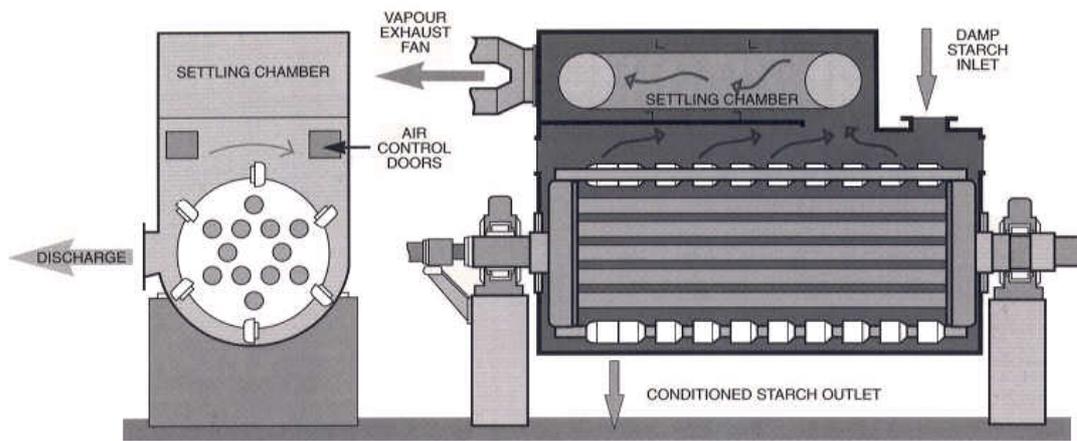
Tube Reel under construction



Interior view of Tubular Dryer showing the lifting and conveying elements



Tubular Dryer for Rape Seed nearing completion



General Specifications

SYSTEM: Drying is effected by a concentric revolving reel of parallel tubes, charged with live steam. The wet processed material is fed in at one end of the machine and passes over and amongst the tubes, at the same time being conveyed at a measured rate until discharged in a dry state at the opposite end. It is a continuous process. Simon coolers are of similar design with a coolant replacing steam in tubes.

CONSTRUCTION: The heating (or cooling) element known as the tube reel comprises high grade steel tubes rigidly held between substantial endplates, each endplate being fitted with a cast steel, fabricated steel, or suitable alloy header which is designed to facilitate the flow of steam or coolant, and the removal of condensate through trunnions. The distributing and conveying elements are placed around the periphery and along the length of the reel.

The materials of construction are chosen to meet each particular application.

The dryer or cooler casing is of robust construction, in a variety of materials to suit the application and is thermally efficient.

For better performance and ease of maintenance, outboard roller bearings are used.

Additional features which can be fitted as required are drop bottom doors to facilitate cleaning, and built-in expansion chambers to reduce fine dust carry over in vapour extraction systems.

Selected Applications

BREWING/DISTILLING:

Spent grains are successfully processed on Simon tubular dryers. Typically the initial moisture content may be around 65% which is reduced to about 10% or less in the processed product.

Prior to drying in the tubular dryer the grains are often passed through a Simon mechanical dewatering screw press to reduce moisture content from as much as 80% to 65%, thereby conserving energy.

FLOUR & STARCH: Simon tubular dryers are widely used in the preparation of special flours

Typical applications include

Heat treatment and moisture reduction of flours for soup thickeners

Enzyme inactivation

Treatment of special flours to prevent infestation and give long shelf life.

Treatment for flour products for industrial use

Treatment of biscuit and cake mixture flours

CONFECTIONERY:

The Simon tubular dryer and cooler is ideally suited for the application of re-processing moulding starch after use. It provides a continuous process producing the starch for re-use at the right temperature in a relatively short time. The process is more economical than batch drying, saving both in energy cost and in quantity of starch required for re-circulation.

CHEMICAL & PHARMACEUTICAL:

In the chemical industry, wherever moisture must be removed from large volumes of granular substances, powders, or slurries - whether organic or inorganic - Simon tubular dryers offer an economical and efficient answer to many drying problems. For organic solutions or noxious dusts, the stationary shell design of the Simon tubular dryer assures a tight seal, eliminating the hazard associated with leakage.

CEREALS:

Simon tubular dryers are used extensively in maize milling plants for drying maize grits, maize germ and gluten meal

They are also in use in breakfast food factories for pre-heating cereal grains prior to processing and for the conditioning of soya beans.

ECONOMY • EFFICIENCY • SIMPLICITY

MATERIALS PROCESSED.

FOOD

Barley
Ground Bone
Bran
Cereal Mixes
Demerera Sugar
Flour
Gluten
Grains
Gravy Mix
Pasta Waste
Shredded Pomace
Black Currant
Soya Beans
Soya Meal
Starch
Sesame Seeds
Wheat Bran
Wheat Flour
Whole Wheat

CHEMICAL

Aluminium Hydrate
Aluminium Powder
Aluminium Waste
Ammonium di Molybdate
Ammonium Sulphate
Barium Carbonate
Barium Sulphate
Bicalcium Bihydrate Phosphate
Calcium Carbonate
Cera Hydrate
Chromic Oxide
Diabasic Lead Phosphite
Ferrous Sulphate
Iron Oxide

Lead (White)
Carbonate of Lime
Hydrate of Lime
Mica
Potassium Nitrate
Potassium Sulphate
Salts
Sodium Silica Fluoride
Sulphur Filter Cake
Tribasic Lead Sulphate
Zinc Phosphate

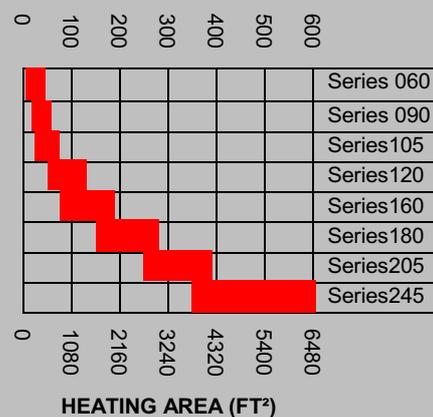
OTHERS

Apple Pomace
Armaspheres
Blood (coagulated)
Blue Dye
Bone Meal
Carbide Sludge
Carbon Black
Chalk
Coal
Coal Slurry
Confectioners Starch
Cotton Seed (sterilisation)
Fluorspar
Spent Grains
Maize Grits
Polyethylene
Polyurathane Granules
Poultry Feed
P.V.C. Chips
Sawdust
Spent Wash and Draff
Tomato Peel and Seeds

Approx. Heating Areas & Tube Reel dimensions of Standard Machines

Series No	Tube Reel		
	Diameter M ft	Length M ft	
		Min	Max
060	0.06 1.97	2.20 7.21	3.25 10.66
090	0.90 2.95	2.30 7.55	5.00 16.40
105	1.05 3.44	2.30 7.55	5.00 16.40
120	1.20 3.94	2.30 7.55	6.40 21.00
160	1.60 5.29	3.20 10.50	6.40 21.00
180	1.80 5.90	5.65 18.54	7.00 22.97
205	2.05 6.73	6.40 21.00	8.25 27.04
245	2.45 8.04	6.40 21.00	9.14 30.00

HEATING AREA (M²)



R. SIMON DRYERS LIMITED
PRIVATE ROAD NO.3,
COLWICK INDUSTRIAL ESTATE
NOTTINGHAM NG4 2BD, ENGLAND.

TELEPHONE: +44 (0)115 961 6276
FAX: +44 (0)115 961 6351
E-mail: sales@simon-dryers.co.uk
Web Site: <http://www.simon-dryers.co.uk>

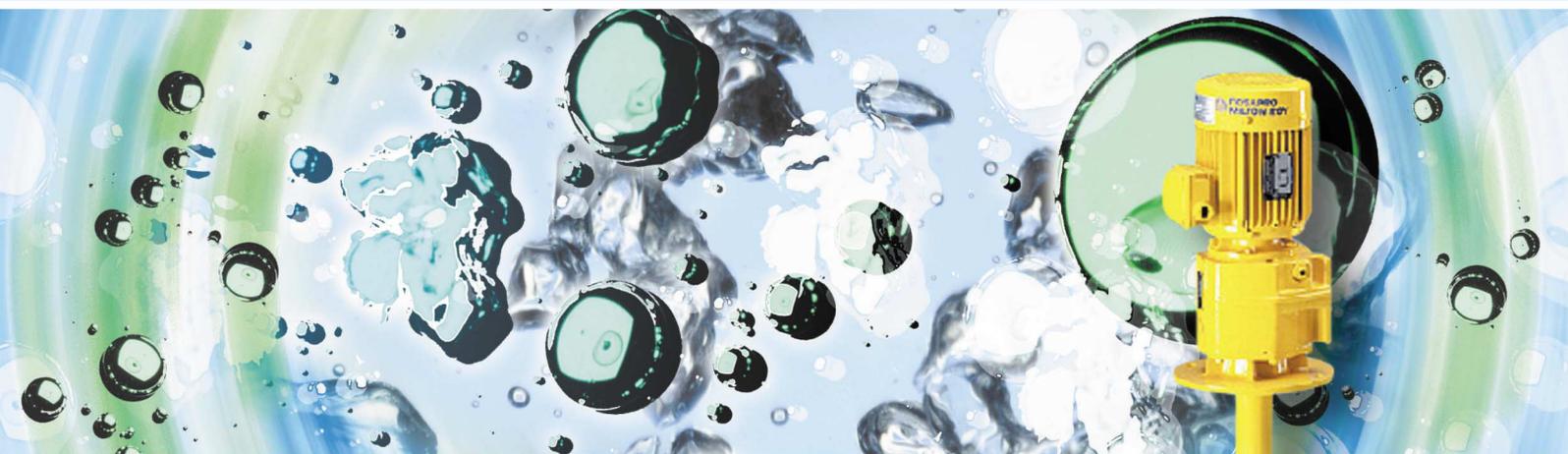
OTHER SIMON PRODUCTS

- Drum Dryers
- Drum Flakers
- Indirect Calciners
- Rotary Louvre Dryers and Coolers
- Laboratory and Pilot Machines

GAMA HELISEM®

AGITADORES SERIE VR

Depósitos abiertos desde 0,5 hasta 20 m³ – Presión atmosférica – Temperatura hasta 90°C



TIPO VRP

Características generales

- Agitador con reductor de velocidad
- Eje inferior dotado de una turbina de 4 palas inclinadas
- Potencia desde 0,25 hasta 3 kW
- Convienen a depósitos de pequeño volumen

Volumen útil

- Desde 0.5 hasta 20m³

Condiciones de operación

- Presión atmosférica
- Temperatura hasta 90°C

Aplicaciones principales

- Homogeneización
- Disolución
- Preparación de reactivos
- Neutralización

Materiales de construcción

- Acero inoxidable 316L
- Pintura PU : RAL 1018 para el grupo de accionamiento
(otros materiales, contactenos)

Características eléctricas

- 230/400 voltios trifásico
- 50Hz
- IP 55
(otras frecuencias y tensiones, consultenos)

Opciones (según referencia)

- Motores especiales
- Revestimiento del conjunto eje y turbina
- Segunda turbina

Una construcción robusta

- Mínimo mantenimiento
- Posible el funcionamiento durante el vaciado del depósito

Límites de utilización

- Viscosidad máxima de 100mPas
- Densidad $\leq 1,1$
(viscosidad o densidad superior, consultenos)



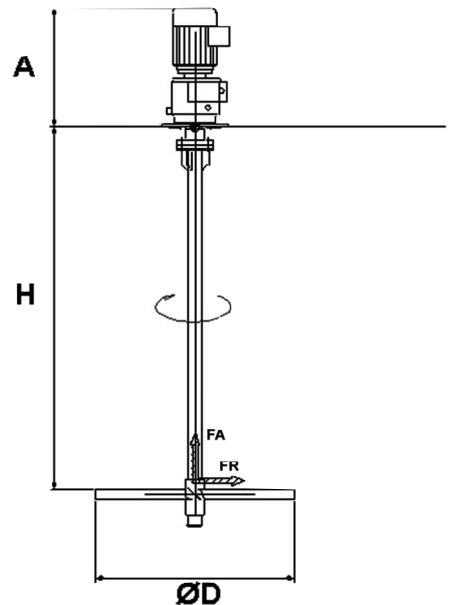
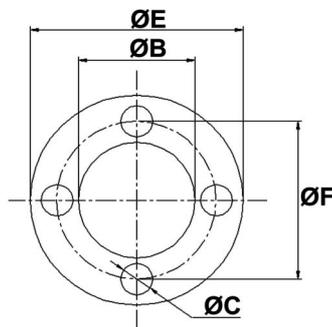
MILTON ROY
Mixing

ESPECIFICACIONES

Tipos	Potencia motor (kW)	Velocidadde giro (rpm)	Longitud Máxima (mm) H	Diametro Hélice (mm) D	Caudal Hélice (m³/h)	Peso (Kg)	Fuerza Axial (DaN)	Par (DaNm)
0021S	0.25	103	1300	200	46	15	28	2.3
0031S	0.37	126	1300	350	174	25	33.4	2.8
0051S	0.37	97	2000	500	545	51	10.4	3.6
1051S	0.55	100	1500	500	281	28	63.6	5.3
2061S	0.75	99	2500	600	955	56	18.5	7.2
3051S	1.1	137	1750	550	750	48	14.51	15
4071S	1.5	102	1900	700	1349	125	70.8	14
4072S	1.5	96	2500	700	1469	87	35	14.9
4081S	1.5	73	2500	800	1683	88	59	19.6
5081S	2.2	100	2000	800	1728	125	105.9	21
6081S	3	96	2000	800	2201	89	69.2	29.8

DIMENSIONES (MM)

Tipos	A	B	C	E	F
0021S	355	110	9	160	130
0031S	425	130	11	200	165
0051S	370	130	11	200	165
1051S	425	130	11	200	165
2061S	398	130	11	200	165
3051S	525	180	13,5	250	215
4071S	555	230	14	300	265
4072S	470	180	13.5	250	215
4081S	470	180	13.5	250	215
5081S	645	250	18	350	300
6081S	516	180	13.5	250	215



No dude en consultarnos para más información.

DOSAPRO MILTON ROY

DOSAPRO MILTON ROY
10, Grande Rue
27360 PONT SAINT PIERRE
FRANCE
Tel : +33 (0) 2.32.68.30.00
Fax : +33 (0) 2.32.68.30.93
www.dosapro.com

UNITED KINGDOM – MILTON ROY UK, LTD
Oaklands Business Centre, Oaklands Park,
Wokingham Berkshire RG 41 2FD
Tel : +44 118 977 1066 Fax : +44 118 977 1198
www.miltonroyumps.co.uk

ESPAÑA - DOSAPRO MILTON ROY IBERICA
C/ Embajadores, 100 – 28012 Madrid
Tel : +34 (91) 517 80 00 Fax : +34 (91) 517 52 38
www.dosapro.es

ITALIA – MILTON ROY ITALIA
Centro Direzionale Colleoni, palazzo andromeda ingresso 1,
via paracelso 16, 20041Agrate Brianza (MI)
Tel : +39 039 605 68 91 Fax : +39 039 605 69 06
www.miltonroy.it

MILTON ROY Mixing

MILTON ROY MIXING
10, rue du bois Gasseau BP N°94
77212 AVON Cedex
FRANCE
Tel : +33 (0) 1.60.74.95.20
Fax : +33 (0) 1.60.74.95.29
www.miltonroymixing.com

tabla de características / performances table



Funcionamiento en presión / Pressure operation

soplantes / blowers **50 Hz (2900 rpm)**

Presión IMP hPa = mbar Outlet pressure	50		100		150		200		250		300		350		400		450		500		550		600		650			
Caudal aspirado Flow rate	m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h			
Potencia motor Motor power	kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW	
Tipo / Type	Ver datos en la tabla inferior / See further details at the bottom																											
CL 20 HS	22	0,22																										
CL 30 HS	52	0,38	0	0,38																								
CL 3.6/01	25	0,25	15,5	0,25	6	0,25																						
CL 4/01	38	0,37	24	0,37	11	0,37																						
CL 7/01	62	0,55	44	0,55	25	0,55	7	0,75																				
CL 10/01	100	0,75	80	0,75	60	1,1	40	1,1																				
CL 40 HS	118	0,8(*)	89	0,8(*)	59	0,8(*)	30	1,1																				
CL 15/01	149	1,1	122	1,1	95	1,1	68	1,5	41	1,5																		
CL 50 HS	182	1,5	151	1,5	116	1,5	82	1,5	50	2,2																		
CL 18/01	218	1,5	184	1,5	151	2,2	118	2,2	85	3	52	3																
CL 60 HS	268	2,2	230	2,2	192	2,2	155	3	117	3	82	4																
CL 28/1	270	2,2	232	2,2	200	2,2	173	3	147	3	121	4	96	4	72	4												
CL 22/01	306	2,2	266	2,2	226	3	186	3	148	4	108	4																
CL 34/1	348	3	317	3	285	3	254	4	223	4	191	5,5	160	5,5	130	5,5												
CL 40/1	416	3	378	3	343	4	310	4	278	5,5	246	5,5	214	7,5	183	7,5	152	7,5										
CL 65 HS	465	4	407	4	354	4	331	5,5	314	5,5																		
CL 46/1	512	4	460	4	415	4	375	5,5	338	5,5	303	7,5	268	7,5	232	9,2	190	9,2										
CL 60/1	620	4	563	4	512	5,5	464	5,5	416	7,5	368	9,2	320	9,2	273	11												
CL 72/1	750	4	687	4	625	5,5	563	7,5	502	7,5	441	9,2	383	11	325	15												
CL 84/1	990	5,5	914	5,5	838	7,5	762	9,2	684	11	606	11	528	15	450	15												
CL 98/1	1055	7,5	990	7,5	925	9,2	860	11	795	15	730	15	665	18,5	600	18,5	530	18,5										
CL 4/21	46	0,55	38	0,55	30	0,55	22	0,55	14	0,75	6	0,75																
CL 7/21	70	1,1	60	1,1	49	1,1	38	1,1	28	1,1	17	1,1	7	1,1														
CL 10/21	107	1,5	94	1,5	81	1,5	68	1,5	55	1,5	42	2,2	30	2,2	18	2,2												
CL 12/21	114	1,1	100	1,1	87	1,1	75	1,5	65	1,5	57	1,5	49	2,2	42	2,2	35	2,2	28	3	21	3						
CL 14/21	142	1,1	127	1,1	114	1,1	102	1,5	91	1,5	81	2,2	72	2,2	63	2,2	54	3	47	3	41	3						
CL 17/21	189	2,2	173	2,2	158	2,2	143	2,2	127	3	112	3	100	3	89	3	80	4	73	4	67	4						
CL 20/21	216	2,2	200	2,2	186	2,2	174	2,2	162	3	150	3	138	3	125	4	112	4	101	5,5	89	5,5	77	5,5				
CL 23/21	254	3	233	3	215	3	200	3	186	3	174	4	162	4	150	5,5	138	5,5	126	5,5	114	5,5	102	7,5				
CL 30/21	328	3	306	3	285	3	268	3	252	4	236	4	220	5,5	204	5,5	188	7,5	172	7,5	157	7,5	142	7,5				
CL 36/21	387	4	363	4	340	4	317	4	294	5,5	273	5,5	255	7,5	238	7,5	222	7,5	206	7,5	190	9,2	174	9,2				
CL 42/21	496	5,5	470	5,5	445	5,5	420	5,5	395	7,5	370	7,5	346	7,5	322	7,5	298	9,2	274	9,2	250	11	225	11				
CL 49/21	560	5,5	530	5,5	504	5,5	478	5,5	454	7,5	430	7,5	408	7,5	388	9,2	370	9,2	352	11	334	11	317	15	300	15		

Presión IMP hPa = mbar Outlet pressure	10		20		30		40		50		60		70		80		90		100			
Caudal aspirado Flow rate	m³/h																					
Potencia motor Motor power	kW																					
Tipo / Type																						
CL 20 HS	48	0,22	42	0,22	36	0,22	30	0,22	22	0,22	10	0,22	0	0,22								
CL 30 HS	72	0,38	69	0,38	64	0,38	58	0,38	52	0,38	47	0,38	40	0,38	31	0,38	20	0,38	0	0,38		

El valor del caudal se refiere a condiciones normales de aspiración a 20°C y 1013 mbar abs. Tolerancia en valores de asp: ±10%

Flow rates refer to air at Standard suction conditions of 20°C and 1013mbar abs. Tolerance on flow rate values: ±10%

(•) motor monofásico: 0,8kW.
motor trifásico: 0,9kW.
(*) single phase motor: 0,8kW.
Three phase motor: 0,9kW.

características técnicas / technical features

Funcionamiento en presión / Pressure operation



soplantes / blowers **50 Hz (2900 rpm)**

		Salto térmico °C – Temperature rise °C												
Presión de imp. Outlet pressure	hPa = mbar	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Tipo Soplante Blower Type	CL 20 HS	14												
	CL 30 HS	8	25											
	CL 3.6/01	9	17	31										
	CL 4/01	11	23	41										
	CL 7/01	8	18	30	43									
	CL 10/01	10	17	27	39									
	CL 40 HS	9	17	29	54									
	CL 15/01	10	17	26	37	48								
	CL 50 HS	11	20	32	48	69								
	CL 18/01	8	14	24	35	48	62							
	CL 60 HS	13	21	30	42	62	89							
	CL 28/1	7	12	20	30	42	56	73	95					
	CL 22/01	12	21	31	41	51	62							
	CL 34/1	9	16	22	32	44	57	72	88					
	CL 40/1	13	19	26	34	43	54	65	80	99				
	CL 65 HS	12	17	24	32	41								
	CL 46/1	9	15	21	29	39	51	64	78	96				
	CL 60/1	8	15	23	32	42	53	68	85					
	CL 72/1	12	17	25	34	45	58	73	90					
	CL 84/1	12	18	24	32	42	53	66	82					
	CL 98/1	15	21	28	36	45	55	67	81	99				
	CL 4/21	13	21	30	40	52	67							
	CL 7/21	7	13	20	29	38	46	55						
	CL 10/21	8	15	23	31	39	48	57	67					
	CL 12/21	8	13	19	26	33	40	47	54	61	70	81		
	CL 14/21	7	12	17	23	30	37	46	56	66	77	88		
	CL 17/21	13	17	22	28	35	42	51	60	70	81	94		
	CL 20/21	9	16	23	31	38	45	52	61	70	79	90	102	
CL 23/21	12	16	21	27	33	40	47	54	62	71	81	92		
CL 30/21	10	16	22	28	35	42	50	58	67	77	88	99		
CL 36/21	14	20	27	33	40	47	54	62	71	81	91	103		
CL 42/21	12	16	20	26	32	39	47	55	65	76	87	100		
CL 49/21	14	19	25	32	39	46	53	61	69	77	85	94	105	

Tolerancia: ±5°C – Tolerance: ±5°C

		Nivel sonoro dB(A) a 1m – Sound level dB(A) at 1m												
Presión de imp. Outlet pressure	hPa = mbar	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Tipo Soplante Blower Type	CL 20 HS	68												
	CL 30 HS	69	73											
	CL 3.6/01	70	71	72										
	CL 4/01	72	73	75										
	CL 7/01	75	76	77	77									
	CL 10/01	71	72	72	73									
	CL 40 HS	70	72	73	76									
	CL 15/01	73	74	74	75	76								
	CL 50 HS	72	74	76	76	77								
	CL 18/01	73	74	74	75	76	77							
	CL 60 HS	77	77	78	78	79	80							
	CL 28/1	75	77	79	81	83	84	85	85					
	CL 22/01	75	75	76	76	77	78							
	CL 34/1	74	74	75	77	78	79	79	80					
	CL 40/1	77	78	78	80	80	81	81	82	83				
	CL 65 HS	78	79	79	80	81								
	CL 46/1	79	79	79	80	80	81	82	83	83				
	CL 60/1	79	79	80	80	81	82	82	82					
	CL 72/1	78	79	80	82	82	83	83	84					
	CL 84/1	80	81	82	83	83	84	84	85					
	CL 98/1	79	79	80	81	82	82	83	84	85				
	CL 4/21	72	72	73	73	74	74							
	CL 7/21	72	73	73	73	74	74	75						
	CL 10/21	72	72	72	72	73	73	74	75					
	CL 12/21	71	71	72	73	73	73	74	75	77	78	78		
	CL 14/21	70	70	71	72	73	73	73	74	75	76	77		
	CL 17/21	70	70	71	71	72	72	73	74	75	76	78		
	CL 20/21	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	78		
CL 23/21	77	78	78	79	80	82	82	83	83	83	83	83		
CL 30/21	77	77	77	78	79	79	80	80	81	81	82	82		
CL 36/21	78	79	79	79	79	79	80	80	80	81	81	81		
CL 42/21	80	80	80	81	82	83	83	83	84	84	85	85		
CL 49/21	78	78	79	79	80	81	81	82	83	84	85	86	87	

Tolerancia: ±2dB(A) – Tolerance: ±2dB(A)

tabla de características / performances table



Funcionamiento en presión / Pressure operation

soplantes / blowers **60 Hz (3500 rpm)**

Presión IMP hPa = mbar Outlet pressure	50		100		150		200		250		300		350		400		450		500		550		600		650			
Caudal aspirado Flow rate	m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h		m³/h			
Potencia motor Motor power	kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW		kW			
Tipo / Type	Ver datos en la tabla inferior / See further details at the bottom																											
CL 20 HS	43	0,28																										
CL 30 HS	73	0,42	49	0,42																								
CL 3.6/01	30	0,3	21	0,3	12	0,3																						
CL 4/01	48	0,44	34	0,44	20	0,44																						
CL 7/01	81	0,66	63	0,66	45	0,66	27	0,9																				
CL 10/01	125	0,9	104	0,9	84	1,3	64	1,3	43	1,8																		
CL 40 HS	147	0,9(●)	117	0,9(●)	88	1,3(●)	59	1,3(●)																				
CL 15/01	182	1,3	155	1,3	129	2,2	102	2,2	76	2,2																		
CL 50 HS	220	1,75	196	1,75	167	1,75	136	1,75	102	2,55	64	2,55																
CL 18/01	258	2,65	224	2,65	190	2,65	156	2,65	122	3,6	88	3,6																
CL 60 HS	326	2,55	290	2,55	256	2,55	221	2,55	186	3,45	151	4,6																
CL 28/1	330	2,65	295	2,65	264	2,65	236	3,6	208	3,6	182	4,8	156	4,8	130	4,8												
CL 22/01	387	3,6	347	3,6	307	3,6	267	4,8	227	4,8	187	4,8																
CL 34/1	438	3,6	404	3,6	369	3,6	334	4,8	300	4,8	266	6,6	232	6,6	197	9												
CL 40/1	506	3,6	474	3,6	442	4,8	410	4,8	378	6,6	346	6,6	314	9	282	9	250	9										
CL 65 HS	563	4,8	494	4,8	430	4,8	402	6,6	381	6,6																		
CL 46/1	636	4,8	588	4,8	545	4,8	504	6,6	465	9	426	9	387	9	348	11	309	11										
CL 60/1	750	4,8	696	4,8	648	6,6	600	9	552	9	504	11	456	13,2	408	13,2												
CL 72/1	910	6,6	860	6,6	802	9	739	9	675	11	611	13,2	547	18	483	18												
CL 84/1	1186	9	1108	9	1030	11	952	11	874	13,2	796	18	718	18	640	18												
CL 98/1	1245	9	1185	11	1125	13,2	1065	18	1005	18	945	18	885	22	825	22												
CL 4/21	57	0,66	49	0,66	41	0,66	33	0,9	25	0,9	17	0,9																
CL 7/21	90	1,3	80	1,3	70	1,3	59	1,3	49	1,3	39	1,8	28	1,8														
CL 10/21	133	1,8	119	1,8	105	1,8	91	1,8	77	1,8	63	2,65	49	2,65	35	2,65												
CL 12/21	139	1,3	127	1,3	115	1,3	104	1,8	94	1,8	85	2,65	77	2,65	69	2,65	61	2,65	53	3,6	45	3,6						
CL 14/21	167	1,8	156	1,8	146	1,8	137	1,8	127	2,65	118	2,65	108	2,65	99	3,6	90	3,6	82	3,6	75	3,6						
CL 17/21	222	2,65	208	2,65	194	2,65	180	2,65	166	2,65	153	3,6	140	3,6	128	3,6	118	4,8	110	4,8	105	4,8						
CL 20/21	263	2,65	248	2,65	235	2,65	224	3,6	213	3,6	202	3,6	191	4,8	180	4,8	169	6,6	158	6,6	147	6,6	136	6,6				
CL 23/21	310	3,6	293	3,6	276	3,6	261	3,6	246	4,8	234	4,8	223	4,8	212	6,6	200	6,6	188	6,6	176	9	164	9				
CL 30/21	393	3,6	373	3,6	356	3,6	340	4,8	326	6,6	312	6,6	298	6,6	284	9	270	9	256	9	242	9	228	11				
CL 36/21	458	4,8	440	4,8	422	4,8	404	6,6	386	6,6	368	9	351	9	334	9	317	9	300	11	282	11	264	11				
CL 42/21	585	6,6	560	6,6	536	6,6	512	9	488	9	464	9	441	11	418	11	396	13,2	374	13,2	352	13,2	330	18				
CL 49/21	678	6,6	657	6,6	636	6,6	615	9	594	9	573	9	552	11	531	11	510	13,2	490	13,2	470	18	450	18	430	18		

Presión IMP hPa = mbar Outlet pressure	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120			
Caudal aspirado Flow rate	m³/h																					
Potencia motor Motor power	kW																					
Tipo / Type																						
CL 20 HS	53	0,28	48	0,28	43	0,28	36	0,28	28	0,28	18	0,28	0	0,28								
CL 30 HS	81	0,42	77	0,42	73	0,42	69	0,42	65	0,42	60	0,42	55	0,42	49	0,42	41	0,42	30	0,42		

El valor del caudal se refiere a condiciones normales de aspiración a 20°C y 1013 mbar abs. Tolerancia en valores de asp: ±10%

Flow rates refer to air at Standard suction conditions of 20°C and 1013mbar abs. Tolerance on flow rate values: ±10%

- (●) motor monofásico: 0,9kW y 1,3kW.
motor trifásico: 1,15kW y 1,5kW.
- (●) single phase motor: 0,9kW and 1,3kW.
Three phase motor: 1,15kW and 1,5kW.

características técnicas / technical features



Funcionamiento en presión / Pressure operation

soplantes / blowers **60 Hz (3500 rpm)**

		Salto térmico °C - Temperature rise °C												
Presión de imp. Outlet pressure	hPa = mbar	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Tipo Soplante Blower Type	CL 20 HS	12												
	CL 30 HS	9	19											
	CL 3.6/01	10	17	28										
	CL 4/01	12	22	36										
	CL 7/01	11	18	28	41									
	CL 10/01	12	18	26	39	59								
	CL 40 HS	9	16	25	40									
	CL 15/01	13	19	26	35	46								
	CL 50 HS	12	17	25	36	51	73							
	CL 18/01	11	16	24	34	46	58							
	CL 60 HS	13	19	26	37	50	72							
	CL 28/1	8	15	22	31	41	53	67	86					
	CL 22/01	15	22	30	40	50	60							
	CL 34/1	10	16	22	31	40	50	63	79					
	CL 40/1	13	19	26	34	43	53	63	75	89				
	CL 65 HS	12	18	25	33	43								
	CL 46/1	11	16	23	30	39	49	60	74	90				
	CL 60/1	10	16	23	31	40	50	62	76					
	CL 72/1	15	21	28	37	47	57	70	85					
	CL 84/1	14	20	26	33	42	51	63	78					
	CL 98/1	18	25	33	41	49	57	66	78					
	CL 4/21	14	22	30	39	50	63							
	CL 7/21	9	14	20	28	36	44	52						
	CL 10/21	12	17	23	29	37	45	54	63					
	CL 12/21	11	15	19	24	30	36	43	51	59	67	78		
	CL 14/21	12	16	22	28	34	40	47	54	62	71	82		
	CL 17/21	13	17	21	27	33	40	48	56	65	75	85		
	CL 20/21	13	18	23	29	36	43	51	59	67	76	86	97	
	CL 23/21	15	19	24	29	34	40	46	53	60	69	78	89	
	CL 30/21	13	18	24	30	36	42	48	55	63	72	82	94	
CL 36/21	19	24	30	36	42	48	55	62	70	78	88	99		
CL 42/21	18	23	28	33	39	45	51	58	66	75	86	97		
CL 49/21	19	25	31	37	43	49	55	62	69	77	85	93	102	

Tolerancia: ±5°C - Tolerance: ±5°C

		Nivel sonoro dB(A) a 1m - Sound level dB(A) at 1m												
Presión de imp. Outlet pressure	hPa = mbar	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Tipo Soplante Blower Type	CL 20 HS	69												
	CL 30 HS	69	73											
	CL 3.6/01	72	73	74										
	CL 4/01	74	75	76										
	CL 7/01	77	78	78	79									
	CL 10/01	74	75	75	76	77								
	CL 40 HS	72	73	74	76									
	CL 15/01	74	75	75	76	77								
	CL 50 HS	73	74	76	76	77	78							
	CL 18/01	75	76	76	77	78	78							
	CL 60 HS	78	78	78	78	79	80							
	CL 28/1	78	78	79	81	83	84	85	85					
	CL 22/01	77	78	78	79	80	80							
	CL 34/1	78	79	79	79	80	80	80	81					
	CL 40/1	78	79	79	80	81	82	82	83	83				
	CL 65 HS	79	80	80	80	81								
	CL 46/1	79	80	80	80	81	82	83	84	84				
	CL 60/1	80	80	80	81	81	82	83	84					
	CL 72/1	82	83	84	84	85	86	86	86					
	CL 84/1	82	83	83	85	86	86	87	87					
	CL 98/1	82	83	84	85	86	86	87	87					
	CL 4/21	74	74	75	76	77	77							
	CL 7/21	75	75	76	77	77	78	78						
	CL 10/21	74	75	75	75	76	76	77	78					
	CL 12/21	77	77	78	78	79	79	79	79	79	79	79		
	CL 14/21	76	76	76	77	77	77	77	78	78	79	79		
	CL 17/21	77	78	78	78	79	79	79	79	80	80	80		
	CL 20/21	74	74	75	75	75	76	76	76	77	77	78	79	
	CL 23/21	80	81	81	82	82	82	82	83	83	83	83	83	
	CL 30/21	81	81	81	81	82	82	82	83	83	83	83	83	84
CL 36/21	82	82	82	83	83	83	83	83	84	84	84	84		
CL 42/21	82	82	82	83	83	84	84	84	85	85	86	86		
CL 49/21	82	83	84	84	85	85	85	85	85	86	86	87	88	

Tolerancia: ±2dB(A) - Tolerance: ±2dB(A)

soplantes / blowers



CL 3.6/01
CL 4/01
CL 7/01
CL 10/01
CL 15/01
CL 18/01
CL 22/01

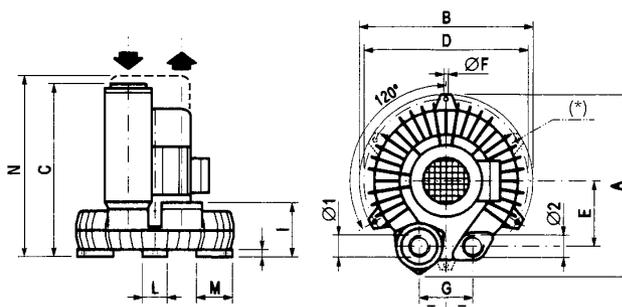
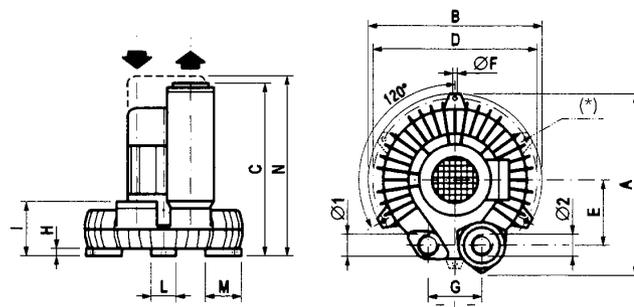


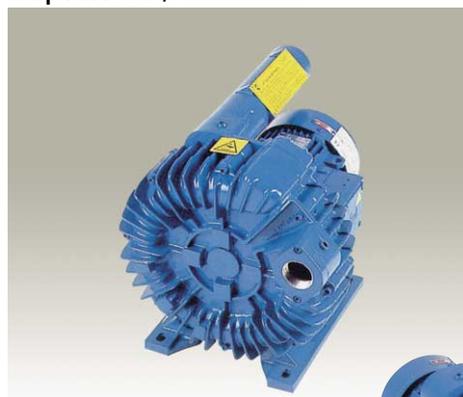
Fig. 1

(*) Posición de anclajes solo para CL 3.6/01 y CL 4/01
(*) Feet position for CL 3.6/01 y CL 4/01

depresores / exhausters



soplantes / blowers



CL 4/21
CL 7/21
CL 10/21

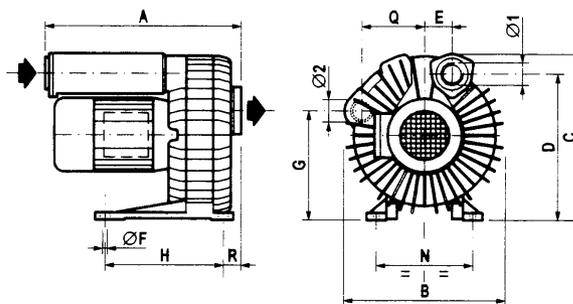
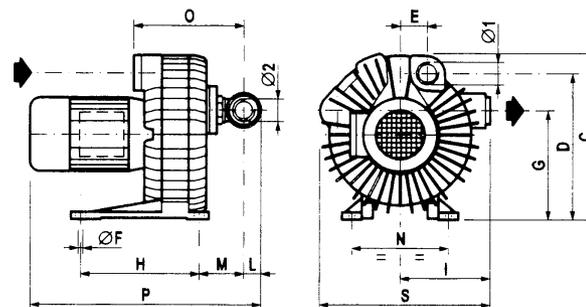


Fig. 2

depresores / exhausters



CL 20 HS
CL 30 HS
CL 40 HS
CL 50 HS
CL 60 HS
CL 65 HS

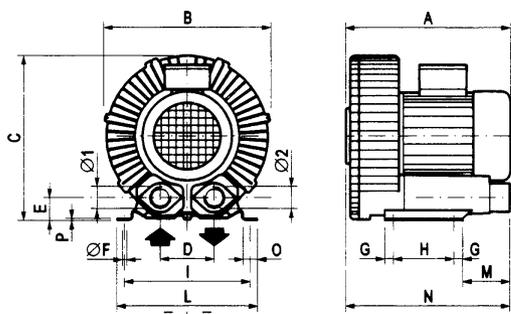
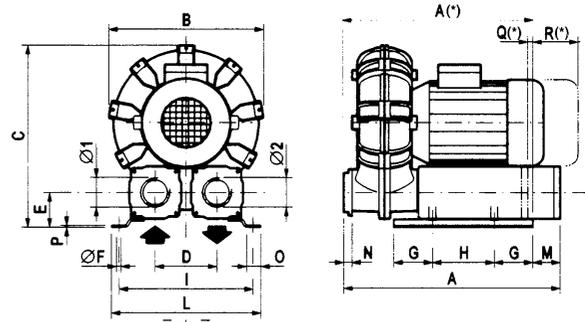


Fig. 3

CL 12/21 - CL 14/21 - CL 17/21 - CL 20/21 - CL 23/21 - CL 30/21
 CL 36/21 - CL 42/21 - CL 49/21 - CL 28/1 - CL 34/1 - CL 40/1
 CL 46/1 - CL 60/1 - CL 72/1 - CL 84/1 - CL 98/1



Fig. 4



(*) Solo para CL 12/21 - 14/21 - 28/1
 (*) For CL 12/21 - 14/21 - 28/1

Tipo máquina Machine type	Figura de referencia Reference figure	Dimensiones (mm) / Dimensions (mm)																	Conexión ("gas) Connect. ("gas)		Peso Weight kg
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	S	aspir. inlet Ø ₁	imp. outlet Ø ₂	
CL 3,6/01	Fig. 1	300	310	277	287	115	10	67	16	91	55	70							1"	1"	11
CL 4/01	Fig. 1	300	310	277	287	115	10	67	16	91	55	70							1"	1"	12
CL 7/01	Fig. 1	340	360	343	338	125	10	110	16	110	55	70							1"1/4	1"1/4	17
CL 10/01	Fig. 1	405	390	383	365	145	10	119	16	118	55	70							1"1/2	1"1/2	23
CL 15/01	Fig. 1	447	425	395	400	170	10	130	16	130	55	70							2"	2"	30
CL 18/01	Fig. 1	511	450	486	425	202	10	148	16	166	55	70							2"1/2	2"1/2	40
CL 22/01	Fig. 1	543	485	502	460	216	10	170	16	182	55	70							2"1/2	2"1/2	52
CL 20 HS	Fig. 3	255	228	238	90	34	11	12	76	190	212	75	218	40	12				1"	1"	10,5
CL 30 HS	Fig. 3	256	250	257	100	38	11	13,5	83	205	230	103	261	40	12				1"1/4	1"1/4	13,5
CL 40 HS	Fig. 3	262	286	303	115	46	12	17,5	95	225	255	51	238	30	3				1"1/2	1"1/2	17
CL 50 HS	Fig. 3	323	333	345	120	48	14	20	115	260	296	123	341	30	4				2"	2"	26
CL 60 HS	Fig. 3	377	382	383	125	53	14	20	140	290	325	109	379	30	4,5				2"	2"	39
CL 65 HS	Fig. 3	490	460	525	160	80	10	10	220	403	420	205	480	30	4				2"1/2	2"1/2	83
CL 28/1	Fig. 4	465	370	445	140	85	9	100	160	310	350	-	19	35	5	4	45		2"1/2	2"1/2	48
CL 34/1	Fig. 4	560	400	470	160	90	9	100	160	347	387	70	22	35	5				2"1/2	2"1/2	66
CL 40/1	Fig. 4	550	416	490	160	90	9	100	160	347	387	70	22	35	5				3"	3"	77
CL 46/1	Fig. 4	680	440	520	180	97	11	60	330	400	450	120	22	45	5				3"	3"	93
CL 60/1	Fig. 4	700	440	520	180	97	11	60	330	400	450	120	22	45	5				3"	3"	103
CL 72/1	Fig. 4	735	466	560	180	107	11	60	330	420	470	185	17	45	5				4"	4"	102
CL 84/1	Fig. 4	765	505	615	180	107	11	60	330	420	470	185	17	45	5				4"	4"	112
CL 98/1	Fig. 4	750	532	640	180	107	11	60	330	420	470	185	17	45	5				4"	4"	120
CL 4/21	Fig. 2	312	276	285	255	33	9	199	160	145	48	70	140	167	390	105	28	283	1"	1"	16
CL 7/21	Fig. 2	403	324	340	300	55	12	225	240	180	35	80	195	210	450	128	36	343	1"1/4	1"1/4	27
CL 10/21	Fig. 2	452	351	380	330	60	12	246	240	185	52	95	206	241	550	145	45	361	1"1/2	1"1/2	39
CL 12/21	Fig. 4	440	350	420	130	79	9	100	160	288	328	-	19	35	5	6	40		1"1/2	1"1/2	42
CL 14/21	Fig. 4	445	370	450	130	79	9	100	160	288	328	-	19	35	5	6	40		2"	2"	42
CL 17/21	Fig. 4	560	400	470	160	90	9	100	160	347	387	70	22	35	5				2"1/2	2"1/2	54
CL 20/21	Fig. 4	550	416	490	160	90	9	100	160	347	387	70	22	35	5				2"1/2	2"1/2	66
CL 23/21	Fig. 4	590	440	515	160	90	9	100	160	347	387	70	22	35	5				2"1/2	2"1/2	82
CL 30/21	Fig. 4	700	440	520	180	97	11	60	330	400	450	120	22	45	5				3"	3"	83
CL 36/21	Fig. 4	675	466	550	180	97	11	60	330	400	450	120	22	45	5				3"	3"	90
CL 42/21	Fig. 4	765	505	615	180	107	11	60	330	420	470	185	17	45	5				3"	3"	106
CL 49/21	Fig. 4	750	532	640	180	107	11	60	330	420	470	185	17	45	5				4"	4"	112

Los pesos indicados son para máquinas con el motor de mayor potencia / Weights shown are for the machines fitted with the largest motor power



Materiales

Componentes	A	B-A
Cuerpo bomba Bridas de aspiración Tapa registro (para A 65-150) Acoplamiento Rodete	Hierro GJL 200 EN 1561	Bronce G-Cu Sn 10 UNI 7013
Eje	Acero al níquel-cromo 1.4305 EN 10088 (AISI 303) Acero al cromo 1.4104 EN 10088 (AISI 430) para A 65-150AE,BE	Acero al Cr-Ni-Mo 1.4401 EN 10088 (AISI 316)
Sello mecánico	Carbón - Cerámica - NBR	

Ejecución

Bomba centrífuga monobloc autocebante con rodete abierto. La válvula de retención incorporada en la bomba impide, en el paro, el efecto sifón y asegura la autoaspiración automática en cada nueva puesta en marcha. La bomba autoaspira aunque la válvula de retención no cierre perfectamente, estando la bomba parcialmente llena de agua y con el tubo de aspiración completamente vacío.

Aplicaciones

Para agua limpia o ligeramente sucia, aún conteniendo cuerpos sólidos hasta 10 mm para A 50-125 y 15 mm para A 65-150. Para el vaciado de sótanos, fosas, achiques, etc. Para riegos por gravedad. Para aplicaciones civiles e industriales.

Límites de empleo

Temperatura líquido de - 10 °C a + 90 °C.
Temperatura ambiente hasta 40 °C.
Presión máxima admitida en el cuerpo de la bomba 6 bar.
Servicio continuo.

Motor

Motor a inducción 2 polos, 50 Hz (n = 2900 1/min).

A : trifásico 230/400 V ± 10%;

AM: monofásico 230 V ± 10%, con protector térmico.

Condensador en el interior de la caja de bornes.

Aislamiento clase F.

Protección IP 54

Ejecución según: IEC 34.

Otras ejecuciones bajo demanda

Otras tensiones.

Frecuencia 60 Hz.

Protección IP 55.

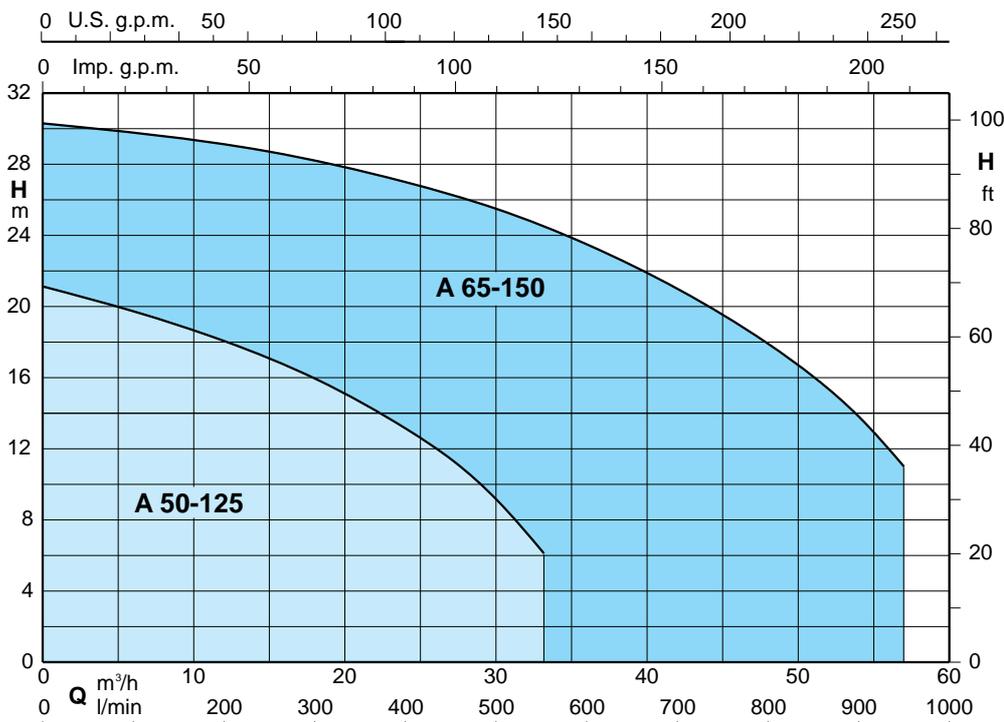
Sello mecánico especial.

Para líquidos o ambientes con temperaturas más elevadas o más bajas.

Ejecución monobloc antideflagrante según 94/9/CE (ATEX).

Ejecución con soporte y eje libre.

Campo de aplicaciones $n \approx 2900$ 1/min





Prestaciones $n \approx 2900$ 1/min

3 ~	230 V 400 V		1 ~	230 V		P ₂		Q	H m									
	A	A		A	kW	kW	HP		m ³ /h	6	9	12	15	18	21	24	27	30
								l/min	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
A 50-125CE B-A 50-125CE	4	2,3	AM 50-125CE B-AM 50-125CE	5,8	1,2	0,75	1		13	12,5	11,5	10,5	9,5	8	6	4		
A 50-125BE B-A 50-125BE	5	2,9	AM 50-125BE B-AM 50-125BE	7,4	1,6	1,1	1,5		16	15	14,5	13,5	12	10,5	9	7	5	
A 50-125AE B-A 50-125AE	7,5	4,3	AM 50-125AE B-AM 50-125AE	9,2	2,1	1,5	2		19,5	19	18	17	16	14,5	13	11	9	6

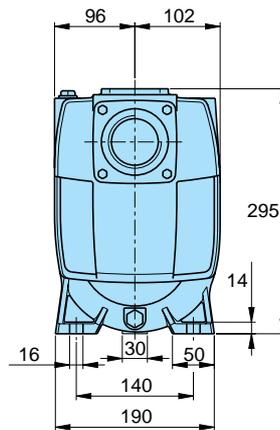
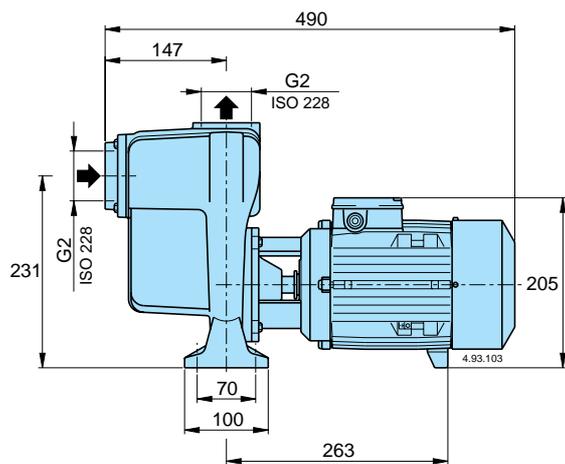
3 ~	230 V 400 V		P ₂		Q	H m									
	A	A	kW	HP		m ³ /h	15	18	24	30	33	36	42	48	54
					l/min	250	300	400	500	550	600	700	800	900	950
A 65-150CE B-A 65-150CE	9,15	5,3	2,2	3		17,5	17	16	14	13	11,5	9	6,5		
A 65-150BE B-A 65-150BE	11,5	6,6	3	4		21,5	21	19,5	17,5	16,5	15,5	12,5	9,5	6,5	
A 65-150AE B-A 65-150AE	16,6	9,6	4	5,5		29	28	27	25,5	24,5	23,5	21	18	14	11

P1 Maxima potencia absorbida.
P2 Potencia nominal del motor.

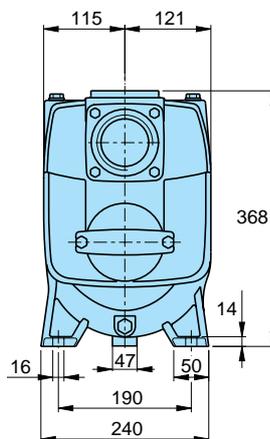
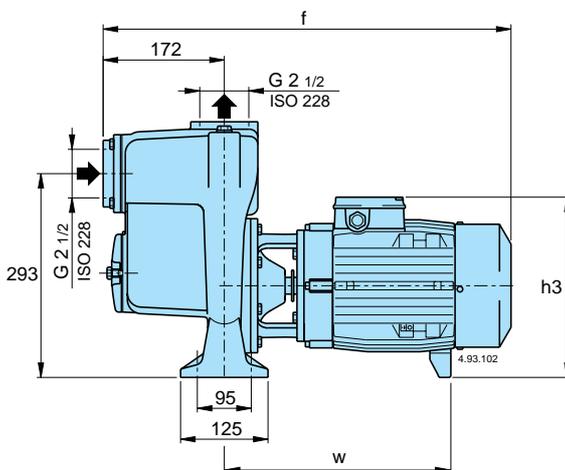
B-A, B-AM = Ejecución en bronce.
H Altura total en m.

Tolerancias según ISO 9906, anexo A.

Dimensiones y pesos



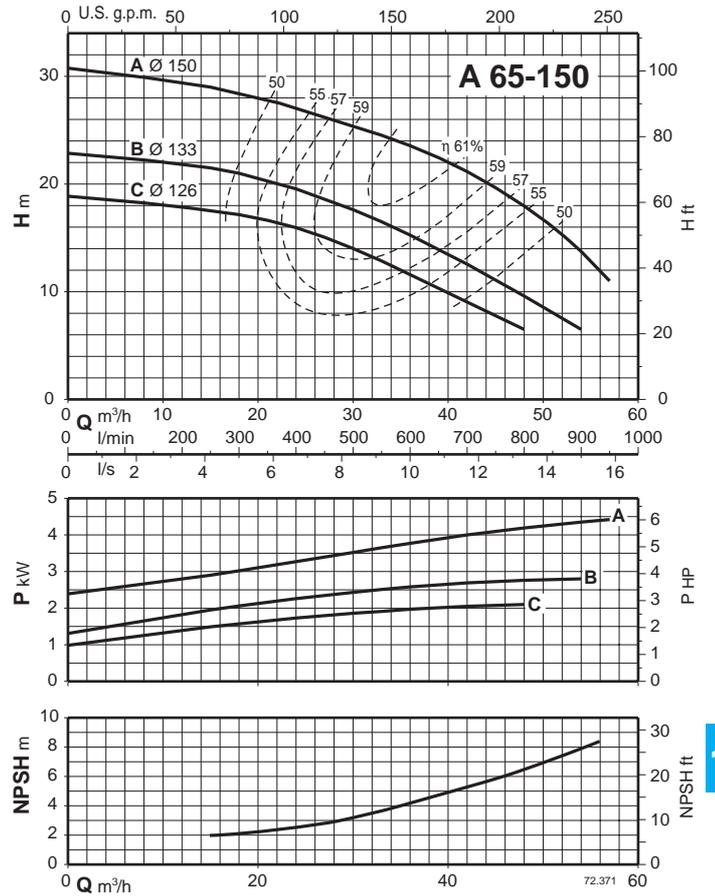
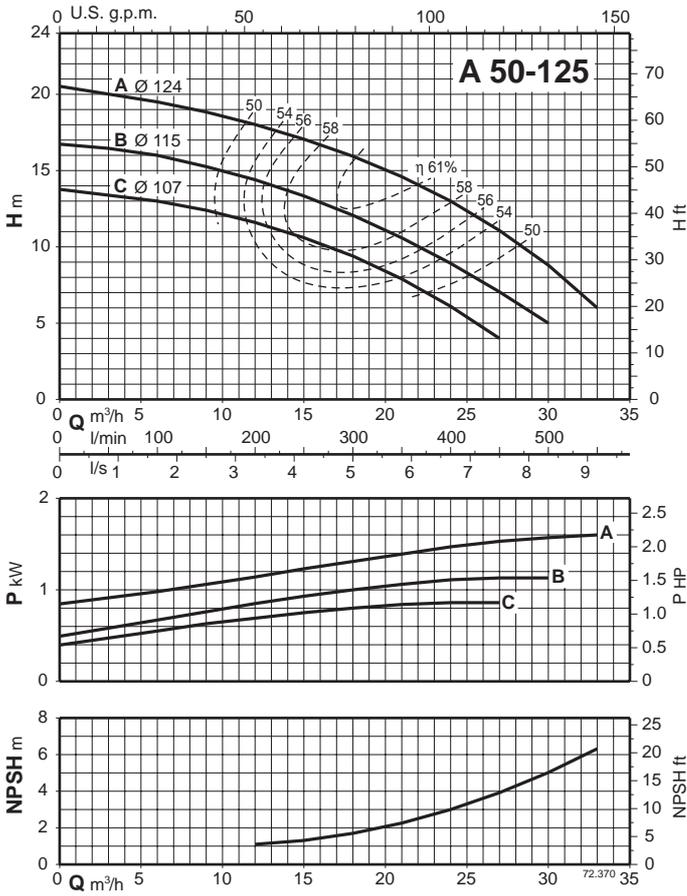
	kg
A 50-125AE	29,9
AM 50-125AE	31
A 50-125BE	28
AM 50-125BE	29,1
A 50-125CE	26,9
AM 50-125CE	27,8
B-A 50-125AE	33,6
B-AM 50-125AE	33,6
B-A 50-125BE	31
B-AM 50-125BE	32,6
B-A 50-125CE	29,6
B-AM 50-125CE	30,6



TIPO	mm			kg
	f	h3	w	
A 65-150CE B-A 65-150CE	543	242	279	46 47,5
A 65-150BE B-A 65-150BE	595	260	324	54 55,5
A 65-150AE B-A 65-150AE	595	260	324	58 59,5



Curvas Características $n \approx 2900$ 1/min

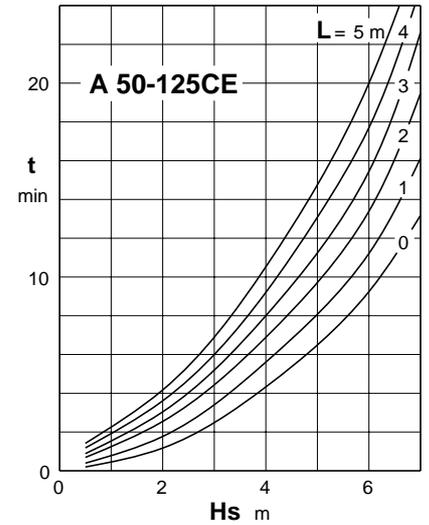
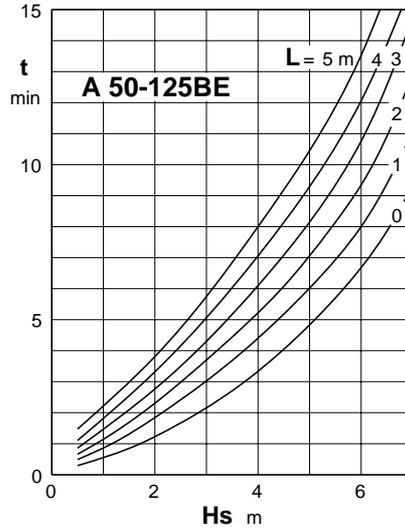
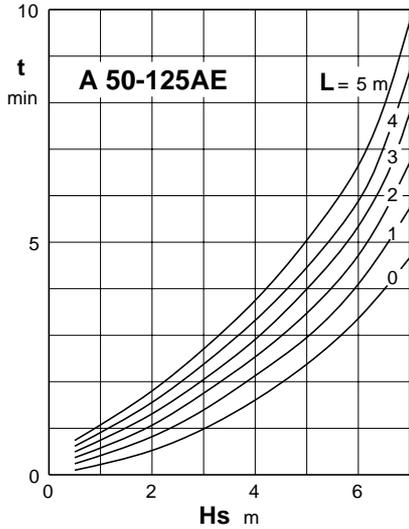




Capacidad de autoaspiración

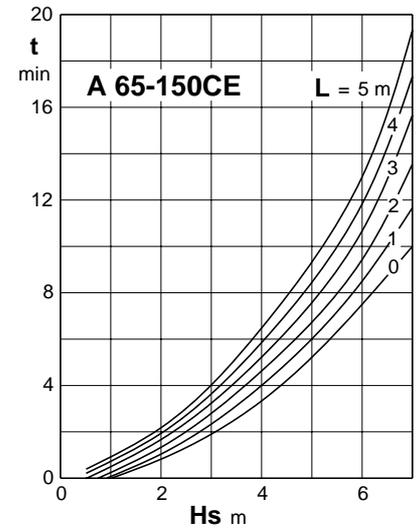
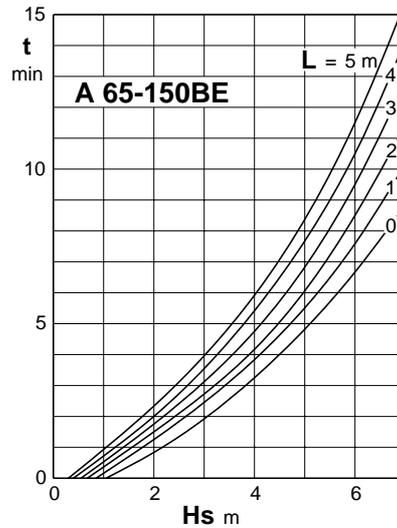
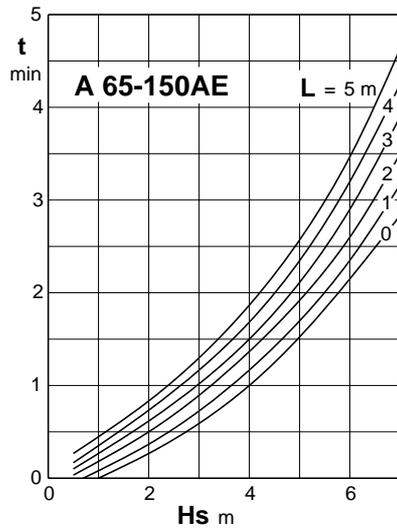
A 50-125 con tubo DN 50 mm y agua fría

fr oide



A 65-150 con tubo DN 65 mm y agua fría

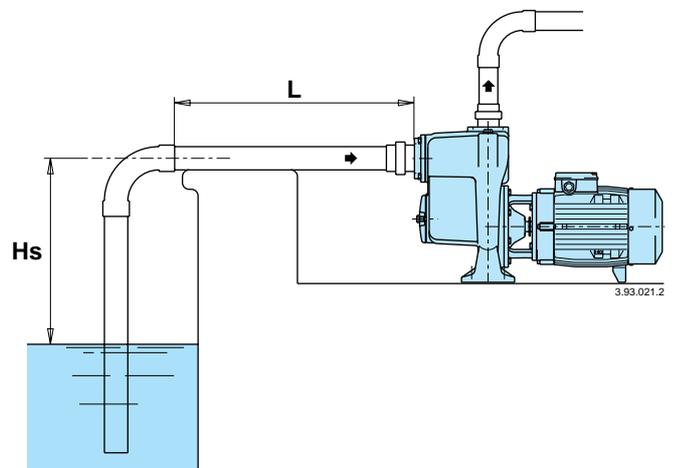
fr oide



Hs (m) Altura de aspiración.

L (m) Longitud del tubo aspirante horizontal sobre el nivel del agua.

t (min) Tiempo de autoaspiración.





Materiales

Componentes	Materiales
Cuerpo bomba	Acero al Cr-Ni 1.4301 EN 10088 (AISI 304)
Cuerpo elemento	Acero al Cr-Ni 1.4301 EN 10088 (AISI 304)
Anillo de cierre rodete	PTFE (Teflon)
Rodete	Acero al Cr-Ni 1.4301 EN 10088 (AISI 304)
Tapa del cuerpo	Acero al Cr-Ni 1.4301 EN 10088 (AISI 304)
Manguito distanciador	Acero al Cr-Ni 1.4301 EN 10088 (AISI 304)
Eje bomba	Acero al Cr-Ni 1.4305 EN 10088 (AISI 303)
Tapón	Acero al Cr-Ni 1.4305 EN 10088 (AISI 303)
Sello mecánico con alojamiento según ISO 3069	Cerámica alúmina, carbón, EPDM (Otros materiales bajo demanda)

Ejecución

Bombas multicelulares horizontales monobloc de acero **inoxidable al cromo-níquel**.

Construcción compacta y robusta, sin brida sobresaliente y acoplamiento bomba motor único con pie soporte.

Cuerpo bomba en una sola pieza, abierto por un solo lado (barrel casing), con boca de aspiración frontal sobre el eje de la bomba y boca de impulsión radial en la parte superior.

Tapones de cebado y vaciado en posiciones medias, accesibles desde cada lado (como la tapa de bornes).

Aplicaciones

Para aprovisionamiento de agua.

Para líquidos limpios, sin partes abrasivas, no agresivos para el acero inoxidable (con adaptación, bajo demanda, de los materiales del sello mecánico).

Bomba universal, para uso doméstico, para aplicaciones civiles e industriales, para jardinería e irrigación.

Límites de empleo

Temperatura líquido de - 15 °C a + 110 °C.

Temperatura ambiente hasta 40 °C.

Presión máxima admitida en el cuerpo de la bomba: 10 bar.

Motor

Motor a inducción 2 polos, 50 Hz (n = 2800 1/min).

MXHM: trifásico 230 / 400 V ± 10%.

MXHM: monofásico 230 V ± 10% , con protector térmico.

Condensador incorporado en la caja de bornes.

Aislamiento clase F.

Protección IP 54.

Ejecución según: IEC 34;

IEC 38;

IEC 335-1, EN 60335-1;

IEC 335-2-41, EN 60335-2-41;

IEC 529, EN 60529.

Otras ejecuciones bajo demanda

Otras tensiones.

Frecuencia 60 Hz.

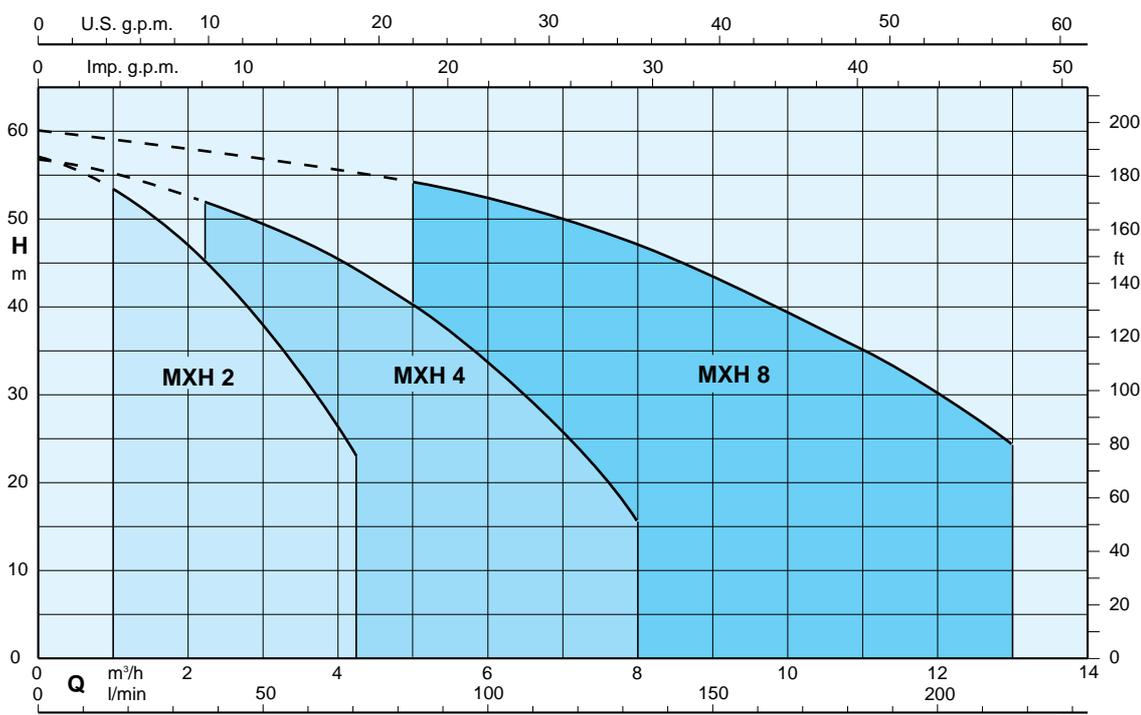
Protección IP 55.

Sello mecánico especial.

Anillos de cierre cuerpo bomba en FPM (Viton).

Para líquidos o ambientes con temperaturas más elevadas o más bajas.

Campo de aplicaciones $n \approx 2800$ 1/min



Prestaciones $n \approx 2800$ 1/min

	3 ~ 230 V 400 V		1 ~ 230 V	P ₁	P ₂		Q										
	A	A			A	kW		kW	HP	m ³ /h	l/min	0	1	1,5	2	2,5	3
MXH 202E	1,7	1	MXHM 202E	2,3	0,5	0,33	0,45	H m	22	20,5	19	18	16	14	11,5	9	8
MXH 203E	2,4	1,4	MXHM 203E	3	0,65	0,45	0,6		33	31	29	27	24	21,5	18	14,5	12,5
MXH 204E	2,8	1,6	MXHM 204E	4,2	0,9	0,55	0,75		45	42,5	40	37,5	34	30	25,5	21	18
MXH 205E	3,5	2	MXHM 205E	5,4	1,2	0,75	1		57	53,5	50,5	47	43	38	32,5	26,5	23
									0	16,6	25	33,3	41,6	50	58,3	66,6	70,8

	3 ~ 230 V 400 V		1 ~ 230 V	P ₁	P ₂		Q											
	A	A			A	kW		kW	HP	m ³ /h	l/min	0	2,25	3	3,5	4	4,5	5
MXH 402E	2,4	1,4	MXHM 402E	3	0,65	0,45	0,6	H m	22,5	20	19,5	18,5	17,5	16	15	12,5	9,5	6
MXH 403E	2,8	1,6	MXHM 403E	4,2	0,9	0,55	0,75		33	30	29	27,5	26	24,5	23	19,5	15	9,5
MXH 404E	3,5	2	MXHM 404E	5,4	1,2	0,75	1		44,5	40,5	38	36,5	35	33	31	26	20	12,5
MXH 405E	4,7	2,7	MXHM 405	7,4	1,5	1,1	1,5		56,5	52	50	47,5	45,5	43	40	33,5	26	16,5
									0	37,5	50	58,3	66,6	75	83,3	100	116	133

	3 ~ 230 V 400 V		1 ~ 230 V	P ₁	P ₂		Q											
	A	A			A	kW		kW	HP	m ³ /h	l/min	0	5	6	7	8	9	10
MXH 802E	3,7	2,2	MXHM 802E	5,7	1,2	0,75	1	H m	22,5	20,5	20	19	18	16,5	15	13	11	8,5
MXH 803	5	2,9	MXHM 803	7,4	1,5	1,1	1,5		36	32	30,5	29	27,5	25,5	23	20	17	14
MXH 804	6,4	3,7	MXHM 804	9,2	2	1,5	2		48	42,5	41	39	37	34,5	32	28	24	19,5
MXH 805	7,5	4,3				1,8	2,5		60	54	52	49,5	47	43,5	39,5	35	29,5	24
									0	83,3	100	116	133	150	166	183	200	216

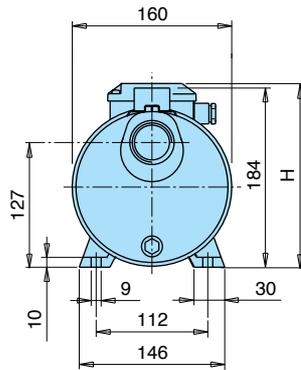
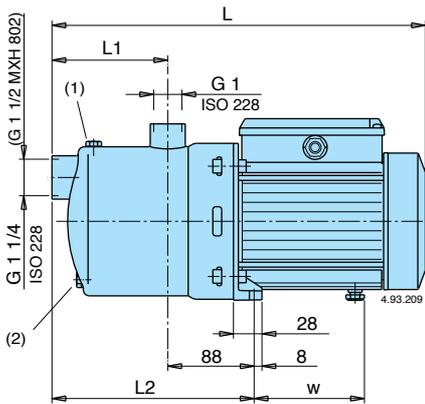
P₁ Maxima potencia absorbida.

P₂ Potencia nominal del motor.

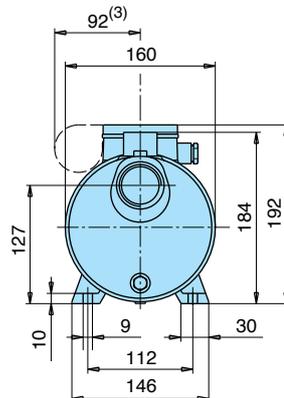
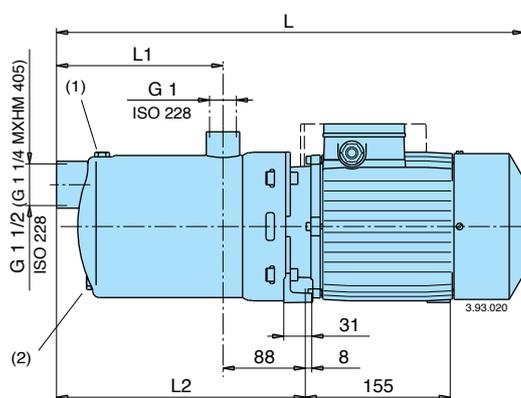
H Altura total en m.

Tolerancias según ISO 9906, anexo A.

Dimensiones y pesos



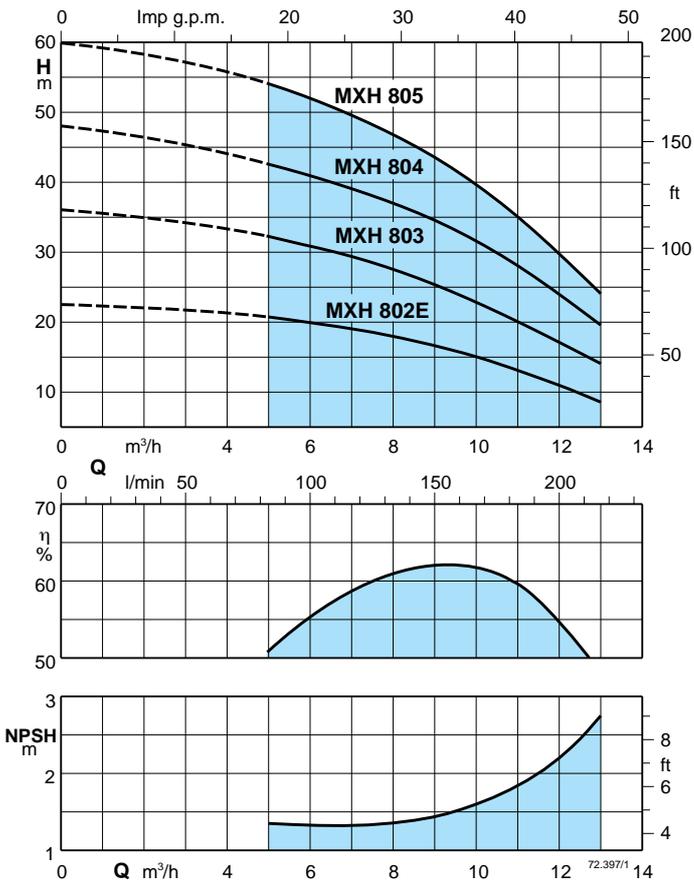
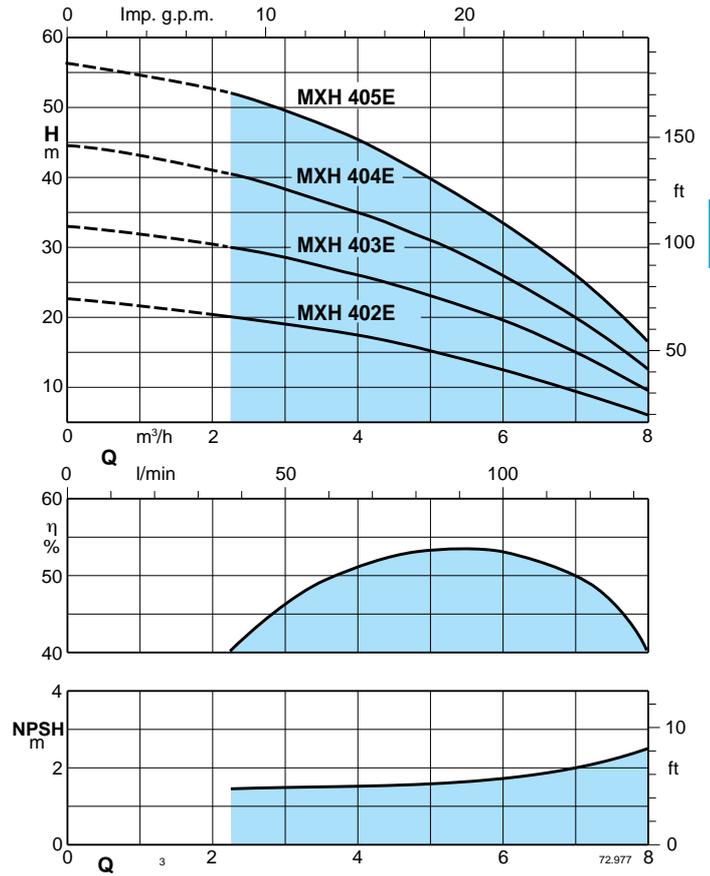
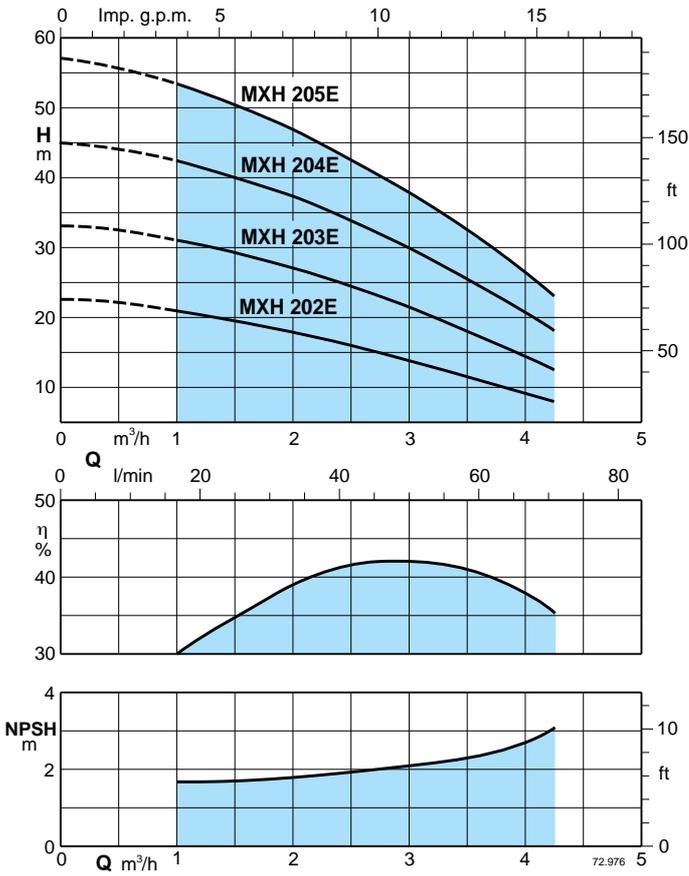
TIPO	mm					kg	
	L	L1	L2	H	w	MXH	MXHM
MXH 202E - MXHM 202E	331	94	182	176	98,5	6,8	6,9
MXH 203E - MXHM 203E	331	94	182	176	98,5	7,6	7,7
MXH 204E - MXHM 204E	381	118	206	189	112	10	11
MXH 205E - MXHM 205E	405	142	230	189	112	11,5	12,5
MXH 402E - MXHM 402E	331	94	182	176	98,5	7,6	7,7
MXH 403E - MXHM 403E	357	94	182	189	112	9,3	10,3
MXH 404E - MXHM 404E	381	118	206	189	112	10,8	11,8
MXH 405E	405	142	230	189	112	13	
MXH 802E - MXHM 802E	381	118	206	189	112	10,6	11,6



TIPO	mm			kg	
	L	L1	L2	MXH	MXHM
MXHM 405	464	142	230		18
MXH 803 - MXHM 803	440	118	206	15,8	16,9
MXH 804 - MXHM 804	470	148	236	18,2	19,2
MXH 805	500	178	266	19	

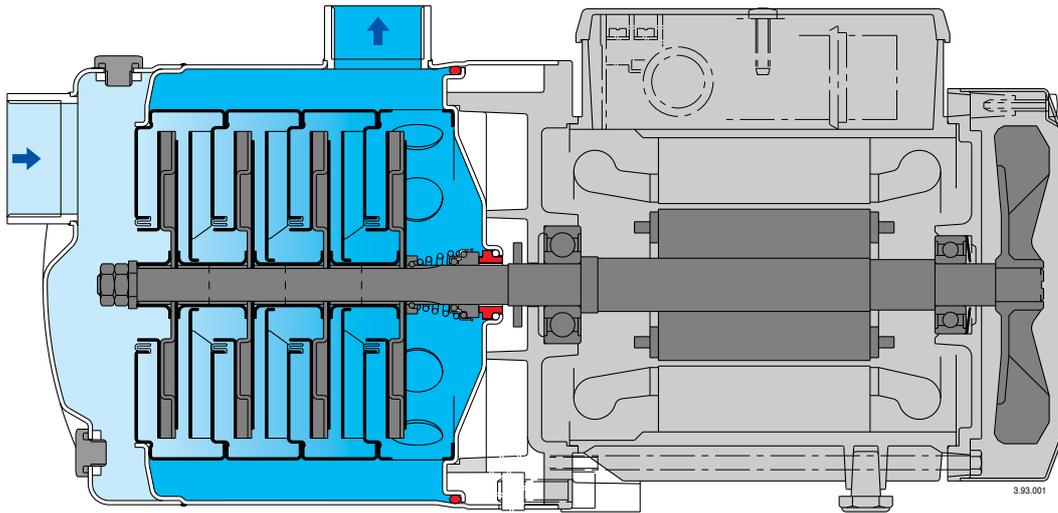
(1) Cebado (2) Vaciado (3) MXHM

Curvas Características $n \approx 2800$ 1/min



Resultados de las pruebas con agua fría y limpia, sin gas.
Para el valor del NPSH se recomienda un margen de seguridad de + 0,5 m.
Tolerancia según ISO 9906, anexo A.

Características constructivas



■ Más seguridad

Contra el funcionamiento en seco, con la boca de aspiración sobre el eje de la bomba.

■ Fiable

Todas las partes hidráulicas en contacto con el líquido son de acero inoxidable.
Para líquidos de -15 °C a +110 °C.

■ Robusta

Cuerpo bomba de una sola pieza de grueso espesor, abierto por un solo lado.

■ Compacta

Acoplamiento bomba motor y base soporte de una sola pieza.
Sin brida sobresaliente.

■ Mayor protección

Contra las pérdidas del cierre, con la tapa de la bomba separada de la tapa del motor. Posibilidad de inspección del sello mecánico a través de la abertura lateral entre las dos paredes. Mayor protección contra la penetración del agua en el motor, obtenida por medio del cuerpo bomba prolongado sobre el acoplamiento.



Ejecución

Electrobomba centrifuga monobloc con rodete abierto.
Rodete tipo vortex para tipo C 16/1E.

Aplicaciones

Para líquidos moderadamente cargados de impurezas o emulsionados.
Para la industria y la agricultura.

Límites de empleo

Temperatura líquido de - 10 °C a + 90 °C.
Temperatura ambiente hasta 40° C.
Altura de aspiración manométrica hasta 8 m.
Presión máxima admitida en el cuerpo de la bomba 6 bar.
Máximo diámetro cuerpos solidos: 4 mm.
Servicio continuo.

Motor

Motor a inducción 2 polos, 50 Hz (n = 2900 1/min).
C trifásico 230/400 V ± 10%.
CM: monofásico 230 V ± 10%, con protector térmico.
Condensador en el interior de la caja de bornes.
Aislamiento clase F.
Protección IP 54.
Ejecución según: IEC 34.

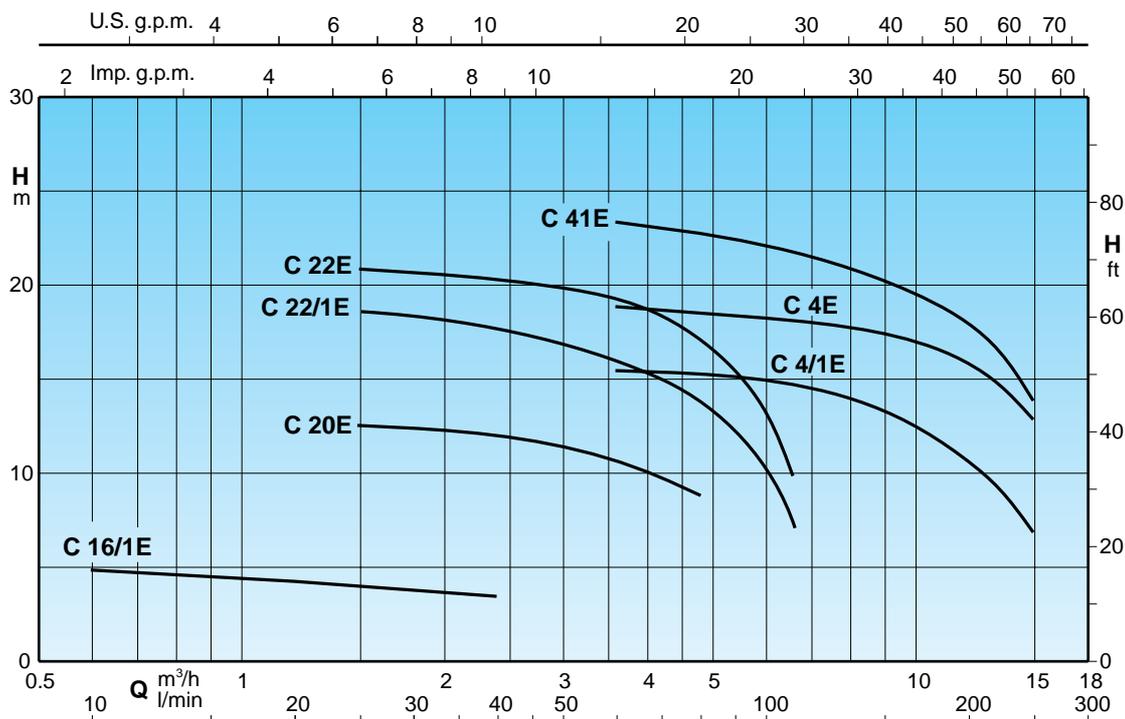
Materiales

Componentes	C	B-C
Cuerpo bomba	Hierro GJL 200 EN 1561	Bronce G-Cu Sn 10 UNI 7013
Acoplamiento	Hierro GJL 200 EN 1561	Bronce G-Cu Sn 10 UNI 7013
Rodete	Latón P- Cu Zn 40 Pb 2 UNI 5705	
Eje	Acero al cromo 1.4104 EN 10088 (AISI 430) Acero al cromo-níquel 1.4305 EN 10088 (AISI 303) para C 41E	Acero al Cr-Ni-Mo 1.4401 EN 10088 (AISI 316)
Sello mecánico	Carbón - Cerámica - NBR	

Otras ejecuciones bajo demanda

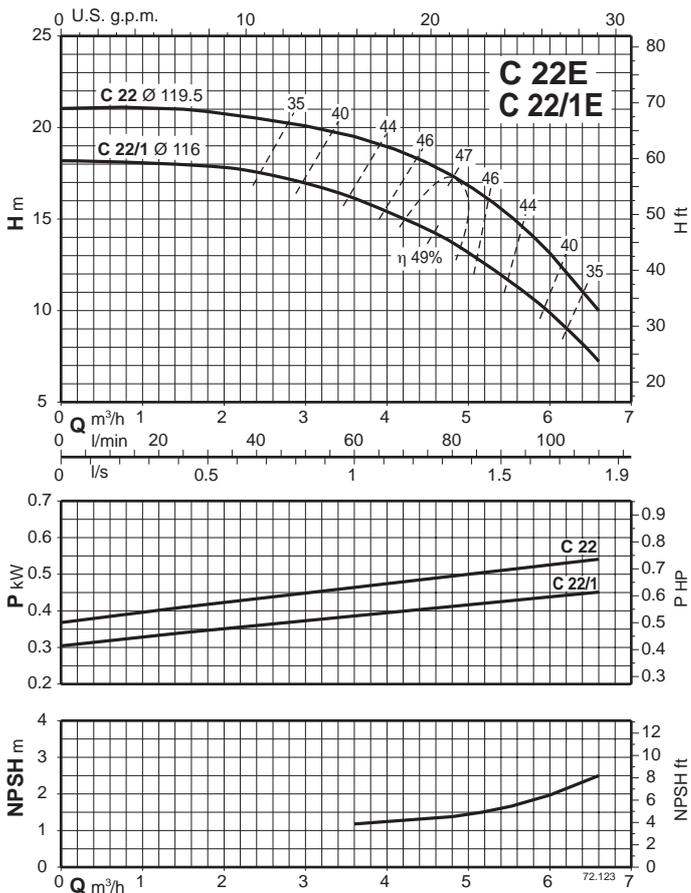
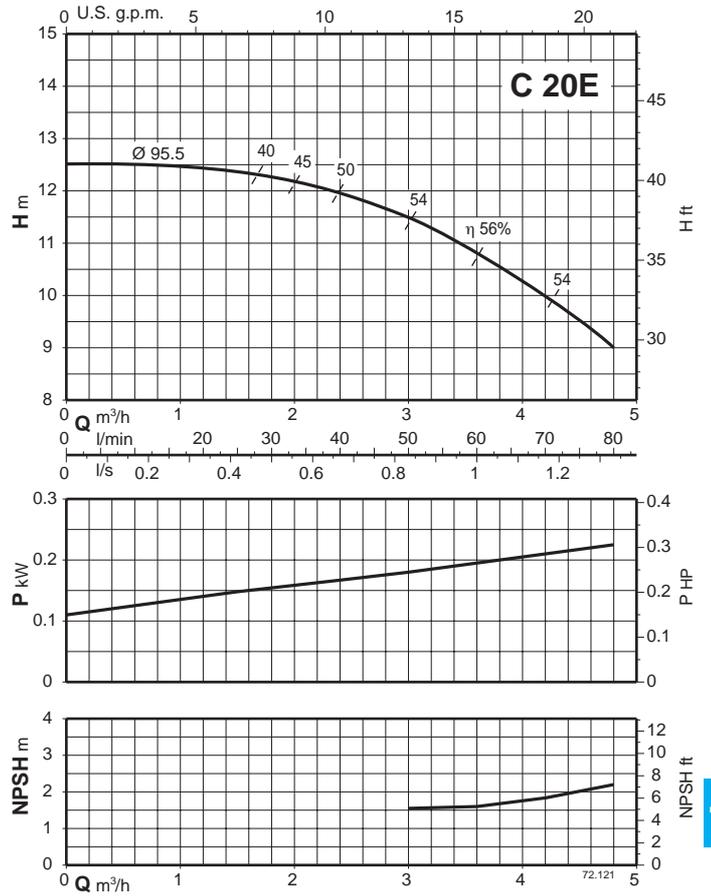
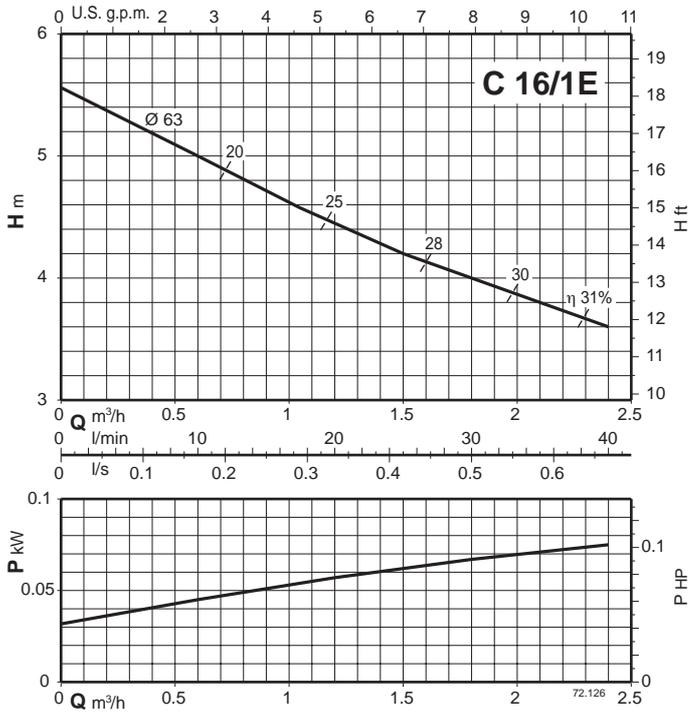
- Otras tensiones.
- Frecuencia 60 Hz.
- Protección IP 55.
- Sello mecánico especial.
- Para líquidos o ambientes con temperaturas más elevadas o más bajas.

Curvas Características $n \approx 2900$ 1/min



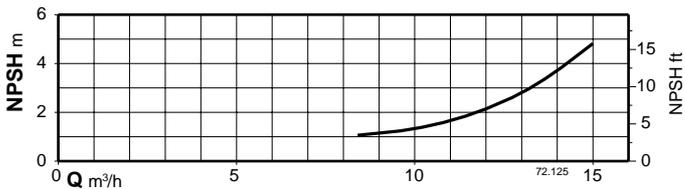
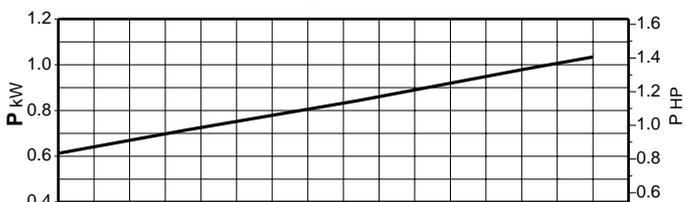
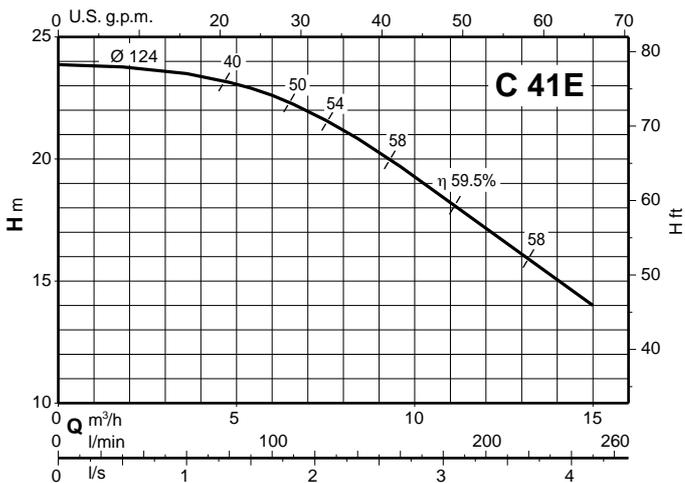
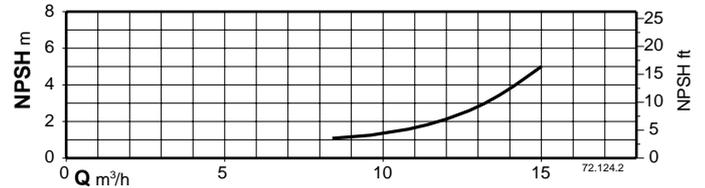
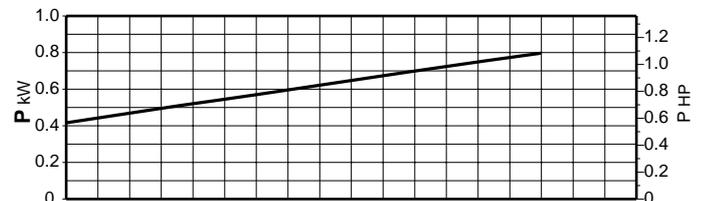
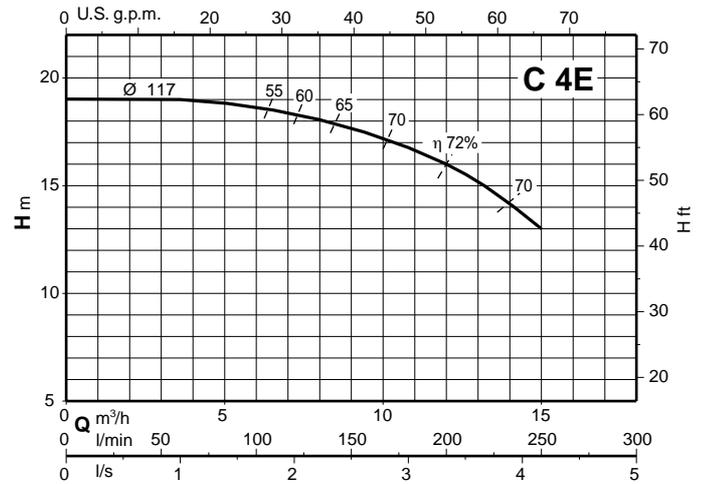
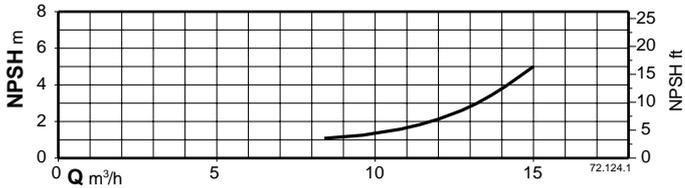
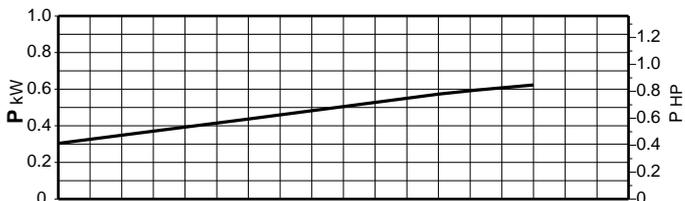
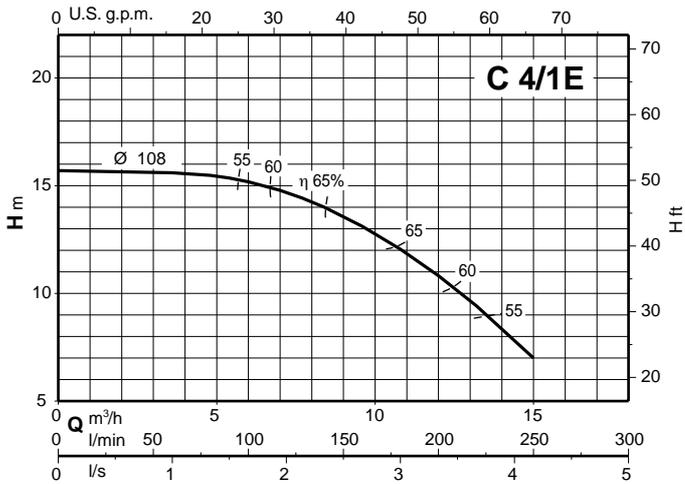


Curvas Características $n \approx 2900$ 1/min





Curvas Características $n \approx 2900$ 1/min



Capacidad

Modelo Desplazamiento Cap. de refrigeración a 35°C de temp. de condensación Potencia al freno a 35°C de temp. de condensación

Modelo	Desplazamiento	Temp. de succión (°C)											
		-25	-20	-15	-10	-5	0	-25	-20	-15	-10	-5	0
N2WA*	71.0	4.9	6.6	8.7	11.1	14.0	17.4	10.8	12.2	13.4	14.3	15.1	15.5
N4WA	187.2	12.9	17.5	22.9	29.4	37.0	45.9	28.6	32.0	35.1	37.9	39.8	41.0
N6WA	280.7	19.4	26.2	34.4	44.2	55.6	68.8	42.9	48.1	52.8	56.8	59.8	61.4
N8WA	374.2	25.8	35.0	45.9	58.9	74.1	91.8	57.3	64.0	71.8	77.2	81.2	83.5
N4WB	381.0	26.3	35.7	46.8	60.1	75.6	93.6	58.4	65.4	71.8	77.2	81.2	83.5
N6WB	572.6	39.5	53.5	70.3	90.1	113.4	140.4	87.7	98.1	107.8	115.8	121.8	125.2
N8WB	764.1	52.1	71.4	93.7	120.1	151.2	187.2	116.9	130.8	143.6	154.4	162.5	166.9
F2WA2	71.0	5.4	7.2	9.2	11.6	14.4	17.6	4.9	6.6	8.7	11.1	14.0	17.4
F4WA2	187.2	14.4	19.0	24.4	30.7	38.1	46.6	12.9	17.5	22.9	29.4	37.0	45.9
F6WA2	280.7	21.6	28.5	36.7	46.2	57.2	69.8	19.4	26.2	34.4	44.2	55.6	68.8
F8WA2	374.2	28.8	38.0	48.9	61.6	76.2	93.1	25.8	35.0	45.9	58.9	74.1	91.8
F4WA2	381.0	30.6	39.8	50.7	63.4	78.1	95.0	26.3	35.7	46.8	60.1	75.6	93.6
F6WA2	572.6	45.9	59.8	76.1	95.1	117.1	142.5	39.5	53.5	70.3	90.1	113.4	140.4
F8WA2	764.1	61.3	79.7	101.5	126.8	156.2	190.0	52.1	71.4	93.7	120.1	151.2	187.2
F2WA5	71.0	5.5	7.3	9.4	11.8	14.6	17.9	4.9	6.6	8.7	11.1	14.0	17.4
F4WA5	187.2	14.6	19.3	24.7	31.1	38.6	47.2	12.9	17.5	22.9	29.4	37.0	45.9
F6WA5	280.7	21.9	28.9	37.1	46.8	58.0	70.9	19.4	26.2	34.4	44.2	55.6	68.8
F8WA5	374.2	29.2	38.5	49.5	62.4	77.3	94.5	25.8	35.0	45.9	58.9	74.1	91.8
F4WA5	381.0	31.0	40.3	51.3	64.2	79.1	96.4	26.3	35.7	46.8	60.1	75.6	93.6
F6WA5	572.6	46.5	60.5	77.0	96.3	118.7	144.6	39.5	53.5	70.3	90.1	113.4	140.4
F8WA5	764.1	62.0	80.7	102.7	128.4	158.3	192.8	52.1	71.4	93.7	120.1	151.2	187.2

Notas: □ La capacidad de refrigeración está basada en 5°C de temperatura de líquido subenfriado y 10°C de temperatura de sobrecalentamiento en la succión para R717 y R22 y sobrecalentamiento de 15°C para R502.

□ La clasificación del modelo 2WA y su desplazamiento está basado en una operación a 1100 R.P.M.; los modelos 4WA, 6WA, 8WA en 1450 R.P.M.; los modelos 4B, 6B y 8B en 1200 R.P.M., considerando un enfriamiento adecuado a los equipos.

□ Para capacidades de compresor compound, así como para información sobre otros refrigerantes, velocidades y condiciones de operación, favor de dirigirse al distribuidor MYCOM más cercano.

□ MYCOM proporcionará información técnica y de ingeniería para requerimientos especiales.

□ 1 TR=12,000 BTU/h=304 Kcal/hr.

Dimensiones en mm



Modelo	Dimensiones										Polea	Peso sin motor Kg.	
											Diámetro de Paso	No. de Ranuras	
2WA	321	-	955	432	-	533	-	-	1,475	865	336	CX4	442
4WA	451	306	1,165	381	279	635	1,690	965	1,705	1,070	392	CX4	909
6WA	451	814	1,220	102	102	635	1,875	1,045	1,765	1,105	392	CX6	1,034
8WA	481	824	1,290	114	114	635	1,985	1,055	1,805	1,125	392	CX8	1,181
4WB	521	402	1,410	508	318	686	2,085	1,130	2,060	1,400	446	CX8	1,556
6WB	541	1,026	1,485	127	127	711	2,340	1,270	2,105	1,400	446	CX10	1,805
8WB	540	1,008	1,545	165	140	762	2,415	1,235	2,130	1,405	446	CX10	2,005

- Notas: *T.B. * Transmisión por Bandas. *A.D. * Acoplamiento Directo
 La dimensión L es sin motor. La caja de conecciones del motor debe colocarse de manera horizontal, especialmente en motores de gran tamaño.



- Rango de medida:
líquidos: hasta 5 m
sólidos: hasta 2 m
- Precisión:
0.25% máx. de intervalo
- Resolución: 3 mm
- Presión: máx. 3 bar abs.,
Temperatura: máx. 80°C
- Conexión:
G 1 1/2 rosca macho
- Material de la cubierta:
PBT fibra de vidrio reforzada
- Material de conexión:
PVDF



Las oficinas KOBOLD existen en los siguientes países:

ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, CANADA, CHINA,
FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS,
POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA

KOBOLD Messring GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ (06192) 299-0
Fax (06192) 23398
E-mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:
NUS



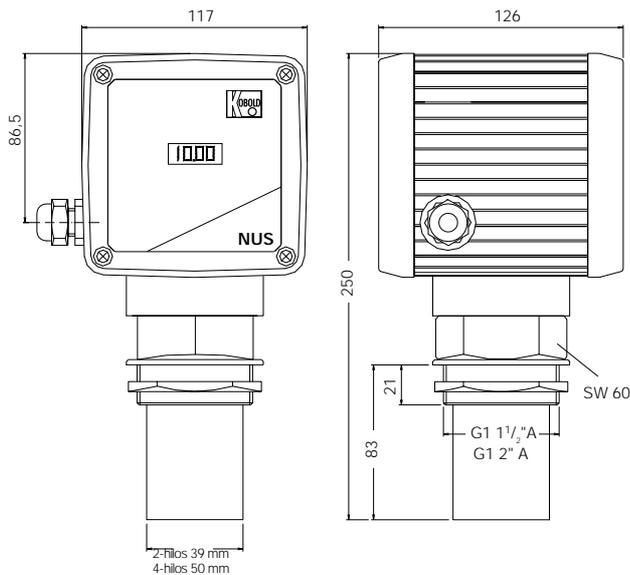
Descripción

El medidor de nivel ultrasónico KOBOLD modelo NUS se utiliza para medir, niveles continuos sin contacto. El instrumento compacto contiene un sensor de temperatura integrado para la compensación del tiempo de viaje del sonido. El rango de medición es ajustable. El instrumento opera sobre el principio ultrasónico. El sensor transmite pulsos de ondas ultrasónicas a la superficie de un líquido o material macizo. Los pulsos reflejados son recibidos por el mismo sensor. El sistema electrónico evalúa el tiempo de eco de los pulsos y determina el nivel. Una salida estándar de señal para teletransmisión y un indicador LED para indicación local están disponibles.

Aplicaciones

- Líquidos
- En medios de grano grueso

Dimensiones



Detalles Técnicos

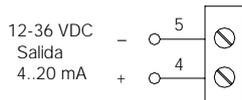
Cuerpo:	PBT, fibra de vidrio reforzado.
Sensor y conexión:	PVDF
Rangos de flujo:	líquidos: hasta 5 m sólidos: hasta 2 m
Precisión de medida:	0.25% máx. longitud
Resolución:	3 mm (2-hilos); 2mm (4-hilos)
Distancia de bloque:	0.25 m
Frecuencia:	aproximadamente 70 kHz
Frecuencia de pulso:	0.5 a 3 Hz
Cono del Haz:	5.5° conico
Min. tiempo de retardo:	aproximadamente 5 s
Señal Salida:	4 a 20 mA
Carga:	máx. 600 ohm
Temperatura de proceso:	-40 a 80°C
Temperatura ambiente:	-20 a 60°C
Máx. presión de operación:	3 bar abs.
Protección:	IP 67
Diseño:	Instrumento compacto
Dimensiones:	ver boceto
Proceso de conexión:	G 1 1/2" rosca macho 2-hilos G 2" 4-hilos
Conexión cable de entrada:	PG 16
Potencia auxiliar:	12 a 36 VDC (2-hilos) 18 a 36 VDC (4-hilos) 90 a 127 VAC (4-hilos) 180 a 250 VAC (4-hilos)
Indicador (opcional):	4-dígitos LED
Conexión eléctrica:	2/3- polo quick-on

Número de pedido (Ejemplo: NUS- 1053)

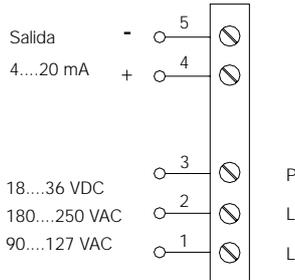
Fuente	Número de Orden	
	sin indicador LED	con indicador LED
12-36 VDC, 2-hilos	NUS-1053	NUS-2053
18-36 VDC, 4-hilos	NUS-1057	NUS-2057
90-127 VAC, 4-hilos	NUS-1051	NUS-2051
180-250 VAC, 4-hilos	NUS-1050	NUS-2050

Conexión eléctrica

2-hilos



4-hilos





- Rangos de medida:
1-10 l/min...360-3600 m³/h
agua
- Precisión de medición:
±1,5 valor a fondo de escala
- Conexión:
G 3/8...G 2,
3/8 NPT...2 NPT
brida: DN 10...DN 50
ANSI 3/8"...2"
- Parte soldada para tubo de
tamaños nominales:
DN 40...DN 500
- Material:
Latón, PVC o acero inoxidable
- p_{max}: PN 25, t_{max}: 120 °C
- Montaje universal
- Para medios contaminados

Las oficinas de KOBOLD existen en los siguientes países:

ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, CANADA, CHINA,
FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS,
POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA

KOBOLD Messring GmbH
Nordring 22-24
D-85719 Hofheim/Ts.
☎ (06192) 299-0
☎ (06192) 23390
E-mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:
DWD



Descripción

El nuevo instrumento de medición KOBOLD tipo DWD es un transmisor de caudal con indicación digital de la tasa de caudal real, salida analógica de 4-20 mA y 0-5 o 5-20 Hz de frecuencia de salida y dos relés ajustables todo o nada indicando el punto de conmutación para monitorear valores límite. Una interfaz serial RS232C está disponible como opción.

La combinación de la prueba técnica de medición de deflexión por desplazamiento con el nuevo sistema patentado de péndulo y el analizador electrónico con EEPROM programable produce un transmisor de flujo confiable y económico. Debido a su tecnología y características modernas este dispositivo también es ideal para aplicaciones donde métodos mucho más costosos de medición se han utilizado hasta este momento.

El transmisor de flujo tipo DWD utiliza la confiable técnica de deflexión por desplazamiento junto con nueva tecnología patentada. El medio que fluye presiona contra una placa de baffle que se sujeta a un péndulo - causando así desplazamiento. El péndulo que es retenido por un sistema de resorte progresivo cambia su posición sin la fricción y dependiendo del flujo. La posición de un imán adjunto al péndulo es detectado por un sensor de efecto Hall fijado fuera del medio. Esta señal es procesada y evaluada por electrónica basada en microchip con memoria EEPROM.

Los dispositivos están calibrados y provistos sus especificaciones. Ajustes y programación costosos no se requieren. El DWD está listo para la operación inmediata.

Los dispositivos se pueden reprogramar en caso de necesidad. La carcasa se puede también adaptar fácilmente para la posición de montaje deseada.

Numerosas conexiones y materiales permiten una amplia gama de aplicaciones. Secciones transversales grandes de la línea se pueden también medir confiable y económicamente.

Vistazo de las Ventajas:

- Listo para la operación inmediatamente
- Sin cojinetes, sin fricción
- Solamente una pieza levemente móvil
- Sensibilidad insignificante a la suciedad
- Un rango de caudal más ancho
- Pérdida pequeña de presión
- Cualquier rango de medición es programable
- Señal lineal

Áreas de aplicación:

- Industria pesada de bienes
- Molinos de balanceo y trenes del molino
- Industrias química y farmacéutica
- Industria alimenticia y de bebidas
- Ingeniería mecánica general y equipamiento de capital
- Medición y monitoreo de circuitos de producto, de refrigeración y lubricación

Detalles Técnicos

Dispositivo	Combinación de material		
	6	8	7
Cub. del péndulo	Latón	Ac. Inox.	Ac. Inox.
Sistema péndulo	Ac. Inox.	Ac. Inox.	Ac. Inox.
Pieza-T	Latón	Ac. Inox.	PVC
Sellos	FPM	FPM	FPM
Conexión rosca	Latón	Ac. Inox.	PVC
Conexión brida	Ac. Zoc-plat	Ac. Inox.	PVC
Parte soldada	Acero	Ac. Inox.	Caja de tubo taladrador PVC
Cubierta electrónica	Al. recubierto PA 66	Al. recubierto PA 66	Al. recubierto PA 66
tmax*	120°C	120°C	20°C (60°C)
pmax*	25 bar	25 bar	16 bar (2 bar)

*Mas alto bajo pedido

Razón de caudal:	Índice de caudal 1:10 estándar (por ejemplo 10-100 l/min) máx. 1:25 bajo pedido
Precisión:	±1,5% valor a fondo de escala
Temperatura del medio:	-20°C...+120°C (otros rangos bajo pedido)
Máxima presión:	25 bar (valores mas altos bajo pedido)
Dirección del flujo:	cualquiera
Salida analógica:	4-20 mA
Frecuencia de salida:	0-5 Hz o 5-20 Hz ajustable
Contactos de conmutación:	2 x 230 V, 1 A máx., ajustable con indicación en indicador
Indicador:	LCD-DOT-modulo matriz, 2 x 8 posiciones
Fuente de alimentación:	24 VDC ±10%
Tipo de protección:	IP 65
Opcional:	Interfase serial RS232C

Posición de montaje

Observe la dirección del caudal marcada con una flecha en el dispositivo al instalar. De lo contrario puede utilizar cualquier posición de montaje dado que el panel delantero frontal y la carcasa de la pantalla/transmisor se pueden rotar en pasos de progresión de 90°. El dispositivo puede de esta manera (Incluso si ya está ajustado) se adapte a diversas posiciones de montaje en la tubería, así la lectura y la operación convenientes son siempre posibles

Ejemplo de rangos de medición:

Para conexión DN25 min 6 l/min., máx. 60 l/min o cualquier otro valor hasta máx. 150 l/min en una razón 1:10



Detalles del pedido (Ejemplo: DWD-15 R10 3 R T 0) **Nuestros requerimos los siguientes detalles, así como también, el número de pedido, medio, viscosidad, temperatura de servicio, presión de operación, rango de caudal dentro de los valores detallados abajo con el rango mín./máx. 1:10**

Monitor de caudal modelo DWU-1.. con conexión roscada

Rango de caudal (l/min.)		Combinación de material (sistema péndulo / Pieza T)			Conexión	Alimentación	Dirección del caudal	Localización del indicador	Opcional
mín. Agua	máx. Agua	Ao. Inox/ Latón	Ao. Inox/ Ao. Inox.	Ao. Inox/ PVC					
1	25	DWN-15..	DWN-16..	DWN-17..	R10=G 3/8" N10=3/8 NPT*	3= 24 VCD	R = de der. a izq. L = de izq. a der. T = de arr. a abajo B = de abajo a arr.	T= indicación sup. R= det. de indic. L= izq. de indic.	0= sin 7= interface RS232C
1	55	DWN-15..	DWN-16..	DWN-17..	R15=G 1/2" N15=1/2 NPT*				
5	100	DWN-15..	DWN-16..	DWN-17..	R20=G 3/4" N20=3/4 NPT*				
5	150	DWN-15..	DWN-16..	DWN-17..	R25=G 1" N25=1 NPT*				
10	250	DWN-15..	DWN-16..	DWN-17..	R32=G 1 1/4" N32=1 1/4 NPT*				
20	400	DWN-15..	DWN-16..	DWN-17..	R40=G 1 1/2" N40=1 1/2 NPT*				
50	800	DWN-15..	DWN-16..	DWN-17..	R50=G 2" N50=2 NPT*				

*Modelo DWDF-14... hembra roscada a R40, rosca superior externa; Modelo DWD16.../DWD17... hembra roscada a R40, rosca superior

Transmisor de caudal Modelo DWU-2.. con conexión brida

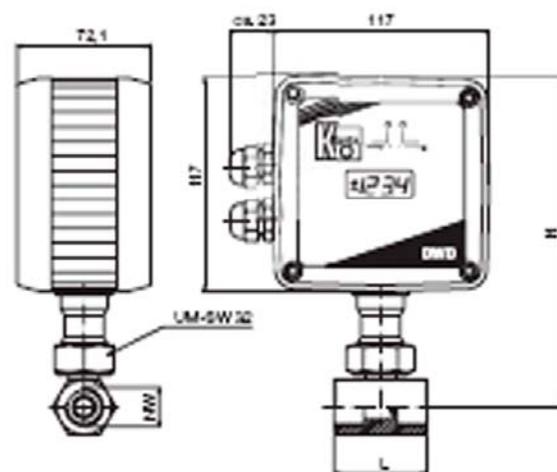
Rango de caudal (l/min.)		Combinación de material (sistema péndulo / Pieza T)			Conexión brida	Alimentación	Dirección del caudal	Localización del indicador	Opcional
mín. Agua	máx. Agua	Ao. Inox/ Latón	Ao. Inox/ Ao. Inox.	Ao. Inox/ PVC					
1	25	DWN-25..	DWN-26..	DWN-27..	F10=DN 10 N10=3/8" ANSI	3= 24 VCD	R = de der. a izq. L = de izq. a der. T = de arr. a abajo B = de abajo a arr.	T= indicación sup. R= det. de indic. L= izq. de indic.	0= sin 7= interface RS232C
1	55	DWN-25..	DWN-26..	DWN-27..	F15=DN 15 A15=1/2" ANSI				
5	100	DWN-25..	DWN-26..	DWN-27..	F20=DN 20 A20=3/4" ANSI				
5	150	DWN-25..	DWN-26..	DWN-27..	F25=DN 25 A25=1" ANSI				
10	250	DWN-25..	DWN-26..	DWN-27..	F32=DN 32 A32=1 1/8" ANSI				
20	400	DWN-25..	DWN-26..	DWN-27..	F40=DN 40 A40=1 1/2" ANSI				
50	800	DWN-25..	DWN-26..	DWN-27..	F50=DN 50 A50=2" ANSI				

Transmisor de caudal con sistema placa baffle para líquidos DWD-35../DWD36.. con parte soldada, DWU-37.. con caja de tubo taladradora

Rango de caudal (l/min.)		Combinación de material (sistema péndulo / Pieza T)			Para tubo de corte transversal	Alimentación	Dirección del caudal	Localización del indicador	Opcional
mín. Agua	máx. Agua	Ao. Inox/ Latón	Ao. Inox/ Ao. Inox.	Ao. Inox/ PVC					
1,2	24	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W60=DN 40	3= 24 VCD	R = de der. a izq. L = de izq. a der. T = de arr. a abajo B = de abajo a arr.	T= indicación sup. R= det. de indic. L= izq. de indic.	0= sin 7= interface RS232C
3,0	36	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W50=DN 50				
4,8	60	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W65=DN 65				
7,2	90	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W80=DN 80				
12	144	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W110=DN 100				
18	225	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W12=DN 125				
24	330	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W15=DN 150				
42	600	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W20=DN 200				
72	900	DWD-35..	DWD-36..	-	W25=DN 250				
102	1200	DWD-35..	DWD-36..	-	W30=DN 300				
150	1800	DWD-35..	DWD-36..	-	W35=DN 350				
180	2400	DWD-35..	DWD-36..	-	W40=DN 400				
300	3600	DWD-35..	DWD-36..	-	W50=DN 500				

Dimensiones

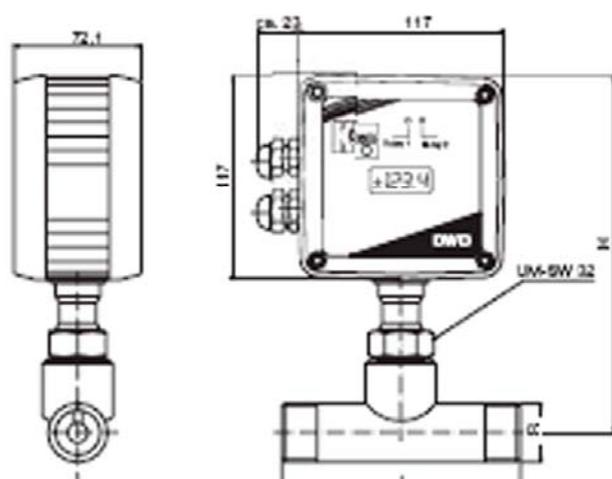
DWD-11.. hasta 1 1/2" con hembra roscada
DWD-12.. y DWD-13.. hasta 3/4" con hembra roscada



Valores en () válido para DWD-16...
Valores para DWD-17...
bajo pedido

NW	L (mm)	H (mm)
3/8"	50	180
1/2"	50	180
3/4"	50	180
1"	50	185 (201)
1 1/4"	50	190 (201)
1 1/2"	50	194 (201)

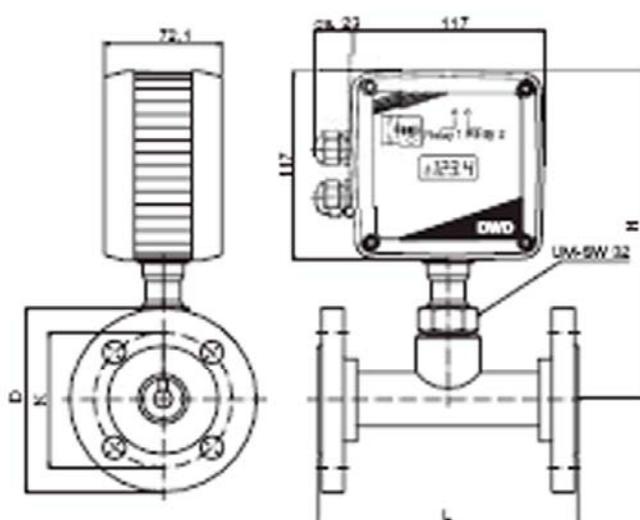
DWD-11.. desde 2" con macho roscado
DWD-12.. y DWD-13.. desde 1" con macho roscado



Valores en () válido para DWD-16...
Valores para DWD-17...
bajo pedido

NW	L (mm)	H (mm)
1"	135	185 (201)
1 1/4"	170	190 (201)
1 1/2"	170	194 (201)
2"	170	200 (211)

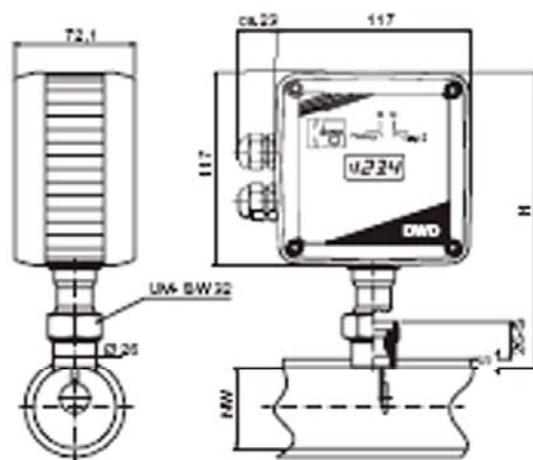
DWD-2.. con brida



Valores en () válido para DWD-26...
Valores para DWD-27...
bajo pedido

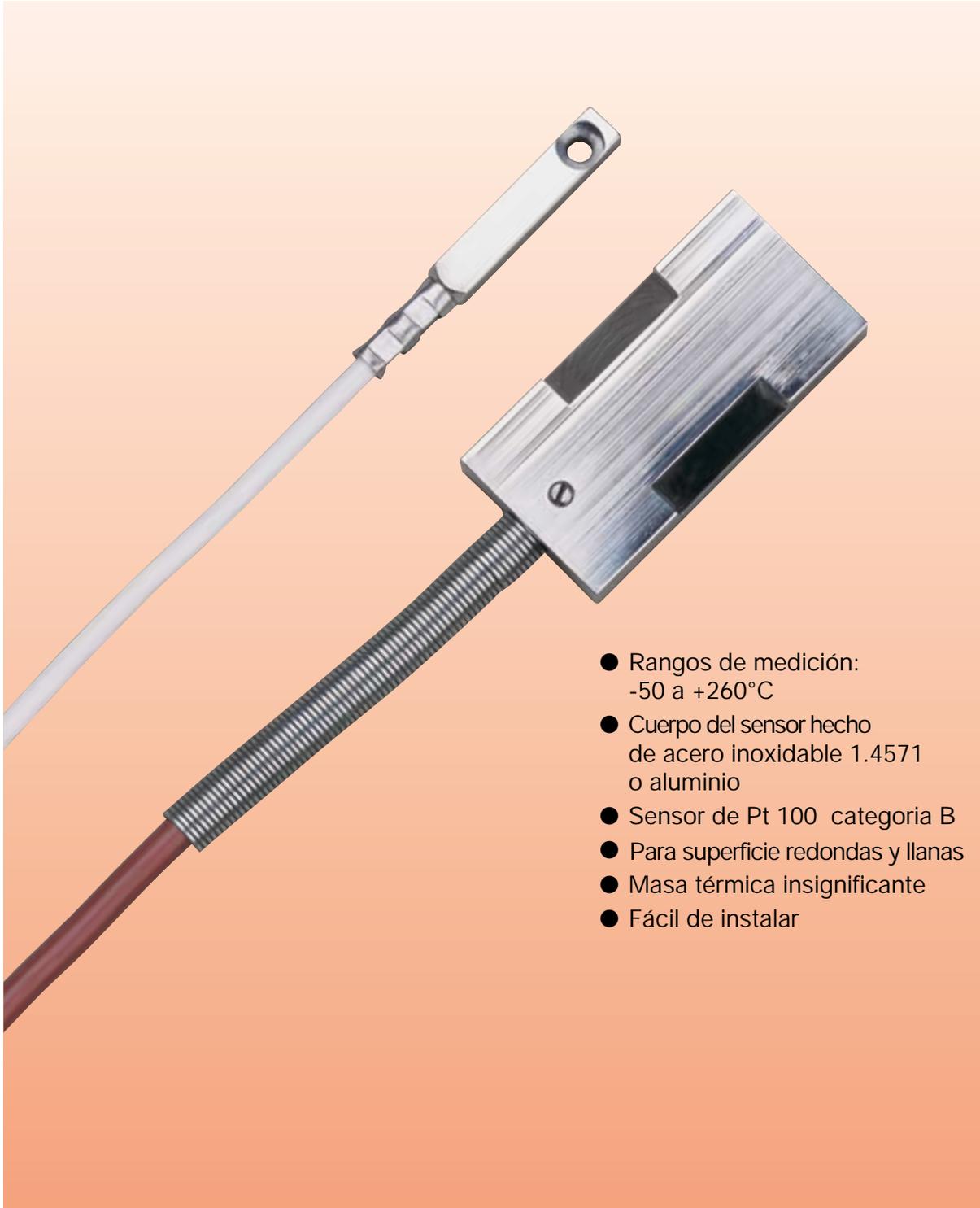
DN	D (mm)	K (mm)	L (mm)	H (mm)
10	60	60	155	160
15	65	65	155	160
20	105	75	160	160
25	115	85	160	185 (201)
32	140	100	160	190 (201)
40	150	110	160	194 (201)
50	165	125	160	200 (211)

DWD-3.. con parte soldada



Valores en () válido para DWD-35 y 36
Valores para DWD-37...
bajo pedido

NW	H (mm)
desde DN 40	190



- Rangos de medición:
-50 a +260°C
- Cuerpo del sensor hecho
de acero inoxidable 1.4571
o aluminio
- Sensor de Pt 100 categoría B
- Para superficie redondas y llanas
- Masa térmica insignificante
- Fácil de instalar

Las oficinas de KOBOLD existen en los siguientes países:

ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, CANADA, CHINA,
FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS,
POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA

KOBOLD Messring GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ (061 92) 2 99 - 0
Fax (061 92) 2 33 98
E-mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:
TWA

Descripción

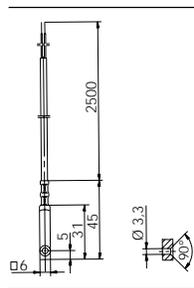
Los termómetros de resistencia de contacto se pueden fijar de una variedad de maneras. Permiten la medida de la temperatura en tuberías cerradas y otras superficies esféricas o planas. La instalación simple (con cintas tensas o ganchos de manguera) significa que no se requiere ninguna intervención mecánica en la posición de medición. Termómetros de resistencia de contacto con montaje (los calibres son una excepción de menor importancia). La medida indirecta de la temperatura evita errores. Además, influencias de presión y químicas del medio no tienen ningún efecto en el detector de la temperatura. La influencia en el objetivo es mínima debido a la masa térmica insignificante del sensor. Se recomienda el uso de lubricante térmico para mejorar la transferencia térmica.

Grandes diferencias de temperatura entre el medio medido y el ambiente influyen en la medición. La posición de medición debe ser aislada. Dependiendo de la versión los terminales de conexión son apropiados para espacios secos o húmedos. La unión entre el terminal de conexión y el tubo de protección es la liberación de presión. Los sensores de temperatura Pt100 según IEC 751, categoría B en circuitería de tres hilos son usados como estándar.

Aplicaciones

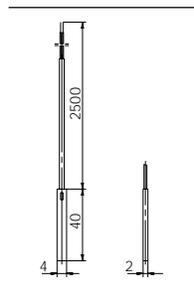
Las áreas de aplicación están siendo encontrados en instalación de calefacción, hornos y construcción de aparatos, construcción de máquinas y edificios además de la industria en general.

Termómetros de resistencia de contacto con calibre de montaje

	Protección del cuerpo hecho de aluminio Terminal de conexión: PTFE aislado 0.34 mm ² Longitud estándar del cable: 2500 mm, otros bajo pedido Rango de temperatura: -50 a +260°C				
	Núm de modelo	Longitud	Sensor tipo/categoría	Cable	Conexión del cable
TWA R6A 03012P	31 mm	1 x Pt100, categoría B	2-hilos	cable PTFE aislado (estándar 2.5 m)	

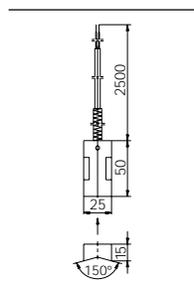
Por favor especifique la longitud especial para el cable por escrito

Termómetros de resistencia de contacto con terminal de conexión Kapton resistente al calor

	Protección del cuerpo hecho de acero inoxidable 1.4571 Terminal de conexión: Kapton 0.22 mm ² Longitud estándar del cable: 2500 mm, otros bajo pedido Rango de temperatura: -50 a +260°C				
	Núm. de modelo	Longitud	Sensor tipo/categoría	Cable	Cable conector
TWA R44 04012K	40 mm	1xPt100, categoría B	2-hilos	cable Kapton (estandar 2.5 m)	

Por favor especifique la longitud especial para el cable por escrito

Termómetros de resistencia de contacto con terminal de silicona y liberador de presión

	Protección del cuerpo hecho de aluminio Terminal de conexión: silicona 0.34 mm ² con liberador de presión Longitud estándar del cable: 2500 mm, otros bajo pedido Rango de temperatura: -50 a +180°C				
	Núm. de modelo	Longitud	Sensor tipo/categoría	Cable	Cable conector
TWA R0A 05012P	50 mm	1 x Pt100, categoría B	2-hilos	PTFE-cable aislado (estándar 2.5 m)	

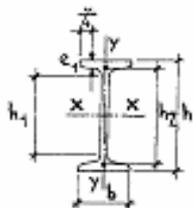
Por favor especifique la longitud especial para el cable por escrito

Anexo IV. Anexo gráfico.

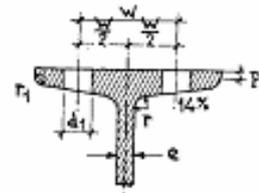
TABLA 1. COEFICIENTES DE PANDEO PARA EL ACERO.....	156
TABLA 2. DIMENSIONES PERFILES IPN.	156
TABLA 3. DIMENSIONES Y PESOS DE TUBERÍAS ESTÁNDAR DE ACERO SEGÚN NORMA ANSI.	157
TABLA 4. EQUIVALENCIAS DIÁMETROS NOMINALES PARA NORMAS ANSI E ISO.	158
TABLA 5. DISTANCIAS ENTRE EQUIPOS RECOMENDADAS PARA DISTRIBUCIONES PRELIMINARES.	159
TABLA 6. VALORES DE K PARA TANQUES QUE TIENEN CUATRO DEFLECTORES EN LA PARED DEL TANQUE.	159
TABLA 7. VALORES DEL ÍNDICE MARSHALL & SWIFT.	161
ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA PRESIÓN ENTALPÍA R717.....	160
ILUSTRACIÓN 2. DIMENSIONES DE FONDOS KLOPPER.....	162

λ	$\lambda+$										λ
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	20
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	30
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	40
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	50
60	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	60
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	70
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69	80
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	90
100	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,09	100
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39	110
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81	120
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26	130
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75	140
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27	150
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82	160
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41	170
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03	180
190	6,10	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69	190
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10	210
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86	220
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65	230
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47	240
250	10,55										250

Tabla 1. Coeficientes de pandeo para el acero.



Para agujeros de $\phi < d_1$ se tomará la misma distancia W



h_2 distancia entre los centros de gravedad de las alas

Perfil I	Dimensiones en mm.							Sec-ción cm ²	Peso Kg/m	Granil y d1		Refs. eje x-x			Refs. eje y-y			h ₂ mm.
	h	b	e=r	e ₁	r ₁	h ₁	p			W mm.	d1 mm.	I _x cm ⁴	R _{x3} cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	R _{y3} cm ³	i _y cm	
8	80	42	3,9	5,9	2,3	59	2,2	7,58	5,95	22	-	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	64
10	100	50	4,5	6,8	2,7	75	2,5	10,6	8,32	26	-	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	85
12	120	58	5,1	7,7	3,1	92	2,8	14,2	11,2	30	-	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	103
14	140	66	5,7	8,6	3,4	109	3,1	18,3	14,4	34	11	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	120
16	160	74	6,3	9,5	3,8	125	3,3	22,8	17,9	38	13	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	137
18	180	82	6,9	10,4	4,1	142	3,6	27,9	21,9	44	13	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	155
20	200	90	7,5	11,3	4,5	159	4,0	33,5	26,3	46	17	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	172
22	220	98	8,1	12,2	4,9	175	4,3	39,6	31,1	52	17	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	189
24	240	106	8,7	13,1	5,2	192	4,6	46,1	36,2	56	17	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	206
26	260	113	9,4	14,1	5,6	208	5,0	53,4	41,9	58	21	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	223
28	280	119	10,1	15,2	6,1	225	5,4	61,1	48,0	62	21	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	240
30	300	125	10,8	16,2	6,5	241	5,9	69,1	54,2	64	21	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	257
32	320	131	11,5	17,3	6,9	257	6,4	77,8	61,1	70	21	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	274
34	340	137	12,2	18,3	7,3	274	6,9	86,8	68,1	74	23	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	291
36	360	143	13,0	19,5	7,8	290	7,3	97,1	76,2	74	23	19610	1090	14,2	818	114	2,90	307
38	380	149	13,7	20,5	8,2	306	8,0	107	84,2	80	23	24010	1260	15,0	975	131	3,02	324
40	400	155	14,4	21,6	8,6	323	8,3	118	92,6	84	23	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	341
42*	425	163	15,3	23,0	9,2	343	8,9	132	104	86	25	36970	1740	16,7	1440	176	3,30	362
45	450	170	16,2	24,3	9,7	363	9,5	147	115	92	25	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	383
47*	475	178	17,1	25,6	10,3	384	9,9	163	128	96	28	56480	2380	18,6	2090	235	3,60	404
50	500	185	18,0	27,0	10,8	404	10,6	180	141	100	28	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	424

Tabla 2. Dimensiones perfiles IPN.

Tamaño nominal de tubería, pulg.	Diámetro exterior, in.	Número de cédula	Espesor de pared, pulg.	Diámetro interior, pulg.	Área de la sección transversal del metal, pulg ²	Área de la sección interior, pulg ²	Circunferencia, pies.		Peso de la tubería, lb/ft ³
							Exterior	Interior	
1/8	0,405	40	0,068	0,269	0,072	0,00040	0,106	0,0705	0,24
		80	0,095	0,215	0,093	0,00025	0,106	0,0563	0,31
1/4	0,540	40	0,088	0,364	0,125	0,00072	0,141	0,095	0,42
		80	0,119	0,302	0,157	0,00050	0,141	0,079	0,54
2/8	0,675	40	0,091	0,493	0,167	0,00133	0,177	0,129	0,57
		80	0,126	0,423	0,217	0,00098	0,177	0,111	0,74
1/2	0,840	40	0,109	0,622	0,250	0,00211	0,220	0,163	0,85
		80	0,147	0,546	0,320	0,00163	0,220	0,143	1,09
3/4	1,050	40	0,113	0,824	0,333	0,00371	0,275	0,216	1,13
		80	0,154	0,742	0,433	0,00300	0,275	0,194	1,47
1	1,315	40	0,133	1,049	0,494	0,00600	0,344	0,275	1,68
		80	0,179	0,957	0,639	0,0049	0,344	0,250	2,17
1 ^{1/4}	1,660	40	0,140	1,380	0,668	0,01040	0,435	0,361	2,27
		80	0,191	1,278	0,881	0,00891	0,435	0,335	3,00
1 ^{1/2}	1,900	40	0,145	1,610	0,800	0,01414	0,497	0,421	2,72
		80	0,200	1,500	1,069	0,01225	0,497	0,393	3,63
2	2,375	40	0,154	2,067	1,075	0,02330	0,622	0,541	3,65
		80	0,218	1,939	1,477	0,02050	0,622	0,508	5,02
2 ^{1/2}	2,875	40	0,203	2,469	1,704	0,03322	0,753	0,647	5,79
		80	0,276	2,323	2,254	0,02942	0,753	0,608	7,66
3	3,500	40	0,216	3,068	2,228	0,05130	0,916	0,803	7,58
		80	0,300	2,900	3,016	0,04587	0,916	0,759	10,25
3 ^{1/2}	4,000	40	0,226	3,548	2,680	0,06870	1,047	0,929	9,11
		80	0,318	3,364	3,678	0,06170	1,047	0,881	12,51
4	4,500	40	0,237	4,026	3,17	0,08840	1,178	1,054	10,79
		80	0,337	3,826	4,41	0,07986	1,178	1,002	14,98
5	5,563	40	0,258	5,047	4,30	0,1390	1,456	1,321	14,62
		80	0,375	4,813	6,11	0,1263	1,456	1,260	20,78
6	6,625	40	0,280	6,065	5,58	0,2006	1,734	1,588	18,97
		80	0,432	5,761	8,40	0,1810	1,734	1,508	28,57
8	8,625	40	0,322	7,981	8,396	0,3474	2,258	2,089	28,55
		80	0,500	7,625	12,76	0,3171	2,258	1,996	43,39
10	10,75	40	0,365	10,020	11,91	0,5475	2,814	2,620	40,48
		80	0,594	9,562	18,95	0,4987	2,841	2,503	64,4
12	12,75	40	0,406	11,938	15,74	0,7773	3,338	3,13	53,56
		80	0,688	11,374	26,07	0,07056	3,338	2,98	88,57

Tabla 3. Dimensiones y pesos de tuberías estándar de acero según norma ANSI.

DIMENSIONES ESTÁNDAR DE TUBERÍAS DN (DIÁMETROS NOMINALES)	
ANSI	ISO
1/8	6
1/4	8
2/8	10
1/2	15
3/4	20
1	25
1 ^{1/4}	32
1 ^{1/2}	40
2	50
2 ^{1/2}	65
3	80
4	100
5	125
6	150
8	200
10	250
12	300
14	350
16	400
18	450
20	500
22	550
24	600
26	650
28	700
30	750
32	800
34	850
36	900
40	1000
42	1050
44	1100
48	1200
52	1300
56	1400
60	1500

Tabla 4. Equivalencias diámetros nominales para normas ANSI e ISO.

<i>Equipo</i>	<i>Desde unidades similares (m)</i>	<i>Espacio libre horizontal (m)</i>	<i>Espacio libre vertical (m)</i>
Bombas	0,8-1,5	0,8-1,5	4
Compresores	anchura media	3	4
Torres de destilación	5	1,5	-
Recipientes verticales	½ diámetro	1,5	-
Recipientes horizontales	½ diámetro	2	1,5
Intercambiadores de calor	1-1,5	1,5	1
Hornos	3	3	-
Reactores, recipientes agitados	7,5	1	-
Centífugas, molinos	5	3	-

Tabla 5. Distancias entre equipos recomendadas para distribuciones preliminares.

Tipo de rodete	K_L	K_T
Hélice, paso cuadrado de tres palas	41	0,32
Paso de 2, tres palas	43,5	1,00
Turbina, seis palas planas	71,0	6,30
Seis palas curvas	70,0	4,80
Turbina de ventilador, seis palas	70,0	1,65
Palas planas, dos palas	36,5	1,70
Turbina cerrada, seis palas curvas	97,2	1,08

Según J.H:Rushton, Ind. Eng. Chem,(1952)

Tabla 6. Valores de K para tanques que tienen cuatro deflectores en la pared del tanque.

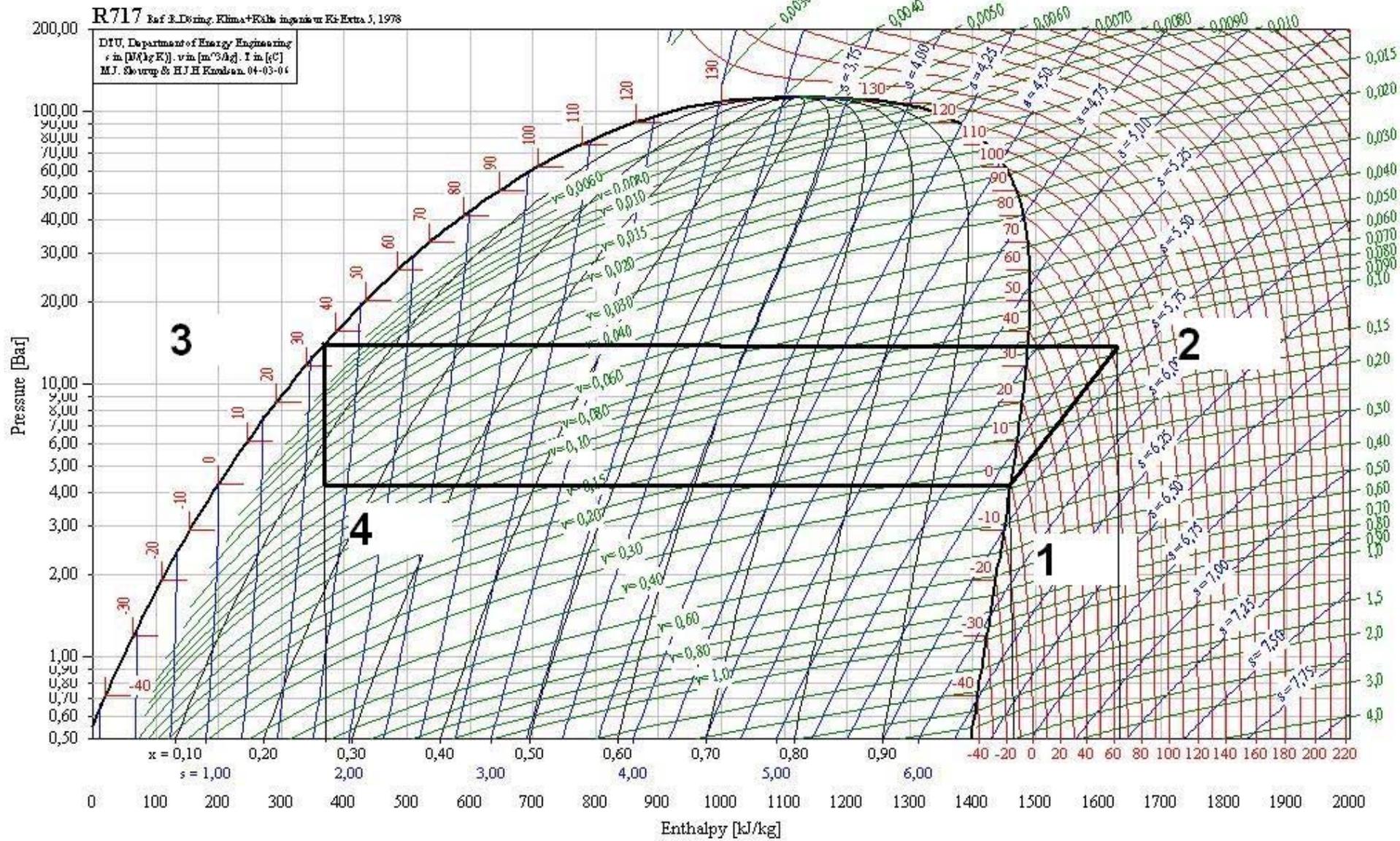
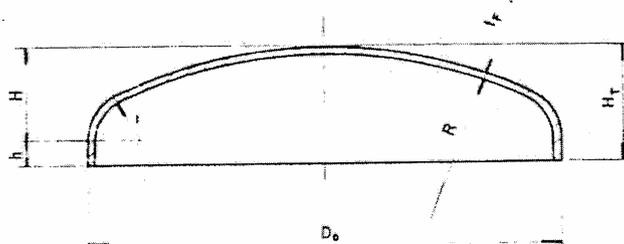


Ilustración 1. Diagrama presión entalpía R717

Año	Índice M&S	Año	Índice M&S	Año	Índice M&S
1977	505,4	1988	852,0	1999	1.163,4
1978	545,3	1989	895,1	2000	1.192,4
1979	599,4	1990	915,1	2001	1.221,4
1980	659,6	1991	930,6	2002	1.250,5
1981	721,3	1992	943,1	2003	1.279,5
1982	745,6	1993	964,2	2004	1.308,5
1983	760,8	1994	993,4	2005	1.337,6
1984	780,4	1995	1027,5	2006	1.366,6
1985	789,6	1996	1039,2	2007	1.397,5,6
1986	797,6	1997	1056,8	2008	1.424,6
1987	813,6	1998	1.134,3	2009	1.453,7
Fuente: Jude T. Sommerfeld: "Cost Engineering", vol 41, pg. 29-31, 1999.					

Tabla 7. Valores del índice Marshall & Swift.

REVISION	FECHA	APROBADO	FONDO TORIESFERICO - TIPO KLOPPER -	STD-RP-007
	11.7.79			
			HOJA	1 DE 2



CARACTERISTICAS TECNICAS

- $R = D_0$, $r = D_0/10$
- $H = 0,2 D_0$, $h = 3,5 t_F$
- DIAMETRO DEL DISCO: $D_d = 1,12 D_0 + 1,7 h$
(SI $h=0$: + 40)
- LOS DIAMETROS DE DISCO ESTAN PROMEDIADOS EN LA TABLA.

DATOS UTILES

- CAPACIDAD: $V = 0,1 D^3$ (SIN h Y CONSIDERANDO $D_0 = D$)
- PESO NETO: $\frac{\pi}{4} D_0^2 \cdot B \cdot t_F$ (D_0 EN m., t_F EN mm.)

D ₀ (mm)	t _F (mm) MIN - MAX	D _d (mm)	H (mm)	PESO(Kg)		D ₀ (mm)	t _F (mm) MIN - MAX	D _d (mm)	H (mm)	PESO(Kg)	
				POR mm DE ESPESOR	VOLUMEN PARTE BOMBEAD. m ³					POR mm DE ESPESOR	VOLUMEN PARTE BOMBEAD. m ³
300	3-30	380	60	0,9	0,0027	1550	3-60	1800	310	20,4	0,375
350	3-30	435	70	1,2	0,0043	1600	3-60	1860	320	21,5	0,410
400	3-30	490	80	1,5	0,0054	1650	3-60	1910	330	22,9	0,450
450	3-30	550	90	1,9	0,0091	1700	3-60	1970	340	24,3	0,490
500	3-30	610	100	2,3	0,0125	1750	3-60	2030	350	25,8	0,535
550	3-30	665	110	2,8	0,0166	1800	3-60	2080	360	27,1	0,580
600	3-30	720	120	3,2	0,0216	1850	3-60	2140	370	28,7	0,630
650	3-30	775	130	3,8	0,0275	1900	3-60	2200	380	30,4	0,685
700	3-30	830	140	4,3	0,0345	1950	3-60	2260	390	32,0	0,740
750	3-30	885	150	4,9	0,0420	2000	3-60	2310	400	33,5	0,800
800	3-60	950	160	5,6	0,051	2050	3-60	2370	410	35,2	0,860
850	3-60	1000	170	6,3	0,061	2100	3-60	2430	420	37,0	0,925
900	3-60	1060	180	7,0	0,073	2150	3-60	2490	430	39,0	0,995
950	3-60	1120	190	7,8	0,086	2200	3-60	2540	440	40,7	1,065
1000	3-60	1180	200	8,7	0,100	2250	3-60	2600	450	42,5	1,140
1050	3-60	1240	210	9,6	0,116	2300	3-60	2660	460	44,3	1,215
1100	3-60	1290	220	10,4	0,134	2350	3-60	2720	470	46,2	1,300
1150	3-60	1350	230	11,4	0,152	2400	3-60	2770	480	48,0	1,380
1200	3-60	1400	240	12,3	0,174	2450	3-60	2830	490	50,0	1,470
1250	3-60	1460	250	13,4	0,196	2500	3-60	2880	500	52,0	1,560
1300	3-60	1520	260	14,5	0,220	2550	3-60	2940	510	54,0	1,660
1350	3-60	1580	270	15,6	0,246	2600	3-60	3000	520	56,5	1,760
1400	3-60	1640	280	16,8	0,275	2650	3-60	3060	530	59,0	1,860
1450	3-60	1690	290	18,0	0,305	2700	3-60	3110	540	61,0	1,970
1500	3-60	1750	300	19,2	0,337	2750	3-60	3170	550	63,0	2,080

Ilustración 2. Dimensiones de Fondos Klopper.

Anexo V. Fichas de datos de seguridad.

1. Ácido sulfúrico.
2. Plomo metálico.
3. Carbonato de plomo.
4. Carbonato de potasio.
5. Sulfato de potasio.

Ficha de Datos de Seguridad

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Fecha de emisión: 07.01.2005
Reemplaza la emisión del 28.02.2004

1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado

Artículo número: 100748
Denominación: Ácido sulfúrico 98% para determinar nitrógeno

Utilización de la sustancia/preparación

Análisis químico

Denominación de la empresa

Empresa: Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-2440
Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Nr.-CAS:	7664-93-9	Número de índice CE:	016-020-00-8
PM:	98.08 g/mol	Número CE:	231-639-5
Fórmula molecular:	H ₂ O ₄ S		
(según Hill)			
Fórmula química:	H ₂ SO ₄		

Componentes peligrosos

Denominación según Directivas de la CEE:

Número CAS:	Número CEE:	Número de índice CE:	Clasificación	Contenido:
Ácido sulfúrico				
7664-93-9	231-639-5	016-020-00-8	C; R35	98 %
(texto de las frases R en el apartado 16)				

3. Identificación de peligros

Provoca quemaduras graves.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco. Avisar al médico.
Tras contacto con la piel: Aclarar con abundante agua. Extraer la sustancia por medio de algodón impregnado con polietilenglicol 400. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada.
Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos durante 10 minutos). Avisar inmediatamente al oftalmólogo.
Tras ingestión: beber abundante agua (hasta varios litros), evitar vomitos (¡Riesgo de perforación!). Avisar inmediatamente al médico. No efectuar medidas de neutralización.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 100748
Denominación: Ácido sulfúrico 98% para determinar nitrógeno

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:
Adaptar a los materiales en el contorno.

Riesgos especiales:
Incombustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno. En caso de incendio pueden producirse sulfoxidos.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:
Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

Referencias adicionales:
Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.
Precipitar los vapores emergentes con agua.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución relativas a las personas:
No inhalar los vapores/aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a ventilación en lugares cerrados.

Medidas de protección del medio ambiente:
No lanzar por el sumidero.

Procedimientos de recogida/limpieza:
Recoger con material absorbente y neutralizante, p. ej. con Chemisorb® H⁺ (Art. 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación:

Sin otras exigencias.

Almacenamiento:

Bien cerrado. Temperatura de almacenamiento: sin limitaciones.

8. Controles de exposición/protección personal

Protección personal:

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Protección de los ojos: precisa

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 100748
Denominación: Ácido sulfúrico 98% para determinar nitrógeno

Protección de las manos: Para contacto pleno:
Guantes: Viton
Espesor: 0.70 mm
Tiempo de penetración: > 480 Min.

En caso de salpicaduras:
Guantes: Caucho butilo
Espesor: 0.7 mm
Tiempo de penetración: > 120 Min.

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 890 Vitoject® (Sumersion), 898 Butoject® (Salpicaduras). Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección: Ropa protectora contra ácidos.

Medidas de higiene particulares:
Sustituir la ropa contaminada y sumergir en agua. Protección preventiva de la piel. Lavar manos y cara al finalizar el trabajo.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico:	líquido
Color:	incoloro
Olor:	inodoro
Valor pH a 49 g/l H ₂ O	(25 °C) 0.3
Viscosidad dinámica	(20 °C) 26.9 mPa*s
Punto de fusión	~ -15 °C
Punto de ebullición	~ 310 °C
Temperatura de ignición	no aplicable
Punto de inflamación	no aplicable
Límite de explosión	bajo no aplicable alto no aplicable
Presión de vapor	(20 °C) ~ 0.0001 hPa
Densidad de vapor relativa	~ 3.4
Densidad	(20 °C) 1.84 g/cm ³
Solubilidad en Agua	(20 °C) soluble (!Atención! Desprendimiento de calor)
Descomposición térmica	~ 338 °C

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 100748
Denominación: Ácido sulfúrico 98% para determinar nitrógeno

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar

Calentamiento fuerte.

Materias a evitar

Con las siguientes sustancias existe peligro de explosión y/o de formación de gases tóxicos: / Posibles reacciones violentas con: agua, metales alcalinos, compuestos alcalinos, amoníaco, metales alcalinoterreos, soluciones de hidróxidos alcalinos, ácidos, compuestos alcalinoterreos, metales, aleaciones metálicas, óxidos de fósforo, fósforo, hidruros, halogenuros de halógeno, halogenatos, permanganatos, nitratos, carburos, sustancias inflamables, disolventes orgánicos, acetiluros, nitrilos, nitrocompuestos orgánicos, anilinas, peróxidos, picratos, nitruros, litio siliciuro.

Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase capítulo 5.

Información complementaria

higroscópico; corrosivo;
incompatible con tejidos de plantas/animales, metales. En contacto con metales puede formarse hidrógeno gaseoso: (¡Riesgo de explosión!).

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

LC₅₀ (inhalativo, rata): 510 mg/m³ /2 h (referido a la sustancia pura).
LD₅₀ (oral, rata): 2140 mg/kg (Al emplear una solución del 25 %).

Síntomas específicos en ensayos sobre animales:

Ensayo de irritación ocular (conejo): Quemaduras.

Ensayo de irritación cutánea (conejo): Quemaduras.

En base a otras características peligrosas del producto, no se presentan otros valores toxicológicos.

Toxicidad subaguda a crónica

Para el/los componentes parciales:

Mutagenicidad bacteriana: test de Ames: negativo.

No teratógeno en experimentos con animales.

Informaciones adicionales sobre toxicidad

Características probables a causa de los componentes del producto:

Tras inhalación de aerosoles: lesión de las mucosas afectadas.

Tras contacto con la piel: graves quemaduras con formación de costras.

Tras contacto con los ojos: quemaduras, lesiones de la córnea.

Tras ingestión: fuertes dolores (peligro de perforación!), malestar, vómitos y diarrea. Tras un período de latencia de algunas semanas, posibilidad de estrechamiento de la salida del estómago (estenosis del píloro).

Información complementaria

El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 100748
Denominación: Ácido sulfúrico 98% para determinar nitrógeno

12. Informaciones ecológicas

Biodegradabilidad:

Los métodos para determinación de la biodegradabilidad no son aplicables para sustancias inorgánicas.

Comportamiento en compartimentos ecológicos:

No es de esperar un enriquecimiento en organismos.

Efectos ecotóxicos:

No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

Otras observaciones ecológicas:

Para ácido sulfúrico en general: efectos biológicos: efecto perjudicial en organismos acuáticos. Efecto perjudicial por desviación del pH. Efecto tóxico sobre peces y algas. Corrosivo incluso en forma diluida. No produce consumo biológico de oxígeno. Existe peligro para el agua potable en caso de penetración en suelos y/o acuíferos. Posible neutralización en depuradoras.

Toxicidad de dafnia: *Daphnia magna* EC₅₀: 29 mg/l/24 h (referido a la sustancia pura).

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto:

Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones sobre países, indicaciones específicas de productos así como contactos.

Embalaje:

Los envases de productos Merck han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones especiales para las peculiaridades nacionales así como contactos

14. Información relativa al transporte

Transporte terrestre ADR, RID

UN 1830 SCHWEFELSAEURE, 8, II

Transporte fluvial ADN, ADNR no ensayado

Transporte marítimo IMDG-Code

UN 1830 SULPHURIC ACID, 8, II

EmS: F-A S-B

Transporte aéreo CAO, PAX

SULPHURIC ACID, 8, UN 1830, II

Las informaciones relativas al transporte se mencionan de acuerdo a la reglamentación internacional y en la forma como se aplican en Alemania. Pueden existir posibles diferencias a nivel nacional en otros países comunitarios.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 100748
Denominación: Ácido sulfúrico 98% para determinar nitrógeno

15. Información reglamentaria

Etiquetado según Directivas de la CEE

Pictograma:	C	Corrosivo
Frases R:	35	Provoca quemaduras graves.
Frases S:	26-30-43	En caso de contacto con los ojos, lávase inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. No echar jamás agua a este producto. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muestrele la etiqueta).
Número CE:	231-639-5	Etiquetado CE

Etiquetado reducido(1999/45/CE,art.10,4)

Pictograma:	C	Corrosivo
Frases R:	35	Provoca quemaduras graves.
Frases S:	26-45	En caso de contacto con los ojos, lávase inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muestrele la etiqueta).

16. Otras informaciones

Texto de todas las frases-R del capítulo 2:

35 Provoca quemaduras graves.

Razón de revisión

Revisión general.

Representante regional:

VWR International S.L. * Apartado 48 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500 *
Fax: +34 (0) 93 5440 000

Merck Farma y Química, S.A. * Apartado 47 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500
* Fax: +34 (0) 93 5440 000

Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

Ficha de Datos de Seguridad

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Fecha de emisión: 05.10.2004
Reemplaza la emisión del 28.07.2003

1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado

Artículo número: 112067
Denominación: Plomo polvo fino 99+

Utilización de la sustancia/preparación

Catalizador

Denominación de la empresa

Empresa: Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-2440
Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Nr.-CAS: 7439-92-1
PM: 207.20 g/mol
Fórmula molecular: Pb
(según Hill)

Número CE: 231-100-4

3. Identificación de peligros

Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. Peligro de efectos acumulativos. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

Restringido a usos profesionales. Atención -
Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico en caso de molestias.
Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada. Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. En caso necesario, llamar al oftalmólogo.
Tras ingestión: beber abundante agua, provocar vómito. Llamar enseguida al médico. Laxantes: Sulfato sódico (1 cuch. sop./ 1/4 l de agua). Carbon activo. No administrar leche. No tomar alcohol.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 112067
Denominación: Plomo polvo fino 99+

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:
Adaptar a los materiales en el contorno.

Riesgos especiales:
Incombustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:
Permanencia en el área de riesgo sólo si va provisto de sistemas respiratorios artificiales independientes del entorno.

Referencias adicionales:
Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución relativas a las personas:
Evitar el contacto con la sustancia. Evitar la formación de polvo; no inhalar el polvo. Proceder a ventilación en lugares cerrados.

Medidas de protección del medio ambiente:
No lanzar por el sumidero.

Procedimientos de recogida/limpieza:
Recoger en seco y proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar después.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación:

Sin otras exigencias.

Almacenamiento:

Bien cerrado, en lugar bien ventilado. Acceso sólo autorizado a técnicos especializados. Seco.
Temperatura de almacenamiento: sin limitaciones.

8. Controles de exposición/protección personal

Protección personal:

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria en presencia de polvo. Filtro P 2.

Protección de los ojos: precisa

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 112067
Denominación: Plomo polvo fino 99+

Protección de las manos: Para contacto pleno:
Guantes: Caucho nitrilo
Espesor: 0.11 mm
Tiempo de penetración: > 480 Min.
En caso de salpicaduras:
Guantes: Caucho nitrilo
Espesor: 0.11 mm
Tiempo de penetración: > 480 Min.

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 740 Dermatril® (Stimmer), 740 Dermatril® (Salpicaduras). Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Medidas de higiene particulares:

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo. No comer ni beber en el lugar de trabajo bajo ninguna circunstancia. Trabajar bajo vitrina extractora. No inhalar la sustancia.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico:	sólido
Color:	negro grisáceo
Olor:	inodoro
Valor pH	no disponible
Punto de fusión	~ 327 °C
Punto de ebullición	1740 °C
Temperatura de ignición	no disponible
Punto de inflamación	no disponible
Límite de explosión	bajo no disponible
	alto no disponible
Densidad	(20 °C) 11.3 g/cm ³
Densidad de amontonamiento	~ 4500 kg/m ³
Solubilidad en	
Agua	(20 °C) casi insoluble
Dimensión de las partículas:	< 100 µm

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 112067
Denominación: Plomo polvo fino 99+

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar

información no disponible

Materias a evitar

fluor, nitratos, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, azidas, picratos.

Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

Información complementaria

en presencia de aire ¡riesgo de autoinflamación!

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

No nos constan datos cuantitativos sobre la toxicidad de este producto.

Toxicidad subaguda a crónica

Debido a comprobaciones inequívocas a partir de experimentos con animales debe suponerse como probable un daño del feto. Las mujeres embarazadas no deberían estar expuestas al producto. Las mujeres embarazadas no deben ser expuestas al producto.

Los experimentos con animales hacen sospechar que la sustancia puede afectar la capacidad reproductora también en humanos.

Informaciones adicionales sobre toxicidad

En base a su composición morfológica, la manifestación de características peligrosas no debe esperarse al manejarlo adecuadamente.

Otras indicaciones:

Para compuestos de plomo en general: debido a la dificultosa absorción por la mucosa gastrointestinal, solo grandes dosis conducen a casos de toxicidad aguda. Tras un tiempo latente de varias horas, se presentan sabor metálico, náuseas, vómitos y cólicos seguidos con frecuencia por choc. Asimilación crónica de la sustancia produce debilidad muscular, anemias y trastornos del sistema nervioso central. Mujeres en edad de ser madre, no deberían someterse prolongadamente a la acción del producto (observar el nivel de emanaciones).

Riesgo por efecto acumulativo.

Información complementaria

No pueden excluirse otras características peligrosas.

El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 112067
Denominación: Plomo polvo fino 99+

12. Informaciones ecológicas

Efectos ecotóxicos:

No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

Efectos biológicos:

Muy tóxico para organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Otras observaciones ecológicas:

Para compuestos de plomo en general: efectos biológicos: tóxico para organismos acuáticos (calculado como Pb libre), en peces: letal desde 1,4 mg/l; *S. gairdnerii*, LC₅₀: 0,14 mg/l/96 h; *L. idus* LC₅₀: 546 mg/l. Test sobre peces, LC₅₀: 236 mg/l. Bacterias: *Ps. putida*, tóxico desde 1,8 mg/l. Algas: *Sc. quadricauda*, tóxico desde 3,7 g/l; *M. aeruginosa*, tóxico desde 0,45 mg/l. Protozoos: *E. sulcanum*, tóxico desde 0,02 mg/l; *U. parduzi*, tóxico desde 0,07 mg/l. Artrópodos: *D. magna*, LC₅₀: 2,5 mg/l. ¡Peligroso para el agua potable!

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto:

Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones sobre países, indicaciones específicas de productos así como contactos.

Embalaje:

Los envases de productos Merck han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones especiales para las peculiaridades nacionales así como contactos.

14. Información relativa al transporte

Transporte terrestre ADR, RID

UN 3077 UMWELTGEFAEHRDENDER STOFF, FEST, N.A.G. (BLEI), 9, III

Transporte fluvial ADN, ADNR no ensayado

Transporte marítimo IMDG-Code

UN 3077 ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S. (LEAD), 9, III

EmS: F-A S-F

Transporte aéreo CAO, PAX

ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, SOLID, N.O.S. (LEAD), 9, UN 3077, III

Las informaciones relativas al transporte se mencionan de acuerdo a la reglamentación internacional y en la forma como se aplican en Alemania. Pueden existir posibles diferencias a nivel nacional en otros países comunitarios.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 112067
Denominación: Plomo polvo fino 99+

15. Información reglamentaria

Etiquetado según Directivas de la CEE

Pictograma:	T N	Toxico Peligroso para el medio ambiente
Frases R:	61-20/22-33-50/53-62	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. Peligro de efectos acumulativos. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
Frases S:	53-45-60-61	Evitese la exposición - recabense instrucciones específicas antes del uso. En caso de accidente o malestar, acudase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta). Elimínese el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Evitese su liberación al medio ambiente. Recabense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

Etiquetado reducido(1999/45/CE,art.10,4)

Pictograma:	T N	Toxico Peligroso para el medio ambiente
Frases R:	61-20/22-62	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
Frases S:	53-45	Evitese la exposición - recabense instrucciones específicas antes del uso. En caso de accidente o malestar, acudase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

16. Otras informaciones

Razón de revisión

Revisión general.

Representante regional:

VWR International S.L. * Apartado 48 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500 *
Fax: +34 (0) 93 5440 000

Merck Farma y Química, S.A. * Apartado 47 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500
* Fax: +34 (0) 93 5440 000

Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

Ficha de Datos de Seguridad



Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Fecha de emisión: 17.07.2003 Reemplaza la emisión del 12.01.2002

1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado

Artículo número: 107381
Denominación: Plomo(II) carbonato p.a. ACS

Utilización de la sustancia/preparación

Análisis químico
Producción química

Denominación de la empresa

Empresa: Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-2440
Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Nr.-CAS:	598-63-0	Número de índice CE:	082-001-00-6
PM:	267.21 g/mol	Número CE:	209-943-4
Fórmula molecular: (según Hill)	CO ₃ Pb		
Fórmula química:	PbCO ₃		

3. Identificación de peligros

Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. Peligro de efectos acumulativos. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

Restringido a usos profesionales. Atención -
Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco. Tras parada respiratoria: Inmediatamente proceder a respiración instrumental. En su caso, aplicar oxígeno. Llamar inmediatamente al médico.
Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Extraer la sustancia por medio de algodón impregnado con polietilenglicol 400. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada.
Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua manteniendo abiertos los párpados (al menos durante 10 minutos). Llamar al oftalmólogo.
Tras ingestión: beber abundante agua, provocar vómito. Llamar enseguida al médico. Limpiar la piel afectada con vómito.

Artículo número: 107381
Denominación: Plomo(II) carbonato p.a. ACS

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:

Adaptar a los materiales en el contorno.

Riesgos especiales:

Incombustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:

Permanencia en el área de riesgo sólo con ropa protectora adecuada y con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente.

Referencias adicionales:

Precipitar los vapores emergentes con agua. Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución relativas a las personas:

Evitar la formación de polvo; no inhalar el polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a ventilación en lugares cerrados.

Medidas de protección del medio ambiente:

No lanzar por el sumidero.

Procedimientos de recogida/limpieza:

Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación:

Sin otras exigencias.

Almacenamiento:

Bien cerrado. En lugar bien ventilado. Temperatura de almacenamiento: sin limitaciones. Sólo accesible a expertos.

8. Controles de exposición/protección personal

Parámetros específicos de control:

CE

nombre

Compuestos de plomo

fertilidad

R(F) 3: posiblemente perjudica la fertilidad en humanos

teratógeno

R(E) 1: es conocido como teratógeno en humanos

Artículo número: 107381
Denominación: Plomo(II) carbonato p.a. ACS

Protección personal:

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria en presencia de polvo.

Protección de los ojos: precisa

Protección de las manos: Para contacto pleno:

Guantes: Caucho nitrilo
Espesor: 0.11 mm
Tiempo de penetración > 480 Min.

En caso de salpicaduras:

Guantes: Caucho nitrilo
Espesor: 0.11 mm
Tiempo de penetración > 480 Min.

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 740 Dermatril® (Sturmercion), 740 Dermatril® (Salpicaduras). Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Medidas de higiene particulares:

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo. No comer ni beber en el lugar de trabajo bajo ninguna circunstancia. Trabajar bajo vitrina extractora. No inhalar la sustancia.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico:	sólido		
Color:	blanco		
Olor:	inodoro		
Valor pH			
a 50 g/l H ₂ O	(20 °C)	~ 5,8	(pasta húmeda)
Punto de fusión		no disponible	
Punto de ebullición		no disponible	
Temperatura de ignición		no disponible	
Punto de inflamación		no disponible	
Límite de explosión	bajo	no disponible	
	alto	no disponible	
Densidad	(20 °C)	6.6	g/cm ³
Densidad de amontonamiento		~ 1300	kg/m ³
Solubilidad en			
Agua	(20 °C)	insoluble	

Ficha de Datos de Seguridad MerckConforme a la Directiva
91/155/CEE de la ComisiónArtículo número: 107381
Denominación: Plomo(II) carbonato p.a. ACS**10. Estabilidad y reactividad***Condiciones a evitar*

información no disponible

Materias a evitar

fluor, ácido nítrico.

Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

11. Información toxicológica*Toxicidad aguda*

LDLo (oral, hombre): 571 mg/kg.

Toxicidad subaguda a crónica

Efecto perjudicial para el feto. Las mujeres embarazadas no deben ser expuestas al producto. Los experimentos con animales hacen sospechar que la sustancia puede afectar la capacidad reproductora también en humanos.

Informaciones adicionales sobre toxicidad

Para compuestos de plomo en general: debido a la dificultosa absorción por la mucosa gastrointestinal, solo grandes dosis conducen a casos de toxicidad aguda. Tras un tiempo latente de varias horas, se presentan sabor metálico, náuseas, vómitos y cólicos seguidos con frecuencia por choc. Asimilación crónica de la sustancia produce debilidad muscular, anemias y trastornos del sistema nervioso central. Mujeres en edad de ser madre, no deberían someterse prolongadamente a la acción del producto (observar el nivel de emanaciones). Riesgo por efecto acumulativo.

Información complementaria

El producto debe manejarse con especial cuidado.

12. Informaciones ecológicas*Efectos ecotóxicos:*

No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

Efectos biológicos:

Muy tóxico para organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Otras observaciones ecológicas:

Para compuestos de plomo en general: efectos biológicos: tóxico para organismos acuáticos (calculado como Pb libre), en peces: letal desde 1,4 mg/l; *S. gairdnerii*, LC₅₀: 0,14 mg/l/96 h; *L. idus* LC₅₀: 546 mg/l. Test sobre peces, LC₅₀: 236 mg/l. Bacterias: *Ps. putida*, tóxico desde 1,8 mg/l. Algas: *Sc. quadricauda*, tóxico desde 3,7 g/l; *M. aeruginosa*, tóxico desde 0,45 mg/l. Protozoos: *E. sulcatum*, tóxico desde 0,02 mg/l; *U. parduzi*, tóxico desde 0,07 mg/l. Artrópodos: *D. magna*, LC₅₀: 2,5 mg/l. ¡Peligroso para el agua potable!

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

Ficha de Datos de Seguridad MerckConforme a la Directiva
91/155/CEE de la ComisiónArtículo número: 107381
Denominación: Plomo(II) carbonato p.a. ACS**13. Consideraciones relativas a la eliminación***Producto:*

Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones sobre países, indicaciones específicas de productos así como contactos.

Embalaje:

Los envases de productos Merck han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones especiales para las peculiaridades nacionales así como contactos.

14. Información relativa al transporte

Transporte terrestre ADR, RID

UN 2291 BLEIVERBINDUNG, LOESLICH, N.A.G. (BLEI(II)-CARBONAT), 6.1, III

Transporte fluvial ADN, ADNR no ensayado

Transporte marítimo IMDG, GGVSee

UN 2291 LEAD COMPOUND, SOLUBLE, N.O.S., 6.1, III, Marine Pollutant: P

EmS: 6.1-0

Transporte aéreo CAO, PAX

LEAD COMPOUND, SOLUBLE, N.O.S., 6.1, UN 2291, III

Las informaciones relativas al transporte se mencionan de acuerdo a la reglamentación internacional y en la forma como se aplican en Alemania (GGVSE). Pueden existir posibles diferencias a nivel nacional en otros países comunitarios.

15. Información reglamentaria*Etiquetado según Directivas de la CEE*

Pictograma:	T N	Tóxico Peligroso para el medio ambiente
Frases R:	61-20/22-33-50/53-62	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. Peligro de efectos acumulativos. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
Frases S:	53-45-60-61	Evítase la exposición - recabense instrucciones específicas antes del uso. En caso de accidente o malestar, acódate inmediatamente al médico (si es posible, muéstrale la etiqueta). Elimínese el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Evítase su liberación al medio ambiente. Recabense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.
Número CE:	209-943-4	Etiquetado CE

Ficha de Datos de Seguridad MerckConforme a la Directiva
91/155/CEE de la ComisiónArtículo número: 107381
Denominación: Plomo(II) carbonato p.a. ACS*Etiquetado reducido(1999/45/CE, art. 10, 4)*

Pictograma:	T N	Tóxico Peligroso para el medio ambiente
Frases R:	61-20/22-62	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. También nocivo por inhalación y por ingestión. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
Frases S:	53-45	Evitese la exposición - recabense instrucciones específicas antes del uso. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstreselo la etiqueta).

16. Otras informaciones*Razón de revisión*

Cambio/completado en el capítulo 8.

Revisión general.

*Representante regional:*VWR International S.L. * Apartado 48 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500 *
Fax: +34 (0) 93 5440 000Merck Farma y Química, S.A. * Apartado 47 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500
* Fax: +34 (0) 93 5440 000

Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

Ficha de Datos de Seguridad

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Fecha de emisión: 09.04.2005
Reemplaza la emisión del 17.02.2004

1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado

Artículo número: 110614
Denominación: Potasio carbonato clase especial LAB

Utilización de la sustancia/preparación

Producción química

Denominación de la empresa

Empresa: Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-2440
Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Nr.-CAS: 584-08-7
P.M.: 138.21 g/mol
Fórmula molecular: CK_2O_3
(según Hill)
Fórmula química: K_2CO_3
Número CE: 209-529-3

3. Identificación de peligros

Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: Aire fresco.
Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.
Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua y párpados abiertos. Llamar al oftalmólogo.
Tras ingestión: Beber abundante agua y llamar al médico.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:
Adaptar a los materiales en el contorno.

Riesgos especiales:
Incombustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:
Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

Referencias adicionales:
Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 110614
Denominación: Potasio carbonato clase especial LAB

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución relativas a las personas:

Evitar el contacto con la sustancia. Evitar la formación de polvo; no inhalar el polvo. Proceder a ventilación en lugares cerrados.

Medidas de protección del medio ambiente:

No lanzar por el sumidero.

Procedimientos de recogida/limpieza:

Recoger en seco y proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar después.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación:

Sin otras exigencias.

Almacenamiento:

Bien cerrado. Seco. Entre +5°C y +30°C.

Exigencias sobre recintos de almacenaje y recipientes:

No emplear recipientes de metales ligeros.

8. Controles de exposición/protección personal

Protección personal:

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria en presencia de polvo. Filtro P 2.

Protección de los ojos: precisa

Protección de las manos:

Para contacto pleno:

Guantes: Caucho nitrilo

Espesor: 0.11 mm

Tiempo de penetración: > 480 Min.

En caso de salpicaduras:

Guantes: Caucho nitrilo

Espesor: 0.11 mm

Tiempo de penetración: > 480 Min.

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatrill® L (Sumersión), 741 Dermatrill® L (Salpicaduras). Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eschenzell, Internet: www.kcl.de)

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 110614
Denominación: Potasio carbonato clase especial LAB

Medidas de higiene particulares:

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico:	sólido	
Color:	blanco	
Olor:	inodoro	
Valor pH a 50 g/l H ₂ O	(20 °C)	~ 11.5-12.5
Punto de fusión		891 °C
Punto de ebullición		no aplicable
Temperatura de ignición		no aplicable
Punto de inflamación		no aplicable
Límite de explosión	bajo	no aplicable
	alto	no aplicable
Presión de vapor		no aplicable
Densidad	(20 °C)	2.43 g/cm ³
Densidad de amontonamiento		~ 750 kg/m ³
Solubilidad en Agua	(20 °C)	1120 g/l

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar
información no disponible

Materias a evitar

Posibles reacciones violentas con: metales alcalinoterreos pulverulento, carbono / calor, ácidos
(Puede formarse: dióxido de carbono).

Productos de descomposición peligrosos
información no disponible

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

LD₅₀ (oral, rata): >2000 mg/kg (IUCLID).

Síntomas específicos en ensayos sobre animales:
Ensayo de irritación ocular (conejo): Irritaciones (IUCLID).
Ensayo de irritación cutánea (conejo): Irritaciones (IUCLID).

Toxicidad subaguda a crónica

Mutagenicidad bacteriana: test de Ames: negativo. (IUCLID)

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 110614
Denominación: Potasio carbonato clase especial LAB

Informaciones adicionales sobre toxicidad

Característica probable en base a los datos fisicoquímicos:

Tras inhalación: Irritación de las mucosas, tos y dificultad para respirar.

Tras contacto con la piel: Fuerte irritación.

Tras contacto con los ojos: Fuerte irritación.

Tras ingestión: Irritaciones de las mucosas en la boca, garganta, esófago y tracto estomago-intestinal.

Efectos sistémicos: Náuseas, vómito.

Información complementaria

No pueden excluirse otras características peligrosas.

El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

12. Informaciones ecológicas

Biodegradabilidad:

Los métodos para determinación de la biodegradabilidad no son aplicables para sustancias inorgánicas.

Efectos ecotóxicos:

No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.

Efectos biológicos:

Efecto perjudicial por desviación del pH.

Otras observaciones ecológicas:

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto:

Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones sobre países, indicaciones específicas de productos así como contactos.

Embalaje:

Los envases de productos Merck han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones especiales para las peculiaridades nacionales así como contactos

14. Información relativa al transporte

No sometido a las normas de transporte.

15. Información reglamentaria

Etiquetado según Directivas de la CEE

Pictograma:	Xn	Irritante
Frases R:	36/37/38	Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
Frases S:	22-26	No respirar el polvo. En caso de contacto con los ojos, lávese inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 110614
Denominación: Potasio carbonato clase especial LAB

16. Otras informaciones

Razón de revisión

Revisión general.

Representante regional:

VWR International S.L. * Apartado 48 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500 *
Fax: +34 (0) 93 5440 000

Merck Farma y Química, S.A. * Apartado 47 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500
* Fax: +34 (0) 93 5440 000

Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

Ficha de Datos de Seguridad

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Fecha de emisión:
Reemplaza la emisión del

12.02.2004
24.09.1999

1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado

Artículo número: 105152
Denominación: Potasio sulfato 99,999 Suprapur®

Utilización de la sustancia/preparación

Análisis químico

Denominación de la empresa

Empresa: Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-2440
Teléfono de urgencias: Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Nr.-CAS: 7778-80-5
PM: 174.27 g/mol
Fórmula molecular: K_2O_4S
(según Hill)
Fórmula química: K_2SO_4
Número CE: 231-915-5

3. Identificación de peligros

Producto no peligroso según la Directiva 67/548/CEE.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.
Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.
Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados.
Tras ingestión: beber abundante agua. En caso de malestar, consultar al médico.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:
Adaptar a los materiales en el contorno.

Riesgos especiales:
Incombustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno. En caso de incendio pueden producirse: sulfoxidos.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:
Permanencia en el área de riesgo sólo si va provisto de sistemas respiratorios artificiales independientes del entorno.

Referencias adicionales:
Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 105152
Denominación: Potasio sulfato 99,999 Suprapur®

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución relativas a las personas:
Evitar la formación de polvo; no inhalar el polvo.

Medidas de protección del medio ambiente:
No lanzar por el sumidero.

Procedimientos de recogida/limpieza:
Recoger en seco y proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar después.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación:

Sin otras exigencias.

Almacenamiento:

Bien cerrado. Seco. Temperatura de almacenamiento: sin limitaciones.

8. Controles de exposición/protección personal

Protección personal:

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria en presencia de polvo.

Protección de los ojos: precisa

Protección de las manos: Para contacto pleno:

Guantes: Caucho nitrilo
Espesor: 0.11 mm
Tiempo de penetración: > 480 Min.

En caso de salpicaduras:

Guantes: Caucho nitrilo
Espesor: 0.11 mm
Tiempo de penetración: > 480 Min.

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 740 Dermatril® (Sumerción), 740 Dermatril® (Salpicaduras). Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eschenzell, Internet: www.kcl.de)

Medidas de higiene particulares:

Sustituir la ropa contaminada. Lavar manos al término del trabajo.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 105152
Denominación: Potasio sulfato 99,999 Suprapur®

9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico:	sólido		
Color:	blanco		
Olor:	inodoro		
Valor pH			
a 50 g/l H ₂ O	(20 °C)	5,5-7,5	
Punto de fusión		1069	°C
Punto de ebullición	(1013 hPa)	1689	°C
Temperatura de ignición		no aplicable	
Punto de inflamación		no aplicable	
Límite de explosión	bajo	no disponible	
	alto	no disponible	
Presión de vapor		no aplicable	
Densidad	(20 °C)	2,66	g/cm ³
Densidad de amontonamiento		~ 1050	kg/m ³
Solubilidad en			
Agua	(20 °C)	110	g/l
Agua	(100 °C)	240	g/l

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar

Calentamiento fuerte.

Materias a evitar

aluminio / calor y magnesio / calor.

Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase capítulo 5.

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

LD₅₀ (oral, rata): 6600 mg/kg.

Informaciones adicionales sobre toxicidad

Tras ingestión de grandes cantidades: Trastornos en: estómago, intestinos.

Información complementaria

El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 105152
Denominación: Potasio sulfato 99,999 Suprapur®

12. Informaciones ecológicas

Biodegradabilidad:

Los métodos para determinación de la biodegradabilidad no son aplicables para sustancias inorgánicas.

Comportamiento en compartimentos ecológicos:

No es de esperar un enriquecimiento en organismos.

Efectos ecotóxicos:

Efectos biológicos:

Toxicidad para los peces: *L. macrochirus* LC₅₀: 3550 mg/l /96 h.

Toxicidad de dafnia: *Daphnia magna* CE₅₀: 890 mg/l /48 h.

Toxicidad para las algas: *Desmodesmus subspicatus* CI₅₀: 2900 mg/l /72 h.

Otras observaciones ecológicas:

Para sulfatos en general: efectos biológicos en peces: tóxico > 7 g/l; Para bacterias: tóxico > 2,5 g/l.

Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no deben esperarse problemas ecológicos.

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto:

Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones sobre países, indicaciones específicas de productos así como contactos.

Embalaje:

Los envases de productos Merck han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Bajo www.retrologistik.de encontrará indicaciones especiales para las peculiaridades nacionales así como contactos

14. Información relativa al transporte

No sometido a las normas de transporte.

15. Información reglamentaria

Etiquetado según Directivas de la CEE

Pictograma: ---

Frases R: ---

Frases S: ---

16. Otras informaciones

Ficha de Datos de Seguridad Merck

Conforme a la Directiva 91/155/CEE de la Comisión

Artículo número: 105152
Denominación: Potasio sulfato 99,999 Suprapur®

Razón de revisión

Cambio/completado en el capítulo 5.
Cambio/Completado de los parámetros físico-químicos.
Cambio/completado en el capítulo 10.

Revisión general.

Representante regional:

VWR International S.L. * Apartado 48 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500 *
Fax: +34 (0) 93 5440 000

Merck Farma y Química, S.A. * Apartado 47 * E-08100 Mollet del Valles * Tel.: +34 (0) 93 5655 500
* Fax: +34 (0) 93 5440 000

Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

DOCUMENTO 2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

GENERALES

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES.....	166
1.1.- DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO	166
<i>1.1.1.- OBJETO DEL PLIEGO</i>	<i>166</i>
<i>1.1.2.- ÁMBITO DE APLICACIÓN.....</i>	<i>166</i>
<i>1.1.3.- COMPATIBILIDAD Y PRELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO</i>	<i>166</i>
<i>1.1.4.- ENTIDAD CONTRATANTE, DIRECCIÓN DE OBRA Y CONTRATISTA.....</i>	<i>167</i>
1.2.- CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES, DISPOSITIVOS E INSTALACIONES	168
<i>1.2.1.- CONDICIONES GENERALES.</i>	<i>168</i>
<i>1.2.2.- PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES.....</i>	<i>168</i>
<i>1.2.3.- ACOPIO DE MATERIALES.</i>	<i>168</i>
<i>1.2.4.- EXAMEN Y ENSAYO DE LOS MATERIALES.</i>	<i>169</i>
<i>1.2.5.- TRANSPORTE DE LOS MATERIALES.....</i>	<i>169</i>
<i>1.2.6.- MATERIALES QUE NO REÚNAN LAS CONDICIONES NECESARIAS.</i>	<i>170</i>
<i>1.2.7.- RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.....</i>	<i>170</i>
<i>1.2.8.- CONDICIONES PARTICULARES DE LOS DISTINTOS MATERIALES.</i>	<i>170</i>
1.3.- CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN, CONTROL, MEDICIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA.....	171
<i>1.3.1.- CONDICIONES GENERALES</i>	<i>171</i>
<i>1.3.2.- CONTRADICCIONES, OMISIONES O ERRORES.....</i>	<i>171</i>

<i>1.3.3.- UNIDADES DE OBRA NO INCLUIDAS EN EL PRESUPUESTO.....</i>	<i>172</i>
<i>1.3.4.- UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS O NO ORDENADAS.....</i>	<i>172</i>
1.4.- DISPOSICIONES GENERALES	173
<i>1.4.1.- ACTA DE COMPROBACIÓN DE REPLANTEO Y COMIENZO DE LAS OBRAS</i>	<i>173</i>
<i>1.4.2.- PRECAUCIONES A ADOPTAR DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS</i>	<i>173</i>
<i>1.4.3.- SEGURIDAD PÚBLICA Y PROTECCIÓN DEL TRÁFICO</i>	<i>173</i>
<i>1.4.4.- OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA</i>	<i>174</i>
<i>1.4.5.- OBLIGACIONES SOCIALES DEL CONTRATISTA</i>	<i>175</i>
<i>1.4.6.- OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN LOS CASOS NO PREVISTOS EN ESTE PLIEGO.....</i>	<i>175</i>
<i>1.4.7.- RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA POR DAÑOS O PERJUICIOS.....</i>	<i>175</i>
<i>1.4.8.- CONFRONTACIÓN DE PLANOS Y MEDIDAS</i>	<i>176</i>
<i>1.4.9.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL A CARGO DEL CONTRATISTA.....</i>	<i>176</i>
<i>1.4.10.- DELEGADO DEL CONTRATISTA.....</i>	<i>177</i>
<i>1.4.11.- OFICINA DE OBRA DEL CONTRATISTA</i>	<i>177</i>
<i>1.4.12.- INSTALACIONES AUXILIARES</i>	<i>178</i>
<i>1.4.13.- SUMINISTROS.....</i>	<i>178</i>
<i>1.4.14.- TRABAJOS NOCTURNOS.....</i>	<i>178</i>
<i>1.4.15.- PROGRAMA DE TRABAJOS</i>	<i>178</i>
<i>1.4.16.- MEJORAS PROPUESTAS POR EL CONTRATISTA</i>	<i>179</i>
<i>1.4.17.- EXCESOS DE OBRA</i>	<i>179</i>
<i>1.4.18.- OBRAS DEFECTUOSAS</i>	<i>179</i>
<i>1.4.19.- ABONO DE OBRAS DEFECTUOSAS PERO ADMISIBLES.....</i>	<i>180</i>

<i>1.4.20.- SERVICIOS AFECTADOS.....</i>	<i>180</i>
<i>1.4.21.- DIRECCIÓN E INSPECCIÓN DE LAS OBRAS.....</i>	<i>180</i>
<i>1.4.22.- CONTROL DE CALIDAD Y ASISTENCIA TÉCNICA</i>	<i>181</i>
<i>1.4.23.- CERTIFICACIONES.....</i>	<i>181</i>
<i>1.4.24.- COMPROBACIÓN DE LAS OBRAS</i>	<i>182</i>
<i>1.4.25.- CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS Y PLAZO DE GARANTÍA</i>	<i>182</i>
<i>1.4.26.- RECEPCIÓN DE LAS OBRAS.....</i>	<i>183</i>
<i>1.4.27.- SANCIONES Y MULTAS</i>	<i>183</i>
<i>1.4.28.- VARIACIONES EN LAS OBRAS.....</i>	<i>183</i>
<i>1.4.29.- RECLAMACIONES.....</i>	<i>184</i>
<i>1.4.30.- PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS</i>	<i>184</i>
<i>1.4.31.- PRECIOS CONTRADICTORIOS.....</i>	<i>184</i>
<i>1.4.32.- PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.....</i>	<i>185</i>

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES

1.1.- DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

1.1.1.- OBJETO DEL PLIEGO

El presente pliego tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones generales técnicas y económicas de los materiales y de su ejecución, así como establecer las condiciones generales que han de regir en la ejecución de las obras del presente proyecto.

1.1.2.- ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las prescripciones de este Pliego serán de aplicación a las obras objeto de este Proyecto y quedarán incorporadas al Proyecto y, en su caso, el Contrato de Obras, por simple referencia a ellas.

En todos los artículos del presente Pliego General de Prescripciones Técnicas se entenderá que su contenido rige para las materias que expresan sus títulos en cuanto no se opongan por ser menos restrictivas a lo establecido en disposiciones legales vigentes.

1.1.3.- COMPATIBILIDAD Y PRELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

El documento de mayor rango, por cuanto respecta al abono de las obras, es el Pliego de Prescripciones que tiene asimismo mayor rango que los Cuadros de Precios en caso de contradicción. No obstante, si en alguna ocasión el enunciado del precio unitario del Cuadro de Precios ampliase las obligaciones contractuales del Contratista respecto a lo establecido en el Pliego de Condiciones deberá realizarse, valorarse y abonarse con arreglo a lo establecido para dicho precio en el mencionado Cuadro de Precios.

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones y omitido en los Planos del Proyecto, o viceversa, deberá ser ejecutado como si estuviese contenido en ambos documentos.

Las omisiones en los Planos del Proyecto y en el Pliego de Prescripciones o las descripciones erróneas en los detalles de la obra que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuesto en los documentos del presente Proyecto, o que, por uso y costumbre, deban ser realizados, no solo no exime al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos del Proyecto y Pliego de Prescripciones.

El Contratista se verá en la obligación de informar, por escrito, a la Dirección de las Obras, tan pronto como sea de su conocimiento, toda discrepancia, error u omisión que encuentre. Cualquier corrección o modificación en los Planos del Proyecto o en las especificaciones del Pliego de Prescripciones sólo podrá ser realizada por la Dirección de las Obras siempre y cuando así lo estime conveniente para su interpretación o fiel cumplimiento de su cometido.

1.1.4.- ENTIDAD CONTRATANTE, DIRECCIÓN DE OBRA Y CONTRATISTA

El Constructor o empresa constructora que resulte adjudicataria de la ejecución de las obras, en adelante Contratista, deberá designar a un técnico especializado y capacitado que lo representará ante la Entidad Contratante, y que se responsabilizará frente a la D.O. de la correcta ejecución de las obras conforme a Proyecto y a las prescripciones contenidas en el presente Pliego.

1.2.- CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES, DISPOSITIVOS E INSTALACIONES

1.2.1.- CONDICIONES GENERALES.

En general, son válidas todas las prescripciones referentes a las condiciones que deben satisfacer los materiales que figuran en las Instrucciones, Pliegos de Prescripciones y Normas Oficiales que reglamentan la recepción, transporte, manipulación y empleo de cada uno de los materiales que se utilizan en la ejecución de las obras, (siempre que no prescriba lo contrario el presente Pliego, el cual prevalece).

1.2.2.- PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES.

El contratista propondrá los lugares, fábricas o marcas de los materiales, que serán de igual o mejor calidad que los definidos en el Proyecto, y habrán de ser aprobados por el Director de las Obras previamente a su utilización.

Cada uno de los materiales cumplirá las condiciones que se especifican en los artículos siguientes, lo que deberá comprobarse mediante los ensayos correspondientes, (si así lo ordena la Dirección de Obra).

1.2.3.- ACOPIO DE MATERIALES.

Los materiales se almacenarán de tal forma que la calidad requerida para su utilización quede asegurada, requisito éste que deberá ser comprobado por la Dirección de obra, en el momento de su utilización. Solo se realizarán acopio de los materiales que expresamente sean permitidos por la Dirección de obra, que indicará las precauciones y condiciones de almacenamiento que sean pertinentes, y que serán de obligado cumplimiento por parte del Contratista.

1.2.4.- EXAMEN Y ENSAYO DE LOS MATERIALES.

No se procederá al empleo de los materiales sin que antes sean examinados y aceptados en los términos y formas que prescriba la Dirección de Obra, salvo lo que disponga en contrario, para casos determinados, el presente Pliego.

En los materiales en los que no se define el número de ensayos a realizar se efectuará de acuerdo con las Instrucciones del Director de las Obras.

Las pruebas y ensayos prescritos en este pliego se llevarán a cabo por el Director de las Obras, o persona en quien al efecto delegue.

Todos los gastos de pruebas y ensayos serán por cuenta del Contratista, y se hallan comprendidos en los precios de presupuesto.

1.2.5.- TRANSPORTE DE LOS MATERIALES.

El transporte de los materiales hasta los lugares de acopio o empleo se efectuará en vehículos mecánicos adecuados para tal clase de materiales. Además de cumplir todas las disposiciones legales referentes al transporte, estarán provistos de los elementos que se precise para evitar cualquier alteración perjudicial del material, transporte, y su posible vertido sobre las rutas empleadas.

La procedencia y distancia de transporte que en los diferentes documentos del proyecto se consideran para los diferentes materiales no deben tomarse sino como aproximaciones para la estimación de los precios sin que suponga perjuicio acerca de su idoneidad ni aceptación para la ejecución de hecho de la obra, y no teniendo el contratista derecho a reclamación ni indemnización de ningún tipo en el caso de deber utilizar materiales de otra procedencia o de error en la distancia, e incluso la no consideración de la misma.

1.2.6.- MATERIALES QUE NO REÚNAN LAS CONDICIONES NECESARIAS.

Cuando, por no reunir las condiciones exigidas en el presente Pliego, sea rechazada cualquier partida de material por la Dirección de Obra, el contratista deberá proceder a retirarla de obra en el plazo máximo de diez (10) días contados desde la fecha en que sea comunicado tal extremo.

Si no lo hiciera en dicho término la Dirección de Obra podrá disponer la retirada del material rechazado por oficio y por cuenta y riesgo del Contratista.

Si los materiales fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de las Obras, se recibirán con la rebaja de precios que éste determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en buenas condiciones.

1.2.7.- RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.

La recepción de los materiales no excluye la responsabilidad del Contratista para la calidad de los mismos, que quedará subsistente hasta que se reciban definitivamente las obras en que se hayan empleado.

1.2.8.- CONDICIONES PARTICULARES DE LOS DISTINTOS MATERIALES.

Para los materiales a emplear en la obra deberán ser sometido a la comprobación de la Dirección de la Obra, debiendo presentar el Contratista cuantos catálogos, muestras, informes y certificaciones de los correspondientes fabricantes se estimen necesarios.

Si la información no se considera suficiente, podrán exigirse los ensayos oportunos para identificar la calidad de los materiales a utilizar.

1.3.- CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN, CONTROL, MEDICIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA.

1.3.1.- CONDICIONES GENERALES

La ejecución, control, medición y abono de las distintas unidades de obra se regirán por el artículo correspondiente del presente Pliego.

Todas las operaciones, dispositivos y unidades de obra serán adecuadas en su ejecución y características al objeto del proyecto, y se entiende que serán de una calidad adecuada dentro de su clase, por lo que deberán garantizarse unas características idóneas de durabilidad, resistencia y acabado.

En consecuencia, aunque no sean objeto de mención específica en el presente articulado, todas las unidades de obra se ejecutarán siguiendo criterios constructivos exigentes, pudiendo requerir la Dirección de Obra cuantas pruebas y ensayos de control estime pertinentes al efecto.

Todas las especificaciones relativas a definición, materiales, ejecución, medición y abono de las diferentes unidades de obra vendrán reguladas por las de la correspondiente unidad de los Pliegos Generales. La concretización de las características no definidas corresponde a la Dirección de Obra.

1.3.2.- CONTRADICCIONES, OMISIONES O ERRORES

El documento de mayor rango contractual en lo que respecta a la ejecución, medición y abono de las distintas unidades de obra es el Pliego de Condiciones.

En caso de contradicción respecto a otro Documento del Proyecto prevalecerá lo aquí establecido. Solo si el Cuadro de Precios, en su enunciado, ampliara las obligaciones

contractuales del Contratista respecto del Pliego, se medirá y abonará con arreglo a lo establecido en dicho enunciado.

En el caso que de alguna unidad de obra no tenga especificada y concretada su forma de medición, ésta debe quedar acordada antes de su ejecución por la Dirección de Obra y el Contratista, atendiendo a la redacción del Cuadro de Precios o al oportuno precio contradictorio si procede.

Si la unidad de obra se realizase antes de llegar a un acuerdo, la medición se realizará atendiendo al criterio expresado por la Dirección de Obra.

1.3.3.- UNIDADES DE OBRA NO INCLUIDAS EN EL PRESUPUESTO

Las unidades de obra ordenadas por la Dirección de Obra y no incluidas en Presupuesto se ejecutarán de acuerdo con lo especificado en el presente Pliego y las normas generales a que se remita, y en su defecto, a los criterios de buena práctica constructiva y las indicaciones de la Dirección de Obra.

Se abonarán de acuerdo al precio señalado en el Cuadro de Precios, caso de estar incluidas o de existir algún precio asimilable, y de no ser así se establecerá el precio contradictorio pertinente.

1.3.4.- UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS O NO ORDENADAS

No serán de abono las unidades incorrectamente ejecutadas debiendo el Contratista, en su caso, proceder a la demolición, a su cargo, y posterior reconstrucción.

Igualmente en el caso de unidades de obra no incluidas en Proyecto y no ordenadas por la Dirección de Obra en el Libro de Ordenes, tampoco serán objeto de abono y las responsabilidades en que se hubiera podido incurrir serán todas ellas a cargo del Contratista.

1.4.- DISPOSICIONES GENERALES

1.4.1.- ACTA DE COMPROBACIÓN DE REPLANTEO Y COMIENZO DE LAS OBRAS

En el plazo no superior a un mes desde la fecha de la firma del Contrato, se extenderá el Acta de Comprobación de Replanteo.

El Contratista deberá proveer, a su costa, todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para ejecutar los citados replanteos y determinar los puntos de control o de referencia que se requieran.

El plazo de ejecución comenzará a contar a partir del día siguiente al de la firma del Acta de Comprobación del Replanteo.

1.4.2.- PRECAUCIONES A ADOPTAR DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista adoptará, bajo su responsabilidad, las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones vigentes, referentes al empleo de explosivos y a la prevención de accidentes, incendios y daños a terceros. En especial, evitará la contaminación del agua por efecto de combustibles, aceites, ligantes o cualquier otro material.

Asimismo, se hace expresa mención de la responsabilidad del Contratista en la seguridad de las edificaciones próximas a las excavaciones a realizar. La definición y aprobación de la entibación por parte del Ingeniero-Director no transfiere a éste ningún tipo de responsabilidad, permaneciendo ésta íntegra en el Contratista.

1.4.3.- SEGURIDAD PÚBLICA Y PROTECCIÓN DEL TRÁFICO

El Contratista tomará a su costa cuantas medidas de precaución sean precisas durante la ejecución de las obras, para proteger al público y facilitar el tráfico.

Mientras dure la ejecución de las obras se mantendrán las señales de balizamiento preventivas, de acuerdo con la O.M. de 14 de marzo de 1960, y las aclaraciones complementarias de la O.C. 67/60 de la D.G.C., o las vigentes en su momento, así como las indicadas por el Director de las Obras.

La ejecución de las obras se programará de tal manera que las molestias que se deriven para el tráfico sean mínimas. Cuando los trabajos tengan que ejecutarse por medios anchos de la calzada, la parte de la plataforma por la que se canalice el tráfico se conservará en perfectas condiciones de rodadura. En iguales condiciones debe mantenerse los desvíos precisos. Todos los desvíos de tráfico, necesarios para la correcta ejecución de las obras, así como la señalización necesaria, serán a cargo del Contratista, quien será asimismo responsable de los accidentes que puedan ocurrir por incumplimiento de sus obligaciones.

Durante la ejecución de las obras se tratará de ocasionar las mínimas molestias posibles a la circulación rodada y al tráfico peatonal.

El Contratista tomará a su costa las medidas necesarias para evitar la formación de polvo y otro tipo de contaminaciones que afecten al vecindario.

Se señalizarán las obras de acuerdo a la legislación vigente, siendo los gastos derivados de estos conceptos a cargo del Contratista, quien será además responsable de los accidentes que por negligencia o incumplimiento puedan acaecer.

1.4.4.- OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

Será responsable el Contratista, hasta la recepción definitiva, de los daños y perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de una deficiente organización de las obras.

Serán por cuenta del Contratista las indemnizaciones por interrupción de los servicios públicos o privados, daños causados por apertura de zanjas o desvío de cauces y habilitación de caminos provisionales.

El Contratista dará cuenta de todos los objetos que se encuentren o descubran en la realización de las obras al Ingeniero-Director.

Viene también obligado al cumplimiento de cuanto le dicte el Ingeniero-Director, encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y la buena marcha de las obras, bien entendido, que en ningún caso dicho cumplimiento eximirá al Contratista de su responsabilidad.

1.4.5.- OBLIGACIONES SOCIALES DEL CONTRATISTA

El Contratista tiene la obligación de cumplir cuanto prescribe la Reglamentación Nacional del Trabajo en las Industrias de la Construcción y Obras Públicas.

1.4.6.- OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA EN LOS CASOS NO PREVISTOS EN ESTE PLIEGO

Es obligación del Contratista ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción de las obras previstas, aún cuando no se halle estipulado expresamente en este Pliego, y lo que disponga por escrito el Ingeniero-Director.

1.4.7.- RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA POR DAÑOS O PERJUICIOS

El Contratista será responsable durante la ejecución de las obras de todos los daños y perjuicios, directos e indirectos, que se puedan ocasionar a cualquier persona, propiedad o servicio, público o privado, como consecuencia de los actos, omisiones o negligencias del personal a su cargo o de una deficiente organización de las obras.

Los servicios públicos o privados que resulten dañados deberán ser reparados, a su costa, con arreglo a la legislación vigente sobre el particular.

Serán de cuenta del Contratista las posibles indemnizaciones por daños causados a terceros, con motivo de la ejecución de las obras.

Las propiedades públicas o privadas que resulten dañadas deberán ser reparadas, a costa del Contratista, estableciendo sus condiciones primitivas o compensando adecuadamente los daños o perjuicios causados.

1.4.8.- CONFRONTACIÓN DE PLANOS Y MEDIDAS

El Contratista deberá confrontar inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido facilitados, y deberá informar prontamente al Ingeniero-Director sobre cualquier contradicción en los mismos, y será responsable de cualquier error que hubiera podido evitar de haberlo hecho.

1.4.9.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL A CARGO DEL CONTRATISTA

Serán de cuenta del Contratista los gastos que origine la comprobación del replanteo general de las obras y los replanteos parciales de las mismas; los de construcción, remoción y retirada de toda clase de instalaciones y construcciones auxiliares; los de alquiler o adquisición de terrenos para maquinaria y materiales; los de protección de acopios y de la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de carburantes y explosivos; los de limpieza y evacuación de desperdicios y basuras de la obra; los de construcción, señalización y conservación durante el plazo de su utilización de desvíos provisionales de acceso a tramos parcial o totalmente terminados cuya construcción responda a conveniencia o necesidad del Contratista; los de conservación y realización de toda clase de desvíos prescritos en el Proyecto u ordenados por el Ingeniero-Director de las obras para la mejor ejecución de éstas; los de conservación de las señales de tráfico y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras; los de remoción de instalaciones, herramientas, materiales y limpieza general de la obra a su terminación; los de montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica necesarias para las obras, así como la adquisición de dichas aguas y

energía; los de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

Igualmente serán por cuenta del Contratista las diversas cargas fiscales derivadas de las disposiciones legales vigentes, así como todos los gastos originados por los ensayos de materiales y de control y pruebas de ejecución de las obras y equipos que se especifican en este proyecto.

En los casos de resolución de Contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del Contratista los gastos originados por la liquidación, así como los de la retirada de los medios auxiliares o de los elementos no utilizados en la ejecución de las obras.

1.4.10.- DELEGADO DEL CONTRATISTA

Se entiende por delegado del Contratista la persona expresamente designada por el Contratista para representarle, y aceptada por la Propiedad. Este delegado y el personal a sus órdenes adscrito a la obra podrá ser recusado por la Dirección de Obra en caso de que no cumplan satisfactoriamente las órdenes que por parte del Ingeniero-Director les sean dadas, o por causa de actos que comprometan o perturben la marcha de los trabajos.

El Contratista tendrá, al menos, un Técnico Superior y un Técnico Medio al frente de la Obra, quien se responsabilizará de la disciplina de las obras a su cargo.

1.4.11.- OFICINA DE OBRA DEL CONTRATISTA

El Contratista deberá instalar antes del comienzo de las obras, y mantener durante la ejecución del contrato, una oficina de obra en el lugar que considere más apropiado, previa conformidad del Director.

1.4.12.- INSTALACIONES AUXILIARES

El Contratista queda obligada a construir por su cuenta y retirar al fin de las obras todas las edificaciones auxiliares para oficinas, almacenes, cobertizos, caminos de servicio, etc.

Todas estas instalaciones están supeditadas a la aprobación del Director Técnico, en lo referente a ubicación, cotas, etc.

1.4.13.- SUMINISTROS

Serán por cuenta del Contratista todas aquellas obras e instalaciones que fueran necesarias para disponer en el lugar y momento precisos de agua, energía eléctrica, etc., así como los gastos de consumo.

1.4.14.- TRABAJOS NOCTURNOS

El Contratista estará obligado a realizar parte del trabajo por la noche, si a juicio del Ingeniero-Director, así se estima necesario, sin suponer esto incremento alguno en los precios unitarios contratados.

1.4.15.- PROGRAMA DE TRABAJOS

Antes del comienzo de las obras, el Contratista someterá a la aprobación del Ingeniero-Director el Programa de Trabajos que haya previsto. Este Programa, una vez aprobado, adquirirá, por tanto, carácter contractual.

El Contratista estará obligado a cumplir los plazos parciales que la Dirección fije a la vista del Programa de Trabajos presentado. El incumplimiento de estos plazos por causas imputables al Contratista, originará la aplicación de las sanciones y multas correspondientes.

La aceptación del Programa y de la relación de equipo y maquinaria asignado a la obra, no exime al Contratista de su responsabilidad en el caso de incumplimiento de los plazos parciales o totales convenidos.

1.4.16.- MEJORAS PROPUESTAS POR EL CONTRATISTA

El Contratista podrá proponer, por escrito, a la Dirección de Obra la sustitución de una unidad de obra por otra que reúna mejores condiciones, el empleo de materiales de más esmerada preparación o calidad que los contratados, la ejecución con mayores dimensiones de cualquier parte de obra o, en general, cualquier mejora de análoga naturaleza que juzgue beneficiosa y no suponga incremento económico.

1.4.17.- EXCESOS DE OBRA

Si el Contratista construyese mayor volumen de cualquier unidad que el correspondiente indicado en los planos, por realizar mal la unidad o por error, no le será de abono el exceso de obra realizado.

Si dicho exceso resultase perjudicial para la obra, el Contratista tendrá obligación de demoler a su costa, y rehacerla nuevamente con las debidas dimensiones.

En el caso de que se trate de un aumento excesivo de excavación, el Contratista quedará obligado a corregir este defecto de acuerdo con las normas que dicte el Ingeniero-Director de las obras, sin derecho a indemnización alguna por estos trabajos.

1.4.18.- OBRAS DEFECTUOSAS

Durante la ejecución de las obras, el Ingeniero-Director de las mismas está autorizado para ordenar por escrito:

a) La retirada del emplazamiento, dentro de los plazos que se indiquen en la orden, de cualquier material que en su opinión no estuviera de acuerdo con el contrato.

- b) Su sustitución por materiales adecuados y convenientes.
- c) La demolición y correcta reconstrucción de cualquier obra o trabajo que, a juicio del Ingeniero-Director de las obras, no estuviera de acuerdo con el contrato con respecto a materiales, a calidad de ejecución, o modificasen lo prescrito en los documentos contractuales del Proyecto, sin la debida autorización.

1.4.19.- ABONO DE OBRAS DEFECTUOSAS PERO ADMISIBLES

Si alguna obra no se halla exactamente ejecutada con arreglo a las condiciones del Proyecto, y fuera sin embargo admisible, podrá ser recibida provisionalmente en su caso, pero el Contratista queda obligado a conformarse sin derecho a reclamación alguna, con la rebaja que se aplique, salvo el caso en que el Contratista prefiera demolerla a su costa y rehacerla con arreglo a las condiciones del Proyecto.

1.4.20.- SERVICIOS AFECTADOS

Durante toda la ejecución de la obra, el Contratista ha de mantener a su costa la continuidad de los servicios públicos o privados afectados por ella, tomando las medidas necesarias con el visto bueno del Ingeniero-Director.

1.4.21.- DIRECCIÓN E INSPECCIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista proporcionará, a su costa, al Ingeniero-Director o a sus delegados, todos los medios materiales o humanos necesarios para facilitar los trabajos de replanteo, reconocimiento, mediciones, pruebas de materiales, etc. También suministrará unas dependencias suficientes, dotadas de agua, luz y teléfono, previstas para la Dirección Técnica y en donde se archivarán los documentos de las obras. Los costes de dichas dependencias y su limpieza estarán incluidos en el precio del contrato.

El Contratista proporcionará toda clase de facilidades a la Dirección de Obra para la inspección de los trabajos, permitiendo el acceso incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales.

Se llevará un libro de órdenes con hojas numeradas en el que se expondrán por duplicado las que se dicten en el transcurso de las obras y que serán firmadas por ambas partes, entregándose copia al Contratista.

1.4.22.- CONTROL DE CALIDAD Y ASISTENCIA TÉCNICA

En el presupuesto de la obra están incluidos los gastos originados con motivo de ensayos y pruebas de control hasta un 1% del valor de ejecución material de la obra, para comprobar la calidad de los materiales y de la obra ejecutada. Dichas actuaciones serán encargadas por el Director de las Obras o en su caso por la propiedad a los laboratorios oportunos.

La admisión de materiales o piezas, en cualquier forma que se realice, antes de la recepción definitiva, no atenúa las obligaciones de subsanar o reponer que el Contratista contrae si las obras o instalaciones resultasen inaceptables en las pruebas de recepción.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio, o que no ofrezca la debida garantía a juicio del Ingeniero-Director, deberá repetirse de nuevo, con cargo al Contratista, no computándose su importe para establecer el límite antes indicado.

1.4.23.- CERTIFICACIONES

El Contratista percibirá el precio de los trabajos correspondientes a cada una de las obras que se le encarguen mediante certificaciones mensuales de obra que serán expedidas por el Ingeniero-Director de las obras.

A tal certificación acompañará relación valorada a origen, redactada tomando como base las mediciones de las unidades de obra ejecutadas y los precios contratados.

1.4.24.- COMPROBACIÓN DE LAS OBRAS

Antes de verificarse la recepción de las obras, se someterán todas ellas a pruebas de resistencia, estabilidad, impermeabilidad, etc., y se procederá a la toma de muestras para la realización de ensayos, todo ello de acuerdo con las normas que dicte el Ingeniero-Director de las Obras.

El Contratista deberá facilitar a su costa todos los medios necesarios para la realización de dichas pruebas o ensayos.

La aceptación total o parcial de materiales y de obra antes de la recepción provisional, no exime al Contratista de sus responsabilidades en el acto de reconocimiento final y pruebas de recepción provisional y definitiva.

1.4.25.- CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS Y PLAZO DE GARANTÍA

El Contratista queda comprometido a conservar, por su cuenta, hasta que sean recibidas, todas las obras que integran el Proyecto.

Asimismo, queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía de doce (12) meses, a partir de la fecha de la recepción. Durante este plazo deberá realizar cuantos trabajos sean precisos para mantener las obras ejecutadas en perfecto estado, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 171 del Reglamento General de Contratación.

También es obligación del Contratista la reconstrucción de aquellas partes que hayan sufrido daños por no cumplir las exigencias del presente Pliego, o que no reúnan las debidas condiciones acordes con el mismo.

Para estas reparaciones, el Contratista se atenderá estrictamente a las instrucciones que reciba del Ingeniero-Director de la Obra.

Corresponde también al Contratista el almacén y la guardia de los acopios y reposición de aquellos que se hayan dañado, perdido o destruido, cualesquiera que sean las causas.

Una vez terminadas las obras, se procederá a realizar su limpieza final. Asimismo, todas las instalaciones, caminos provisionales, depósitos o edificios construidos con carácter temporal, deberán ser removidos, salvo prescripción en contra del Ingeniero-Director.

Todo ello se efectuará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas acordes con la zona circundante. La limpieza final y retirada de instalaciones, se considerarán incluidos en el Contrato, y por tanto, su realización no será objeto de ninguna clase de abono.

1.4.26.- RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

Terminadas las obras y realizadas las pruebas y ensayos necesarios, si éstos fueran positivos, se procederá a la recepción de las obras, contándose a partir de dicha fecha el plazo de garantía.

Si los resultados no fuesen satisfactorios, se concederá al Contratista un plazo razonable para que subsane los defectos observados, que será fijado por el Ingeniero-Director y tras el cual se procederá a un nuevo reconocimiento antes de la recepción, con gastos a cuenta del Contratista.

1.4.27.- SANCIONES Y MULTAS

Si el Contratista incumpliera las obligaciones derivadas del Contrato, serán de aplicación las multas previstas en el artículo 138 del Reglamento General de Contratación del Estado, y aquellas otras que decidieran imponerse, en cuantía equivalente al perjuicio que se cause.

1.4.28.- VARIACIONES EN LAS OBRAS

Es competencia del Ingeniero-Director la variación o modificación de las obras definidas en los Planos, para solucionar imprevistos o facilitar su ejecución; asimismo, tendrá la

capacidad de poder modificar materiales o cotas a la vista del desarrollo de las obras, siendo sus indicaciones de obligado cumplimiento para el Contratista.

1.4.29.- RECLAMACIONES

El Contratista no tendrá derecho a reclamación alguna por aquellas obras o materiales que, según el Proyecto, deba ejecutar o suministrar y que, en el transcurso de los trabajos se estime conveniente suprimir. Igualmente, no podrá solicitar indemnización alguna por las modificaciones de detalle que durante la ejecución de las obras se introduzcan.

1.4.30.- PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS

Todas las obras se ejecutarán siempre ateniéndose a las reglas de la buena construcción y con materiales de primera calidad, con sujeción a las normas del presente Pliego. En aquellos casos en que no se detallan en este Pliego las condiciones, tanto de los materiales como de la ejecución de las obras, se estará a lo que la costumbre ha sancionado como regla de buena ejecución.

1.4.31.- PRECIOS CONTRADICTORIOS

La valoración de las unidades de obra que no figuren en el Proyecto se realizará aplicando a la unidad de medida mas apropiada el precio contradictorio que previamente se haya establecido. Los nuevos precios serán homogéneos con los de los Cuadros de Precios del Proyecto, y se basarán en los costos que correspondieron a la fecha en que tuvo lugar la licitación del presente Proyecto.

Si no hubiera acuerdo en la determinación del precio contradictorio, el Contratista deberá, no obstante, ejecutar la unidad de obra en cuestión, en el momento en que la marcha general de la obra lo requiera, y acudir al peritaje o cualquier otro medio legal que se estime oportuno para determinar el precio contradictorio.

1.4.32.- PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.

El Contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud, adaptando lo establecido en este Proyecto a sus medios y métodos de ejecución, según lo dispuesto en el Real Decreto 1627/97 “Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en obras de construcción”.

DOCUMENTO 3. PRESUPUESTO

1	PRESUPUESTO	187
1.1	EQUIPOS PRINCIPALES	188
1.2	TUBERÍAS Y EQUIPOS DE BOMBEO	190
1.3	CUADRO RESUMEN.....	191

1 PRESUPUESTO

El cálculo de los precios de los equipos se ha realizado empleando las correlaciones proporcionadas por Baasel[4], los gráficos de Peters[25].

Para la actualización de los precios obtenidos se ha empleado el índice Marshall & Swift, el cual es un índice medio ponderado del costo de los equipos en ocho diferentes industrias de proceso y que aparece publicado con regularidad en el Chemical Engineering. Dado que no se disponen de datos actuales, se han empleado el valor previsto para el año 2005. Estos valores del índice Marshall & Swift aparecen recogidos en el Anexo gráfico Tabla 7.

1.1 EQUIPOS PRINCIPALES

CONCEPTO	COSTE UNITARIO	UNIDADES	COSTE TOTAL
Reactor químico en acero AISI 316L, con capacidad de 1,46 m ³ , diámetro de 1,05 m y fondos tipo Klopper. Espesor de chapa de 5 mm	10.657€	1	10.657€
Agitador tipo hélice marina, de tres palas en acero AISI 316L y diámetro 0,35 con motor de 8,8 kW y eje en acero AISI 316L.	18.215€	1	18.215€
Cristalizador en acero AISI 316, con capacidad de 6,6 m ³ , diámetro de 1,8 m y fondos tipo Klopper. Espesor de chapa de 6 mm	36.720€	1	36.720€
Filtro de banda horizontal a vacío, de 7,5 m de longitud y 3,2 m de anchura en acero AISI 316. Velocidad de banda 0,5 m/s con capacidad de vacío de 0,3 atmósferas	80.907€	1	80.907€
Filtro rotatorio a vacío en acero AISI 316L, velocidad de giro 0,2 r.p.m y fracción sumergida de 30%. Superficie de filtrado de 75 pies ² (6,97 m ²). Vacío de 13.544 N/m ² .	24.644€	1	24.644€
Secador rotatorio de contacto indirecto, con superficie de intercambio de 11m ² . Diámetro de 0,6 m y longitud de 3,25 m de la empresa Simon-Dryers .	7.878€	1	7.878€
Depósito en acero AISI 304, con capacidad de 19,66 m ³ , formado por virola cilíndrica de 2,05 m y tolva de descarga de 30°, para almacenamiento de K ₂ CO ₃ . Espesor de chapa de 3 mm	5.942€	1	5.942€

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

CONCEPTO	COSTE UNITARIO	UNIDADES	COSTE TOTAL
Depósito en acero AISI 304, con capacidad de 21 m ³ , formado por virola cilíndrica de 2,1 m y tolva de descarga de 30°, para almacenamiento de K ₂ SO ₄ . Espesor de chapa de 3 mm.	6.495€	1	6.495€
Agitador tipo turbina de palas inclinadas, en acero AISI 316L, modelo 3051S, tipo VPR, gama Helisem de la empresa Milto Roy Mixing. Potencia de 1,1 KW	4.018€	1	4.018€
Compresor para refrigerante R-717, modelo 250 VSD de la empresa Mycom.	125.910€	1	125.910€
Total			321.386€

1.2 TUBERÍAS Y EQUIPOS DE BOMBEO

CONCEPTO	COSTE UNITARIO	UNIDADES	COSTE TOTAL
Tubería de DN 1 pulgada, número de catálogo 40, en acero AISI 316L.	57,2 €/m	2,5 m	143 €
Tubería de DN 1 ^{1/4} pulgada, número de catálogo 40, en acero AISI 316L.	57,95 €/m	22,95 m	1.330 €
Tubería de DN 2 pulgadas, número de catálogo 40, en acero AISI 316L.	98,27 €/m	3,65 m	359 €
Bomba multicelular horizontal monobloque en acero inoxidable, modelo MXH 202E, de la empresa Calpeda.	1.030 €	2	2.060 €
Bomba centrífuga con rodete abierto en acero inoxidable, modelo C 16/1E, de la empresa Calpeda.	1.513€	1	1.513 €
Bomba centrífuga con rodete abierto en acero inoxidable, modelo A-25, de la empresa Calpeda.	1.513€	1	1.513 €
Soplante de canal lateral en acero inoxidable, modelo CL18/01 de la empresa Mapner. Vacío de 100 mbar.	1.255€	1	1.255 €
Total			8.173 €

1.3 CUADRO RESUMEN

CONCEPTO	COSTE
EQUIPOS PRINCIPALES	321.386 €
TUBERIAS Y EQUIPOS DE BOMBEO	8.173 €
INTRUMENTACIÓN (10% TOTAL)	32.956 €
15% MANO DE OBRA	49.434 €
8% INGENIERÍA	26.365 €
16% IVA	70.130
TOTAL PROYECTO	508.444 €

El presupuesto total de proyecto asciende a quinientos ocho mil cuatrocientos cuarenta y cuatro euros.

Fdo: Mario Manuel Prado García.

Junio 2005.

DOCUMENTO 4. PLANOS

DOCUMENTO 4. PLANOS

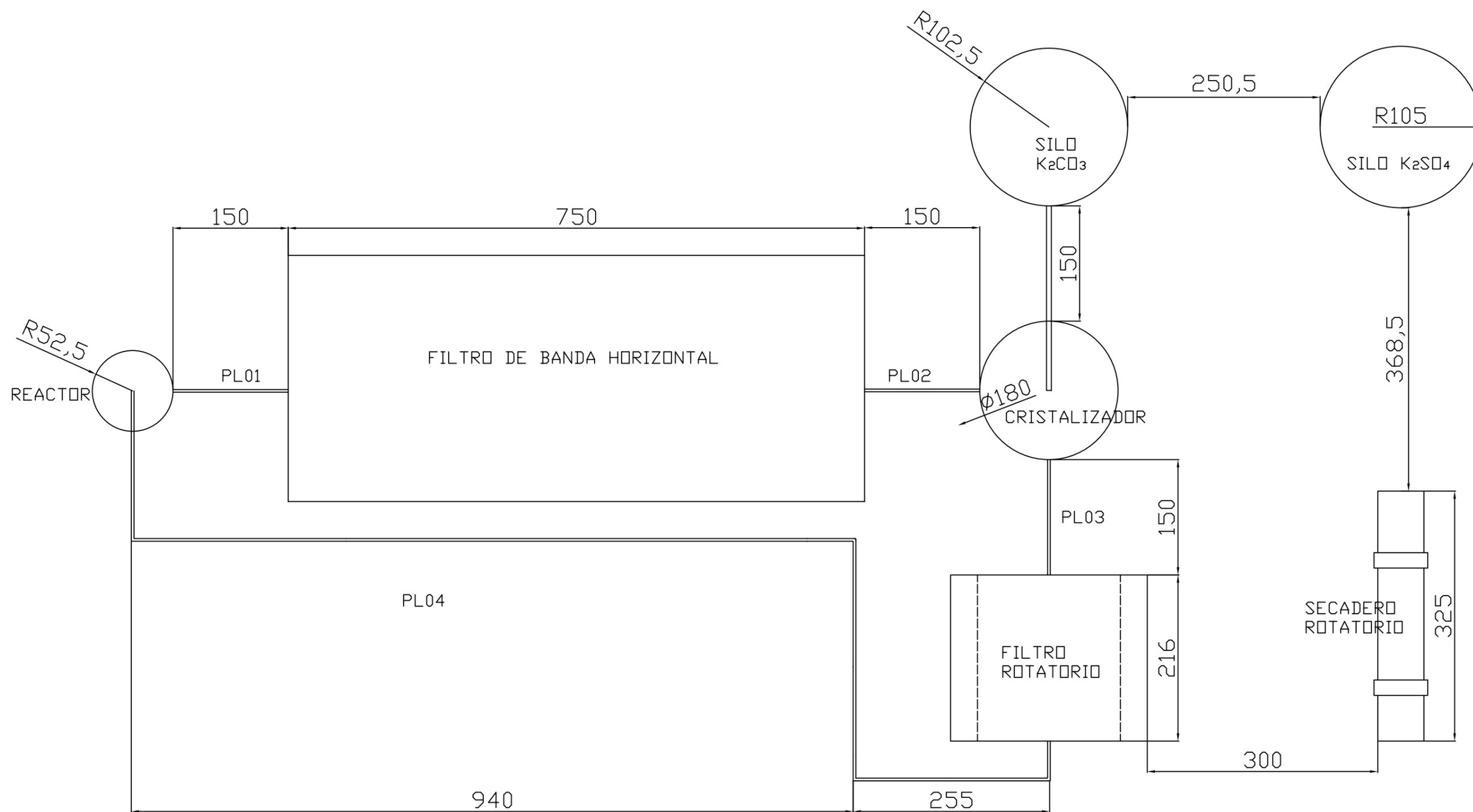
PLANO 1: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LOS EQUIPOS.

PLANO 2: REACTOR QUÍMICO.

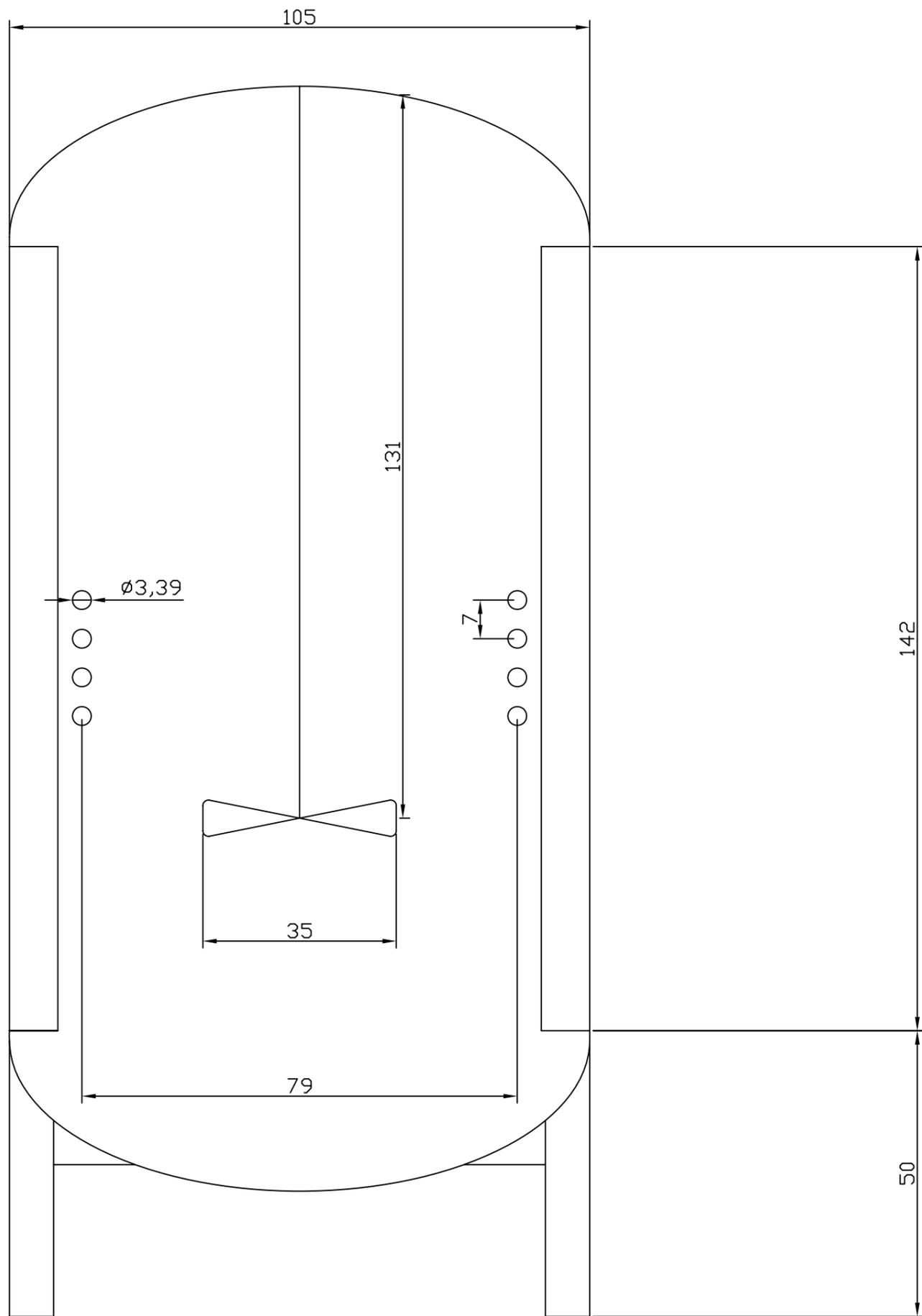
PLANO 3: CRISTALIZADOR.

PLANO 4: SILOS DE ALMACENAMIENTO

PLANO 5: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE LOS EQUIPOS



PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMBO			
PLANO N°1: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LOS EQUIPOS			
AUTOR MARIO PRADO GARCIA	FECHA JUNIO 2005	ESCALA 1/40	FIRMA



PROYECTO FIN DE
CARRERA

FACULTAD DE CIENCIAS

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

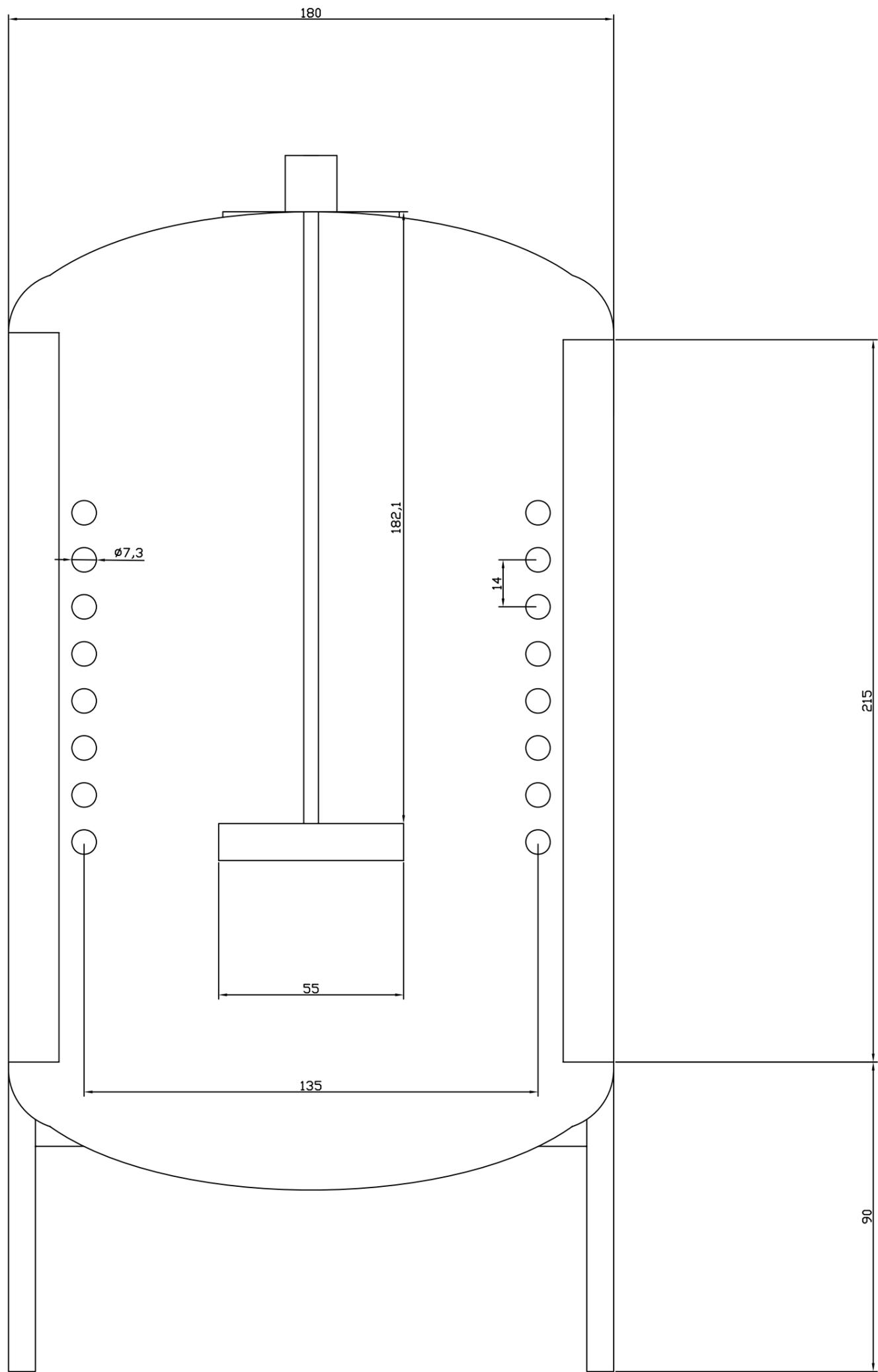
PLANO N° 2: REACTOR QUÍMICO

AUTOR
MARIO PRADO GARCÍA

FECHA
JUNIO 2005

ESCALA
1/10

FIRMA



PROYECTO FIN DE CARRERA

FACULTAD DE CIENCIAS

DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMO

PLANO N° 3: CRISTALIZADOR

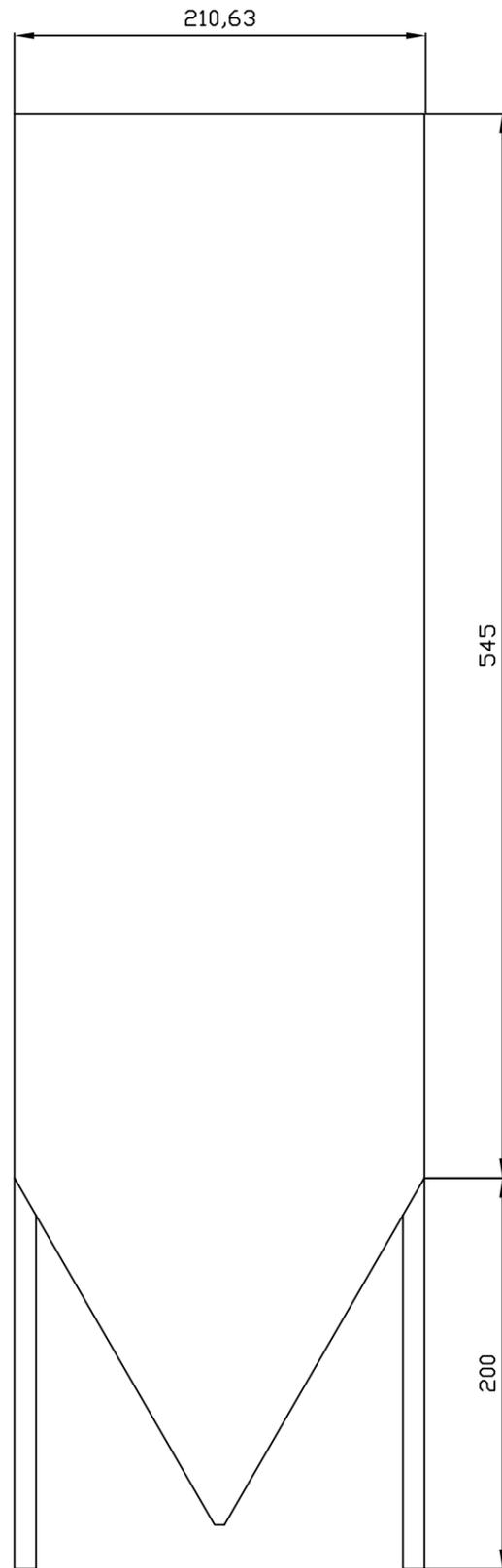
AUTOR
MARIO PRADO GARCÍA

FECHA
JUNIO 2005

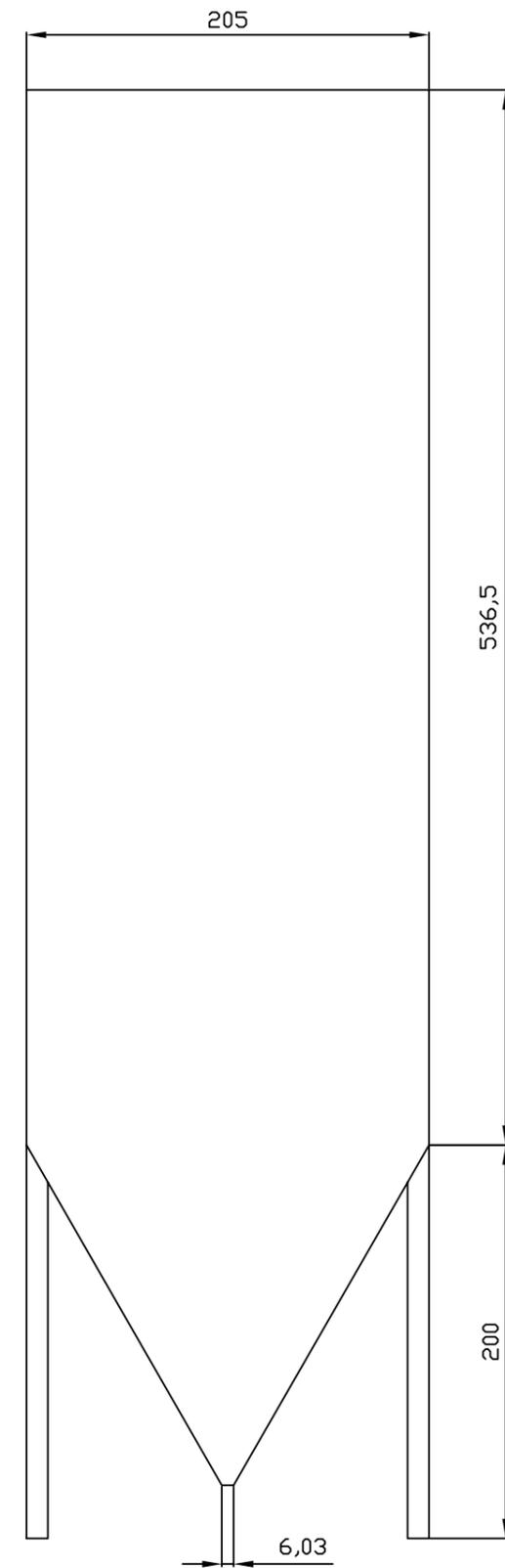
ESCALA
1/15

FIRMA

SILO
 K_2SO_4

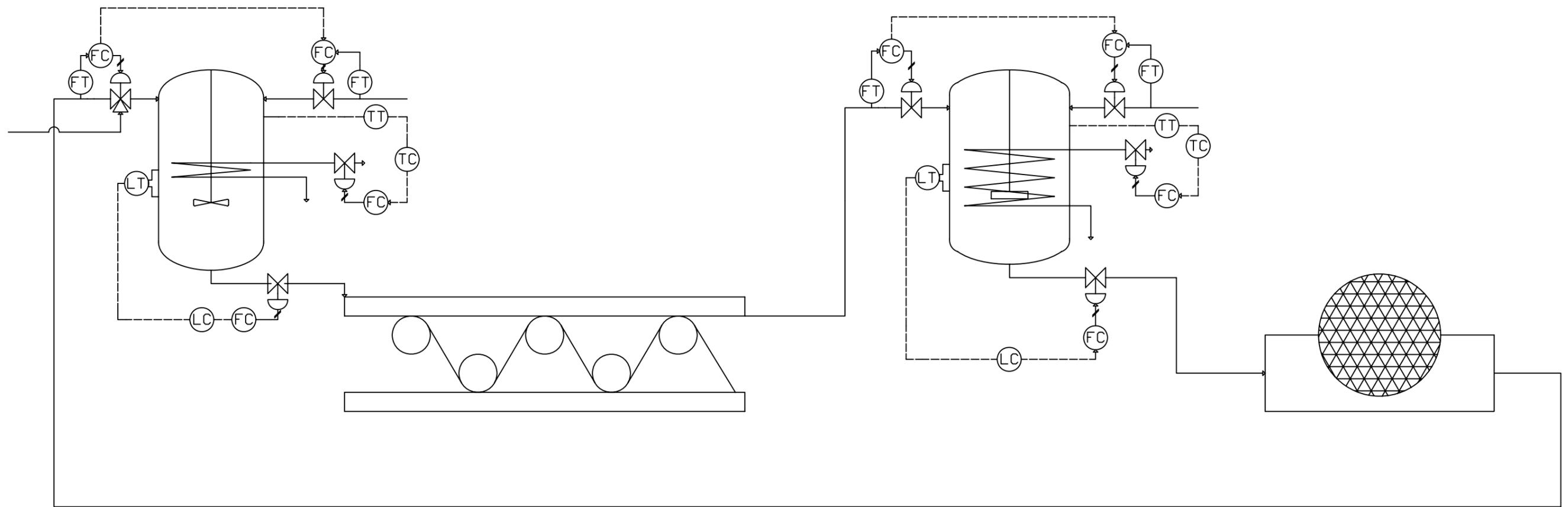


SILO
 K_2CO_3



PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDO-PLOMBO			
PLANO N°4: SILOS DE ALMACENAMIENTO			
AUTOR MARIO PRADO GARCIA	FECHA JUNIO 2005	ESCALA 1/40	FIRMA

- (FT) MEDIDOR DE CAUDAL
- (FC) CONTROLADOR DE CAUDAL
- (TT) MEDIDOR DE TEMPERATURA
- (LT) MEDIDOR DE NIVEL
- (LC) CONTROLADOR DE NIVEL
- (TC) CONTROLADOR DE TEMPERATURA



PROYECTO FIN DE CARRERA	FACULTAD DE CIENCIAS		
DISEÑO BÁSICO DEL PROCESO DE DESULFURIZACIÓN EN EL RECICLAJE DE BATERÍAS ACIDO-PLOMO			
PLANO N°5: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE LOS EQUIPOS			
AUTOR MARIO PRADO GARCIA	FECHA JUNIO 2005	ESCALA S/E	FIRMA

