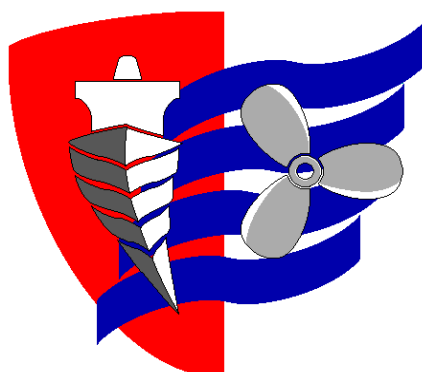


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**Propuesta de Sistema Móvil de
Tratamiento de Aguas de Lastre para
utilización en Puerto**

**Proposal for a Mobile Port Based Ballast
Water Treatment System**

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Alfred Cerdán Fiz

Octubre - 2014

Índice

1. Introducción	4
2. La normativa de la IMO sobre tratamiento de aguas de lastre	7
1. Antecedentes	7
2. El Convenio sobre tratamiento de aguas de lastre	8
a. Intercambio de agua de lastre (IAL) - <i>Ballast Water Exchange (BWE)</i>	9
b. Tratamiento del Agua de Lastre	11
c. Calendario de implantación del Convenio sobre Aguas de Lastre:	14
3. Principales soluciones de filtración existentes para el tratamiento de agua de lastre a bordo de buques	16
1. Separación mecánica	17
a. Filtros	18
b. Separadores - Hidrociclones	19
c. Coagulación:	21
2. Desinfección	22
a. Tratamientos Físicos	22
b. Tratamientos químicos	28
Combinación de todas las anteriores: ejemplo de sistema actualmente en el mercado	31
4. Proyecto: Diseño de la instalación de un sistema de tratamiento de agua de lastre para una instalación móvil en Puerto.	34
1. Descripción del sistema propuesto	38
2. Características Técnicas del sistema de tratamiento de aguas propuesto:	41
3. Lógica de funcionamiento	42
4. Especificaciones de los principales equipos del STA	46
Bomba:	46
Pre-filtro:	46
Filtro arena	47
Equipo rayos UV	48

5. Materiales empleados.....	50
5. Ejemplo de aplicación del STA propuesto: puerto de Montreal, Quebec, Canada	52
6. Conclusiones.....	57
7. Bibliografía y Recursos de Internet	60
Anexo 1: Planos y Diagrama de Tuberías e Instrumentación	62
Anexo 2: Especificaciones de equipos y materiales	63
Anexo 3: Presupuesto.....	64

1. Introducción

El 80 % de las mercancías transportadas en el mundo lo hacen a bordo de buques. Estos desplazan cada año miles de millones de toneladas de agua dentro de sus tanques de lastre, agua que es imprescindible para garantizar la estabilidad de los buques y su maniobrabilidad, así como para mantener en niveles aceptables los esfuerzos sobre su casco. Los buques toman agua de lastre, la descargan y redistribuyen entre sus tanques durante las operaciones de carga y descarga, durante la carga y consumo de combustible, en condiciones de mar gruesa o al reducirse el calado en áreas costeras, tanto en alta mar como zonas costeras.

Sin embargo, este agua es también un medio perfecto para la propagación de especies y organismos a través del mundo. Durante las operaciones de carga y descarga, el agua cargada en el puerto de origen es descargada en el puerto de destino, y viceversa. Esta operación supone el trasiego de numerosos organismos dentro de los tanques de lastre, entre regiones alejadas del mundo, suponiendo en muchos casos un peligro para las especies autóctonas del lugar de descarga de las aguas. Se estima que mas de 7000 especies son trasegadas a lo largo y ancho del mundo cada año como consecuencia de estas operaciones con agua de lastre.

Esta problemática no es nueva. Desde la introducción de los buques con casco de acero a finales del siglo XIX, empezaron a propagarse especies no autóctonas por los mares de todo el mundo. Los científicos reconocieron por primera vez el problema en 1903, después de la aparición masiva de algas del fitoplancton *Biddulphia sinensis* en el Mar del Norte. Este fenómeno no ha hecho sino agravarse con la importante expansión de la navegación durante el siglo XX, así como la apertura de nuevas rutas de navegación. A día de hoy, prácticamente todos los mares y océanos del mundo están expuestos a este trasiego de especies.



Principales rutas de trasiego de especies en Aguas de Lastre de buques (www.biogeocreations.com)

No falta ejemplos como los del mejillón Cebrado en la zona de los grandes lagos en América del Norte o el cangrejo Chino en el estuario del río Támesis, especies que trasladadas de sus aguas originales a estas regiones llevaron a la completa desaparición de la fauna y flora local, con efectos devastadores sobre sus ecosistemas.



Cangrejo originario de las costas noroeste de China "Eriocheir sinensis" (www.lr.org)

Para tratar de paliar este fenómeno, se han ido sucediendo desde hace años las llamadas a la adopción de normativas que permitiesen frenar el trasvase

de especies de unas aguas a otras. Tras numerosos años de discusiones y cumbres mundiales, la IMO siguiendo las recomendaciones de Naciones Unidas, puso en marcha la adopción y entrada en vigor del Convenio sobre tratamiento de aguas de lastre, conocida en Inglés como Ballast Water Management (BWM) en 2004. Desde entonces, son numerosos los esfuerzos que se han puesto en marcha para tratar de encontrar sistemas que permitan el tratamiento de las aguas de lastre.

En particular, los principales fabricantes tradicionales de equipos navales llevan años trabajando en el desarrollo de sistemas para permitir el tratamiento de las aguas de lastre. Estos sistemas se basan en diversas tecnologías de filtración y tratamiento de agua, fruto de las experiencias de filtración en otros sectores industriales, en particular el tratamiento de agua para consumo humano. Si bien los avances han sido espectaculares desde la adopción de la normativa de la OMI sobre tratamiento de aguas de lastre en 2004, la gran diversidad de métodos empleados no permite aun vislumbrar cual de estos sistemas terminará imponiéndose como método preferencial para el tratamiento del agua de lastre de buques.

En este Trabajo de fin de Grado se propone un sistema de tratamiento de agua móvil basado en tierra

2. La normativa de la IMO sobre tratamiento de aguas de lastre

La Convención Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos del buque, fue aprobada de forma consensuada en la Conferencia diplomática de la OMI en Londres, el 13 de febrero de 2004.

La conferencia contó con la participación de 74 Estados (entre ellos España), un Miembro Asociado de la OMI y como observadores, dos organizaciones intergubernamentales y 18 organizaciones no gubernamentales internacionales.

La Convención entrará en vigor 12 meses después de su ratificación por 30 Estados, que representen el 35 por ciento del tonelaje mercante mundial (Art.18 Entrada en vigor). Actualmente (junio de 2014), ya hay más de 40 Estados que han ratificado la normativa (entre ellos España), pero sólo representan el 30,25 %del tonelaje mundial, por lo que el Convenio aun no ha entrado en vigor.

La normativa tiene como principal objetivo prevenir la proliferación de especies acuáticas no nativas en lagos, ríos y aguas costeras.

1. Antecedentes

A raíz de la introducción masiva de los cascos de acero a finales del siglo XIX y comienzos del XX para la navegación, se hizo imprescindible el uso de aguas de lastre para asegurar la estabilidad y navegabilidad de los buques. Pero este agua de lastre, a pesar de resultar esencial, se ha convertido también en una fuente de problemas ecológicos, económicos y de salud pública, debido a la propagación de especies invasoras, que se transportan

de un lugar a otro del mundo en los tanques de lastre. Los científicos reconocieron por primera vez el problema a comienzos del siglo XX, pero no fue hasta la década de 1970 cuando la comunidad científica internacional empezó a buscar soluciones para afrontar este problema. A finales de 1980 Canadá y Australia (países más afectados por este fenómeno) despertaron la preocupación de Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI, sobre este problema.

Actualmente, la propagación de especies invasoras es reconocida como una de las mayores amenazas ecológicas del planeta. Los efectos directos e indirectos para la salud son cada vez más graves y los daños al medioambiente, en multitud de ocasiones irreversibles. Esto ha llevado a la adopción por parte de la IMO del Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos del buque.

Entre los principales hitos hacia la adopción de una normativa sobre el tratamiento de aguas de lastre cabe mencionar los siguientes:

- Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982 (CONVEMAR)
- Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica de 1992
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 (CNUMAD)
- Resolución de la Asamblea de la OMI 1997 “Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques”
- Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2002

2. El Convenio sobre tratamiento de aguas de lastre

Este Convenio se aplica a buques, sumergibles y estructuras flotantes que empleen agua de lastre. Están exentos sin embargos los buques que

naveguen exclusivamente entre puertos específicos situados en las mismas aguas, o que operan exclusivamente en una misma ruta.

El convenio estipula que un buque cumple con los requisitos establecidos en materia de agua de lastre si:

- Intercambia su agua de lastre
- Trata el agua de lastre
- Se transfiere el agua de lastre y cualquier sedimento contenido en los tanques a una instalación de recepción de aguas de lastre
- El agua de lastre permanece dentro de los tanques de lastre.

Quedan excluidos de esta necesidad de gestión de aguas de lastre:

- los buques que realicen rutas fijas
- los buques que hagan rutas de cabotaje dentro de las mismas aguas

Asimismo, queda exento de esta obligación también cualquier buque en situación de emergencia:

- Cuando la toma o descarga de agua de lastre sea necesaria para asegurar la seguridad del buque o salvar vidas en el mar
- Cuando la toma o descarga de agua de lastre tenga como objetivo evitar la descarga de productos contaminantes desde el buque
- Cuando la toma o descarga de agua de lastre se produzca como consecuencia de un accidente o avería sufrida por el buque, en circunstancias ajenas a la normal operación del buque.

a. Intercambio de agua de lastre (IAL) - *Ballast Water Exchange (BWE)*

Este procedimiento consiste en el reemplazo del agua de lastre contenida en los tanques de lastre de un buque durante la navegación y en mar abierto.

De esta manera, al llegar al puerto de destino el agua contenida en los tanques de lastre proviene de mar abierto y no de otras aguas costeras, considerándose entonces que no contiene organismos nocivos para las aguas del puerto de destino.

Para realizar este intercambio del agua contenida en los tanques de lastre, tres son los métodos que los buques pueden emplear, según lo estipulado por el Convenio:

- Vaciado del tanque y reemplazo por agua de zonas autorizadas (ver mas abajo), debiéndose conseguir un reemplazo del 95% del volumen total del tanque (Secuencial)
- Bombeo dentro del tanque de agua (saliendo agua por otra conexión en el lado opuesto del tanque) hasta conseguir que el 95% del agua contenida en sus tanques de lastre (Dilución)
- bombeo a través de cada tanque de tres veces el volumen total de cada tanque (Flow-trough)
- se acepta asimismo el bombeo de un volumen inferior a 3 veces la capacidad del tanque, siempre que el buque pueda demostrar que ha sido reemplazado al menos el 95% del volumen total del buque

En cuanto a donde realizar este intercambio, el Convenio estipula que siempre que sea posible el intercambio debe efectuarse al menos a 200 millas náuticas de la tierra más próxima y en aguas de al menos 200 metros de profundidad.

En los casos en que los buques no puedan efectuar el cambio del agua de lastre anterior, este debe estar lo más lejos posible de la tierra mas próxima, y en cualquier caso al menos a 50 millas náuticas de la tierra más próxima y en aguas de al menos 200 metros de profundidad.

Cuando estos requisitos no pueden ser satisfechos, pueden establecerse áreas designadas donde los buques puedan realizar el intercambio. Todos los buques deberán retirar y eliminar los sedimentos de los espacios

destinados a transportar agua de lastre con la conformidad de las disposiciones del plan de gestión del agua de lastre de las naves (Regulación B-5).

b. Tratamiento del Agua de Lastre

Según el Convenio, los buques que efectúan la gestión del agua de lastre conforme a lo dispuesto en el mismo deberán descargar menos de 10 organismos viables por metro cúbico cuyo tamaño mínimo sea igual o superior a 50 micras y menos de 10 organismos viables por mililitro cuyo tamaño mínimo sea inferior a 50 micras y superior a 10 micras; y la descarga de los microbios indicadores no excederá de las concentraciones especificadas en el párrafo siguiente.

Los microbios indicadores, a efectos de la salud de los seres humanos, comprenderán los siguientes organismos:

a	<i>Vibrio cholerae</i> toxicógeno (O1 y O139): menos de 1 unidad formadora de colonias (ufc) por 100 mililitros o menos de 1 ufc por gramo (peso húmedo) de muestras de zooplancton;
b	<i>Escherichia coli</i> : menos de 250 ufc por 100 mililitros;
c	Enterococos intestinales: menos de 100 ufc por 100 mililitros.
d	Plancton >50 µm de tamaño mínimo

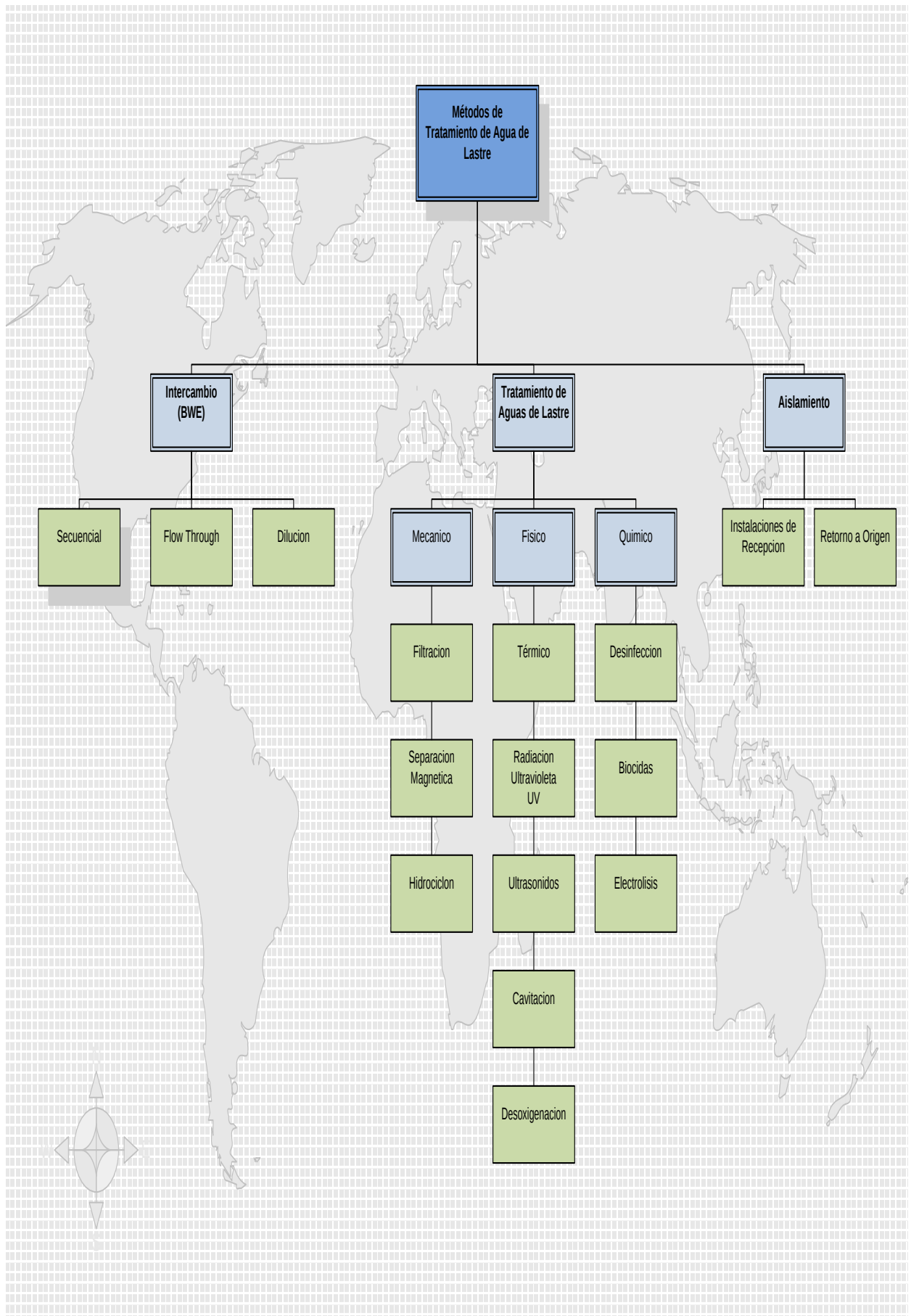
Los sistemas de gestión del agua de lastre utilizados para cumplir lo dispuesto en el Convenio deben ser aprobados por la Administración de conformidad con las Directrices elaboradas por la Organización Marítima Internacional. Asimismo, en el caso de que utilicen sustancias activas o preparados que contengan una o varias sustancias activas para cumplir lo dispuesto en el Convenio deben ser aprobados por la OMI. Este procedimiento incluye tanto la aprobación de sustancias activas como la revocación de dicha aprobación y la forma de aplicación prevista para tales

sustancias. En los casos en que se revoque una aprobación, el uso de la sustancia o sustancias activas en cuestión queda prohibido en el plazo de un año a contar desde la fecha de dicha revocación.

Los sistemas de gestión del agua de lastre utilizados para cumplir lo dispuesto en el Convenio deben ser seguros para el buque, su equipo y su tripulación.

Para asegurar el cumplimiento del Convenio, se requiere a los buques que mantengan al día:

- Un plan de tratamiento de aguas de lastre disponible a bordo
- Un registro de las operaciones efectuadas con aguas de lastre
- Una certificación internacional de tratamiento de aguas de lastre.



c. Calendario de implantación del Convenio sobre Aguas de Lastre:

Capacidad de Agua de Lastre	Buques Existentes contruidos antes de 2009	Buques Existentes contruidos entre 2009 y 2012	Buques Existentes contruidos después de 2012
Menor de 1500 m3	Entrada en vigor antes del 1 de enero de 2017: primera renovación del IOPP tras el aniversario del buque en 2016	Primer renovación del IOPP tras la entrada en vigor	
	Entrada en vigor después del 1 de enero de 2017: primera renovación del IOPP tras el aniversario del buque		
Entre 15000 m3 y 5000 m3	Primer renovación del IOPP tras la entrada en vigor		
Mas de 5000 m3	Entrada en vigor antes del 1 de enero de 2017: primera renovación del IOPP tras el aniversario del buque en 2016	Primer renovación del IOPP tras la entrada en vigor	
	Entrada en vigor después del 1 de enero de 2017: primera renovación del IOPP tras el aniversario del buque		

Para los buques que se dirijan a un Puerto situado en EEUU y Canadá, el calendario de implantación difiere, quedando como sigue:

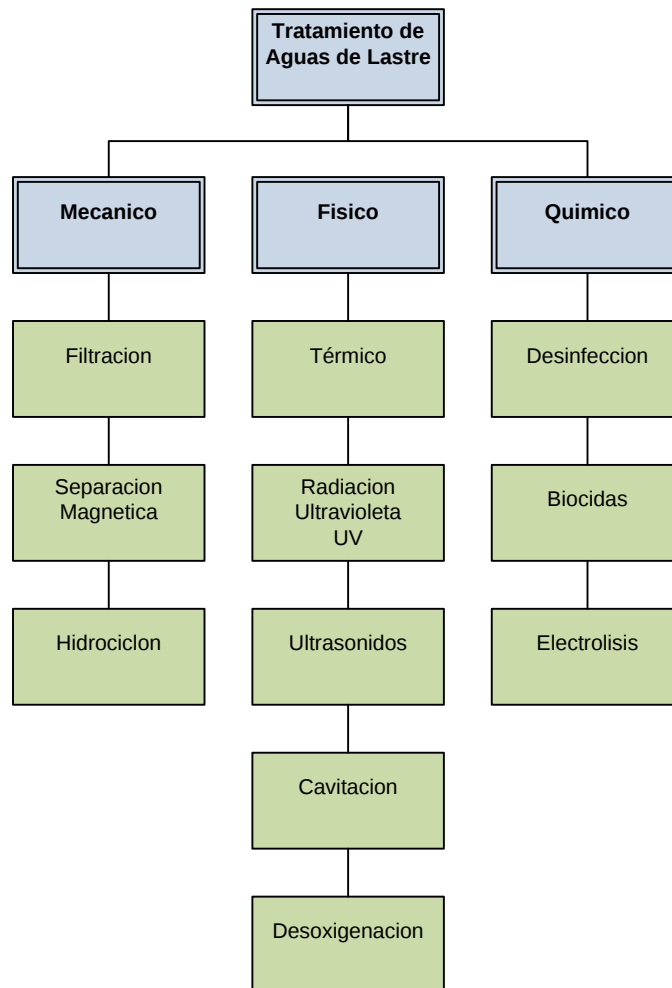
	Capacidad de agua de lastre	Fecha de Construcción	Fecha de entrada en vigor
Buques Nuevos	Todas	Después del 1 de diciembre de 2013	En la fecha de entrega
	Menos de 1500 m3	Antes del 1 de diciembre de 2013	Primera entrada en dique seco tras el 1 de enero de 2016

Buques Existentes	Entre 1500 m3 y 5000 m3	Antes del 1 de diciembre de 2013	Primera entrada en dique seco tras el 1 de enero de 2014
	Mas de 5000 m3	Antes del 1 de diciembre de 2013	Primera entrada en dique seco tras el 1 de enero de 2016

3. Principales soluciones de filtración existentes para el tratamiento de agua de lastre a bordo de buques

Desde la aprobación de la Normativa IMO sobre la gestión del agua de lastre de los buques, han sido numerosos los fabricantes que se han lanzado al diseño de sistemas para el tratamiento de aguas de lastre, que permitan a los buques cumplir con esta normativa. El desafío es contar con sistemas que sean a la vez eficientes en el tratamiento del agua, para cumplir con la normativa, pero que permitan también elevados caudales de filtración para no retrasar las actividades de tratamiento de agua, todo ello en un sistema lo mas compacto posible para ahorrar espacio en un entorno con tan poco espacio libre como la sala de maquinas de un buque moderno.

Las técnicas de tratamiento de aguas de lastre se pueden dividir en dos tipos: separación mecánica, y desinfección. A su vez, la desinfección puede dividirse en tratamientos químicos y físicos.



1. Separación mecánica

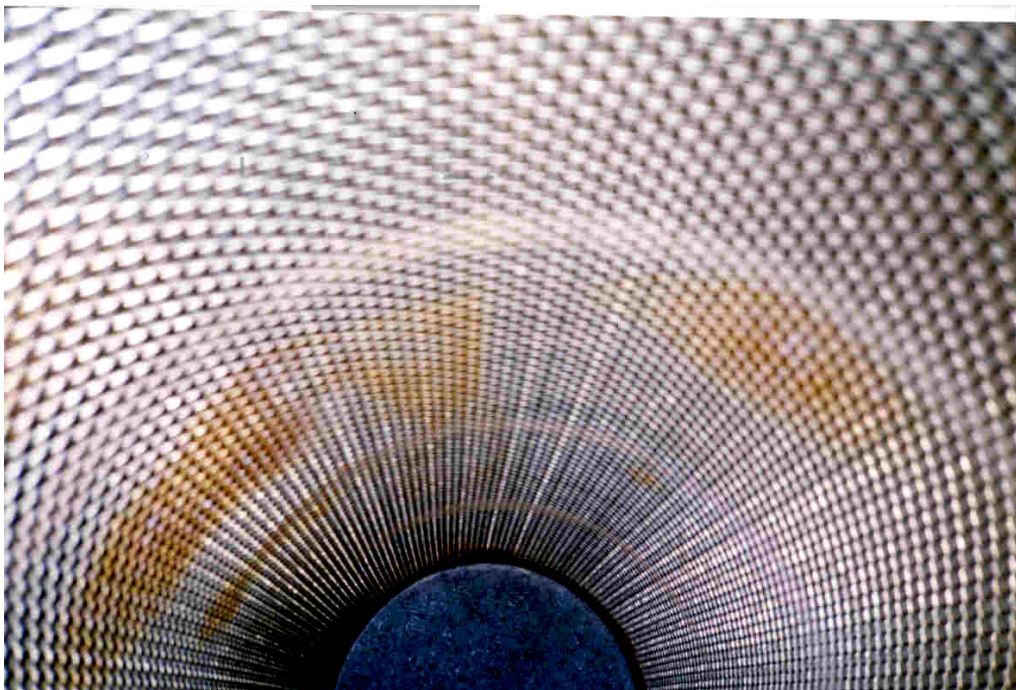
La separación mecánica consiste en la separación de los organismos suspendidos en el agua, mediante el empleo de superficies de filtración (mallas o similar) cuyos poros u orificios sean de tamaño menor que las partículas que se desean retener, o por sedimentación, aprovechando el mayor peso de las partículas suspendidas en el agua con respecto a la propia agua que las contiene.

En ambos casos, las partículas retenidas son posteriormente lavadas y rechazadas a un desagüe. Para la filtración de agua de lastre se emplean básicamente filtros e hidrociclones. La principal ventaja de ambos es su respeto al medio ambiente, pues no necesitan de la utilización de ningún agente químico. Sin embargo, su principal limitación es que no filtran lo suficientemente fino, haciéndose necesario por norma combinarlos con otro

tipo de sistema de tratamiento de agua para obtener los resultados demandados por la normativa de la IMO.

a. Filtros

Se basan en el paso del agua a través de un medio filtrante, logrando este medio atrapar partículas separándolas del agua a filtrar. El tamaño de las partículas atrapadas depende del tamaño del espacio libre a través del medio filtrante. Típicamente, los sistemas puestos en el mercado hasta el momento se basan en el empleo de mallas, rejillas o filtros de disco, siendo estos últimos una combinación de mallas superpuestas, con forma de disco y con orificios de tamaño decreciente. Estos sistemas suelen ser auto lavables, entrando en retro lavado cuando las mallas/discos se taponan: cuando esto ocurre, aumenta el diferencial de presión a través del filtro, parando el filtro y entrando este en retro lavado.



La principal ventaja de los filtros es su facilidad de uso, eficacia, y auto lavado.

Su principal limitación es que el tamaño de los orificios de sus mallas/discos no puede ser demasiado pequeño, puesto que si no se corre el riesgo de taponar demasiado rápido el filtro, entrando constantemente en retro lavado y reduciendo así el rendimiento de la instalación.

Otro tipo de medios que pueden emplearse para la separación mecánica son los filtros de arena (o un medio filtrante de consistencia similar como bolas de vidrio o cerámica) auto limpiables, como el que se propone mas adelante en este trabajo.

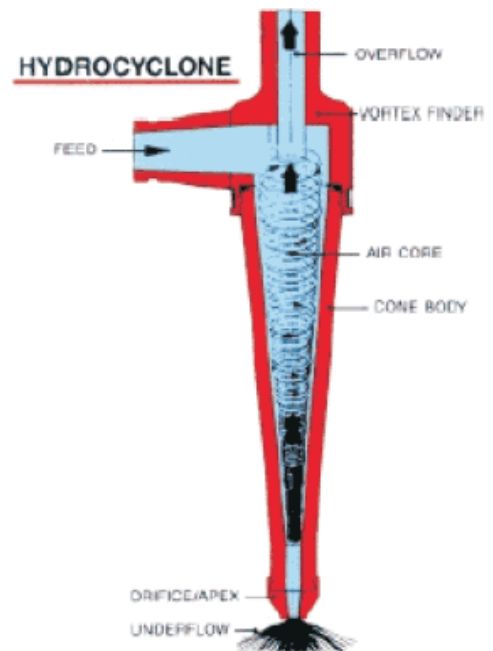
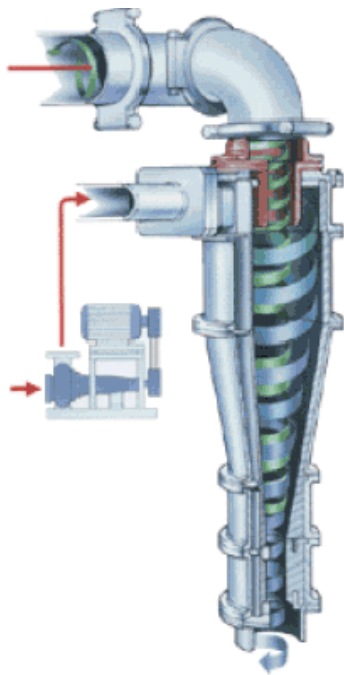
En el ejemplo propuesto el medio filtrante es arena. En este filtro, el agua pasa a través de capas de arena de diferentes espesores y con granos de arena de diámetro variable. Durante el paso a través del filtro, las partículas quedan retenidas entre la arena, saliendo el agua libre de partículas por el fondo del filtro.

Cuando la arena se satura de partículas, el filtro entra en modo lavado, que consiste en hacer pasar una corriente de agua de lavado en sentido contrario al de filtración. Esta agua de lavado es descargada a un desagüe.

b. Separadores - Hidrociclones

Los separadores de hidrociclón están formados por un cuerpo cónico, con la parte mas estrecha colocada hacia abajo. Se inyecta en este cuerpo cónico el agua a filtrar (agua bruta), por la parte superior. Al descender el agua a lo largo del cono, desde la parte de mayor diámetro a la de menor, crea un efecto vortex: la velocidad del fluido aumenta al estrecharse el cono, descendiendo la presión. Este aumento de velocidad tiene dos efectos: en primer lugar crea una fuerza centrífuga sobre el fluido, haciendo que las partículas solidas que contiene el fluido, que son mas densas que el agua, se vean proyectadas hacia las paredes del hidrociclón. Este aumento de

velocidad crea también un descenso de presión, favoreciendo el que las partículas solidas suspendidas en el agua caigan al fondo del cono. Una vez llegada al fondo del cono invertido, (la parte mas estrecha), el agua remonta a través de un tubo que situado en el eje del cono, saliendo del hidrociclón. Por su parte, las partículas mas pesadas que se han desprendido del agua que las transportaba, caen al fondo del cono invertido, siendo evacuadas por un drenaje situado en la base del cono.



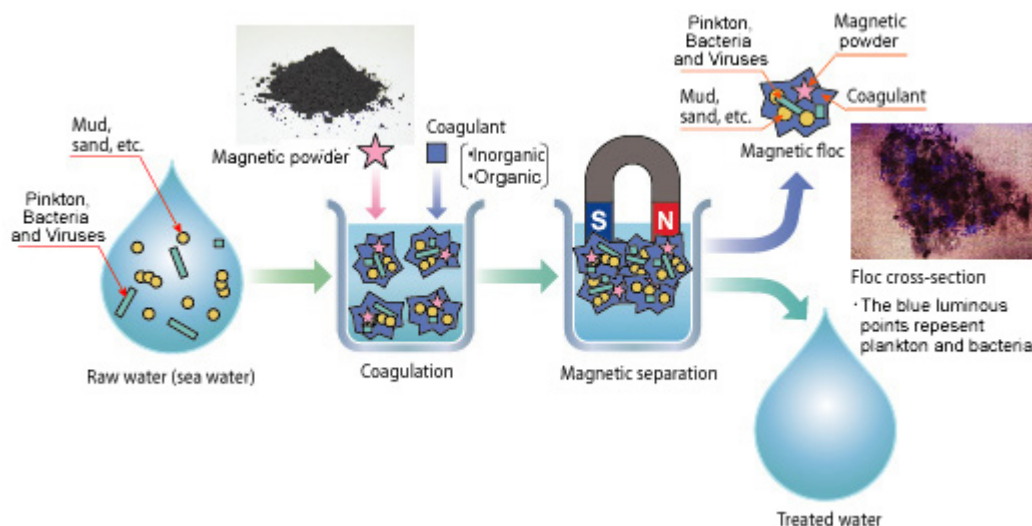
La principales ventaja del hidrociclón es su fiabilidad y velocidad de tratamiento del agua.

La principal desventaja es que las partículas que tienen una densidad menor que el agua o que están disueltas en el agua (es decir, las de menor tamaño) no pueden ser eliminadas por esta técnica.

Para mejorar la efectividad de los sistemas de filtración, suele emplearse un tratamiento químico previo, denominado coagulación, cuyo objetivo es aglutinar las partículas contenidas en el agua, para obtener partículas de mayor tamaño, que de esta manera serán retenidos mejor por los sistemas de separación mecánica.

c. Coagulación:

La coagulación/floculación consiste en conseguir que organismos de pequeño diámetro se junten en una partícula de mayor diámetro, para así poder eliminarlos mejor del agua a filtrar, al facilitar su retención por los medios filtrantes. Puesto que la principal limitación de los sistemas de separación mecánica es la incapacidad de eliminar partículas de pequeño tamaño, se suele emplear la coagulación antes de la separación mecánica para aumentar el tamaño de las partículas (juntándolas), mejorando de esta manera la eficacia de los filtros.



La principal ventaja es que mejora el rendimiento de la separación mecánica. Sin embargo, para lograr la creación de floculos que serán retenidos por medios mecánicos, es necesario inyectar sustancias

floculantes (como arena, magnética, u otros) en un tanque antes del filtro, lo que añade tamaño a la instalación completa.

2. Desinfección

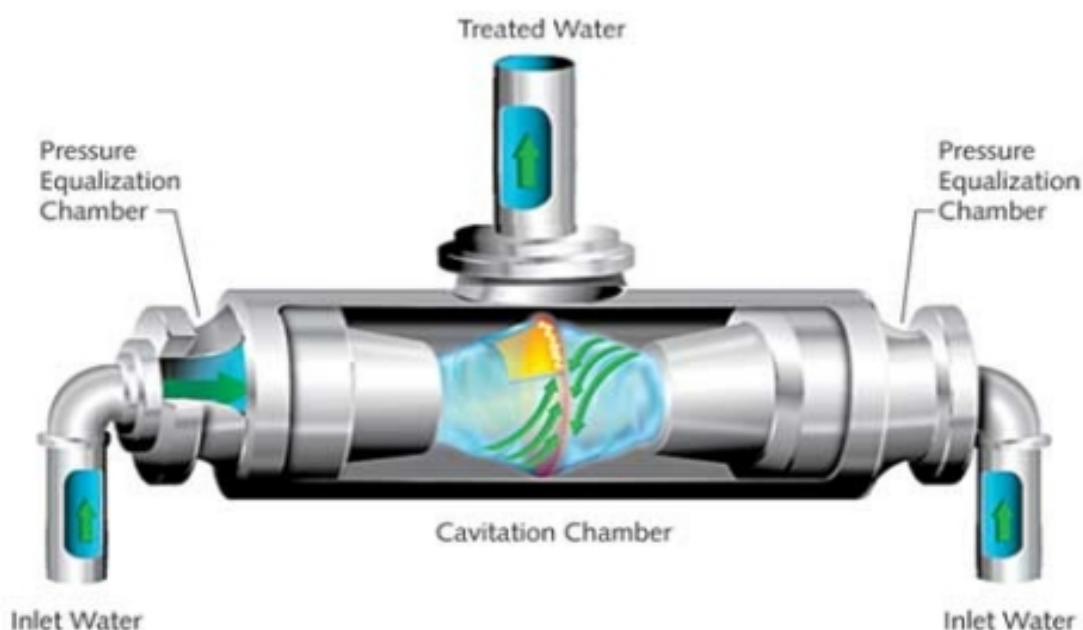
a. Tratamientos Físicos

I. Cavitación

La cavitación es un fenómeno que aparece en líquidos cuando la presión disminuye por debajo de la presión del vapor líquido a la temperatura existente, creándose núcleos de vaporización dentro del agua, en forma de micro burbujas. El colapso de estas burbujas es un proceso violento, que libera energía suficiente para destruir los microorganismos presentes en el agua.

El sistema de desinfección de agua por cavitación consiste en la inducción del fenómeno de cavitación dentro del fluido a tratar, para posteriormente aprovechar la energía proveniente de la implosión de estas burbujas de aire para eliminar los microorganismos presentes en el agua. Se induce la aparición de estas burbujas mediante diversos métodos, como la aplicación de una energía cinética al fluido a tratar, para creas las burbujas cuya implosión elimina los microorganismos presentes en el agua.

Figure 1. Diagram of the Controlled Hydrodynamic Cavitation Equipment



II. Desoxigenación

Tal y como su nombre sugiere, la desoxigenación consiste en la eliminación del oxígeno del agua a tratar, con el fin de asfixiar los organismos en ella contenidos, y con ello su neutralización. Los organismos vivos presentes en el agua necesitan el oxígeno disuelto en la misma para vivir. Su eliminación impide la vida de organismos en el agua.

El método más habitual para lograr este objetivo consiste en la inyección de Nitrógeno en el agua. Este gas es soluble en el agua, siendo su solubilidad en esta mayor que la del oxígeno, por lo que es adecuado para reemplazarlo.

La principal ventaja de este método es que puede ser empleado en agua con diferentes niveles de salinidad, turbidez, temperatura, o carga orgánica. Asimismo, al eliminar el oxígeno se reduce el fenómeno de corrosión en los tanques. Tampoco genera ningún producto tóxico como subproducto del tratamiento. Puesto que se puede aplicar esta técnica dentro mismo de los tanques de lastre, se ahorra con ello gran parte del espacio requerido por otros sistemas de tratamiento de agua de lastre. Por otra parte, muchos buques cuentan ya con sistemas de gases inertes para su uso en el

transporte de materias inflamables o explosivas, pudiendo por lo tanto emplearse este mismo gas para este tratamiento.

La principal desventaja es su lentitud, puesto que es necesario dejar durante largos periodos el gas inerte en contacto con la superficie del agua para lograr asfixiar completamente a los microorganismos presentes en el agua.

III. UV (radiación ultravioleta)

El tratamiento de desinfección por rayos ultra violetas (UV) consiste en la proyección sobre el agua a tratar de una radiación UV, obteniéndose así la destrucción de los microorganismos presentes en el agua.

Los rayos UV son la parte del espectro electromagnético que se sitúa por debajo de la porción de onda visible para el ojo humano. Se puede dividir en bandas con diferentes longitudes de ondas:

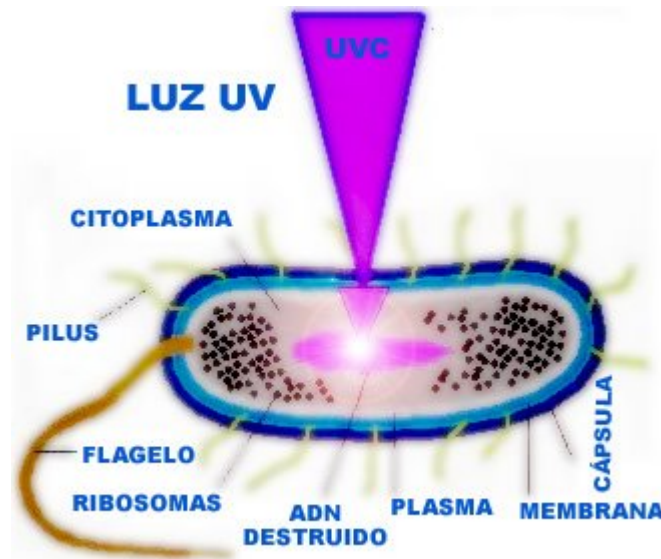
- UV-Vac 10-200nm
- UVC (onda corta) 200-280nm
- UVB (onda media) 280-315nm
- UVA (onda larga) 315-400nm

La banda UVC (entre 200-280nm) es la porción germicida de luz UV. Daña el ADN de los organismos vivos, matándolos o esterilizándolos.

Cuando los microorganismos presentes en el agua son expuestos a una dosis adecuada de radiación ultravioleta, sus células absorben los fotones UV, causando una reacción fotoquímica irreversible, que inactiva o destruye las células.

La radiación ultravioleta se mide en micro vatios por centímetro cuadrado ($\mu\text{W}/\text{cm}$). La dosificación de luz ultravioleta requerida para destruir los microorganismos más comunes (coliformes, pseudomonas, etc.) varía entre

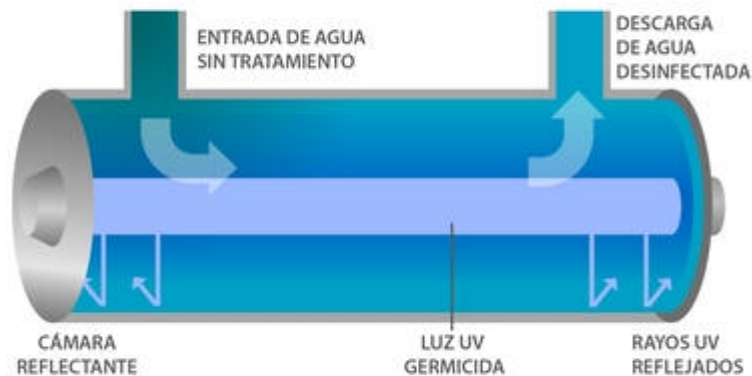
los 6.000 y 10.000 $\mu\text{Ws}/\text{cm}$. El tiempo de exposición dependerá de la dosis de radiación aplicada, aunque se puede considerar que una exposición de entre 10 y 20 segundos consigue los resultados deseados para el tratamiento del agua.



Este proceso de desinfección requiere un agua clara (pre-filtrada) a la entrada, para permitir una adecuada propagación de los rayos UV a través del agua a tratar.

Aunque el sol es una fuente de luz ultravioleta, la absorción de la radiación de onda corta por parte de la capa de ozono de la tierra impide que cantidades significativas de esta alcance la superficie de la tierra. Por ello, las aplicaciones prácticas de desinfección UV dependen de fuentes artificiales de UV. Las fuentes de UV más comunes son lámparas de arco de mercurio de baja y media presión, alimentadas a entre 1000 y 3000 V. Las lámparas UV están envueltas por un cristal o una funda de cuarzo, y situadas dentro de una cámara de irradiación.

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

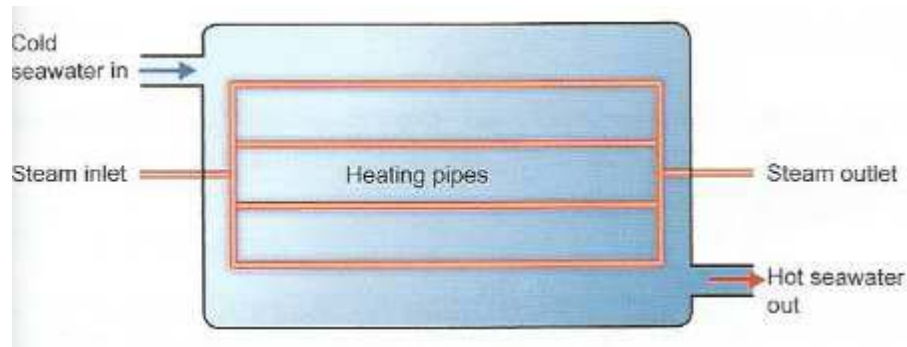


La principal ventaja de este método es que no genera productos de desinfección problemáticos, como es el caso cuando se emplean cloro u otros químicos para la desinfección.

Su principal limitación es la dependencia de la claridad del agua, así como la necesidad de conseguir una exposición directa, lo cual limita el volumen de agua que puede ser tratado de manera simultánea.

IV. Tratamiento Térmico

Este Sistema consiste en llevar el agua a tratar hasta una temperatura a la cual los organismos que contiene sean eliminados. En el caso del tratamiento de agua de lastre, la fuente de calor empleada puede ser externa, o se puede emplear una fuente de calor existente a bordo para su aprovechamiento, como el calor proveniente de la refrigeración de las máquinas de a bordo o de los conductos de escape de la máquina.



La principal ventaja de este método es su sencillez, la ausencia de desechos tóxicos, así como la posibilidad de emplear para el fuentes de calor presentes en el buque (disipación de calor en conductos de refrigeración o en contacto con gases de escape, por ejemplo), aumentando de este modo el rendimiento de las mismas.

La principal limitación de esta solución es la necesidad de una gran cantidad de calor para realizar el tratamiento de importantes volúmenes de agua, haciendo necesario el empleo de energía adicional, aumentando así el coste del sistema. La circulación de agua a temperatura elevada favorece asimismo la aparición de fenómenos de corrosión, acortando la vida de la instalación y por lo tanto el precio final del sistema. Elevar la temperatura de grandes cantidades de agua de lastre y mantenerla a esa temperatura el tiempo suficiente para que el tratamiento sea efectivo requiere tiempo, por lo que si el tratamiento se realiza durante la navegación para aprovechar el tiempo "muerto" en la mar, el tratamiento no será adecuado para viajes cortos.

El espacio necesario para realizar el tratamiento es importante, por lo que dificulta su instalación en buques existentes (retrofit). Si la solución elegida es el tratamiento en los propios tanques de lastre, al estar estos en contacto con el agua del mar por la otra cara del casco, se producirán elevadas pérdidas de energía por conducción/convección.

b. Tratamientos químicos

Estos tratamientos se basan en el empleo de biocidas (oxidantes y no oxidantes). Se inyectan estos en el agua a filtrar, con objeto de eliminar los organismos vivos presentes en ella.

Los biocidas oxidantes son principalmente desinfectantes como el cloro, bromo, iodo, u ozono, empleados para desactivar organismos dentro del agua de lastre. Estos productos destruyen la estructura orgánica de los microorganismos como las membranas o los ácidos nucleicos. Su actuación es rápida.

Los biocidas no oxidantes por su parte son desinfectantes que interfieren con la capacidad reproductiva de las partículas, o con sus capacidades neuronales o metabólicas, para neutralizarlas. Ejemplos de biocidas no oxidantes son las aminas, sales de cobre o fenoles tratados con cloro.

La principal ventaja de los tratamientos químicos para la desinfección es su eficacia a la hora de matar o inutilizar los organismos presentes en el agua. Su principal desventaja es que deben ser por una parte efectivos, necesitándose para ello unas concentraciones adecuadas en el agua a tratar; pero deben sin embargo también ser biodegradables o ser tratados antes de su descarga en el agua de mar, puesto que se corre el riesgo si no de contaminación química de las aguas de destino del agua tratada.

I. Agentes Oxidantes

- Cloro

El cloro es un agente oxidante muy efectivo, lo que lo hace muy atractivo para el tratamiento del agua. Su inyección en el agua a tratar destruye las células de los organismos presentes en la misma, eliminándolos. El efecto es rápido, completándose en alrededor de media hora de exposición al cloro.

A temperatura ambiente, el cloro se encuentra en estado gaseoso, pasando a estado líquido a alrededor de $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por ello, para su manipulación se suelen emplear recipientes presurizados que contienen cloro líquido.

La principal ventaja del uso de cloro para el tratamiento de agua es la sencillez del tratamiento. Se trata de un procedimiento conocido, con resultados probados. Es además un tratamiento barato.

Su principal limitación es la presencia de residuos de cloro en el agua tratada. En el caso del tratamiento de agua de mar, esta presencia es perniciosa para los organismos presentes en las aguas en las que se descarga. Por otra parte, la cloración es un tratamiento que solo es eficaz en el caso de aguas claras. En aguas turbias, la eficacia del tratamiento disminuye de forma importante. Por otra parte, el empleo de Cloro en estado gaseoso en espacios cerrados no es seguro, por su carácter tóxico. Por ello, es más habitual su empleo para el tratamiento de agua en combinación con otros elementos como el oxígeno, para obtener Dióxido de Cloro (ClO_2) o el Sodio, para obtener cloruro sódico (ClNa).

- Dióxido de Cloro

El dióxido de cloro es un oxidante de eficacia equivalente o mayor que la del Cloro para el tratamiento del agua. Presenta además ventajas sobre este, como son una mayor solubilidad en agua, la necesidad de una exposición más corta para ser efectivo.

- Hipoclorito

El hipoclorito es la sal del ácido hipocloroso. Se formula en varios tipos de formas. El hipoclorito se aplica generalmente como el hipoclorito de sodio (NaClO) e hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$). Estos compuestos se pueden aplicar como biocidas. Funcionan de la misma manera que el Cloro, aunque son algo menos eficaces.

- Ozono

El ozono es oxígeno enriquecido, constando de tres átomos de oxígeno, es inestable y se descompone con cierta facilidad en oxígeno normal y oxígeno nascente, que es un fuerte oxidante. Debido a esta característica, actúa con gran eficiencia como desinfectante y se constituye como el más serio competidor del cloro.

El ozono es un gas ligeramente azul, de olor característico, poco soluble en el agua y muy volátil. Se mantiene en el agua solo algunos minutos; en su aplicación, se pierde aproximadamente el 10% por volatilización. Las dosis necesarias para desinfectar el agua varían según la calidad de la misma. Se considera que el ozono es uno de los desinfectantes con mayor eficiencia microbiana y requiere tiempos de contacto muy cortos con el agua. La velocidad con que el ozono elimina a los organismos es mayor que la del cloro, (unas tres mil veces mayor), debido a que, si bien ambos actúan como oxidantes, el mecanismo de acción sobre los microorganismos es diferente.

II. Agentes no Oxidantes

Los agentes no oxidantes para la desinfección química del agua se emplean normalmente cuando los agentes oxidantes no son eficaces. Los mas comunes son:

- Acrolina

La acrolina es un biocida extremadamente eficaz que tiene una ventaja ambiental sobre los biocidas que oxidan, ya que puede ser desactivada fácilmente por el sulfito de sodio antes de la descarga.

- Fenoles tratados con cloro

Los fenoles clorados, a diferencia de los biocidas oxidantes, no tienen un efecto sobre la respiración de los microorganismos, sino que impiden su desarrollo.

- Sales de cobre

Las sales de cobre se han utilizado como biocidas durante largo tiempo, aunque su uso se ha visto muy limitado durante los últimos años al tratarse de un metal pesado, contaminante. Se aplican en cantidades de 1 a 2 PPM.

Otro de los problemas del uso de esta sustancia es que corroe el acero, afectando por ello los tanques de acero en el que este contenida el agua a tratar. Se trata asimismo de una sustancia tóxica para los seres humanos.

- Compuestos órgano-sulfúrico

Los compuestos órgano-sulfúricos actúan como biocidas inhibiendo el crecimiento de las células.

Combinación de todas las anteriores: ejemplo de sistema actualmente en el mercado

Todas estas técnicas de tratamiento de agua presentan ventajas e inconvenientes. En ocasiones, las ventajas de una solución son las desventajas de la otra, por lo que para tratar de tomar lo mejor de cada y obtener así el mejor resultado final, la mayoría de los fabricantes actuales de Sistemas de tratamiento de agua han optado por combinar varias de las soluciones antes expuestas, dando lugar a tratamientos en varias etapas. Como ejemplo de soluciones combinadas, vemos el sistema desarrollado por la empresa Westfalia, el Separator BallastMaster ecoP

El tratamiento del agua de lastre en este sistema se hace en tres etapas:

- Filtración

- Desinfección
- Neutralización

Pre-tratamiento mecánico por filtración

En esta primera etapa, el agua de lastre bruta pasa a través de un filtro de cartucho autolimpiable por medio de retro lavados a intervalos definidos. Este filtro elimina todas las partículas mayores de 40 micras.

Desinfección por medio de OXIDAT

En esta segunda etapa de tratamiento, se procede a la desinfección del agua de lastre añadiendo una sustancia active directamente en la tubería procedente del tanque de lastre. Esta sustancia es el OXIDAT, preparada a bordo por electrolisis a partir de una simple solución de agua salada preparada con sal de mesa y agua dulce. Esta se emplea como desinfectante, siendo añadida al agua de lastre en una proporción de 1:250. Este proceso es un método probado durante años en el tratamiento de agua para consumo humano, asegurando que se eliminan los organismos, bacterias y virus presentes en el agua.

El agua se devuelve a los tanques de lastre, donde el desinfectante hace efecto.

Neutralización

En la tercera etapa, cuando el agua de lastre es bombeada de nuevo fuera de los tanques para su descarga, se añade una solución de Thiosulfato de Sodio, neutralizando el agente oxidat y reduciendo el contenido de residuos tóxicos en el agua descargada a 0,2 ppm (partes por millón), cumpliendo con lo permitido por el Convenio de OMI sobre tratamiento de aguas de lastre.



Ejemplo de Sistema de Tratamiento de Aguas de lastre que combina varias tecnologías, el Westfalia Separator BallastMaster ecoP

4. Proyecto: Diseño de la instalación de un sistema de tratamiento de agua de lastre para una instalación móvil en Puerto.

El proyecto propuesto en este trabajo es el de un sistema de tratamiento de aguas de lastre (STA), basado en tierra.

Para facilitar al máximo la tarea de tratamiento de agua de lastre de los buques en puerto, se trata de un sistema móvil. Para ello, el sistema se halla montado sobre el remolque de un camión (cubierto, para protegerlo de las inclemencias del tiempo). De esta manera, se logra acercar el sistema de filtración al buque en el muelle en el que se encuentre, con las ventajas siguientes:

- En primer lugar, se evita ocupar un espacio específico en las instalaciones del puerto: no es necesario adecuar un muelle especial para la operación de tratamiento del agua, ni construir un terminal especial para ello.
- Por otra parte, permite tratar las aguas de lastre del buque en el lugar del puerto en el que este se encuentre. El sistema se dirige a donde esté el buque, y no al revés. Evitando así largas maniobras de traslado entre un muelle y otro.
- El tratamiento de las aguas de lastre, al hacerse a pie de buque en el muelle, puede realizarse durante la operación de carga/descarga. De esta manera, se ahorra un tiempo considerable en el tratamiento de estas aguas, al aprovechar las horas “muertas” de las operaciones de carga/descarga, sin necesidad de añadir tiempo extra en puerto.
- En caso de necesitar ampliar la capacidad de tratamiento de aguas de lastre, un puerto puede adquirir una segunda o sucesivas unidades móviles de tratamiento de agua para atender este aumento de demanda, sin necesidad de construir nuevas instalaciones, ni prever

en el momento de la instalación inicial un espacio para futuras ampliaciones, espacio que quedaría inutilizado durante tiempo.

Al tratarse de un sistema móvil es necesario que sea lo suficientemente compacto como para poder ser colocado sobre la base de un tráiler. Por otra parte, la capacidad de filtración debe ser suficiente como para asegurar un tratamiento de las aguas de lastre lo mas rápido posible, evitando así demoras excesivas en puerto, que acarreen fuertes gastos para los armadores.

A la hora de elegir el sistema de tratamiento adecuado para el STA que queremos diseñar, conviene en primer lugar estudiar los STA desarrollados hasta el momento por diversos fabricantes a través del mundo.

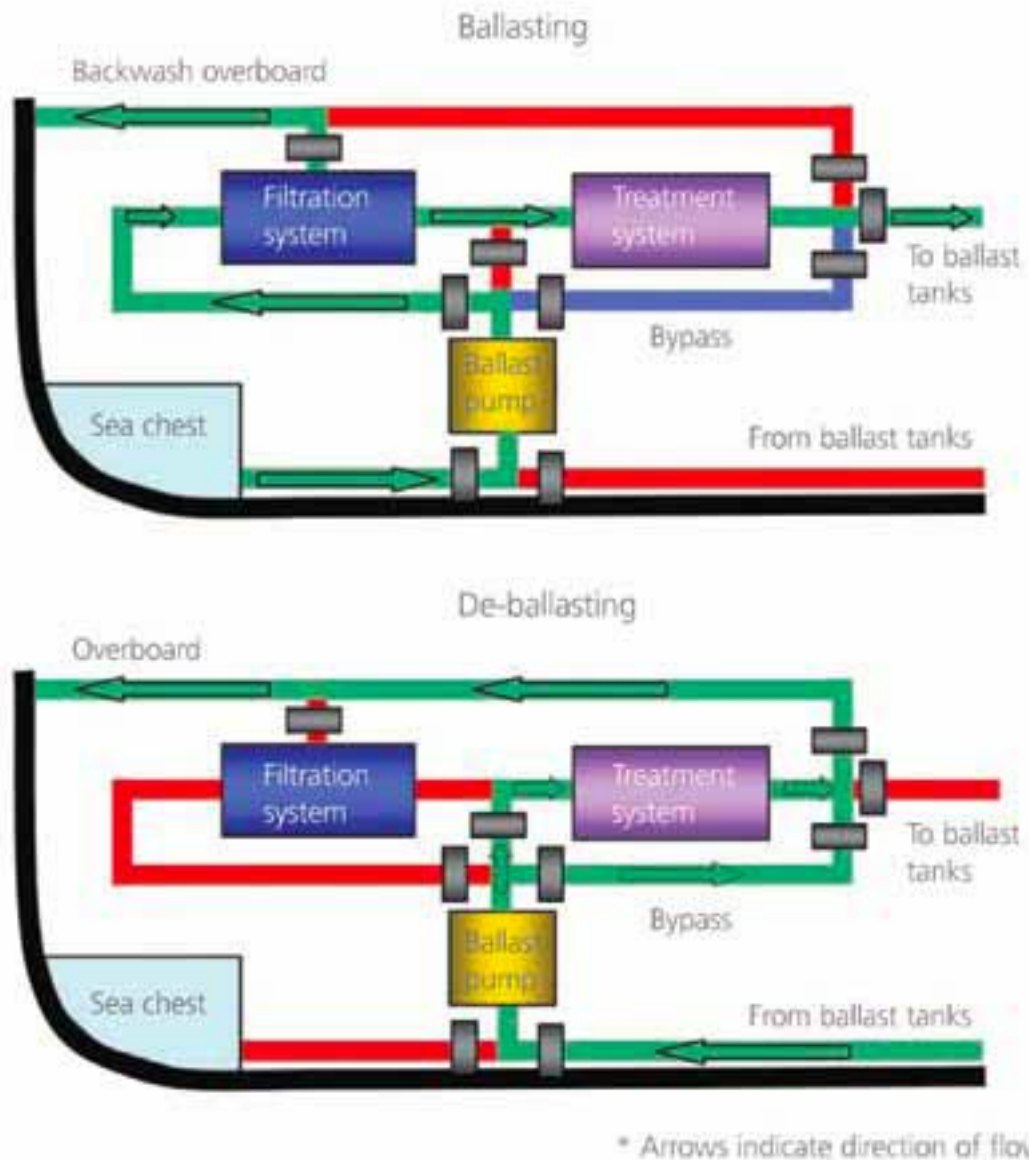
Según datos de Lloyd's Register (LR) de este año, hasta el momento son 51 los sistemas de tratamiento propuestos, de 41 fabricantes a través de todo el mundo. 33 han sido aprobados hasta el momento por la OMI. Se trata casi en su totalidad de sistemas embarcados.

Estudiando los tratamientos elegidos en esos 51 sistemas propuestos, vemos que predomina claramente la filtración como primera etapa de tratamiento (40 de los sistemas propuestos emplean pre-filtración). Vemos asimismo que para la segunda etapa, la solución más empleada son las radiaciones UV para la desinfección (21 de los sistemas propuestos). Otra gran parte de sistemas propuestos emplea para la desinfección un proceso de electrolisis/electroclorinación (20 sistemas). El resto de sistemas combina otras de las soluciones antes mencionadas.

El sistema propuesto en este trabajo se basa en una combinación de filtración y desinfección por radiación UV. Los motivos para la elección de estas tecnologías son:

- Tanto la filtración como la desinfección son tecnologías probadas, fiables y robustas, factores importantes en un entorno exigente como el marino.

- Ambas tecnologías son “limpias”, en el sentido de que no aportan ninguna sustancia al agua a tratar, lo que podría resultar un problema en las aguas de destino. Este es el principal motivo para evitar el empleo de la electroclorinación, a pesar de ser una solución a priori también atractiva para tratamientos de este tipo
- El sistema elegido consiste en una primera fase de filtración en dos etapas, que permite eliminar todas las partículas mayores de 10 micras, tal y como estipula la legislación vigente, llegando incluso a eliminar gran parte de las partículas menores de 10 micrones. A esta primera etapa sigue una etapa de desinfección, que permite eliminar/esterilizar el resto de organismos remanentes en el agua tras la filtración. Esta combinación permite obtener una eficacia que supera con creces los requerimientos de la OMI para el tratamiento de aguas de lastre.
- Tanto la filtración como la desinfección por radiación UV son las dos soluciones principales elegidas hasta el momento por la mayoría de fabricantes a través del mundo para sus sistemas de tratamiento de aguas de lastre



Una vez determinada la tecnología de tratamiento, debemos determinar el caudal necesario.

Aunque muchos de los 41 fabricantes de sistemas de tratamiento recogidos por Lloyd's Register aseguran obtener caudales de filtración de varios miles de m³/h, en realidad estos caudales se consiguen a través de la suma de sistemas individuales de con un caudal de filtración de alrededor de 200-300 m³/h.

Siendo por ello difícil tomar como referencia los datos de los equipos hasta ahora propuestos por los fabricantes a nivel mundial, podemos tomar como

referencia para la determinación del caudal de filtración necesario la capacidad de agua de lastre de un portacontenedores de tamaño Panamax, uno de los tamaños de buque de carga más comunes en la flota mundial, y que supone un buen referente al situarse en un tamaño medio dentro de los diferentes tamaños de buques de carga que circulan por el mundo.

Según datos del ABS (American Bureau of Shipping), la capacidad de agua de lastre de un portacontenedores Panamax (de tamaño inferior al máximo admitido para el canal de Panamá) es de 14 000 m³, siendo el caudal de bombeo de sus bombas de lastre de una media de 500 m³/h. Fijamos por lo tanto este caudal como el que necesitamos para nuestro Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre.

Finalmente, en caso de ser necesario un caudal de tratamiento de agua de lastre mayor, puede recurrirse al empleo de varias de unidades de filtración como las aquí propuestas, para alcanzar caudales de filtración superiores. El carácter móvil de las unidades facilita el empleo de unidades adicionales, así como el tratamiento de varios tanques de manera simultánea, acortando sobremanera las tareas de tratamiento en caso de ser necesario.

Teniendo en cuenta todo esto, nos centramos por lo tanto en un sistema de tratamiento de agua de lastre de 500 m³/h.

1. Descripción del sistema propuesto

La tecnología de tratamiento de agua de lastre propuesta se basa en las siguientes tecnologías:

- Una primera etapa de Filtración
- Una segunda etapa de desinfección por tratamiento físico

La primera etapa, de filtración, se subdivide asimismo en dos etapas.

- I. El agua proveniente de los tanques de lastre del buque es bombeada desde los tanques hasta la entrada de la etapa de filtración. Todo el tratamiento se realiza a una presión de entre 2,5 barg, altura de la bomba, y 7 barg, presión de diseño del sistema. Esta presión varía en función de la presión del agua de lastre a la entrada de la bomba del STA, y las pérdidas de carga a lo largo del mismo, hasta la descarga de las aguas de lastre.

- II. Impulsada por la bomba, el agua entra en una primera etapa que emplea pre-filtro autolimpiables para eliminar partículas mayores que 50 micras. Se colocan dos pre-filtros en paralelo, funcionando de manera secuencial: uno de ellos funciona mientras el otro se encuentra en espera (stand-by). Cada uno de ellos tiene por lo tanto una capacidad de filtrado igual al total del caudal de agua a tratar, 500 m³/h. Se trata de pre-filtros autolimpiables: para ello, se mide el diferencial de presión entre su entrada/salida. Al alcanzar este diferencial el valor de saturación, 0,5 barg, el pre-filtro entra en modo lavado.

Cuando el pre-filtro que esta en funcionamiento se detiene y entra en modo retro lavado, entra en funcionamiento el otro pre-filtro, que estaba en stand-by, asegurando un funcionamiento continuo de la instalación. Y así sucesivamente.

El agua, tras su paso por el pre-filtro penetra en los filtros de arena. El agua a presión penetra por la parte superior de los depósitos presurizados, siendo así obligada a pasar a través de las diferentes capas de arena que contienen, para salir por la parte inferior de los depósitos. Del mismo modo que los pre-filtros, se trata de filtros autolimpiables: para ello, se mide el diferencial de presión antes/después de cada depósito. Cuando este valor alcanza los 1,1 barg, el depósito se aísla y se procede a su retro lavado. Estos filtros, a partir del agua proveniente de los pre-filtros, que contiene partículas inferiores a 50 micrones, tienen un rendimiento que permite filtrar el agua eliminando 99 % de las partículas mayores de 10 micras aun presentes en el agua. Y sabemos que estamos

eliminando asimismo partículas hasta un rango submicronico (entre un 30 y un 50% de las partículas menores de 1 micra, según datos del fabricante del filtro). En este caso, al necesitar eliminar solo las partículas mayores de 10 micrones, según lo que estipula la normativa de la OMI, podemos esperar por lo tanto un resultado de la filtración con un rendimiento aun mayor de lo exigido.

- III. La segunda etapa del tratamiento, consiste en la desinfección del agua proveniente de los filtros de arena, en la que se han eliminado ya el 99% de las partículas mayores de 10 micrones. Para ello, se hace pasar el agua proveniente de los filtros por de un sistema de tratamiento por rayos ultravioletas. Como expuesto en el capitulo anterior, el empleo de luz ultravioleta cambia la estructura molecular de los organismos presentes en el agua, impidiéndoles reproducirse y por lo tanto eliminando el riesgo de contaminación de las aguas de destino.

El sistema puede emplearse tanto para el tratamiento del agua que se va a bombear dentro de los tanques del buque (lastrado) como para tratar las aguas provenientes de los tanques de lastre de un buque que proviene de otras aguas. En el primer caso, el agua de lavado de los pre-filtros y el filtro de arena puede enviarse directamente al mismo punto desde el que se bombea el agua. En el segundo caso, (agua proveniente de otros puertos/mares), el agua de lavado debe enviarse al desagüe. O en caso de no existir este, almacenarse para ulterior tratamiento de desinfección.

Tanto en el caso de los pre-filtros como del filtro de arena, el ciclo de lavado consiste en el paso de una corriente de agua limpia a presión en dirección opuesta a la de la filtración. De este modo, se consigue arrastrar las partículas que taponan el filtro, descargando esta agua de limpieza al mar o a un espacio de contención para su posterior tratamiento en instalaciones en tierra. El ciclo de lavado se dispara en ambos casos al alcanzar el diferencial de presión entre sus entradas/salidas un valor fijo. Una vez comenzada la secuencia de lavado, esta dura un tiempo predeterminado por el fabricante,

volviendo después al ciclo normal de filtración. El agua de lavado proviene de la salida de agua filtrada del sistema, asegurando de esta manera un funcionamiento independiente de la unidad sin necesidad de aportes de agua limpia exterior, y permitiendo que el sistema sea móvil.

2. Características Técnicas del sistema de tratamiento de aguas propuesto:

Caudal de tratamiento: 500 m³/h

Pérdida de Carga máxima a través del sistema: 2,5 barg

Principales equipos que componen el sistema:

- 1 Bomba de alimentación de marca Argal Saturn Para asegurar el trasiego de agua desde los tanques de lastre del buque hasta el equipo de tratamiento situado en el muelle, y a través de el hacia la descarga de agua tratada, se dota al sistema de tratamiento de una bomba de circulación con un caudal total de 500 m³/h, y una altura de 25 metros de columna de agua, para garantizar una presión suficiente para compensar todas las pérdidas de carga a través de los diferentes equipos/tuberías de los que consta el sistema de tratamiento de agua. Se considera que las bombas de lastre del buque tienen la capacidad suficiente para compensar las pérdidas de carga entre el fondo del buque y el nivel de cubierta, puesto que tienen que ser capaces de hacer rebosar los tanques de lastre.
- 1 Bomba de agua de lavado de marca Argal ZGF – Frontiera. Para asegurar el trasiego de agua de lavado desde la salida de agua filtrada (tras su paso por los filtros de arena) hasta las conexiones de agua de lavado de los pre filtros y filtros, se emplea una bomba centrífuga con un caudal total de 70 m³/h, y una altura de 15 metros de columna de agua, para garantizar una presión suficiente para compensar todas las pérdidas de carga a través de los diferentes

equipos/tuberías de los que consta el sistema de lavado de los pre filtros y filtros, hasta la descarga al desagüe.

- 2 Pre-filtros autolimpiables Marca Amiad Omega, con una capacidad individual de 500 m³/h de filtración. Cada uno dimensionado para absorber la capacidad total de tratamiento del sistema, entrando en funcionamiento el segundo cuando el primero entra en modo lavado, y viceversa.
- 2 Unidades H2F 1200 Marca Vortisand dimensionadas a 90% de su capacidad máxima, para un caudal de filtración de 545m³/h, con retro lavado. Cuando una de las unidades entra en modo retro lavado, la otra unidad sigue filtrando, proporcionando asimismo el agua de lavado del otro filtro, y de un pre filtro (en caso de coincidir ambos lavados en el tiempo). Capacidad total de filtración durante el lavado de uno de los filtros: 182 m³/h. El lavado dura 5 minutos.
- Finalmente, un sistema tratamiento por rayos UV Aquafine MPR Series, con una capacidad de 500 m³/h para absorber el total del caudal de agua a tratar.

A continuación, veremos en detalle el funcionamiento y las prestaciones del sistema de tratamiento de agua propuesto.

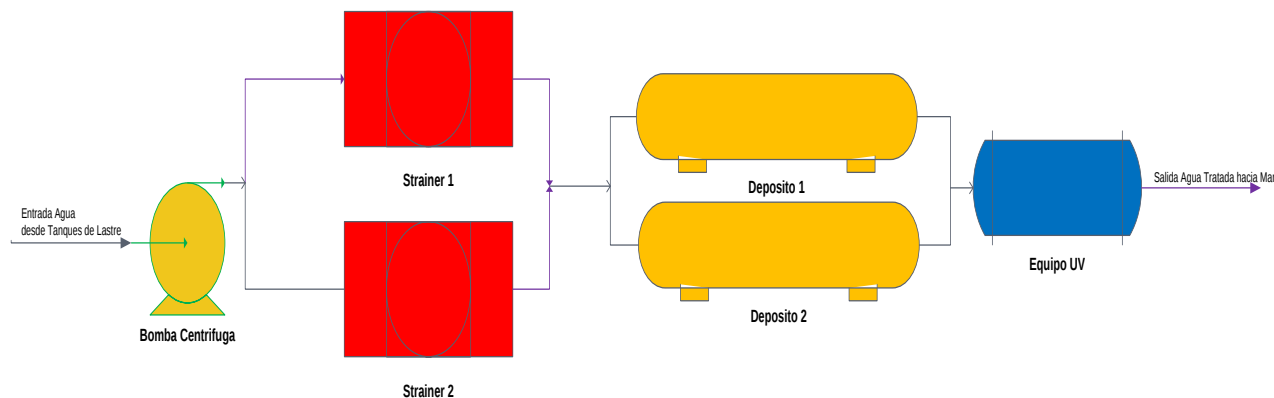
3. Lógica de funcionamiento

(Ver P&ID en Anexo 1)

El objetivo del sistema de tratamiento es ser capaz de filtrar 500 m³/h de agua proveniente de los tanques del buque. La conexión del sistema a los tanques se realiza por medio de conexiones flexibles. El camión sobre el que va montado el sistema (o simplemente su remolque) se coloca en el muelle

cerca del costado del buque. El sistema puede desplazarse a lo largo del costado para tratar los diferentes tanques.

Para tratar el agua de los tanques, se conecta la salida de agua de los tanques de lastre a la entrada del sistema de filtración. Para ello, se emplean conexiones flexibles de tubería de plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP, por sus siglas en inglés). El empleo de este material se debe a su flexibilidad, que facilita la conexión con el buque (a diferencia de lo que podríamos hacer con una tubería de acero u otros materiales), así como a la resistencia del FRP a la corrosión producida por el agua de mar. La longitud de estas conexiones flexibles debe ser tal que permita la conexión del sistema tanto con los tanques situados costado del buque pegado al muelle como con los situados en el costado opuesto.



La tubería flexible conectada a los tanques del buque, se conecta por su otro extremo a la succión de la bomba del sistema de filtración. Aunque el buque ya dispone de sus propias bombas de lastre, es necesario colocar una bomba a la entrada del sistema para asegurar que se vencen las pérdidas de carga a través de todo el sistema de filtración (máximo de 2,5 barg). Puesto que las bombas de lastre del buque deben ser capaces de hacer rebosar los tanques de lastre del mismo, la bomba del STA sólo debe dimensionarse para las pérdidas de carga que se producen desde el nivel de altura de la cubierta del buque.

Después de la bomba de circulación, el agua penetra en uno de los dos Pre-filtros del STA. Cada uno de estos dos Pre-filtros (PRE FILTER 1 y PRE FILTER 2) tiene una válvula todo nada de mariposa, situada antes y después del pre-filtro (4 en total, IVPF1, IVPF2, OVPF1, OVPF2). Para dejar entrar el agua en el pre-filtro S1, se abrirán las válvulas IVPF1 y IVPF2, permaneciendo cerradas las otras dos, y viceversa si queremos dar paso por el Pre-filtro 2 (Ver P&ID en Anexo 1).

El Pre-filtro en el que entra el agua retiene las partículas mayores de 50 μm . Según va reteniendo partículas, el Pre-filtro se van taponando. Al taponarse aumenta el diferencial de presión entre su entrada y su salida. Este diferencial se mide a través dos transmisores de presión situados antes/después del filtro. En modo limpio, este diferencial es de 0,2 barg. Se considera (según datos del fabricante) que el filtro está sucio cuando este diferencial alcanza los 0,5 barg.

Cuando esto ocurre, se invierte la posición de las 4 válvulas de que consta cada pre filtro, de abierto a cerrado y viceversa: IVPF y OVPF (1 o 2 según el pre filtro) se cierran en el pre filtro sucio, abriéndose BVIPF y BVOPF. El pre-filtro sucio entra en modo lavado. Por su parte las válvulas IVPF y OVPF (1 o 2 según el prefiltro) del prefiltro que estaba en espera se abren, permaneciendo cerradas BVIPF y BVOPF, pasando este a modo filtración.

Tras pasar por los Pre-filtro, el agua entra en los filtros de arena, situados inmediatamente después. Como en el caso de los Pre-filtros, cada uno de los depósitos del filtro de arena (2 depósitos en total) tiene una válvula todo/nada de mariposa, situadas antes y después de cada depósito (4 válvulas en total, IVF1, IVF 2, OV1, OV2). En este caso, el agua penetra en los dos depósitos de forma simultánea, para un caudal total de 500 m³/h, repartido por cada uno de los depósitos (250 m³/h cada depósito). Como en el caso anterior, se mide la presión antes y después de cada depósito, y de esta manera el diferencial de presión a través de los depósitos. Con un filtro limpio, el diferencial de presión es de 0,5 bar. Se considera (según datos del fabricante) que cuando el diferencial de presión alcanza los 1,1 bares, el filtro está sucio.

Cuando el diferencial de presión a través de uno de los depósitos alcanza los 1,1 bares, este entra en modo lavado. Para ello, se cierran las válvulas IVF y OVF (1 o 2 según el filtro) y se abren las válvulas BVIF Y BVOF (1 o 2 según el filtro), comienza el ciclo de lavado del depósito durante un tiempo predeterminado de 5 minutos. Al concluir el lavado, se invierte la posición de las válvulas antes mencionadas volviendo el depósito al modo filtración.

Mientras uno de los filtros se encuentra en modo lavado, el otro continua filtrando. El ciclo de lavado de un filtro dura 5 minutos. Durante este tiempo, la capacidad total del STA se reduce a 182 m³/h. Cuando termina el ciclo de lavado, el depósito lavado vuelve al modo filtración, recuperándose la capacidad total del STA.

Para asegurar que el caudal que pasa por cada deposito en todo momento es el adecuado, esté uno o los dos de ellos en circulación, se instala a la salida de cada uno un limitador de caudal. Cada uno de estos limitadores impide que se superen los 250m³/h de caudal a través de cada deposito, ya que de darse esta circunstancia podría verse afectada la disposición de la arena dentro de los depósitos, afectando de este modo el rendimiento del filtro.

Tras pasar por el Pre-filtro y Filtro de arena, el agua no contiene partículas mayores de 10 µm.

Sin embargo, y con objeto de eliminar o incapacitar los microorganismos existentes en el agua ya filtrada, se procede a su desinfección con un sistema de tratamiento por rayos UV.

El sistema se compone de un cilindro en el que se encuentran 4 lámparas de rayos UV de Alta densidad. Al pasar por su interior, el agua filtrada recibe las radiaciones UV, que modifican la estructura celular de los microorganismos presentes en el agua, eliminando/esterilizándolos, como explicado anteriormente.

A la salida del sistema de tratamiento por rayos UV, obtenemos ya un agua apta para su retorno al mar. Se conecta por lo tanto a la salida del STA un

conducto flexible, que se dirige directamente a las aguas del puerto, en descarga atmosférica.

4. Especificaciones de los principales equipos del STA

Bomba de alimentación:

Fabricante	Argal
Modelo	Saturn ZGS
Caudal de Bombeo	500 m ³ /h a 1450 rpm y una altura 25 m
Diámetro Succión /Descarga	250 mm / 200 mm
Potencia Motor	40 Hp
Material Bomba	Resina reforzada con fibra de vidrio

Bomba de agua de lavado:

Fabricante	Argal
Modelo	Frontiera ZGF
Caudal de Bombeo	70 m ³ /h a 2900 rpm y una altura 15 m
Diámetro Succión /Descarga	250 mm / 200 mm
Potencia Motor	40 Hp
Material Bomba	Resina reforzada con fibra de vidrio

Pre-filtro:

Fabricante	Amiad Inc
Modelo	Omega Series – Modelo II
Caudal Máximo	675 m ³ /h

Diámetro Entrada /Salida	300 mm / 300 mm
Presión mínima de trabajo	2 barg
Presión máxima de trabajo	10 barg
Tipo de lavado	Automático, pre-programado, o manual
Tiempo de lavado	25 segundos
Caudal de Lavado	70 m3/h
Volumen de Lavado	0,49 m3/h
Área de lavado	25 000 cm2
Peso (Vacío)	1455 Kg
Material Cuerpo	Acero al Carbono con revestimiento epoxi interior/exterior
Material filtro	Acero Inoxidable 316L

Filtro arena

Fabricante	Sonitec Vortisand Inc
Modelo	H2F1200-FP-ST
Caudal máximo de Filtración	545 m3/h
Tipo de Lavado	Automático, pre-programado, o manual
Caudal de Lavado	68,3 m3/h
Tiempo de lavado	5 minutos
Diferencial de presión filtro limpio	0,5 barg
Diferencial de presión filtro sucio	1,1 barg
Medio Filtrante	Silicio– 2 capas (0,15mm/0,85 mm diam.) + gravilla de soporte
Diámetro Entrada/Salida	300mm / 300 mm
Presión de Diseño	7 barg
Temperatura de Diseño	65°C
Material Deposito	Fibra de Vidrio Reforzada (VinilEster reforzado con fibra de vidrio Hand

	Lay up)
Material Tubería	Termoplástico (Poli cloruro de vinilo clorado, CPVC)

Equipo rayos UV

Fabricante	Aquafine
Modelo	MPR 4L12
Medio Irradiación rayos UV	4 Lámparas UV de Alta Densidad
Material de Construcción	Acero Inoxidable 316L
Temperatura Max	10°C
Temperatura Min	40°C
Presión Máxima de Operación	10 barg

Válvulas Eléctricas Todo/Nada:

Válvula	Bray
Modelo	Serie 31
Cuerpo	Hierro Dúctil
Asiento	EPDM
Vástago	Acero Inoxidable 416
Disco	Hierro fundido recubierto de Nylon
Sellos	EPDM
Presión Máxima de operación	
Temperatura Máxima del Fluido	121°C

Actuador	Bray
Modelo	Serie 70
Accionamiento	Doble Acción
Tensión	120 VAC
Indicador de posición abierto/cerrado	Si

Revestimiento	Nylon 11
Accionamiento Manual	Si

Válvulas Manuales

Válvula	Bray
Modelo	Serie 31
Cuerpo	Hierro Dúctil
Asiento	EPDM
Vástago	Acero Inoxidable 416
Disco	Hierro fundido recubierto de Nylon
Sellos	EPDM
Presión Máxima de Operación	
Temperatura Máxima Operación	121°C

Sistema de Control

Fabricante	Allen Bradley
Modelo	MicroLogix 1400
Entradas Digitales	20 (120VAC)
Salidas Digitales	12 (VAC)
Entradas Analógicas	4 (12 Bits)
Salidas Analógicas	2 (12 Bits)
Comunicación	Puerto Serie / USB

(Para ver información del fabricante de los equipos propuestos, ver Anexo 2)

5. Materiales empleados

El fluido a filtrar en este caso es agua de mar, a diferentes concentraciones (según el puerto de origen del buque).

El carácter altamente corrosivo de este agua obliga el empleo de materiales resistentes a la corrosión, para asegurar la conservación de la instalación, el retorno sobre inversión, y en definitiva la rentabilidad del sistema propuesto.

Para ello se emplean los sistemas componentes y materiales:

- o Pre-filtro: Cuerpo de acero al carbono con revestimiento de resina epoxi interior/exterior. Filtro de Aleación especial de Acero Inoxidable SMO 254
- o Depósitos: poli estireno de alta densidad reforzado con fibra de vidrio. Este material no se ve afectado por el agua de mar, y por lo tanto no se corroe, a diferencia de alternativas en acero recubierto o acero inoxidable. Por otra parte, su precio es mucho menor que el de materiales con una resistencia a la corrosión equivalente, como depósitos de Aleaciones especiales. Finalmente, debido al menor peso específico de la fibra de vidrio reforzada con respecto al acero, se aligera considerablemente el peso del sistema (mas del 50% con respecto a la alternativa en acero), permitiendo apilar los depósitos. Se ahorra de este modo espacio, haciendo posible su montaje en espacios reducidos y así su uso como sistema móvil.
- o Tubería de CPVC (Cloruro de Polivinilo Clorurado): este tipo de tubería tampoco se ve corroída por el agua de mar, siendo por lo tanto perfecta para esta aplicación. Por otra parte, aunque su coste es algo mayor que el del PVC, material del que deriva, su resistencia al calor y la radiación solar es muy superior, lo que conviene en este caso para una instalación a la

intemperie. Otra de las ventajas de esta tubería es su precio, mucho menor que el de tubería de acero inoxidable, material tradicionalmente empleado para la conducción de agua de mar. Finalmente, empleando tubería de CPVC, aligeramos considerablemente el peso del sistema de filtración, con las ventajas enumeradas anteriormente en el caso del depósito.

o Válvulas todo/nada

Empleamos válvulas de mariposa de 200mm y de 300 mm de diámetro, con las siguientes características:

- Cuerpo hierro fundido, recubiertas con un revestimiento de Nylon 11. Este recubrimiento es adecuado para uso en atmosferas salinas corrosivas, como la que podemos encontrar en los muelles de un puerto.
- Asiento interior de EPDM
- Disco de Acero inoxidable recubierto de Teflón

o Bombas

Instalamos bombas con cuerpos de resina reforzada con fibra de vidrio para la bomba principal de alimentación y Polipropileno/Etileno-CloroTricloruroEtileno para la bomba de lavado, materiales que no se ven afectados por el agua de mar.

(Para ver información del fabricante de los equipos propuestos, ver Anexo 2)

5. Ejemplo de aplicación del STA propuesto: puerto de Montreal, Quebec, Canadá

Para este ejemplo de utilización del STA propuesto, nos vamos a centrar en el puerto de Montreal, Quebec, Canadá.

Este puerto se halla situado en la entrada de una de las rutas fluviales mas importantes del mundo: la llamada ruta de los grandes lagos. Esta ruta se extiende a lo largo de 2 340 millas náuticas, desde la desembocadura del Rio San Lorenzo en el Océano Atlántico, hasta el Lago Michigan, en pleno corazón del medio oeste Norteamericano. Esta vía esta sujeta a las regulaciones de los dos países que comparten la autoridad sobre esta vía, El Gobierno Federal de Estados Unidos y el Gobierno Federal de Canadá, y a su vez la de cada uno de los 7 estados de Estados Unidos y 2 Provincias de Canadá bañados por sus aguas, cada uno con legislaciones que en ocasiones resultan aún más restrictivas que las de sus gobiernos federales. Especial mención merece a este respecto el Estado de Nueva York, que con el de California tiene una de las reglamentaciones en materia de aguas de lastre mas restrictivas del mundo. Todo ello resulta en un vía marítima muy controlada desde el punto de vista medioambiental, y sujeta a estrictas regulaciones.

Dentro de esta vía, el puerto de Montreal cobra especial importancia pues a partir de él los buques que penetran en la vía marítima de los grandes lagos son sistemáticamente inspeccionados por las autoridades canadienses o estadounidenses, para asegurarse de que las aguas de lastre que transportan son conformes a las legislaciones en vigor.

En esta ruta circulan básicamente dos tipos de buques de carga. Los denominados *Lakers*, que son embarcaciones que navegan entre puertos situados en los diferentes lagos y secciones de rio que componen la ruta. Y los denominados *Salties*, que son buques que operan dentro de la ruta pero con origen/destino en puertos situados fuera de la ruta.

Para este ejemplo, nos centramos en los *Salties*, puesto que son los que presentan el riesgo de introducir aguas de otros mares/océanos dentro de la RGL, no siendo este el caso de los *Lakers* que solo manipulan aguas de la cuenca de la RGL (y por lo tanto quedan fuera del alcance de la normativa de la OMI).

Los buques de pasaje y pequeñas embarcaciones se mantienen fuera del alcance de este ejemplo, debido a que muchos por su tamaño no necesitan para su operación y maniobra el empleo de aguas de lastre, o tienen origen/destino en puertos situados dentro de la RGL no presentando por ello peligro para la proliferación de especies no deseadas en las aguas de la RGL.

Según datos de Transporte Canada, alrededor de un 3% de los buques que penetran en la ruta de los grandes lagos no cumple con la normativa de la RGL en materia de aguas de lastre. Nos centramos por lo tanto en este ejemplo en estos buques que, voluntaria o involuntariamente no cumplen con la reglamentación en materia de aguas de lastre, y por ello deben tratar sus aguas de lastre antes de continuar su trayecto hacia el interior de la vía marítima o de cargar/descargar en el puerto de Montreal.

La alternativa para los buques que llegan a este puerto sin cumplir con la reglamentación en materia de aguas de lastre es, o tener que descargar las aguas de lastre, si las autoridades se lo permiten, en un lugar no autorizado, debiendo por ello afrontar la correspondiente multa. En su defecto, y mas probablemente, ser obligados por la guardia costera a dar marcha atrás y volver hacia el océano Atlántico, en busca de un lugar donde efectuar el cambio del agua de lastre de sus tanques.

Teniendo en cuenta la severidad de la normativa medioambiental en la RGL, parece poco probable que un buque sea autorizado a descargar sus aguas de lastre de manera no autorizada, aun afrontando la multa. En cualquier caso, esa multa seria muy elevada, con lo que el armador probablemente, de una manera u otra, elegirá redirigir el buque hacia el Atlántico para llevar

a cabo un cambio de sus aguas de lastre, y cumplir así con la normativa internacional en esta materia.

Por otra parte, en caso de elegir la opción de retornar a aguas en las que se pueda realizar este intercambio, cabe recordar que este intercambio debe efectuarse a 200 millas de la costa, en aguas de al menos 200 metros de profundidad. Lo que supone un viaje de centenares de millas de ida mas centenares de millas de vuelta, con el correspondiente perjuicio económico para el armador que deberá afrontar el coste de esta travesía no prevista, las consecuencias del retraso en el desembarco de la carga y el tiempo de demora en volver a cargar y proseguir viaje.

Parece por lo tanto una alternativa interesante la opción de contar con una instalación de un sistema de tratamiento de agua de lastre móvil en tierra en el puerto de Montreal, que sea capaz de solucionar el problema de estos barcos con sus aguas de lastre.

Según datos de la Autoridad de la RGL, en 2013 circularon por la RGL 3900 buques. Este número se divide sin embargo entre:

	Número
Lakers	2403
Salties	752
Otros (No carga o pasajeros)	745
Total	3900

Si nos centramos en los *Salties*, que son los que se ven afectados por la normativa en materia de aguas de lastres al tener como destino/procedencia puertos que se encuentran fuera de la ruta de los grandes lagos, tenemos que circularon en 2013:

	Número	Tonelaje Arqueo Bruto
Rio arriba	379	5 388 844
Rio abajo	373	5 303 311
Total	752	10 692 155

Tomando el 3% del total, llegamos a una cifra de 11 buques al año.

Vemos por lo tanto que el número de buques con problemas con sus aguas de lastre a su llegada a Montreal es reducido.

Sin embargo, a pesar de ser un número pequeño, se antoja necesario buscar una solución para esos buques que de hecho llegan con ese problema, y no tienen otra opción sino proceder a un tratamiento de sus aguas. Las autoridades Canadienses deben asimismo poder ofrecer una solución a los buques que no cumplan con la normativa, y puedan suponer un peligro para el medio ambiente.

Este es un buen ejemplo en el que un puerto, sin que esté justificada una inversión millonaria para dotarse de unas instalaciones de tratamiento de aguas de lastre en puerto, necesitaría poder dar alguna solución a los buques que lleguen a sus inmediaciones con aguas de lastre potencialmente peligrosas para toda la cuenca del San Lorenzo.

El sistema propuesto en este trabajo puede ser una respuesta a un caso como el del puerto de Montreal, debido a que:

- Se trata de un sistema móvil, por lo tanto muy útil en un puerto fluvial, en el que las instalaciones portuarias se distribuyen a lo largo del río. El sistema puede desplazarse al lugar en el que se encuentre el buque de forma rápida, sin necesidad de contar con un muelle dedicado a estas operaciones.

- Se trata además de un sistema poco costoso en comparación con una instalación completa de tratamiento de aguas de lastre situada en tierra (ver presupuesto en Anexo 3)
- En caso de necesidad, si aumentan las necesidades de tratamiento de aguas de lastre en el futuro, pueden fácilmente adquirirse nuevas unidades para lograr aumentar la capacidad de tratamiento de aguas de lastre del puerto, sin necesidad de costosas ampliaciones como ocurriría en una instalación fija en puerto
- Finalmente, en la misma cuenca del río San Lorenzo se encuentran varios otros puertos como los de Quebec, Trois-Rivières, o Sorel, todos ellos situados a menos de 200 km de Montreal, y con excelentes comunicaciones por carretera entre ellos y con Montreal. Dado el reducido número de buques que en principio van a necesitar tratar sus aguas de lastre en Montreal, pero ante la necesidad de contar con un sistema para paliar situaciones de emergencia, una buena opción puede ser adquirir un sistema móvil de manera compartida con alguno de los puertos antes citados, con objeto de repartir gastos, y aumentar así la rentabilidad del sistema de tratamiento de aguas de lastre.

6. Conclusiones

La introducción de los cascos de acero a finales del siglo XIX y principios del XX no sólo revolucionó la navegación, sino que supuso también el comienzo del trasiego de miles de especies acuáticas a través del mundo, con el consiguiente perjuicio ecológico para numerosas cuencas marinas y fluviales del planeta. La necesidad de afrontar este problema ha llevado a la adopción del Convenio sobre el tratamiento de las aguas de lastre de los buques por parte de la OMI en 2004.

Desde entonces, e incluso antes de la adopción formal del Convenio, diversos fabricantes a través de todo el mundo han desarrollado y puesto en el mercado soluciones para el tratamiento de las aguas de lastre, siendo la inmensa mayoría de ellos sistemas embarcados.

A lo largo de este trabajo, hemos repasado en primer lugar tanto la nueva legislación como las diferentes tecnologías disponibles para el tratamiento efectivo de las aguas de lastre, y propuesto como alternativa un sistema de tratamiento de aguas de lastre en puerto de carácter móvil.

Se trata de un sistema en dos etapas, filtración y desinfección, que permite cumplir con los requisitos de la normativa de la OMI, e incluso superarlos. Al tratarse de un sistema compacto es adecuado para instalaciones móviles, por ejemplo sobre el remolque de un camión para su uso en los diferentes muelles de un puerto. Este hecho permite el tratamiento a pie de muelle, en el lugar en el que se encuentre el buque, ahorrando tiempo de maniobras entre muelles, y evitando costosas instalaciones fijas en tierra.

Alternativamente, el carácter móvil del sistema propuesto permitiría también soluciones alternativas. Por ejemplo, su instalación sobre un buque o plataforma flotante, que se acercaría al costado del buque fondeado lejos del muelle, con objeto de tratar las aguas de buques antes de su entrada en puerto. El buque no tiene así que desplazarse al muelle, sino que es un barco que contiene el STA el que se desplaza hasta él, situándose a su costado, cerca de los tanques a tratar.

Esta solución podría ser muy útil en muchos puertos de las principales rutas comerciales mundiales en los que el tráfico es intenso, obligando a muchos buques a tener que esperar fondeados fuera del puerto hasta que se libere un muelle en el que poder atracar. La disponibilidad de un sistema de tratamiento de agua en un buque permitiría aprovechar las horas muertas durante el fondeo, llevando el STA hasta el lugar del buque, y realizando allí el tratamiento de agua de lastre, ahorrando de esta manera tiempo de estancia al armador, que representan siempre un gasto no productivo y por lo tanto un descenso en la productividad de un buque.

A este hecho hay que añadir la ventaja de no tener que instalar un sistema de tratamiento de agua a bordo, que resulta costoso tanto por el precio del equipo como por las necesidades de retrofit en el buque existente.

El buque provisto del STA descrito en este trabajo se desplazaría hasta el costado del buque, y mediante conexiones flexibles se conectaría por un lado al tanque a tratar, descargando en el agua del puerto. Podría moverse a lo largo de los dos costados del buque, realizando el tratamiento de las aguas de lastre de cada uno de los tanques del buque.

Finalmente, este sistema móvil también puede resultar útil en otros casos, como:

- Puertos con poco tráfico de buques provenientes de otras aguas: Un sistema móvil como el descrito en este trabajo podría ser útil para puertos en los que la necesidad de tratamiento de aguas de lastre es limitada, puesto que la mayoría de buques que atracan en él provienen de las mismas aguas, y por lo tanto no requieren el tratamiento. En un puerto de estas características, no estaría justificada la inversión en un costoso sistema de tratamiento de aguas de lastre fijo en tierra, al no utilizarse apenas. Sin embargo, pueden surgir casos particulares de fletes dirigidos a este puerto desde otras aguas, o situaciones de emergencia que hagan interesante el contar con un medio de tratamiento de aguas de lastre. Se podría pensar en alquilar este tipo de sistemas móviles desde otros puertos, para cubrir

estas necesidades. Rentabilizando así la adquisición del STA, ya sea montado sobre un remolque o en una plataforma flotante.

- Como sistema de emergencia para el tratamiento de aguas de lastre de buques que por cualquier razón como negligencia, o avería de sus STA instalado a bordo, no han podido tratar/intercambiar su aguas de lastre. Se puede entonces recurrir a este STA móvil para tratar estas emergencias.
- Un sistema móvil como el descrito en este trabajo, debido a su movilidad, puede ser también ser compartido por varios puertos cercanos. De esta manera, varios puertos pueden contar con un sistema de tratamiento de aguas de lastre, sin la costosa inversión de tener que instalar cada puerto sistemas independientes fijos en tierra. Además, en caso de ser necesario pueden concentrarse todos los sistemas móviles disponibles para varios puertos en un mismo puerto, para alcanzar así un mayor caudal de tratamiento concentrando recursos. Tenemos así una solución de tratamiento de agua modular, muy rentable puesto que no requiere una fuerte inversión por parte de cada puerto, sino una inversión compartida por varios de ellos, adaptándose a la demanda para el tratamiento de aguas de lastre. Lo cual sería imposible con varios sistemas de tratamiento fijos en tierra.

Estamos por lo tanto ante una solución diferente de las que se han propuesto mayoritariamente hasta ahora por parte de los diferentes fabricantes de equipos de tratamiento de aguas de lastre. Un sistema versátil, rápido y modular, que puede suponer una buena alternativa a los sistemas embarcados, en casos como los expuestos anteriormente.

7. Bibliografía y Recursos de Internet

Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, Organización Marítima Internacional, 2004

Guidelines for ballast water exchange (G6), OMI, 2005

Guide to ballast water treatment systems 2013, IHS Marine, 2013

Ballast Water Control and Management Regulations, Canada Minister of Justice, 2014

La introducción por mar de especies exóticas invasoras a través del agua de lastre de los barcos. El caso de Doñana, Miguel García García-Revilla, Universidad de Córdoba, 2002

Understanding ballast water management, Lloyd's Register, 2014

Economics of Barge Based Ballast Water Treatment, University of Maryland, 2013

2013 Assessment of the Efficacy, Availability, and Environmental Impacts of Ballast Water Treatment Systems for Use in California Waters, California State Lands Commission, June 2013

Tecnologías para el tratamiento de las aguas de lastre de los buques, Fundación Instituto Tecnológico para el desarrollo de las industrias marinas, 2007

National ballast water management requirements, Lloyd's Register, 2014

*Ballast Water Control and Management Regulations, Minister of Justice,
Government of Canada*

*Estudio del dispositivo para el tratamiento de Aguas de Lastre, Lourdes
Romero García, Facultad de Náutica de Barcelona*

*Alternativa de solución a la contaminación marina por agua de lastre, Telvia
Árias-Lafargue, Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente,
Santiago de Cuba, Cuba*

Recursos de Internet:

www.imo.org

www.lr.org

www.psmfc.org

www.marinelink.com

www.waterworld.com

www.oceansaver.com

www.hidritec.com

www.drinking-water.org

www.wikiwater.fr

www.aquafineuv.com

www.lenntech.es

www.biogeocreations.com

www.amiad.com

www.sonitec.com

www.westfalia-separator.com

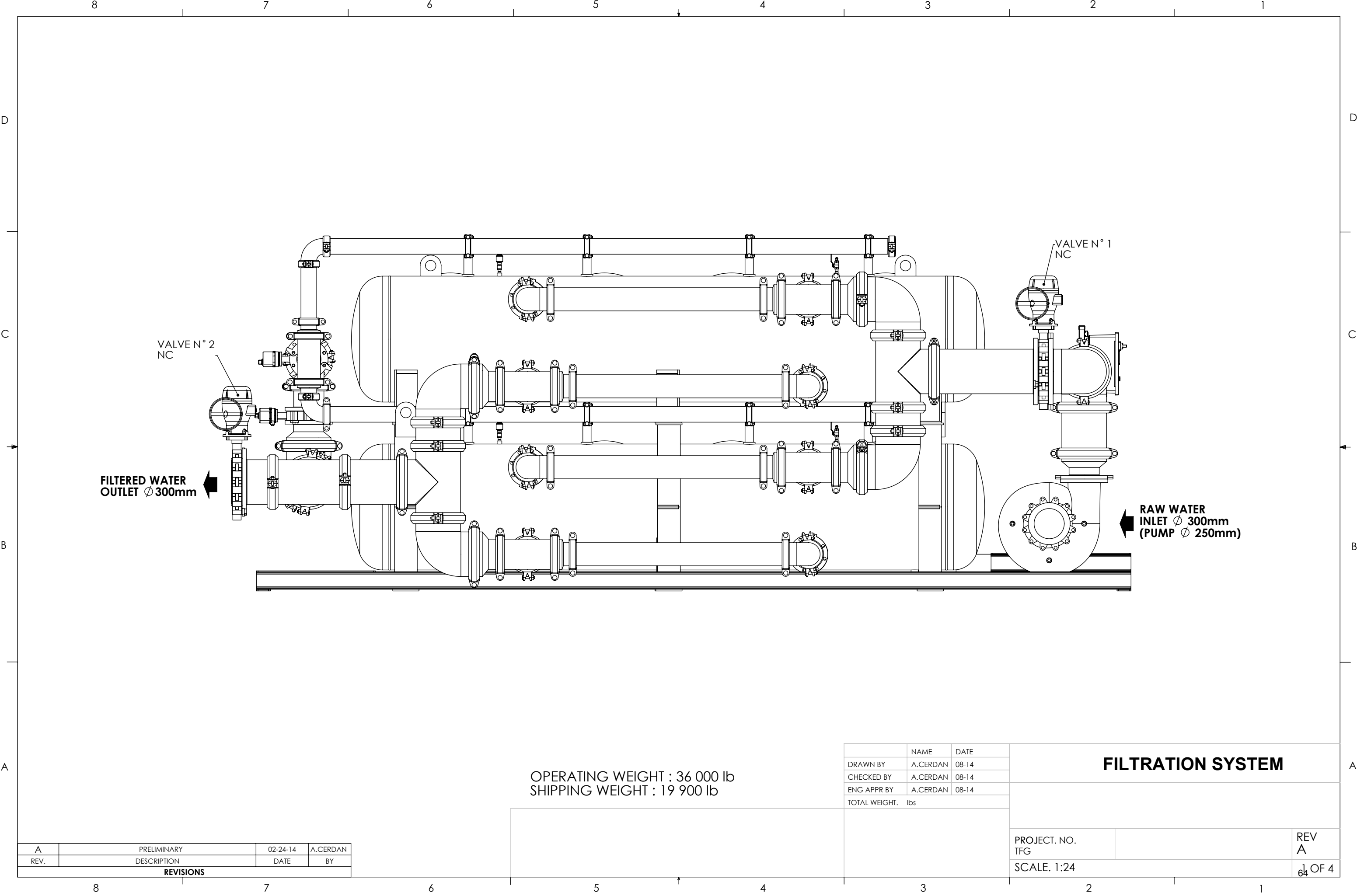
www.biogeocreations.com

www.amiad.com

www.sonitec.com

www.eagle.org

Anexo 1: Planos y Diagrama de Tuberías e Instrumentación



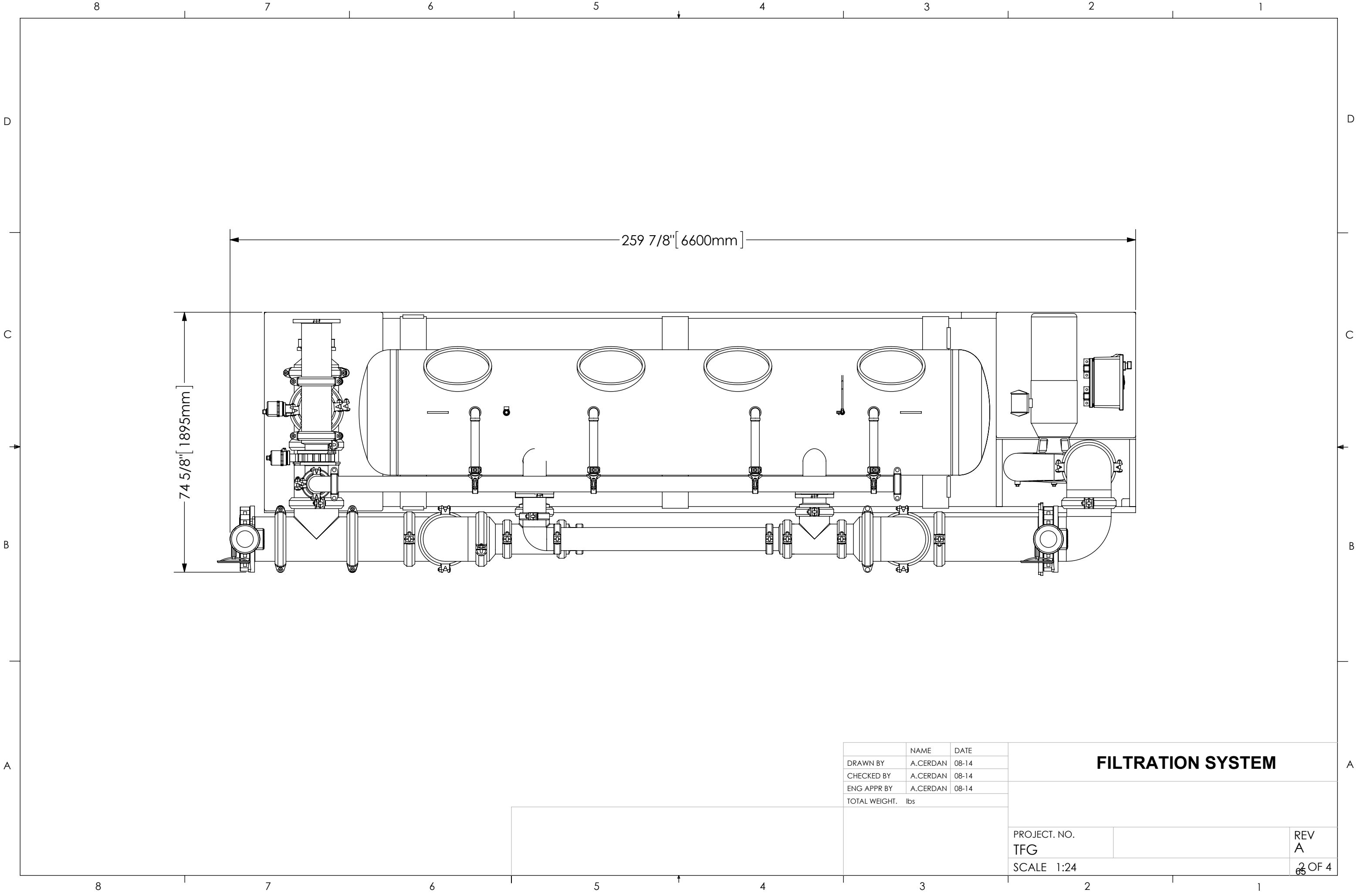
OPERATING WEIGHT : 36 000 lb
SHIPPING WEIGHT : 19 900 lb

	NAME	DATE
DRAWN BY	A.CERDAN	08-14
CHECKED BY	A.CERDAN	08-14
ENG APPR BY	A.CERDAN	08-14
TOTAL WEIGHT. lbs		

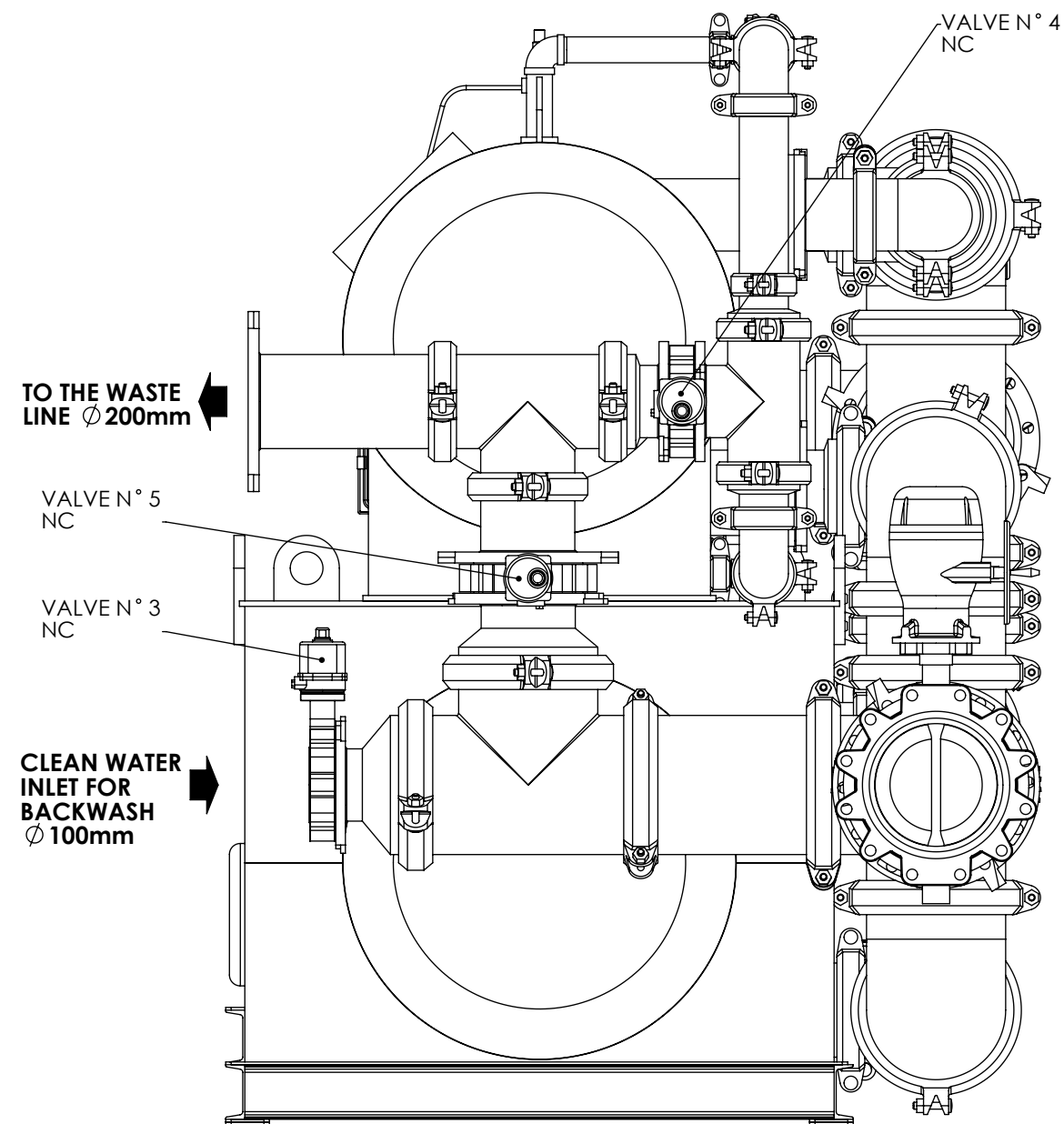
FILTRATION SYSTEM

A	PRELIMINARY	02-24-14	A.CERDAN
REV.	DESCRIPTION	DATE	BY
REVISIONS			

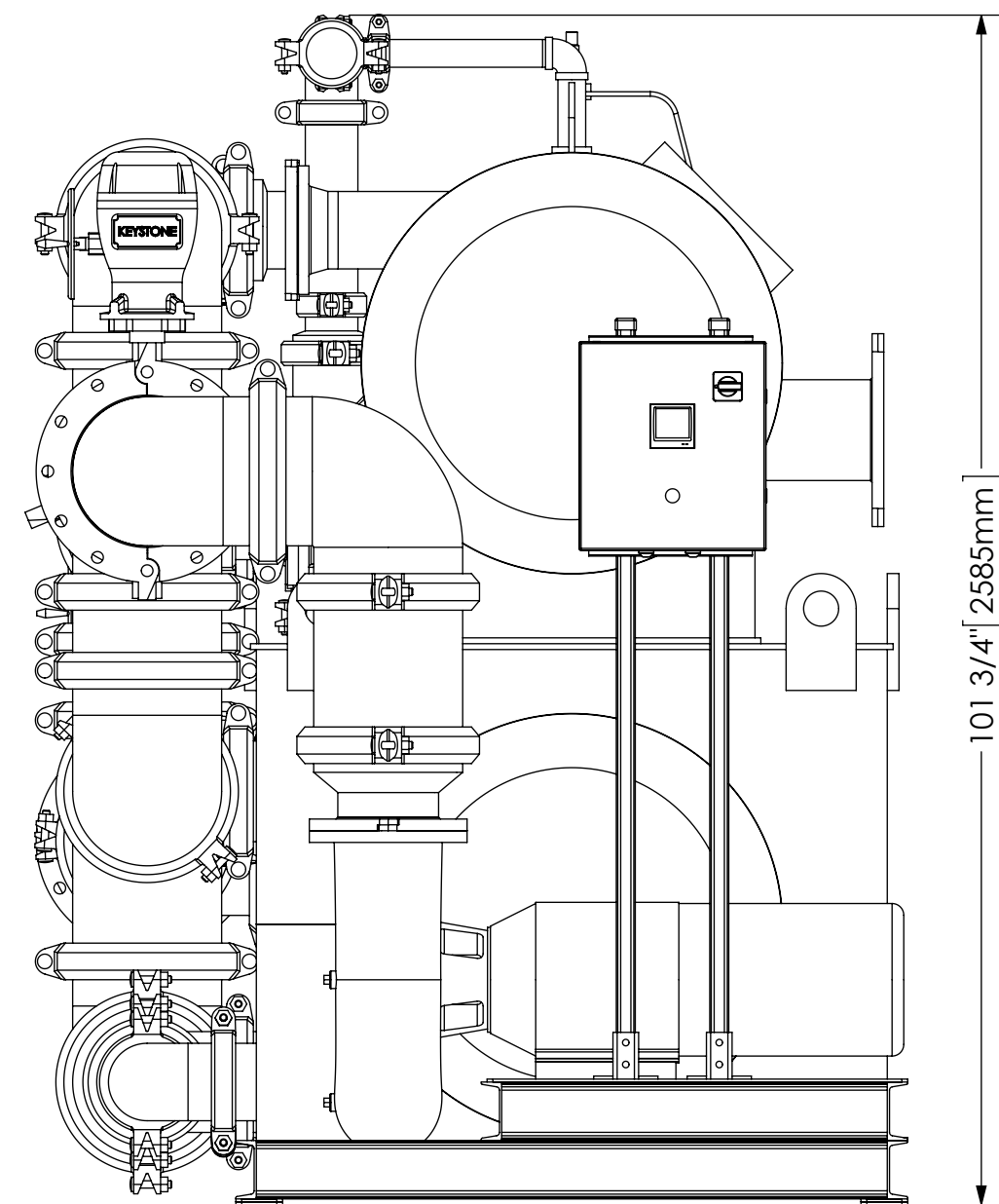
PROJECT. NO. TFG		REV A
SCALE. 1:24		1 OF 4



		NAME	DATE	FILTRATION SYSTEM	
DRAWN BY		A.CERDAN	08-14		
CHECKED BY		A.CERDAN	08-14		
ENG APPR BY		A.CERDAN	08-14		
TOTAL WEIGHT.			lbs	PROJECT. NO. TFG	
				SCALE 1:24	REV A
					2 OF 4

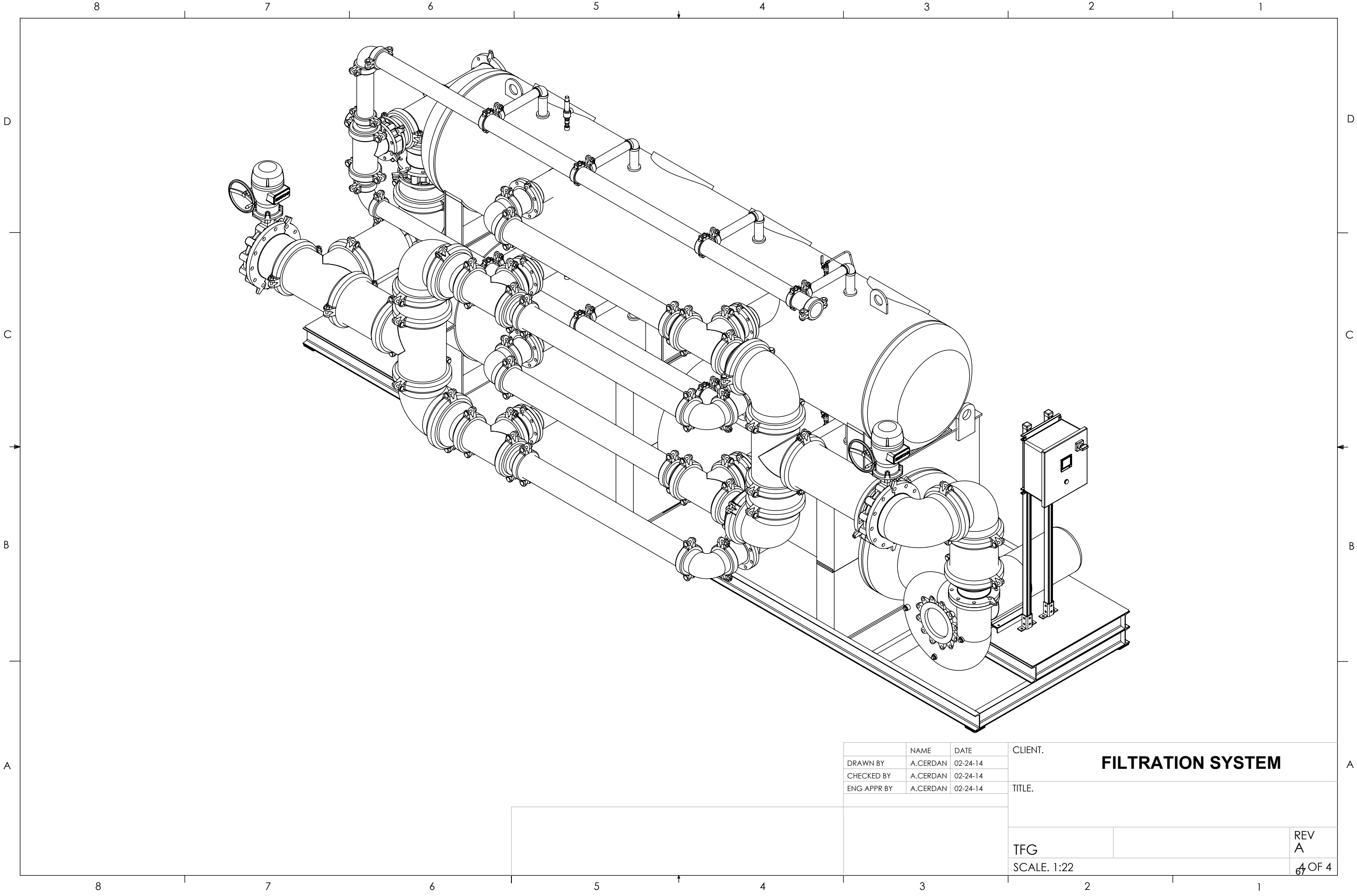


LEFT VIEW



RIGHT VIEW

	NAME	DATE	FILTRATION SYSTEM	
DRAWN BY	A.CERDAN	02-24-14		
CHECKED BY	A.CERDAN	02-24-14		
ENG APPR BY	A.CERDAN	02-24-14		
			PROJECT. NO.	
			TFG	
			SCALE. 1:16	
			REV A	3 OF 4

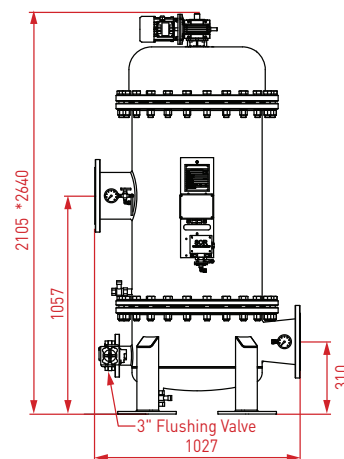


DRAWN BY		NAME	DATE	CLIENT.	
CHECKED BY		A.CERDAN	02-24-14	TITLE.	
ENG APPR BY		A.CERDAN	02-24-14		
				REV	
				A	
				67 OF 4	

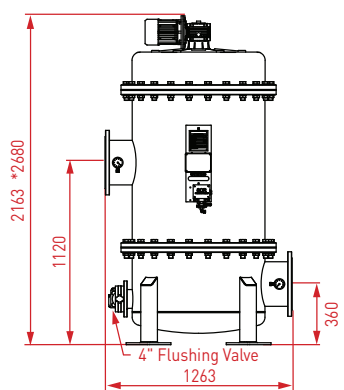
Omega I



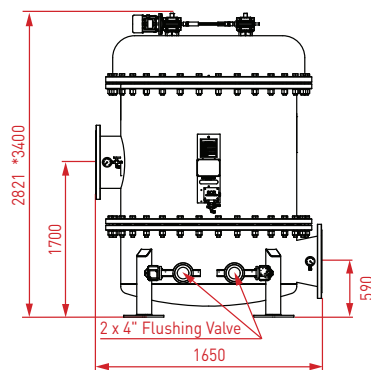
Standard Models



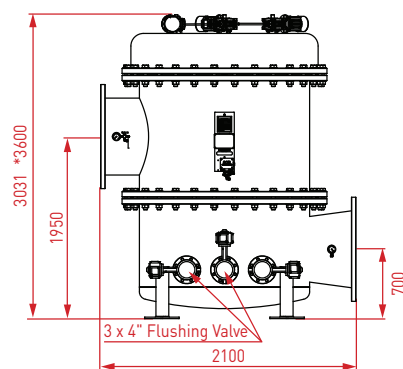
Omega II



Omega III



Omega IV



Dim: mm (inch)

*Approx. length required for maintenance.



PID

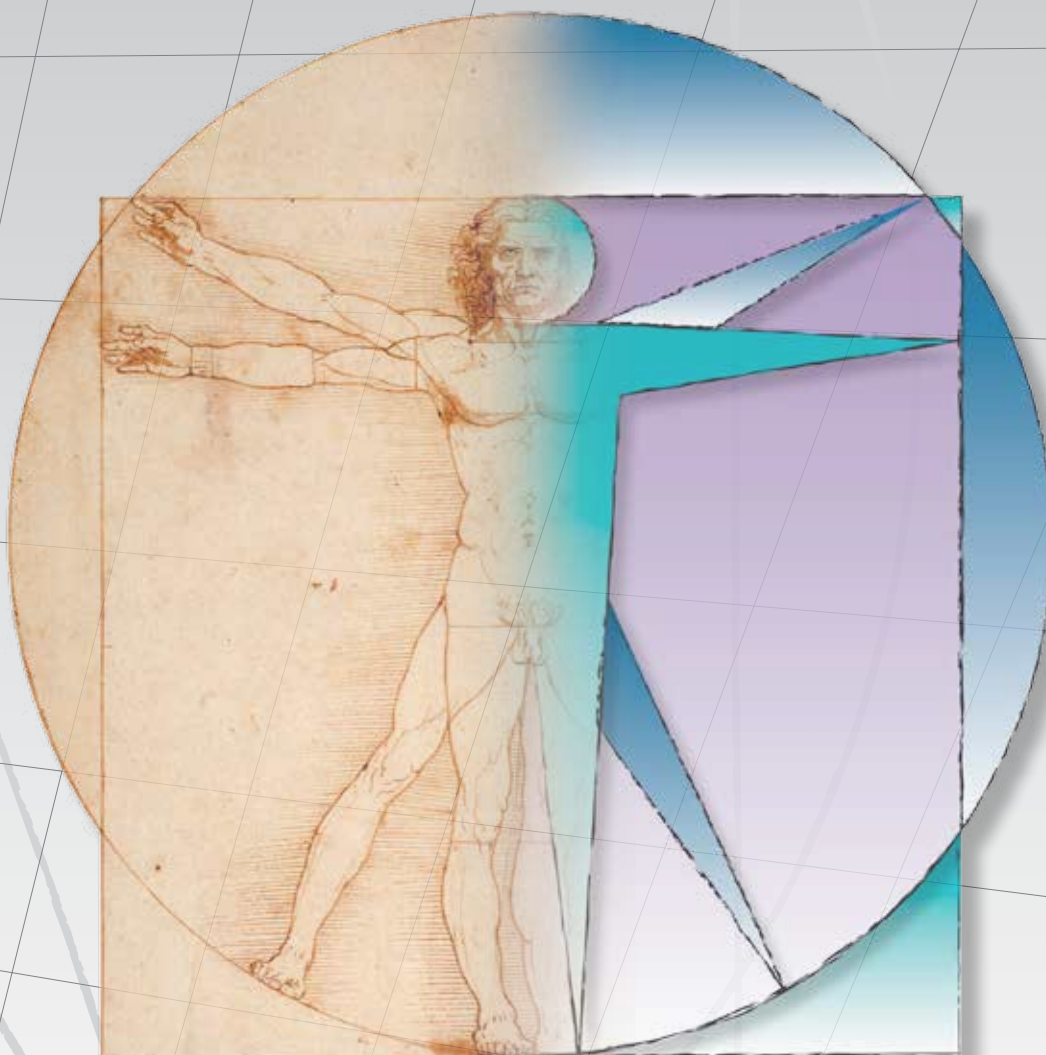
PROJECT. NO.	SCALE	NTS
--------------	-------	-----

REV	A
1-1	

Anexo 2: Especificaciones de equipos y materiales

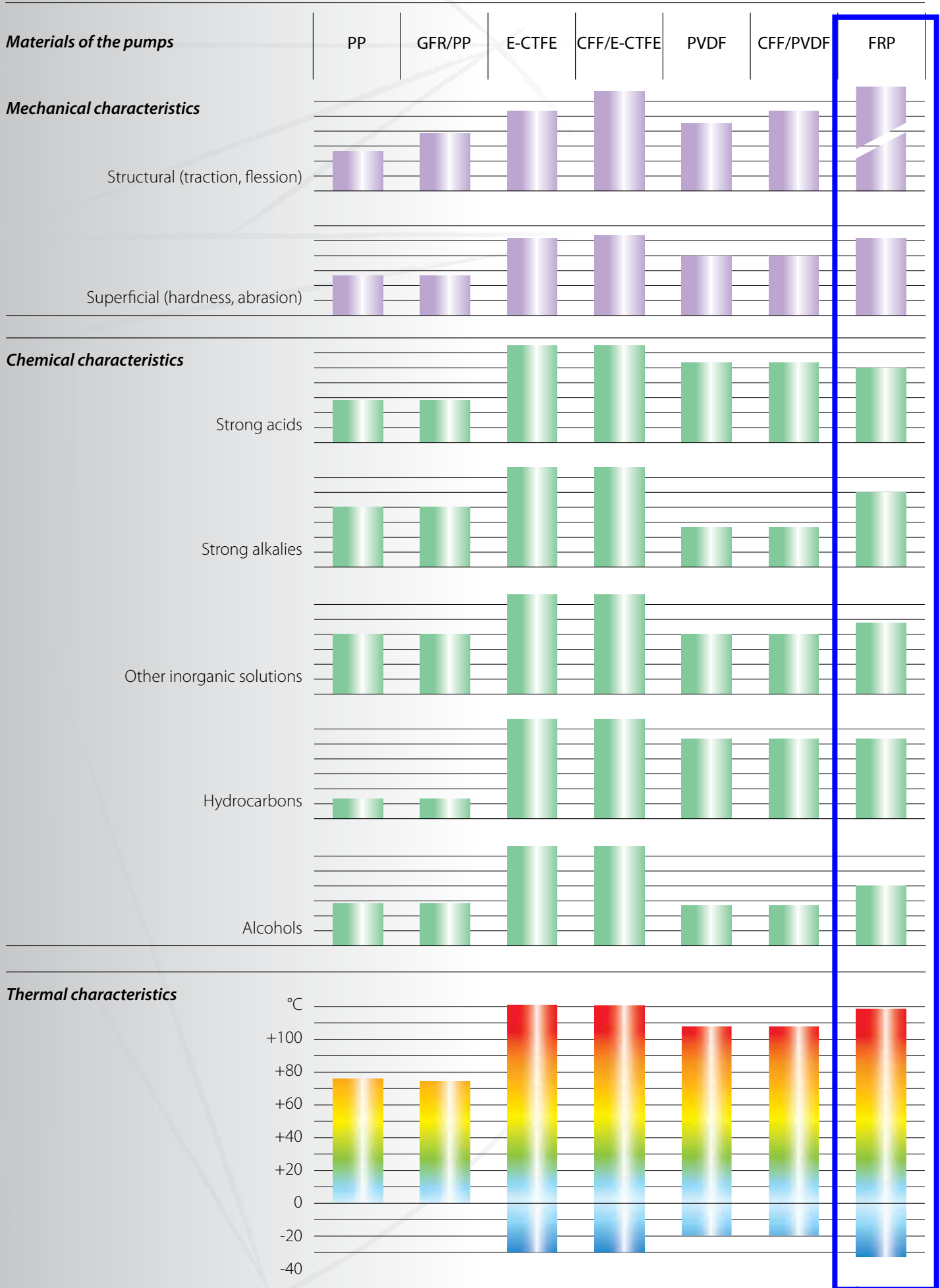
ARGAL

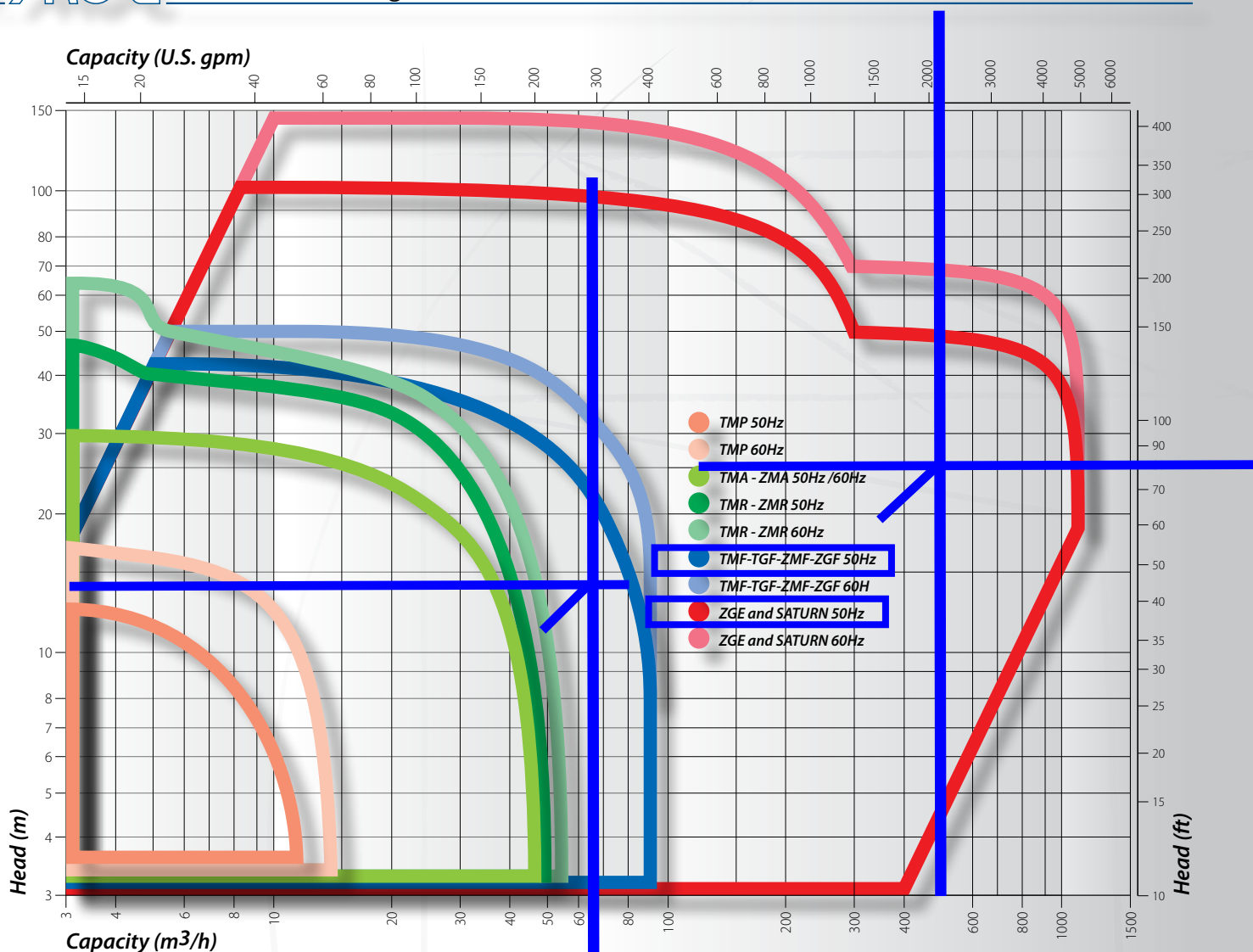
CHEMICAL PUMPS
production program



CENTRIFUGAL PUMPS
IN THERMOPLASTIC AND THERMOSETTING MATERIALS
AIR OPERATED DOUBLE DIAPHRAGM PUMPS

Comparison diagrams of employed materials





Range ROUTE

It is a range of chemical pumps for different applications available either in magnetical driven version (TMR series) or mechanically sealed (ZMR series).

All pumps are available with "ATEX" construction.



TMR

The magnetic driven pumps have the patented "two axial directions self-alignment" system that allows the dry running for "R" internal configuration.

The combination of adequate materials of guide system of the impeller to one specific magnetic field eliminates completely all the axial frictions that are the cause of breakages due to dry running. It is possible to install the motor without disassembling the pump.



ZMR

Centrifugal horizontal close coupled pumps in thermoplastic materials, strongly built by injection moulding process.

The structure is reinforced by fillings of glass or carbon fibre. Mechanical seal executions can be either single or double.

Available motor powers: kW 0,55÷15

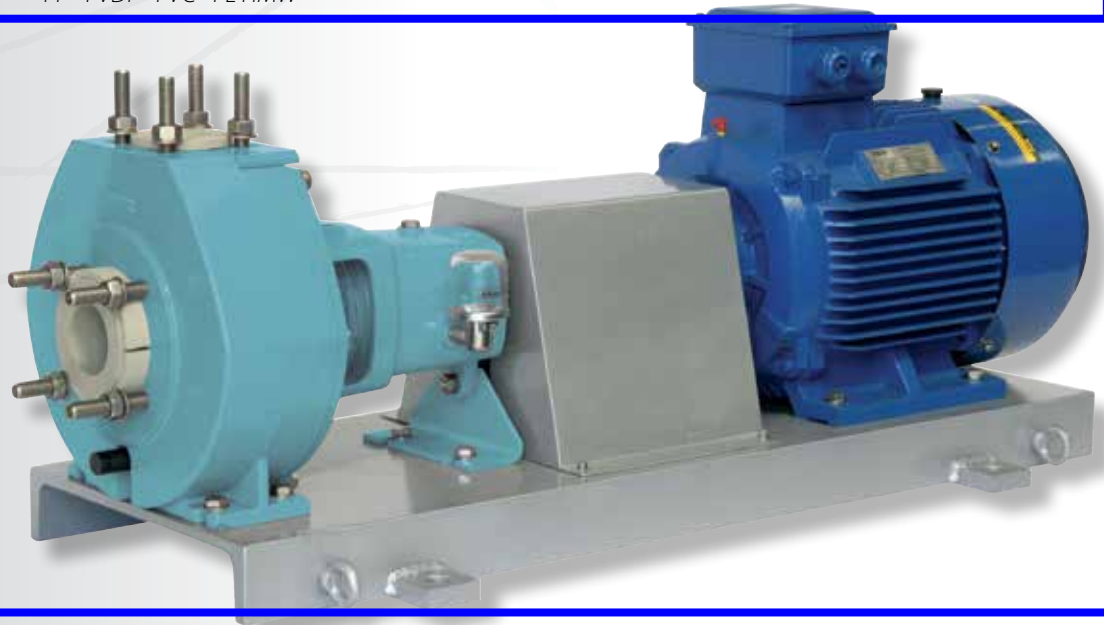
Material versions: GFR/PP - CFF/E-CTFE

ZGE

Wide, complete range of centrifugal chemical process pumps realized in thermoplastic pure materials and designed to accept commercially standardized mechanical seals. These long-coupled pumps, built in compliance with ISO 2858 (all normalized), are available either bare shaft or complete with base, for back pull out execution.

Available motor powers: kW 0,55÷200

Material versions: PP - PVDF - PVC - PE HMW

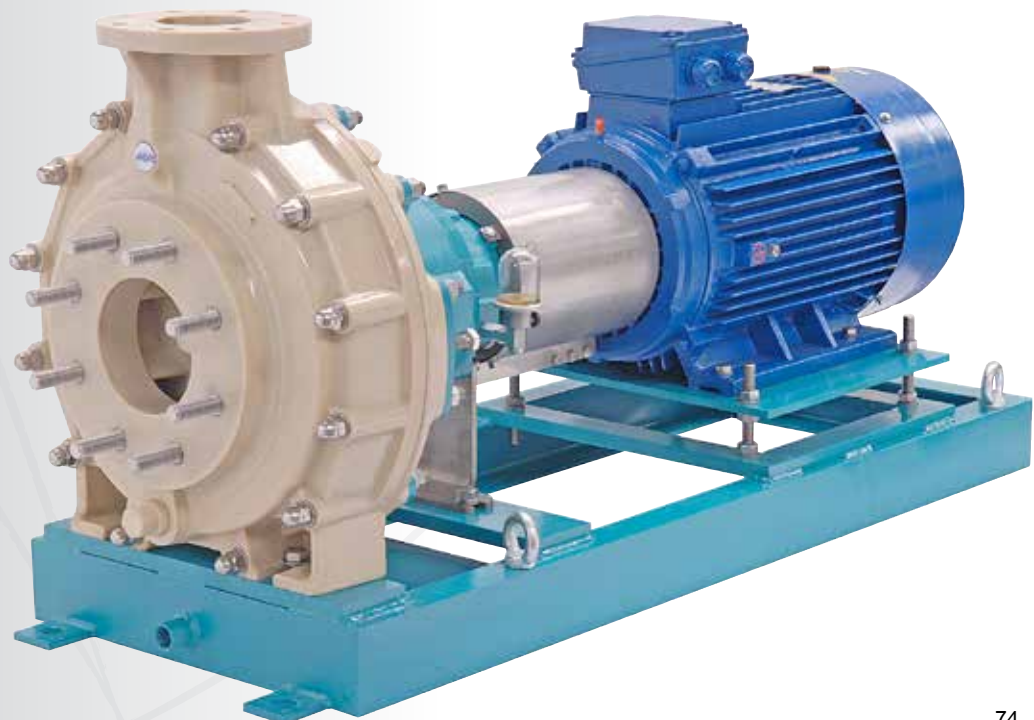


SATURN

ARGAL single stage centrifugal pump conforming to ANSI/ASME B73.1 regulations. The pump casing is made of FRP (thermosetting resins reinforced with fiberglass) which provide the casing with a considerable mechanical resistance comparable to metal alloy. The resin basic formula (epoxy vinyl ester) gives to the pump casing a resistance to all corrosive and abrasive acids. The combination of Chemical & Mechanical Resistance added to a manufacturing low cost leads SATURN range to be an important reference in different application fields as sea water (sanitization treatments, desalination, ...), domestic & industrial wastewater treatments, fume scrubbers, and all industrial plants handling chemical liquids. SATURN series comes in two versions: ZGS normalized (long-coupled) - ZMS close-coupled

Available motor powers: kW 3÷160

Material versions: FRP (Epoxy-vinylester Resins)

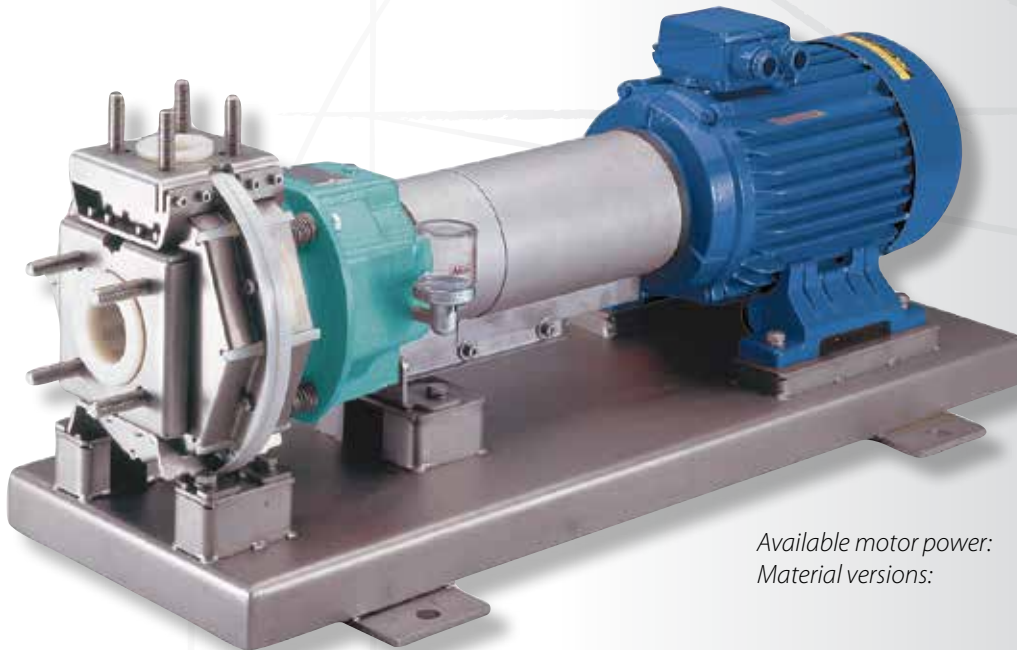


Range FRONTIERA

Centrifugal chemical pumps moulded in pure thermoplastic material with many executions to offer different applications for pumping chemicals in the most efficient way. Innovation thanks to stainless steel use in the pump body as reinforcement.

The stainless steel is also used for the coupling guard and the base plate all according to the ISO regulations.

The employed material and external structures are identical for the whole project Frontiera. The inside solutions and type of motor connection are different. These pumps can be sealless or sealed; close coupled or long coupled executions.



Available motor power: kW 0,55÷15

Material versions: PP - E-CTFE

TGF sealless centrifugal magnetical driven pumps according to ISO 2858 with the possibility to choose between different internal structures in order to offer many applications for pumping the chemicals in the most efficient way. One execution allows the accidental dry running.

ZGF Sealed pumps produced according to ISO 2858 regulations with own mechanical support, back pull out execution. As "process" pumps they are designed to accept commercially standardized mechanical seals. The bearings are oil lubricated.



TMF Hydraulic parts of the precedent range but in close coupled execution with the normalised electric motors installable without dismantling the pump.

ZMF sealed pumps, close-coupled execution, ready to fit normalized motors with additional bearing to withstand hydraulic loads.

Available motor powers: kW 0,55÷15

Material versions: PP - E-CTFE

Omega Series for seawater applications

Automatic self-cleaning multi-screen filter series provides higher efficiency and smaller footprint combines Amiad's superior Suction Scanning mechanism with a multi-screen design.



flowrates	filtration degrees	inlet/outlet diameter	minimum operating pressure
200 m ³ /h up to 5,000 m ³ /h (880 gpm up to 22,000 gpm)	10-500 micron	8" - 32"	2 bar (28 psi)

features:

- Based on Amiad's proven suction scanning screen filtration technology
- Highly efficient self-cleaning mechanism; fine filtration performances, down to 10 micron
- Significant cost reduction per filtered cubic meter of water
- Smaller footprint
- Higher flow per unit
- ASME / ATEX / IECEX design optional
- **Applications:** Membrane Protection, Ballast Water, Oil&Gas, Industrial Water and Irrigation

*Patent pending

Omega I / Omega II (Omega SeaWater)

Technical Specifications (flow data at 50 micron)

Filter Type	Omega I	Omega I E*	Omega II	Omega II E*
General Data				
Maximum flowrate *	340 m³/h	450 m³/h	675 m³/h	900 m³/h
Minimum working pressure	2 bar		2 bar	
Maximum working pressure	10 bar (16 bar upon request)		10 bar (16 bar upon request)	
Inlet/Outlet diameter	8" – 12" (Flange standards as per request)		10" – 20" (Flange standards as per request)	
Weight [empty]	900 kg	970 kg	1455 kg	1495 kg

* At high TSS load, flow reduction might be considered.

Flushing Data				
Exhaust valve	3"	3"	4"	6"
Flushing cycle time	25 sec		25 sec	
Reject water volume per flush cycle	280 liter	350 liter	480 liter	560 liter
Minimum flow for flushing	40 m³/h	50 m³/h	70 m³/h	80 m³/h

Control and Electricity **				
Control voltage	24 VAC,		24 VAC,	
Electric motor	1 HP – 0.74kW		1 HP – 0.74kW	
Rated operation voltage	3 phase, 220/380/440 VAC 50/60 Hz		3 phase, 220/380/440 VAC 50/60 Hz	
Current consumption	2.1 Amp		2.1 Amp	

** Control board is available upon request.

Construction Materials				
Filter housing	Carbon steel, Polyamine epoxy coating inside, epoxy coating outside			
Filter lid	Carbon steel, Polyamine epoxy coating inside, epoxy coating outside			
Screens	Weavewire 316L or SMO 254			
Cleaning mechanism	Stainless steel 316L or SMO 254			
Exhaust valve	Epoxy-coated cast iron, natural rubber			
Seals	Synthetic rubber, NBR			
Control	Stainless steel, nylon			

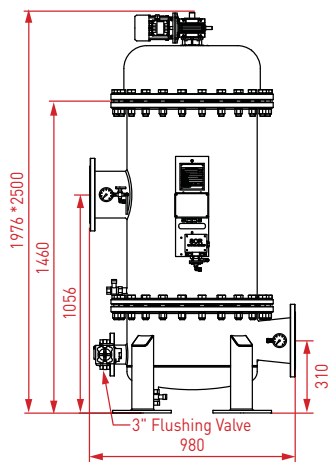
* E = Extended Model

Standard Filtration Degrees										
316 or SMO 254 Stainless Steel Weavewire Screen										
micron	500	300	200	130	100	80	50	40	25	10
mm	0.5	0.3	0.2	0.13	0.1	0.08	0.05	0.04	0.02	0.01
mesh	30	50	75	120	155	200	300	350	450	600

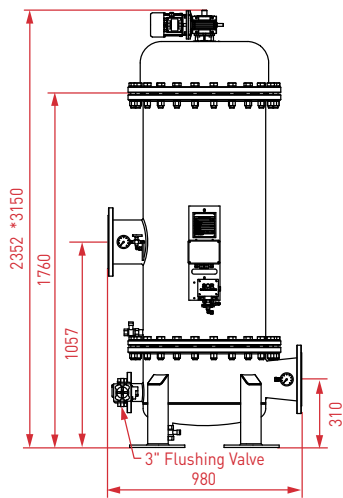
Omega I



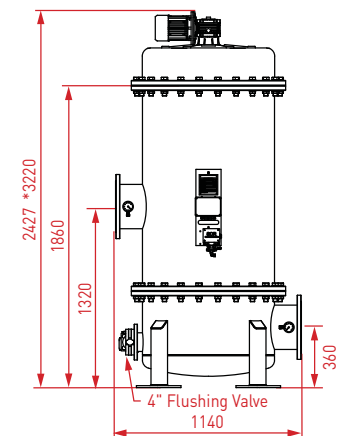
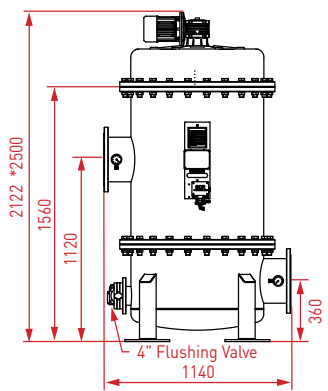
Standard Models



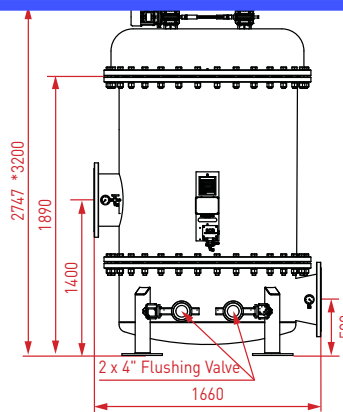
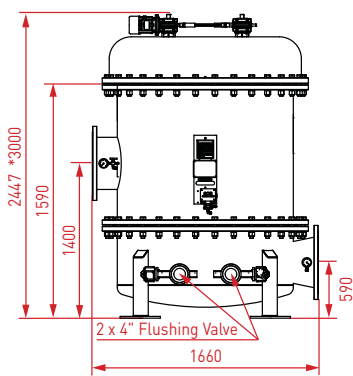
Extended Models



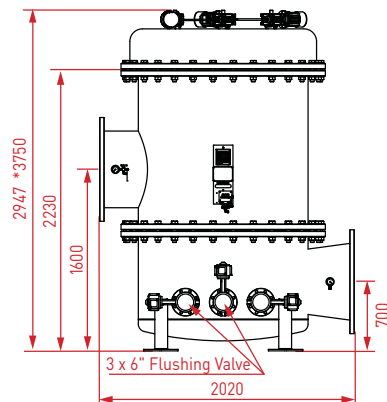
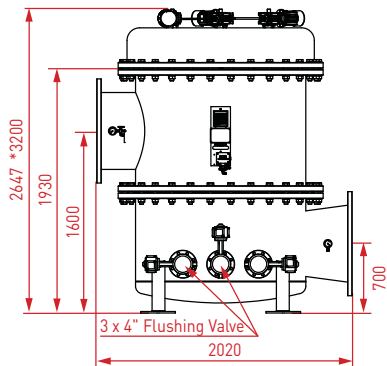
Omega II



Omega III

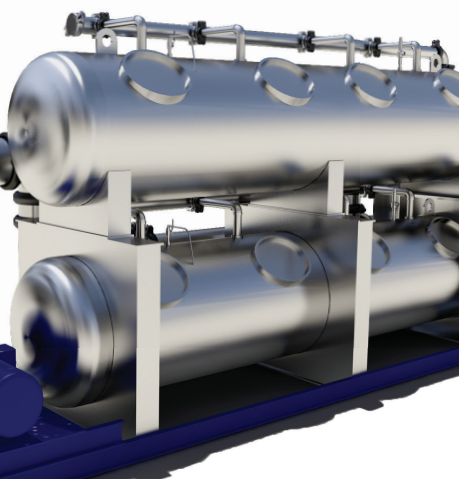
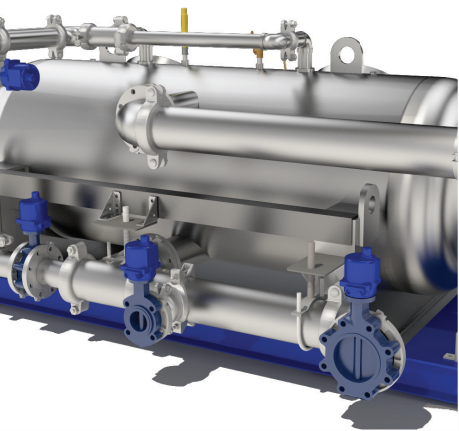


Omega IV



Dim. in mm
*Approx. length required for maintenance.

HIGH-EFFICIENCY FILTRATION FOR PROCESS WATER



**HIGH EFFICIENCY CROSS-FLOW
MICROSAND FILTRATION SYSTEM**

H²F VORTISAND FOR HIGH FLOW

Sonitec-Vortisand, the worldwide leader in cross-flow microsand filtration, is bringing forward its new generation of filters designed for higher flow applications: the H²F. Based on the original Vortisand® process, this new pressure filter is the result of an

intensive R&D program combining many different fields of expertise such as fluid dynamic modeling, geological engineering and water treatment specialists. This patent pending technology is now available under different models.

WHY CHOOSE THE H²F VORTISAND®?

Higher flow - Smaller footprint

Our R&D investments have allowed us to fully benefit from the crossflow concept and optimize the media bed depth. By doing so, our engineers have been able to implement the Vortisand process within a horizontal vessel, and provide the ultimate filter technology. The new H²F horizontal design is capable of achieving a flow of 1,000 gpm with just a 36-inch vessel offering unequaled performance and value. Indeed, with our new low profile H²F design, we are able to stack our filters reducing footprint by up to 85% compared to a typical multimedia filter without compromising the water quality.

Since the speed is 5 times faster than traditional filters at 20gpm/ft² (50m/h) while supplying a higher water quality than any other media filter - it's now possible to achieve a surface filtration that is 5 times smaller and, as a result, a highly compact footprint is now possible for large applications. No other filter can claim to achieve this level of efficiency in such a reduced space. The H²F's unique design opens the door to new methods that have never been possible with vertical nor horizontal pressurized filter systems. The H²F's shallow design makes it possible to stack vessels and decrease even more the necessary footprint on applications requiring many vessels.

Furthermore, H²F uses the media more effectively than deep bed filters which are substantially heavier. Compared to MM filters the H²F weight is up to 10 times lighter.

High efficiency – submicron filtration

The system's high efficiency lies in the unique use of microsand and cross-flow filtration. Particles retained by the H²F technology are under 1 micron, which is 10 to 50 times smaller than particles retained by other media filters available today.

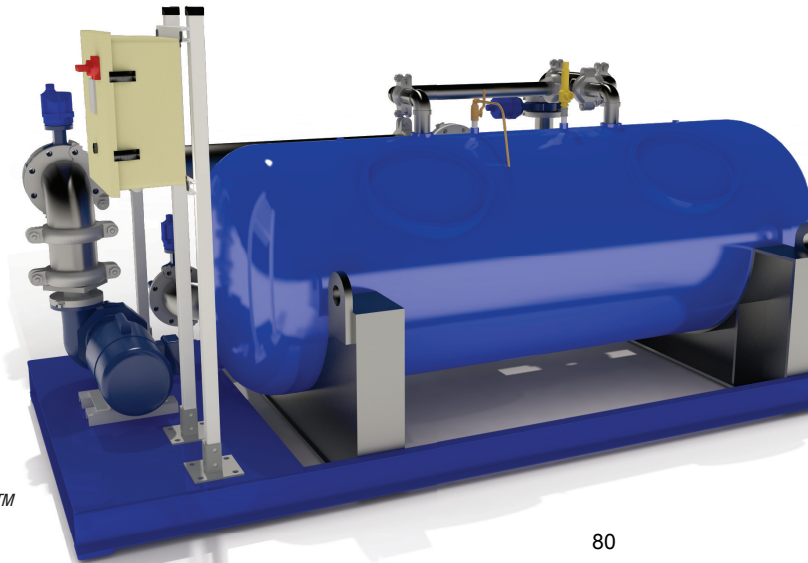
The perfect filter for high quality process water applications

Numerous industries depend highly on filtered fresh water and demand a robust, reliable and cost effective filter scheme for their water reuse. For applications over 300 GPM, the Vortisand H²F is the perfect filtration solution to your needs.

The Vortisand filter technology ensures a greater filtration efficiency than traditional media filters and may be used for a wide range of industrial water polishing processes. With its capacity to capture sub-micron particles, the Vortisand may, in certain cases, allow its owner to eliminate the need for coagulants or polymers to achieve clean water.

Because of its high efficiency and its optimized active microsand bed, the H²F is perfectly suited for process waters such as pre-treatment of RO membranes, water recovery, rain harvesting, irrigation, water polishing after a clarifier, wastewater treatment and others.

The Vortisand filter provides the complete solution to protect your water system and reduce downtime losses. Our technology re-defines media filtration efficiency and represents the evolution of water filtration.



**Shown in available FRP vessel with FiberSleek™ smooth finish*

H²F ADVANTAGES



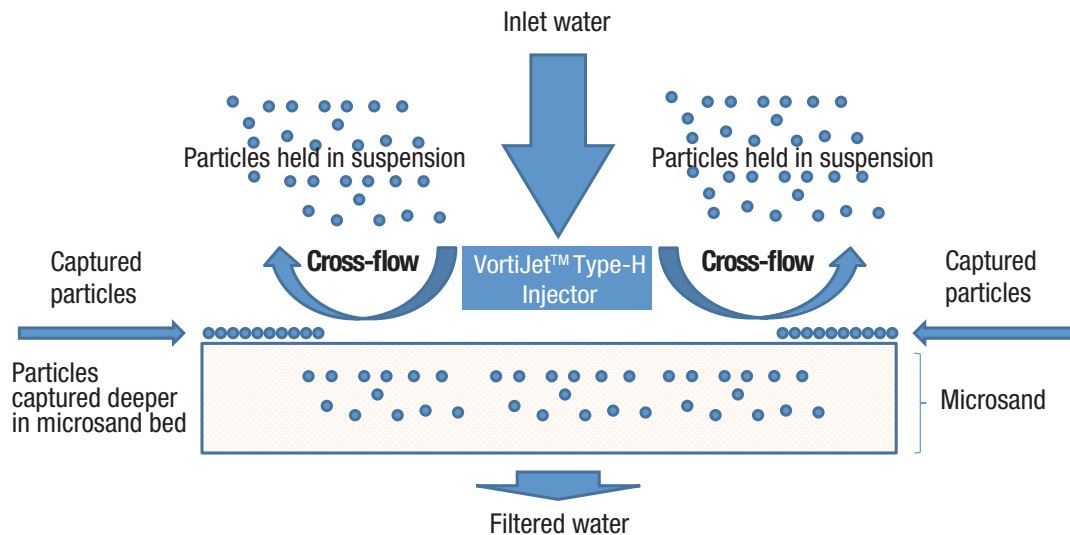
WHAT IS VORTISAND® CROSS-FLOW MICROSAND FILTRATION TECHNOLOGY?

- Patent pending injector technology introduces water into the filter vessel that creates a cross-flow condition without disturbing the media bed.

- Water flows parallel to the top layer of microsand which allows for particles to be captured in the filter without clogging the top layer of media.

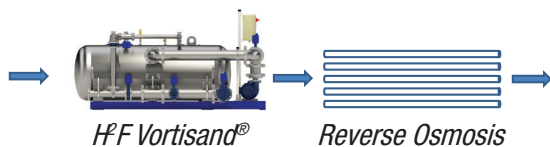
- Particles are trapped in and above the microsand and are removed using an automatic backwash cycle.

Results: Up to 5 times faster filtration and up to 50 times smaller (down to submicron) particles captured when compared to other filtration systems.

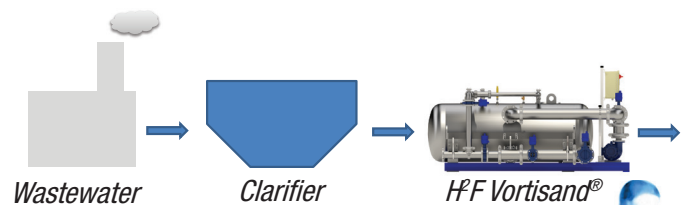
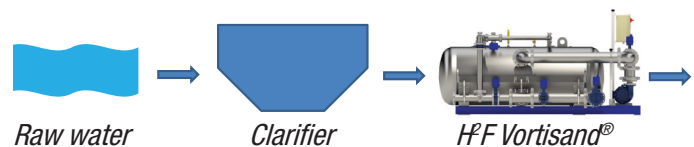


TYPICAL APPLICATIONS

Pre-treatment for Reverse Osmosis membranes



Post-clarifier water polishing



Systems can be designed to suit your specific application. Please contact us for more information. www.sonitec.com

MODEL SPECIFICATIONS



SMALLER FOOTPRINT

up to 85%

Less space required compared to other media filters.



FASTER

5x faster

(up to 20gpm/ft² or 50m/h)

The filter's speed is 5 times faster than media filters on high water quality applications.



HIGH EFFICIENCY

submicron

Capturing particles that, compared to media filters, are 10 to 50 times smaller.



STACKABLE

less space required

The H²F's shallow design makes it possible to stack vessels.



LOWER MAINTENANCE

lower cost

Being able to upscale for larger flow allows for less vessels, fewer parts and lower costs.



SAVE WATER

50%

Less water required during the backwash cycle compared to other media filters.

H²F VORTISAND® - MODELS

Model selected	Filtration flowrate (gpm, m ³ /h)	Space required (approx.) (w x l x h)	Pump motor (hp)	Inlet/outlet (in/mm)	Drain size (in/mm)	Weight* (approx.) (lbs/kg)
H2F-300	300 / 68	5' x 9' x 6' / 1.5m x 2.7m x 1.8m	10	4"/102	2"/50	3,000/1360
H2F-600	500 / 114	7' x 10' x 6' / 1.5m x 3m x 1.8m	15	6"/150	3"/80	5,500/2500
H2F-1200	1000 / 227	6' x 21' x 6' / 1.8m x 6.4m x 1.8m	20	8"/200	4"/100	11,000/5000

Units can be stacked for a smaller footprint. Total height when stacked: 8ft (2.4m)

A flowrate between 300 -15,000 gpm or above can be achieved with any combination of above filters.

Your filtration flowrate depends on the application, please contact us for more information.

*For steel and stainless steel vessels. Lighter options available upon request



INTERNATIONAL OFFICE

1400 Tees, St-Laurent, Quebec, Canada H4R 2B6

Tel : +1 (514) 335-2200 Fax : (514) 335-2295

info@sonitec.com

www.vortisand.com

1-888-876-9655



Authorized dealer:



Ballast Water Treatment Applicaton

MODEL H2F1200S AC2-FP-ST

DESCRIPTION	SPECIFICATIONS
Installation	Outdoor
System Media Sizing	Sub micron removal
Number of vessels	2 units <i>Stacked</i>
Vessel Diameter & Height	Horizontal - 36" Dia. - 21'0" L x 7'0" H x 4'7" D per vessel
Maximum Filtration Flow	500 m3/h
Outlet Filtration Capacity during backwash	181,8 m3/h
Backwash Flowrate per vessel	68,2 m3/h
Backwash Duration (adjustable w/OIU)	5 Minutes
Vessels construction	Fiber Reinforced Plastic (7 barg) - Horizontal design
	Including manual air vent and pressure relief valve on each vessel
Valves	Bray series 31 butterfly valves with Bray series 70 electric actuator, and limit switch
	All valves include NEMA 4X cover and Nylon 11 Coating, suitable for outdoor installation
Underdrain	Monel
Face Piping	CPVC Piping - Socket Joints
	Inlet and outlet interconnecting piping included
Tubing	n/a
One main control Panel w/6 junctions boxes	NEMA 4X (Fiberglass) enclosure w/ Allen Bradley PLC
Valve Control	Direct Control
Backwash waste (piping diameter), per skid	DN 100 (4 in.)
BW Water Inlet (diameter), per skid	DN 100 (4 in.)
Filter Face Piping Size (Inlet/Outlet), per skid	DN 300 (12 in.)
Maximum Operating Pressure	7 bars
Maximum Inlet Water Pressure	7 bars
Maximum Operating Temperature	65 C
Installation Space Required per skid	5 588 mm L x 2 511 mm H x 2 063 mm D (approx.) 18'4" L x 8' 3" H x 6'9" D
Approximate dry weight per skid	14.650 kgs 33 300 (Lbs)
SPECIAL COMPONENTS:	
Flow Controller	Filtered Water Outlet, one per vessel
Flow Controller	BW Water inlet, one per vessel

SYSTEM INCLUDES 2 TANK(S)
ALL TANKS ACCORDING TO
ASME STANDARDS

BACKWASH	
68	m3/h
5	minutes
DN 100	In/Out /Skid

FILTERED WATER	
500	m3/h Total
250	m3/h /vessel
DN 300	Outlet / Skid

FEED	
500	m3/h Total
250	m3/h /vessel
DN 300	Inlet / Skid

CONTROL PANEL
NEMA 4X Enclosure C/W PLC & OIU Including pressure transmitters backwash counter, alarm, manual push button, Dry contact for B.A.S.



Proud member



MPR™ Series

High Performance UV Systems

Utilizing medium-pressure lamp technology, Aquafine's MPR™ series meets and exceeds the diverse needs of market specific applications for disinfection and chloramines reduction.

SHOWN
MPR™
4L I2

INDUSTRIES | Food & Beverage,
Recreational Water

FLOWRATES: 786 - 2,895GPM @ 95%UVT



Aquafine MPR™ series for disinfection and chloramines reduction utilizing MP lamp technology are the systems of choice for meeting the rigid quality standards of the Recreational Waters market.

MP LAMP TECHNOLOGY

Used effectively as a system for the reduction of chlorine and chloramines, medium-pressure (MP) lamp technology produces significantly higher levels of UV energy than low-pressure (LP) lamps, resulting in fewer lamps. MP lamps are polychromatic and produce a broad range of wavelengths, highly effective in inactivating microorganisms and reducing chemical compounds present in water.

SAFE & EFFECTIVE

UV does not 'add' anything to the water stream such as undesirable color, odor, chemicals, taste or flavor, nor does it generate harmful by-products. UV only imparts energy to the water stream in the form of ultraviolet light to inactivate microorganisms or reduce chemical compounds present in the water.

For questions regarding your application needs, please contact your local Authorized Distributor or Aquafine Corporation for more information.

MPR SERIES

Aquafine MPR™ systems for disinfection and chloramines reduction utilize medium-pressure (MP) lamp technology and are well suited for flow rates greater than 25gpm given the efficiencies gained in meeting dosage intensive applications while being economically competitive.

The MPR™ series consists of 316L stainless steel, matte finish treatment chamber and a UL Type 12 painted carbon steel control cabinet, featuring a microprocessor-based controller and optional automatic wiper. The incorporation of MP high intensity ultraviolet (UV) lamps reduces the number of lamps by 90 percent, reducing footprint and downtime requirements and decreasing installation and maintenance costs.

With a reduced footprint, higher flow rates and state-of-the-art MP technology, Aquafine's MPR™ systems are an innovative, reliable and environmentally responsible alternative. MPR™ systems are CE compliant, as well as cULus and NSF 50 certified.

APPLICATIONS | Disinfection, Chloramines Reduction

DESIGN CAPABILITIES | Custom Configurations



Aquafine®

MPR™ Series

High Performance UV Water Treatment System

Model: MPR™	1L 12	2L 12	4L 12
MAXIMUM FLOW RATE			
DISINFECTION @95% UVT GPM (M³/HR)*	786 (179)	1549 (352)	2895 (658)
NUMBER OF UV LAMPS (MP)	1	2	4
ELECTRICAL REQUIREMENTS			
ELECTRICAL SUPPLY	208-240VAC 50/60Hz, SINGLE PHASE, 2 W + GND		480/277VAC 60Hz, 3 PHASE, 4 W + GND**
OPERATING POWER (NOMINAL WATTS)	3500	6500	12500
BALLAST TYPE	ELECTRONIC		
CONTROLLER/DETECTOR			
V130 CONTROLLER	STANDARD		
LAMP STATUS INDICATOR	STANDARD		
UV TEMP. SWITCH 130°F (54°C)	STANDARD		
RUNNING TIME METER	STANDARD		
HAND/OFF/AUTO	STANDARD		
LIQUID LEVEL SWITCH	STANDARD		
UV SENSOR	STANDARD		
DOSE DISPLAY/LOGGING	OPTIONAL		
CONTROL CABINET			
CONTROL CABINET RATING	UL TYPE 12		
MATERIALS OF CONSTRUCTION	PAINTED CARBON STEEL (STAINLESS STEEL OPTIONAL)		
ENCLOSURE HIGH TEMP WARNING	STANDARD		
TREATMENT CHAMBER			
MATERIALS OF CONSTRUCTION	316L STAINLESS STEEL		
EXTERNAL SURFACE FINISH	MATTE FINISH (BEAD BLAST)		
INTERNAL SURFACE FINISH	PASSIVATED		
OPERATING TEMPERATURE °F (°C)	Water: 50° - 104° (10° - 40°) Ambient Air: 35° - 100° (2° - 38°)		
MAX. OPERATING PRESSURE PSI (BAR)	150 (10)		
INLET/OUTLET FLANGE SIZE*** INCHES (MM)	2 (51), 3 (76), 4 (102), 6 (153), 8 (203), 10 (254)		
WIPER OPTION	AUTOMATIC		
DIN FLANGES	OPTIONAL		
DIMENSIONS - FOR REFERENCE ONLY			
STANDARD CC DIMENSIONS - CARBON STEEL INCHES (MM) L X W X H	48 X 36 X 18 (1219 X 914 X 457)		
STANDARD TC DIMENSIONS - STAINLESS STEEL INCHES (MM) L X W X H	40 X 22 X 19 (1016 X 559 X 483)		

*Dose Level: >60 mJ/cm² after 5,000 hours of operation. **Additional voltages are available. ***ANSI class 150 flange.



North America & International
 29010 Ave Paine, Valencia, CA 91355
 P 661 257 4770 F 661 257 2489
 sales@aquafineuv.com www.aquafineuv.com

Europe
 Ramskamp 77-85 D-25337 Elmshorn, Germany
 P +49 4121 57806 13 F +49 4121 57806 30
 saleseu@aquafineuv.com www.aquafineuv.com



All specifications are subject to change without notice.
 For additional requirements, please contact Aquafine Corporation.



CON ASIENTO RESILIENTE

Válvulas de Mariposa

OPCIONES DE RECUBRIMIENTOS EXTERIORES

1 RECUBRIMIENTO DE POLIÉSTER DEL CUERPO

Los productos estándar de Bray se ofrecen con cuerpos de válvula con un recubrimiento de poliéster, lo que proporciona a la superficie de la válvula una excelente resistencia a la corrosión y al desgaste. El recubrimiento de poliéster de Bray es un acabado duro, rojo satinado.

Resistente a químicos

Resiste una gran variedad de químicos, incluidos ácidos diluidos y alcalinos, solventes de petróleo, alcoholes, grasas y aceites. También ofrece una excelente resistencia a la humedad y al agua.

Resistencia a la intemperie

Resistente a la radiación ultravioleta.

Resistente a la abrasión

Excelente resistencia a la abrasión.

Resistente a los impactos

Soporta impactos sin desprenderse o agrietarse.

2 NYLON 11 RECUBRIMIENTO:

El Nylon 11 también tiene una resistencia superior a la corrosión y ha sido usado exitosamente en muchas aplicaciones tales como agua, cemento, alimentos y agua de mar.

Resistencia a la intemperie

El recubrimiento de Nylon 11 de Bray ha sido sometido a pruebas de rociado con sal por más de 2000 horas y usado en servicios con inmersión en agua de mar durante más de 25 años sin ningún deterioro del recubrimiento, lo que da como resultado la no corrosión de los componentes metálicos recubiertos.

Resistente a la abrasión

Excelente resistencia a la abrasión.

Resistente a los impactos

Excelente: sin desprenderse o agrietarse.

Hay disponibles otros materiales de recubrimiento especificados por el cliente.

Consulte a su representante local de Bray para su aplicación específica.

3 RECUBRIMIENTO SEACORR:

Epoxi FDA pigmentado con Hojuelas de Acero Inoxidable 316L disponible para entornos corrosivos comprobado según la prueba de rociado con sal ASTM B-117 durante 2000 horas.



MATERIALES DEL ASIENTO

Rangos de temperatura del asiento

EPDM -20 °F (-29 °C) 250 °F (121 °C)
BUNA-N 0 °F (-18 °C) 212 °F (100 °C)

FKM 0 °F (-18 °C) 400 °F (204 °C)
Poliuretano -20 °F (-29 °C) 176 °F (80 °C)

EPDM (Curado con peróxido)

EPDM es el nombre abreviado del Etileno Propileno Dieno Monómero. En la industria general, se pueden ver otras abreviaturas o nombres comerciales usados en lugar de EPDM, como por ejemplo, EPT, Nordel, ECD o EPR. Generalmente éstos son los mismos materiales que el EPDM.

El EPDM es un material estándar para el asiento que se ofrece en las válvulas de mariposa con asiento resiliente de Bray. Es el más universal y económico de los materiales del asiento ofrecidos por Bray; es decir, puede usarse en una mayor variedad de aplicaciones que el BUNA-N. Además, es de particular importancia que todos los materiales del asiento de EPDM comercializados por Bray son de Grado Alimenticio. Los asientos de Grado Alimenticio de EPDM de Bray son perfectamente adecuados para aplicaciones sanitarias, además de usos industriales estándares. El EPDM también está disponible como recubrimiento en los discos de la Serie 20.

BUNA-N (blanco y negro)

BUNA-N es el nombre comúnmente usado para el caucho sintético de Nitrilo. El Nitrilo es un copolímero de acrilonitrilo y butadieno. Al BUNA-N a veces se lo llama NBR, Nitrilo o Hycar. Es un excelente material de asiento de aplicación general, que es particularmente adecuado para servicios de hidrocarburos. El BUNA-N es un material de asiento estándar de Bray y es de Grado Alimenticio; por lo tanto es adecuado para aplicaciones sanitarias. El BUNA-N también está disponible como recubrimiento para los vástagos de discos de la Serie 20.

FKM

FKM es la designación ASTM D1418 para Elastómeros de Fluoro Carburos (Fluoroelastómeros) como por ejemplo Viton® (DuPont). El FKM tiene unas características sobresalientes, como por ejemplo, una mejor resistencia a los ácidos, aceites y a la temperatura que los materiales estándares de asientos.

POLIURETANO

Los asientos de uretano se usan principalmente por su capacidad de resistir el desgaste abrasivo. El uretano puede usarse en una variedad razonablemente amplia de servicios. Soporta impactos fuertes, recupera su forma original después de una distorsión y resiste la abrasión mejor que otros elastómeros, como por ejemplo el EPDM y el BUNA-N.

La disponibilidad del material del asiento depende del tamaño y de la serie de la válvula.

Consulte a su representante local de Bray para su aplicación específica.



SERIE 30/31 2-20 in (50-500 mm)

RANGOS DE PRESIONES

CIERRE HERMÉTICO BIDIRECCIONAL – Disco estándar*

Bridas/disco para aguas abajo en posición cerrada

S30/31 Disco estándar*	2-12 in (50-300 mm)	175 psi (12 Bar)
	14-20 in (350-500 mm)	150 psi (10,3 Bar)

SERVICIO DE FIN DE LINEA – Cuerpos tipo lug/disco estándar*

Sin bridas/disco presión aguas abajo en posición cerrada

S31	2-12 in (50-300 mm)	75 psi (5,2 Bar)
	14-20 in (350-500 mm)	50 psi (3,4 Bar)

CUERPO: 250 psi (17,2 Bar) CWP

*Para aplicación de baja presión, Bray ofrece un diámetro de disco estándar reducido para disminuir la fuerza de giro del asiento y extender su vida útil, aumentando el rendimiento de la válvula y reduciendo los costos del actuador.

LÍMITES DE VELOCIDAD PARA servicios de apertura/cierre:

Líquidos 30 ft/seg (9 m/s)	Gases 175 ft/seg (54 m/s)
--------------------------------------	-------------------------------------

CONJUNTO DE RETENCIÓN DEL VÁSTAGO:

El vástago es retenido en el cuerpo mediante un anillo de retención exclusivo Spirolox® de acero inoxidable, una arandela de empuje y dos anillos en forma de C, hechos de bronce de manera estándar y de acero inoxidable por encargo.

El anillo de retención puede sacarse fácilmente con una herramienta de mano estándar. El conjunto de retención del vástago evita la extracción accidental del vástago durante el servicio en campo.

BUJE DEL VÁSTAGO: El buje de acetal no corrosivo de alta resistencia absorbe el empuje lateral del actuador.

SELLO DEL VÁSTAGO: El diseño de sello doble en forma de “U” es autoajutable y brinda un sellado positivo en ambas direcciones.

CUELLO: La longitud extendida del cuello permite un aislamiento de 2 in (50,8 mm) de la tubería y es fácilmente accesible para el montaje de actuadores.

DISCO: La pieza de fundición se maquina esféricamente y se pule a mano para proporcionar un cierre hermético, una fuerza de giro mínima y una mayor vida útil del asiento.

CUERPO: Tipo wafer o lug de una sola pieza. Recubrimiento de poliéster para una excelente resistencia a la corrosión. El recubrimiento de Nylon 11 está disponible como opción.

El diseño de alta resistencia de vástago pasante permite un desmontaje fácil y menos fallas del disco al vástago.

SELLOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS: Estos sellos evitan que el fluido de la línea entre en contacto con el vástago o el cuerpo. El sello *primario* se logra mediante un ajuste de interferencia de la parte plana del asiento moldeado con el centro del disco. El sello *secundario* se crea porque el diámetro del vástago es mayor que el diámetro del orificio del vástago del asiento.

VÁSTAGO: La conexión de precisión del disco al vástago de doble “D” impulsa el disco sin necesidad de tornillos o pasadores. La conexión de doble “D”, de tolerancia restringida que impulsa el disco de la válvula es una característica exclusiva de la válvula Bray. Para el desmontaje del vástago Bray sólo es necesario tirar el vástago hacia afuera del disco.

ASIENTO: El diseño de asiento de lengüeta y canal disminuye la fuerza de giro y brinda un aislamiento completo del cuerpo respecto del fluido que circula. El asiento también cuenta con un o-ring moldeado que elimina el uso de empaquetaduras de brida.

Todas las válvulas Bray son probadas a un 110% de la presión nominal para garantizar un cierre hermético.



SERIE 31H

2-20 in (50-500 mm)

Las válvulas tipo lug de la Serie 31H se perforan y roscan para ajustarse a las bridas ASME Clase 125/150 y PN16.

RANGOS DE PRESIONES

CIERRE HERMÉTICO BIDIRECCIONAL Y SERVICIO DE FIN DE LÍNEA

2-20 in (50-500 mm) 250 psi (17,2 Bar)

CUERPO: 250 psi (17,2 Bar) CWP

LÍMITES DE VELOCIDAD PARA servicios de apertura/cierre:

Líquidos 30 ft/seg (9 m/s) Gases 175 ft/seg (54 m/s)

SELECCIÓN DE MATERIALES ESTÁNDARES 31H

Cuerpo	Hierro fundido Hierro dúctil
Disco	Bronce de aluminio Hierro dúctil recubierto con Nylon 11 Acero inoxidable 316
Vástago	Acero inoxidable 416
Asiento	EPDM Bondeado BUNA-N Bondeado

La disponibilidad de materiales depende del tamaño y la serie de la válvula. Hay otros materiales disponibles. Consulte a su representante local de Bray para su aplicación específica.

SELECCIÓN DE MATERIALES ESTÁNDARES S30/31

NOMBRE MATERIAL

Cuerpo Hierro fundido

Hierro dúctil

Acero al carbono

Aluminio

Disco Bronce al aluminio

Hierro dúctil recubierto

Hierro dúctil recubierto con Nylon 11

Hierro dúctil recubierto con Halar®

Acero inoxidable 304

Acero inoxidable 316

Acero inoxidable dúplex

Acero inoxidable superdúplex

Hastelloy®

Vástago Acero inoxidable 416

Acero inoxidable 304

Acero inoxidable 316

Monel K500

Asiento BUNA-N – Grado Alimenticio

EPDM – Grado Alimenticio

FKM*

BUNA-N blanco – Grado Alimenticio

EPDM Bondeado

BUNA-N Bondeado

La disponibilidad del material depende del tamaño y la serie de la válvula. Hay otros materiales disponibles. Consulte a su representante local de Bray para su aplicación específica.

*FKM es la designación ASTM D1418 para Elastómeros de Fluoro Carburos (también llamados Fluoroelastómeros).

Hastelloy® es una marca registrada de Haynes International, Inc.

Halar® es una marca registrada de Ausimont U.S.A., Inc.



ACTUADORES Y ACCESORIOS



SERIE 70 **ELÉCTRICOS**

Torque 300 a 18,000 lb-ins (34-2030 Nm)

Voltaje VCA: 24, 120, 220
VCC: 12, 24

Carcasa estándar NEMA 4, 4X

A prueba de explosiones: NEMA 4, 4X, 7 y 9

La Serie 70 es un actuador poderoso y compacto, de perfil bajo con características cómodas para el cliente.

- Volante manual desembragable
- Indicador de posición local de alta visibilidad
- Interfaz digital disponible
- Control de modulación opcional basado en microprocesador



SERIE 73 **ELÉCTRICOS**

Torque 100 a 600 lb-ins (11-70 Nm)

Voltaje VCA: 120, 220
VCC: 12, 24

Carcasa estándar NEMA 4, 4X, IP65

La Serie 73 es un actuador eléctrico de bajo costo para válvulas rotativas.

- Accionado por un motor de inducción reversible de capacitor dividido permanente
- Todos los motores CA tienen un freno interno
- Sistema de engranaje recto de alta resistencia
- Calentador disponible para evitar daños a los componentes debido a la condensación
- Indicación de posición de LED



SERIE 92/93 **NEUMÁTICOS**

Los actuadores neumáticos de Bray son actuadores de pistones opuestos de piñón y cremallera disponibles en dos versiones: de acción doble y de retorno con resorte.

- Clasificación de presión máxima de 140 psi (9,7 bar) y rango de temperatura de -20 °F (-29 °C) a +200 °F (+95 °C)
- Dos tornillos de límite de carrera ajustables de manera independiente y una leva en el eje de salida permiten un ajuste bidireccional preciso del movimiento en las posiciones abierta y cerrada para válvulas de cuarto de giro (ajuste de límite +5° a -5°)
- Orificios integrales
- Las unidades estándares tienen cuerpos de aluminio anodizado con tapas laterales revestidas con poliéster.
- Recubrimientos y materiales especiales disponibles para entornos corrosivos
- Compatible con accesorio NAMUR



ACTUADOR SS



LIMITADORES DE CARRERA



RETORNO CON RESORTE

Bray CONTROLS



Actuadores y accesorios **eléctricos**

CLOSE N.O.
(VOLTAGE FREE)A — RED
B — RED
C — BLUE

AUX OPEN

COM — N.O.
N.C.
N.O.

Serie 70
Tamaños 003-065



Serie 70
Tamaños 130-181



Serie 73

ACTUADORES ELÉCTRICOS

Serie 70

Pág. 4 a 11

Par de torsión de salida

Lb-in

N

003

300

34

006

600

58

008

800

90

012

1200

136

020

2000

226

030

3000

339

050

5000

565

065

6500

735

130/131

13000

1469

180/181

18000

2034

S70 – Modelos a prueba de explosiones

708

800

90

712

1200

136

720

2000

226

Serie 73

Pág. 12 a 13

Par de torsión de salida

Lb-in

N

S73-1

100

11

S73-3

300

34

S73-6

600

68

Resumen de válvulas de mariposa: Pág. 14 a 15

SERIE 70 DE BRAY

ACTUADOR ELÉCTRICO

Par de torsión de salida de 300 lb-in (34 Nm) a 18.000 lb-in (2.034 Nm)

Con años de éxito comprobado en el accionamiento eléctrico, combinado con la innovación en ingeniería, Bray Controls ha producido la Serie 70. La Serie 70 cuenta con el modo activo/inactivo o el control de modulación.

El actuador eléctrico de la serie 70 de Bray tiene muchas ventajas sobre otros actuadores, que incluyen:

- Certificación de UL, CSA y CE de la mayoría de las unidades.
- Cableado directo a la regleta de las terminales sin interferencia de otros componentes
- Sistema simple y único de volante para apagado manual
- El actuador más liviano y con el perfil más bajo del mercado
- Fácil ajuste manual o con destornillador de levas de límite de carrera, sin interferencia de otros componentes
- Visualizador de estado de la válvula altamente visible en la mayoría de las unidades

La serie 70, diseñada como una caja de empalme, ofrece sin duda el más fácil acceso al cableado del bloque de terminales, los ajustes de la leva y la instalación del interruptor. Por lo tanto, el tiempo requerido para la puesta en marcha y el ajuste en campo se reduce en gran medida, y el mantenimiento puede llevarse a cabo con facilidad y seguridad garantizadas.

INTERRUPTORES DE SPDT DE LÍMITE DE CARRERA: Bray provee dos interruptores mecánicos SPDT como parte del equipamiento estándar. Estos interruptores duraderos, de alta calidad están aislados de forma mecánica y son independientes eléctricamente. Los circuitos especiales eliminan cualquier cruce de voltaje entre los interruptores. Esta combinación de interruptores se utiliza para las posiciones abierta y cerrada de la válvula y requiere sólo una leva para cada dirección de la carrera de la válvula. El diseño de Bray brinda sincronización entre el control del motor y el visualizador de posición. Se puede acceder con facilidad a los interruptores sin interferencia de otros componentes. Cada interruptor está marcado con etiquetas abiertas o cerradas y las levas están codificadas por color: verde para abierto y rojo para cerrado. De esta manera, se descarta la posibilidad de realizar un cableado incorrecto.



AJUSTE DE LEVA: Las perillas de ajuste hacen girar las levas especialmente perfiladas. Cada leva está codificada por color: la perilla de ajuste roja controla la leva roja (posición cerrada) y la perilla verde controla la leva verde (posición abierta). El ajuste de fábrica estándar permite una carrera de 90° entre las posiciones abierta y cerrada.

ENTRADAS DE CONDUCTO: Dos conexiones en roscas NPT o métricas. Existe una entrada para la energía eléctrica y otra para el cableado del control.



CUBIERTA A PRUEBA DE EXPLOSIONES

La unidad opcional a prueba de explosiones y resistente al agua de la serie 70 está incluida en UL NEMA 4,4x y certificada conforme a las especificaciones de Estados Unidos y Canadá para ubicaciones peligrosas Clase-I C y D Div. 1 y 2; Clase II GRPS EFy G Div. 1 y 2. El alojamiento reforzado y resistente contiene vástagos y bridas de precisión mecanizados para cumplir con los requisitos de trayectoria de la llama. Los modelos a prueba de explosiones y resistentes al agua están actualmente disponibles con un par de torsión de salida de 800 a 2000 lb-in y un ciclo de trabajo continuo o intermitente.



BLOQUE DE TERMINALES: Los interruptores del actuador son precableados para acceder fácilmente al bloque de terminales. Las terminales están claramente identificadas para que el cliente pueda realizar el cableado. El bloque ha sido colocado cerca de dos entradas de conducto con un espacio amplio para tender conductores de cables. Se incluye un diagrama del cableado dentro de la cubierta para tener una referencia disponible. El tornillo del conductor de tierra es verde metalizado y está posicionado para un fácil acceso.

PANTALLA DE ESTADO DE LA VÁLVULA: El visualizador está claramente etiquetado y codificado por colores—amarillo para posición abierta y rojo para cerrada— e indica la posición de la válvula durante toda la carrera. La pantalla se puede visualizar casi desde cualquier ángulo. Hecho de policarbonato transparente de alto impacto, resistente al calor y a las sustancias químicas, este visualizador resiste el lavado cáustico y ofrece una excelente protección contra la corrosión. Las posibles filtraciones se eliminan, ya que la cubierta del indicador utiliza un sello estático, en lugar de uno dinámico.

RELEVADORES INTERMEDIOS: El tiempo de retardo que brinda el relevador intermedio protegerá a los interruptores y los engranajes de la inversión instantánea de la señal de comando del controlador. Esta característica también facilita un cableado paralelo de múltiples actuadores.

ANULACIÓN MANUAL: Un volante para apagado manual es normal en todos los modelos, para girar la válvula

sin electricidad. Una tira amarilla de precaución alrededor del cubo del volante se hace visible cuando se activa el volante para el funcionamiento manual.

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CORTE DE ENERGÍA: La serie 70 cuenta con un interruptor mecánico SPDT que corta la energía del motor cuando se activa el volante para el funcionamiento manual.

SELLO DE JUNTA TÓRICA PARA CUBIERTA IMPERMEABLE: El sello grande entre la tapa y la base proporciona un sello resistente al agua y evita la corrosión interna. El sello de la junta tórica de la serie 70 de Bray es un diseño claramente superior a las juntas que se utilizan comúnmente.

CUBIERTA: La unidad impermeable de la Serie 70 está incluida en UL NEMA 4, 4x. La cubierta y la base de aluminio troquelada están revestidas con polvo de poliéster de alta calidad para una resistencia excepcional a la corrosión, el desgaste, el impacto y la radiación ultravioleta.

PERNOS CAUTIVOS DE LA CUBIERTA: La tapa se acopla a la base por medio de tornillos de acero inoxidable. Cuando se extrae la cubierta, los pernos se mantienen cautivos en ésta. De esta manera, no se pierde tiempo en inconvenientes ocasionados por la pérdida o la mala colocación de los tornillos.



SERIES 70
TYPE (IP) 4, 4X
F.L.C./MAX 1.0/2.1 A
TORQUE 2000 IN LBS
VOLTAGE 120 V
SPEED 30 RPM
PHASE 1
CONV. 70M412

Anexo 3: Presupuesto

Presupuesto Sistema Móvil de Tratamiento de Aguas de Lastre para utilización en Puerto

	Unidades	Precio Unitario	Total
Bomba Alimentacion	1	EUR 14,285.71	EUR 14,285.71
Bomba Agua Lavado	1	EUR 7,142.86	EUR 7,142.86
Pre-Filtro	2	EUR 28,571.43	EUR 57,142.86
Filtro Arena	1	EUR 85,714.29	EUR 85,714.29
Equipo Rayos UV	1	EUR 21,428.57	EUR 21,428.57
Tuberia Interconnexion	1	EUR 3,571.43	EUR 3,571.43
Valvulas Automaticas	16	EUR 1,428.57	EUR 22,857.14
Valvulas Manuales	10	EUR 571.43	EUR 5,714.29
Sistema de Control	1	EUR 6,428.57	EUR 6,428.57
Programacion	1	EUR 2,857.14	EUR 2,857.14
Montaje	120	EUR 35.71	EUR 4,285.71
Container 40 pies	1	EUR 8,214.29	EUR 8,214.29
TOTAL			EUR 239,642.86