

Reprocesamiento de material de vidrio para laboratorio

Reprocesar el vidrio de laboratorio de
forma segura y libre de residuos

Introducción

Considerando que los procesos de laboratorio están regulados y documentados en la mayoría de los casos, resulta sorprendente que hasta la fecha no se haya prestado la debida atención al reprocesamiento del material de vidrio para laboratorio ni en la literatura científica ni en los trabajos de normalización. Esto puede deberse a que, para garantizar un óptimo reprocesamiento del material de vidrio, se requiere un conocimiento especializado que abarque diferentes disciplinas. El presente folleto editado por AK LAB (Grupo de Trabajo sobre el Reprocesamiento de Vidrio para Laboratorio) reúne, por primera vez, los conocimientos especializados de fabricantes líderes de material de vidrio para laboratorio, de productos químicos de proceso y de lavadoras de laboratorio, así como los de expertos en control de calidad y los de usuarios.

Mediante ejemplos sencillos se explicarán los mecanismos de acción y la influencia de factores que deben ser considerados en el reprocesamiento de vidrio de laboratorio.

La información y las listas de comprobación presentes en el folleto, están destinadas a proporcionar seguridad a los usuarios a la hora de planificar el reprocesamiento de vidrio en su laboratorio, y de elegir los productos químicos de proceso, así como el material de vidrio y los utensilios de laboratorio a utilizar.

Se aplica la siguiente regla sencilla: resultados precisos de medición y análisis sólo se obtienen, si la pureza de los utensilios utilizados está establecida y garantizada.

El grupo de trabajo desea contribuir a tal fin.
¡Les deseamos unos resultados siempre limpios!

AK LAB



El grupo de trabajo AK LAB está compuesto por los siguientes miembros:

Área de competencia: vidrio de laboratorio

Paulina Baszak

c / o DURAN Group GmbH
Hattenbergstr. 10
D-55122 Mainz (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 6131-1445-4412

Benjamin Krüger

c / o DURAN Group GmbH
Otto-Schott-Straße 21
D-97877 Wertheim (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 9342-802-292

Kathrin Steinmann

c / o DURAN Group GmbH
Hattenbergstr. 10
D-55122 Mainz (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 6131-1445-4325

Área de competencia: productos químicos de proceso

German Beck

c / o Chemische Fabrik Dr. Weigert GmbH & Co. KG
Mühlenhagen 85
D-20539 Hamburg (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 40-789 60-166

Linda Ertl

c / o Chemische Fabrik Dr. Weigert GmbH & Co. KG
Mühlenhagen 85
D-20539 Hamburg (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 40-789 60-153

Beate Zielonka

c / o Chemische Fabrik Dr. Weigert GmbH & Co. KG
Mühlenhagen 85
D-20539 Hamburg (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 40-789 60-187

Área de competencia: lavadoras y esterilizadores de laboratorio

Miele Inc.

9 Independence Way
Princeton NJ 08540
Vereinigte Staaten von Amerika
Teléfono: +1 609 672 4921

Dr. Roy Schneider

c / o Miele & Cie. KG
Mielestraße 2
D-33611 Bielefeld (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 521-807-784523

Michael Sedlag

c / o Miele & Cie. KG
Carl-Miele-Straße 29
D-33332 Gütersloh (ALEMANIA)
Teléfono: +49 (0) 5241-89-1461

Han participado los siguientes autores invitados:

Materia: planificación de laboratorios

Dr. Christoph Heinekamp

c / o dr. heinekamp Labor- und Institutsplanung GmbH
D-85757 Karlsfeld b. München (ALEMANIA)

Introducción	3
1 Selección de materiales	
Material de vidrio, plástico, metal, porcelana de laboratorio y sus respectivos diseños	8-12
1.1 Selección de materiales, resistencia térmica y resistencia química	8-10
1.2 Diseño	11-12
1.3 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas / conclusión	12
2 Productos químicos de proceso	13-23
2.1 Tipos de productos químicos de proceso	13-14
2.2 Propiedades y evaluación de los componentes	14
2.3 Limpieza libre de residuos	15
2.4 Dosificación y tecnología de dosificación	15-17
2.5 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas	18-21
2.6 Almacenamiento	21-23
2.6.1 Bases legales	21
2.6.2 Principios para el almacenamiento de sustancias peligrosas	22
2.6.3 Almacenamiento de productos químicos de proceso	22-23
3 Agua	24-34
3.1 La función del agua en el proceso de reprocesamiento	24
3.2 Componentes del agua potable	24-27
3.3 Procedimientos generales para el tratamiento del agua	28-30
3.4 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas	30-34
3.4.1 Preparación manual	30-31
3.4.2 Reprocesamiento mecánico: prelavado, limpieza y neutralización	31
3.4.3 Reprocesamiento mecánico: aclarado y aclarado final	31-33
3.4.4 Reprocesamiento mecánico: desinfección	33
3.4.5 Esterilización	34
4 Lavadoras de laboratorio	35-40
4.1 Funciones generales	35-36
4.2 Equipamiento y soportes de carga	36-39
4.3 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas	39-40

5	Preparación previa al reprocesamiento mecánico	41-45
5.1	Materiales de vidrio de laboratorio nuevos	41
5.2	Contaminación: agentes biológicos	41
5.3	Contaminación: otros tipos	42-45
6	Reprocesamiento mecánico	46-59
6.1	Colocación del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio	47-48
6.2	El círculo de Sinner	49-51
6.3	Proceso de reprocesamiento	51-57
6.3.1	Limpieza	52
6.3.2	Neutralización	52-53
6.3.3	Aclarado	53
6.3.4	Desinfección	53-54
6.3.5	Secado	54
6.3.6	Ejemplos de diagramas de temperatura-tiempo	55-57
6.4	Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas	58-59
7	Inspecciones	60-61
7.1	Extracción del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio e inspección visual final tras el reprocesamiento mecánico	60
7.2	Inspección visual previa al uso de material de vidrio para laboratorio	60-61
8	Esterilización del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio	62-63
9	Almacenamiento del material de vidrio para laboratorio reprocesado	64-65
10	Salas de reprocesamiento en edificios de laboratorios	66-70
	Glosario	72-75
	Bibliografía	76
	Términos y condiciones de venta de AK LAB	77

1 Selección de materiales:

Material de vidrio, plástico, metal, porcelana de laboratorio y sus respectivos diseños

En los laboratorios se utilizan distintos materiales, cada uno con propiedades diferentes. La decisión de seleccionar el material para cada uno de los procesos corresponderá, o bien al personal de laboratorio cualificado, o bien el material fijado estará documentado y regulado obligatoriamente por el responsable de calidad en las instrucciones de trabajo o en el POE (Procedimiento Operativo Estandarizado).

Por lo general, se establece una distinción entre material de vidrio y utensilios del laboratorio. Estos últimos conforman un grupo de recipientes y medios auxiliares disponibles en diversos materiales como, por ejemplo, plástico, porcelana o metal, y para cuales existen por lo tanto diferentes recomendaciones de limpieza. Este folleto se centra principalmente en el proceso de reprocesamiento mecánico de material de vidrio para laboratorio. A continuación, y con objeto de ofrecer una información completa, se describen en detalle todos los materiales que se consideran de uso estándar en los laboratorios.

1.1 Selección de materiales, resistencia térmica y resistencia química

El vidrio borosilicato 3.3, estandarizado según la norma DIN ISO 3585, se utiliza en el laboratorio siempre que se requiere un recipiente de reacción o de almacenamiento con una alta resistencia térmica y química durante los procesos de análisis y de reacción. Concretamente en la química analítica se emplea principalmente el vidrio de laboratorio fabricado en vidrio borosilicato 3.3, ya que los usuarios dependen de la alta transparencia del material, a fin de poder observar, p. ej., los cambios de color u otras alteraciones en la sustancia analizada. Debido a la mínima dilatación térmica del material, la mayoría de los instrumentos que se utilizan para determinar volúmenes (p. ej., matraces aforados, probetas graduadas) también están fabricados en vidrio borosilicato 3.3.

En resumen, cabe observar que el vidrio borosilicato 3.3 se ha convertido en un material universal para muchas aplicaciones de laboratorio, debido a su alta inercia, su resistencia mecánica y térmica. Estas propiedades también resultan beneficiosas cuando se trata de reprocesar los recipientes. Si se usa correctamente, el material de vidrio fabricado en vidrio borosilicato 3.3, puede ser reprocesado tantas veces como se desee, contribuyendo de este modo



Matraz Erlenmeyer de vidrio borosilicato 3.3



Frasco de reactivos de vidrio cal-soda



Crisol de vidrio de cuarzo

a que el funcionamiento del laboratorio sea rentable y sostenible.

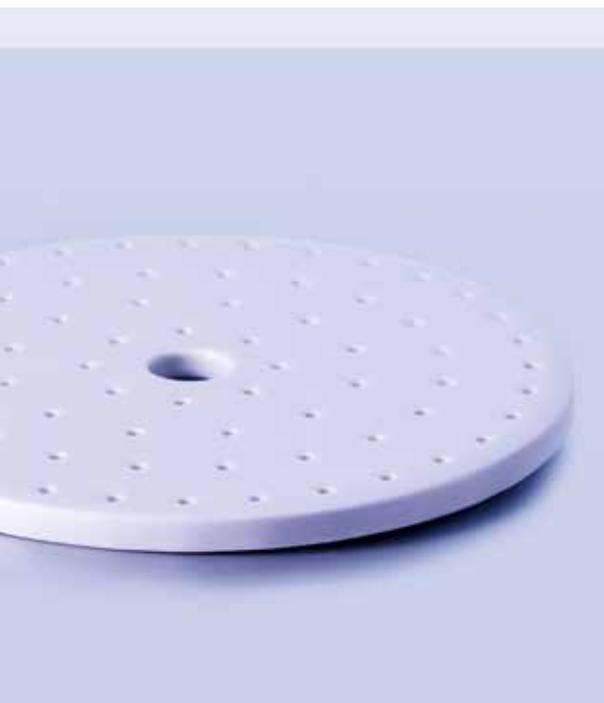
Junto al vidrio borosilicato 3.3, existen muchos otros tipos de vidrio que presentan diferentes propiedades y que también son utilizados en los laboratorios. Para el almacenamiento de polvos y de sustancias sólidas se hace uso, por ejemplo, de los frascos de vidrio cal-soda. El vidrio cal-soda también se emplea como material para la fabricación de pipetas. Debido a la alta dilatación térmica del vidrio cal-soda —en comparación con el vidrio borosilicato 3.3— su resistencia a los cambios de temperatura es sin embargo menor, incluso durante el proceso de reprocesamiento mecánico. Por este motivo se desaconseja en general el uso de vidrio cal-soda para trabajos en los que se aplique calor o para el llenado de líquidos calientes. Los recipientes de vidrio cal-soda, destinados para tareas de conservación a corto plazo, representan en ocasiones una rentable alternativa al vidrio borosilicato 3.3.

Ocasionalmente también se utiliza el vidrio de cuarzo en los laboratorios. Este material se caracteriza por una dilatación térmica excepcionalmente baja, una alta resistencia térmica (hasta 1000 °C) y una permeabilidad UV extremadamente alta. Los artículos fabricados en vidrio de cuarzo suelen ser cubetas, vasos de precipitado pequeños, matraces Erlenmeyer, crisoles y fabricaciones especiales a medida. Debido a su elevado precio, el material de vidrio para laboratorio realizado en vidrio de cuarzo, rara vez llega a ser utilizado.

Junto al vidrio de laboratorio, el plástico se ha impuesto como material para la fabricación de recipientes y accesorios de laboratorio. Esto se debe principalmente a un motivo simple: no existe un único material universal que sea capaz de satisfacer todos los requisitos propios del trabajo de laboratorio. La decisión en cuanto a la utilización de vidrio o plástico depende de la aplicación prevista y del diseño del producto, teniendo en cuenta las características específicas de estos materiales y los aspectos económicos. En el caso de artículos de laboratorio hechos de plástico, hay que distinguir entre artículos desechables (Disposables)



Probetas graduadas de plástico



Placa de porcelana para desecador

y artículos reutilizables (Reusables). Dado que no se reprocesan los artículos desechables, no se examinarán con mayor detalle en adelante. Los artículos plástico utilizados en el laboratorio, pueden tener propiedades muy diferentes. A este respecto, el grado de variaciones del material es considerablemente mayor que el de los distintos tipos de vidrio. Debido al reducido riesgo de rotura y al peso más ligero, los plásticos son preferidos al vidrio, sobre todo en el caso de recipientes de transporte.

Al contrario de lo que sucede con los metales, muchos plásticos —al ser de naturaleza orgánica— son resistentes a los medios inorgánicos. Esto incluye a los ácidos minerales, los álcalis y las soluciones salinas acuosas. Sin embargo, contrariamente a los metales, reaccionan frecuentemente de forma sensible ante disolventes orgánicos. A diferencia del vidrio, que se puede usar casi universalmente, cuando se hace uso del material de plástico para laboratorio, hay que tener en cuenta las propiedades individuales de cada tipo de plástico.

Además de los materiales ya mencionados, cabe destacar el uso de porcelana de laboratorio del tipo C110 y normalizada según la norma DIN EN 60672-3. Los recipientes y accesorios hechos de porcelana dura se caracterizan por su excepcional resistencia a la deformación (hasta 1000 °C) y a la corrosión, por su estabilidad mecánica y por su dureza. Los productos hechos de porcelana de laboratorio se emplean con frecuencia como medios auxiliares en trabajos analíticos y de preparación.

1.2 Diseño

Con el fin de satisfacer de la mejor manera las necesidades de los usuarios, existe una amplia gama de productos de material vidrio para laboratorio. Por lo tanto, estos productos no sólo se diferencian en cuanto a forma y función, sino también en términos de volumen. El vidrio de laboratorio está disponible con capacidades que oscilan entre los 5 ml y los 50.000 ml. Aquel material de vidrio para laboratorio que por causa de sus dimensiones y geometría no pueda ser reprocesado de forma mecánica, deberá ser limpiado manualmente.

Por lo general, cabe distinguir entre:

- **Frascos de reactivos**, tales como vasos de precipitado, matraces Erlenmeyer, matraces de fondo redondo y tubos de ensayo.
- **Recipientes para la conservación, el almacenaje y el transporte**, tales como frascos para laboratorio, frascos de hombro cónico, tubos de cultivo, que se caracterizan por tener un cierre (tapón de vidrio o tapa roscada).
- **Instrumentos volumétricos**, tales como matraces aforados, probetas graduadas, pipetas graduadas y buretas, que está provisto de escalas / graduaciones precisas.
- **Aparatos de filtración de vidrio**, tales como embudos filtrantes
- **Piezas esmeriladas intercambiables**, tales como refrigerantes y matraces con varias bocas, utilizadas para el montaje de aparatos.

El mero hecho de que los materiales de vidrio y los utensilios utilizados en el laboratorio presenten volúmenes muy diferentes, imposibilita poner a disposición una instrucción de limpieza de aplicación universal.

Las siguientes indicaciones sirven a modo de orientación:

Al seleccionar el material de vidrio para laboratorio se debe prestar atención al volumen adecuado del mismo. Para muestras pequeñas se emplea el volumen de vidrio de laboratorio acorde a la cantidad de la muestra. Se debe evitar el uso de vidrio de laboratorio con formas complejas; p. ej., con muescas, espacios muertos, etc., ya que causan un mayor esfuerzo de limpieza. En el caso del reprocesamiento mecánico se debería utilizar los soportes de carga adaptados a los diferentes productos(carros, cestas y complementos para la colocación), ofrecidos por los fabricantes de lavadoras de laboratorio.

1.3 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas / conclusión

A la hora de elegir el material ideal para un aplicación dada —y, por consiguiente, el método de reprocesamiento correcto— se debe tomar la decisión de manera particularmente crítica. El material de vidrio para laboratorio fabricados en vidrio borosilicato 3.3 se puede emplear universalmente y, salvo algunas excepciones, de manera ilimitada. La mayoría del material de vidrio de laboratorio está regulado según normas internacionales y fue probado millones de veces. Además, en comparación con otros materiales, este es relativamente fácil de reprocesar. Los fabricantes de lavadoras de laboratorio ofrecen una amplia gama de soportes de carga, para lograr unos resultados de reprocesamiento óptimos, independientemente de las diversas formas del material de vidrio de laboratorio.^[1]

2 Productos químicos de proceso

Los productos químicos de proceso son formulaciones químicas que se emplean para el reprocesamiento manual y mecánico de material de vidrio y utensilios de laboratorio.

En este folleto los productos químicos de proceso se denominan en general “producto químico de proceso” y, en particular, “detergentes”.

2.1 Tipos de productos químicos de proceso

Detergentes:

Los detergentes disuelven y desprenden los contaminantes presentes en la superficie del vidrio y de los utensilios de laboratorio. Una función adicional de los detergentes es impedir que los contaminantes disueltos y desprendidos se depositen nuevamente en el vidrio, los utensilios y la lavadora de laboratorio.

Por lo general, los detergentes pueden dividirse en:

- Detergentes altamente alcalinos
- Detergentes alcalinos y ligeramente alcalinos
- Detergentes alcalinos y ligeramente alcalinos con agentes tensioactivos
- Detergentes alcalinos y ligeramente alcalinos con agentes oxidantes
- Detergentes neutros con agentes tensioactivos
- Detergentes ácidos
- Detergentes ácidos con agentes tensioactivos

Neutralizadores:

Son neutralizantes ácidos a base de ácidos inorgánicos u orgánicos y sirven para la neutralización de los restos de detergentes alcalinos en la superficie del vidrio y los utensilios de laboratorio, así como en el sistema de circulación de la lavadora de laboratorio.

Aditivos de limpieza:

Los aditivos de limpieza generalmente se dosifican en combinación con el detergente con el fin de potenciar el efecto del detergente (p. ej., la humectación de la superficie del vidrio y de los utensilios de laboratorio o la oxidación de la contaminación), para absorber mejor la contaminación presente en el agua (p. ej., emulsión, dispersión) o para compensar las propiedades negativas de la contaminación (p. ej., efecto antiespumante).

Clasificación general de los aditivos de limpieza:

- Agentes tensioactivos / emulsionantes
- Agentes oxidantes
- Agentes antiespumantes

2.2 Propiedades y evaluación de los componentes

Componente	Propiedades
Cloro activo / oxígeno activo	Fuerte efecto oxidante y desinfectante
Álcalis cáusticos; p. ej., hidróxido sódico o hidróxido potásico	Maceración y degradación de la contaminación
Silicatos alcalinos	Refuerza el proceso de limpieza gracias al efecto alcalino y a la mejora de la capacidad de absorción de la contaminación y de la prevención de la corrosión (aluminio)
Agentes quelantes (p. ej., MGDA y GLDA)	Formación de complejos con los elementos que afectan a la dureza del agua (Ca/Mg) y otros iones metálicos (Fe, Zn, etc.) y mejora del efecto de limpieza
Fosfatos	Evita los depósitos calcáreos (Ca/Mg) y la dispersión de componentes contaminantes
Policarboxilatos, fosfonatos	Evita los depósitos calcáreos (Ca/Mg) y la dispersión de componentes contaminantes; también sirven de sustitutos de los fosfatos
Tensioactivos no iónicos	Propiedad humectante, acción antiespumante y emulsionante de componentes contaminantes

2.3 Limpieza libre de residuos

El objetivo de cada proceso de reprocesamiento es obtener vidrio y utensilios de laboratorio “limpios” o “analíticamente puros”. Cada laboratorio tiene la tarea de definir el grado de limpieza necesario para el uso posterior del material, dependiendo de la aplicación concreta para la que se vaya a utilizar. En función de la aplicación, puede que sea necesario evitar, para el reprocesamiento de vidrio y utensilios de laboratorio, el uso de productos químicos de proceso con ciertos componentes, ya que, por ejemplo, podrían influir negativamente en los métodos analíticos. Un ejemplo de tal caso es el uso de productos químicos de proceso sin fosfatos para laboratorios que realizan análisis del agua.

El fabricante de los productos químicos de proceso puede proporcionar una descripción de posibles métodos analíticos para detectar residuos de dichos productos químicos de proceso en la superficie del vidrio y los utensilios de laboratorio o en el agua del último aclarado (aclarado final).

El método de análisis puede estar basado, por ejemplo, en determinados componentes de los productos químicos de proceso, que pueden ser detectados fácilmente de manera analítica mediante métodos estándar y que están presentes en grandes cantidades en los productos químicos de proceso (p. ej., fosfatos).

2.4 Dosificación y tecnología de dosificación

Hablando en términos generales, los productos químicos de proceso se pueden emplear tanto en forma de polvo como en forma líquida. Los productos químicos de proceso en polvo se disuelven una vez dentro de la lavadora de laboratorio mientras que los productos químicos de proceso líquidos ya están disponibles en forma disuelta. Los productos químicos de proceso en polvo son casi exclusivamente detergentes.

Por lo general, son preferibles los productos líquidos debido a la posibilidad de la dosificación automática. Este tipo de dosificación resulta ventajosa, en lo que respecta a la precisión de la dosis a emplear y a los controles.

Una dosificación de los productos químicos de proceso correctamente realizada es el requisito previo para reprocesar vidrio y utensilios de laboratorio debidamente.

Los detergentes en polvo deben cerrarse bien después de su uso, ya que en caso contrario se podrían apelmazar al estar expuestos a la humedad del aire, debido a la presencia de componentes higroscópicos.

Dependiendo de las condiciones in situ, una dosificación puede llevarse a cabo de manera descentralizada o centralizada. Una dosificación centralizada y externa resulta oportuna cuando dentro de un complejo de edificios operan varias lavadoras de laboratorio utilizando el mismo y único producto químico de proceso; p. ej., a través de un depósito de almacenamiento.

Si, por el contrario, operan varias lavadoras de laboratorio usando individualmente diferentes productos químicos de proceso, o empleando incluso productos químicos de proceso líquidos y en polvo, convendría optar por una dosificación descentralizada.

Al dosificar productos químicos de proceso con tensioactivos, se debe prestar atención a la temperatura o al momento de la dosificación. Los tensioactivos no iónicos presentan el denominado “punto de turbidez” a una determinada temperatura. Cuando se dosifican productos químicos de proceso, la temperatura debe estar siempre por encima de ese punto de turbidez para asegurarse de que no haya problemas de formación de espuma. A ese respecto, hay que seguir las instrucciones proporcionadas por los fabricantes de productos químicos de proceso en la documentación de cada producto.

En determinadas condiciones, los productos químicos de proceso que contienen cloro activo u oxígeno activo tienen tendencia a la gasificación. Entre estas condiciones están, por ejemplo, las temperaturas elevadas (temperatura ambiente / temperatura de almacenamiento / temperatura de transporte). Por este motivo, estos productos químicos de proceso están provistos de un tapón desgasificante para evitar que se acumule presión y que el envase se hinche.

En concreto, hay que prestar especial atención para no confundir los envases y las lanzas de aspiración, puesto que podría dar lugar a reacciones químicas; p. ej.:

- Mezcla de productos químicos de proceso ácidos y alcalinos: calentamiento excesivo
- Mezcla de productos químicos de proceso ácidos y aquellos que contienen silicatos: floculación del ácido silícico
- Mezcla de productos químicos de proceso que contienen ácido fosfórico y ácido cítrico: cristalización del ácido cítrico
- Mezcla de ácidos y de productos químicos de proceso que contienen oxígeno activo: abundante formación de gases
- Mezcla de ácidos y de productos químicos de proceso que contienen cloro activo: formación de gases tóxicos (cloro gaseoso)

2.5 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas

Cada contaminación debe analizarse individualmente. Sin embargo, se pueden hacer las siguientes recomendaciones básicas para la elección de los productos químicos de proceso:

Contaminación	Producto químico de proceso que se debe utilizar		
	Limpieza previa	Limpieza	Neutralización
Residuos hidrosolubles	Preferiblemente agua; no requiere de producto químico de proceso	Detergente alcalino	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Rotulaciones con marcador	No requiere de producto químico de proceso	Detergente altamente alcalino	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
			
Restos de etiquetas	No requiere de producto químico de proceso	Detergente alcalino con agentes tensioactivos	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Mezcla de depósitos inorgánicos/orgánicos (p. ej., cal y algas)	Detergente ácido	Detergente alcalino; para las algas, detergente alcalino con agentes oxidantes	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Residuos inorgánicos	Detergente ácido	Detergente alcalino	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico

Contaminación	Producto químico de proceso que se debe utilizar		
	Limpieza previa	Limpieza	Neutralización
Residuos orgánicos	Preferiblemente agua; no requiere de producto químico de proceso	Detergente altamente alcalino	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Residuos microbiológicos	Preferiblemente agua; no requiere de producto químico de proceso	Detergente alcalino con agentes oxidantes	A base de ácido cítrico
Medios de cultivo sólidos	Preferiblemente agua; no requiere de producto químico de proceso	Detergente alcalino	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Medios de cultivo líquidos	Detergente ácido para medios de cultivo que contengan Ca o Mg	Dependiendo de la composición, detergente alcalino o detergente alcalino con agentes oxidantes	A base de ácido cítrico
Residuos de cultivos celulares y tisulares fijados parcialmente mediante esterilización	Dado el caso, utilizar un detergente alcalino con agentes oxidantes para la limpieza previa	Detergente alcalino / ligeramente alcalino con agentes oxidantes	A base de ácido cítrico
Petróleo crudo, aceites minerales	Detergente altamente alcalino con agentes tensioactivos más la adición de un componente emulsionante	Detergente altamente alcalino con agentes tensioactivos	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Cremas, pomadas	Detergente alcalino con agentes tensioactivos más la adición de un componente emulsionante. En caso de pomadas a base de zinc, limpieza previa ácida	Detergente alcalino con agentes tensioactivos	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico

Contaminación	Producto químico de proceso que se debe utilizar		
	Limpieza previa	Limpieza	Neutralización
Residuos inorgánicos, fijados parcialmente mediante esterilización 	Dado el caso, utilizar un detergente alcalino con agentes oxidantes para la limpieza previa	Detergente alcalino	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Cera de parafina	Detergente altamente alcalino más la adición de un componente emulsionante	Detergente altamente alcalino más la adición de un componente emulsionante	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico
Proteína no coagulada (p. ej., sangre)	Preferiblemente agua fría; no requiere de producto químico de proceso	Detergente alcalino	A base de ácido fosfórico o ácido cítrico

Debe tenerse en cuenta, que no sólo los productos químicos de proceso son decisivos para una limpieza exitosa, sino también lo son, p. ej., las propiedades físicas de los contaminantes:

Agar	La temperatura de limpieza se debe elegir de tal modo para que el agar se vuelva a licuar.
Parafina	Se debe elegir una temperatura de limpieza lo suficientemente alta como para fundir la parafina y mantenerla en estado líquido durante todo el proceso de limpieza, con el fin de que no se deposite en la lavadora ni en el vidrio o los utensilios de laboratorio.
Proteína no coagulada (p. ej., sangre)	Limpieza previa en frío para evitar que la contaminación se fije en la superficie del vidrio y de los utensilios de laboratorio.

Para una explicación detallada véase también el capítulo 6 “Reprocesamiento mecánico”.

En caso de emplearse vidrio y utensilios de laboratorio para pruebas analíticas especiales, se debería tener en cuenta las particularidades de los métodos analíticos a la hora de seleccionar los productos químicos de proceso:

Método analítico	Productos químicos de proceso que no deberían utilizarse
Análisis de fósforo o fosfatos; p. ej., en los laboratorios de análisis de agua	Productos químicos de proceso que contengan fosfatos/ácido fosfórico, ya que pueden ocasionar resultados erróneos.
Análisis de trazas de sustancias orgánicas y del carbono orgánico total (COT)	Productos químicos de proceso con agentes tensioactivos (a ser posible), ya que, debido a la formación de espuma, los tensioactivos pueden provocar un arrastre algo mayor y la adherencia en las superficies de, p. ej., los utensilios de plástico.
Análisis microbiológico	Productos químicos de proceso con agentes tensioactivos, ya que los tensioactivos pueden impedir el crecimiento de microorganismos.

2.6. Almacenamiento

2.6.1 Bases legales

No existe una normativa legal general en materia de almacenamiento de sustancias peligrosas, sino más bien una serie de diferentes reglamentos que describen distintos objetivos de protección, tales como la protección de suelos y aguas, la protección contra las inmisiones, la protección de los trabajadores y la seguridad pública, etc.

Entre otras, se deben cumplir las siguientes normativas legales importantes:

- Ordenanza alemana sobre sustancias peligrosas (GefStoffVO)
- Ley alemana sobre el régimen de aguas (WHG)
- Ordenanzas de los estados federados de Alemania sobre las instalaciones para el manejo de sustancias peligrosas para el agua (VAwS)
- Reglas técnicas alemanas para sustancias peligrosas (TRGS) - TRGS 510 Almacenamiento en recipientes móviles

2.6.2 Principios para el almacenamiento de sustancias peligrosas

Tal y como exponen las normativas legales relativas al agua, las sustancias peligrosas para el agua deben almacenarse de tal forma que no puedan contaminar ni provocar otras alteraciones en el agua. La seguridad de los recipientes, dispositivos y espacios en uso deben garantizarse conforme a ciertos aspectos:

- Las instalaciones de almacenamiento deben imposibilitar fugas incontroladas. Deben ser herméticas y resistentes frente a los previsibles factores mecánicos, químicos y térmicos.
- Depósitos recolectores sin desagües
- Aprovechamiento y eliminación reglamentarios de las fugas de sustancias peligrosas para el agua.
- Existencia de instrucciones operativas para el almacenamiento, incluyendo un plan de seguimiento, de mantenimiento y de emergencia.

El término “almacenamiento” se refiere al mantenimiento de reservas y no al uso inmediato de las mismas.

2.6.3 Almacenamiento de productos químicos de proceso

También son consideradas sustancias peligrosas los productos químicos de proceso utilizados para fines de limpieza y desinfección. El almacenamiento de productos químicos de proceso exige diferentes requisitos en función de la clase de peligro para el agua (CPA) y la cantidad total almacenada. Las clases de peligro para el agua suelen estar incluidas en el capítulo 15 de la hoja de datos de seguridad.

Los depósitos de almacenamiento que estén conectados a lavadoras de laboratorio o a estaciones de dosificación centralizadas y que contengan cantidades que excedan las necesidades diarias también se consideran recipientes de almacenamiento según las normativas legales relativas al agua. Los recipientes, dispositivos y espacios utilizados para el almacenamiento deben garantizar la seguridad correspondientemente.

A cada sustancia peligrosa almacenada se le asigna una clase de almacenamiento, independientemente de sus características de

peligrosidad. Esto es especialmente importante cuando se trata del almacenamiento de sustancias peligrosas. Por lo general, las sustancias peligrosas pertenecientes a una misma clase de almacenamiento se pueden almacenar todas en un mismo sector de almacenamiento. El almacenamiento conjunto de sustancias peligrosas pertenecientes a diferentes clases de almacenamiento se describe de forma detallada en la tabla “Almacenamiento independiente o conjunto”, incluida actualmente en la TRGS 510 y, en un futuro, estará disponible en la TRGS 509. Se habla de almacenamiento conjunto cuando distintas sustancias se encuentran en un mismo sector de almacenamiento, un contenedor, un armario de seguridad o un depósito recolector.

Almacenamiento de productos ácidos y alcalinos y que contienen cloro activo

En particular, los productos que contienen cloro activo deberían ser almacenados, dentro de lo posible, a una temperatura fresca (0-25 °C), en salas bien ventiladas y sin recibir luz directa. No es obligatorio separar los detergentes ácidos de aquellos que contienen cloro activo, no obstante, se recomienda la separación en la medida en que fuera realizable, ya que en caso de confluir existe un riesgo de formación de cloro gaseoso.

Como regla general, la temperatura de almacenamiento debe estar por debajo de 30 °C, incluso para el almacenamiento a corto plazo. Se debe evitar la exposición directa a la luz solar y a la radiación ultravioleta.

3.1 La función del agua en el proceso de reprocesamiento

El agua desempeña diversas funciones en el proceso de reprocesamiento, por ejemplo:

- Disolvente para numerosos contaminantes
- Disolvente para productos químicos de proceso
- Transmisión de fuerzas mecánicas, de temperatura y de productos químicos de proceso a la superficie del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio
- Enjuague de los contaminantes disueltos, emulsionados o en suspensión y de los productos químicos de proceso que se hayan empleado
- Medio para la esterilización por vapor

Una composición desfavorable del agua puede afectar negativamente tanto al proceso de reprocesamiento como al aspecto y a los materiales de las lavadoras de laboratorio, así como a los varios tipos de vidrio y utensilios de laboratorio. Por este motivo, al planificar las instalaciones de agua, se debe tener en cuenta la calidad requerida y la cantidad necesaria del suministro de agua de proceso.

3.2 Componentes del agua potable

El tipo y la concentración de los componentes del agua potable varían en función del origen y del procedimiento utilizado para la obtención del agua. Toda agua natural contiene sustancias iónicas y no iónicas disueltas, así como partículas insolubles.

Los siguientes componentes del agua pueden causar problemas:

- **Compuestos no iónicos**
 - Coloides (p. ej., ácidos húmicos, hierro)
 - Residuos de fármacos

- **Compuestos iónicos**
 - Formadores de dureza (iones de calcio y magnesio)
 - Metales pesados y no ferrosos; p. ej., hierro, manganeso, cobre
 - Ácido silícico, silicatos
 - Cloruro
- **Partículas**
 - Partículas de óxido
 - Arena
 - Partículas pirógenas (de origen no biológico)
- **Componentes microbiológicos**
 - Bacterias, hongos, virus y pirógenos

Coloides (p. ej., ácidos húmicos y hierro)

Los ácidos húmicos son compuestos macromoleculares que se producen durante los procesos de degradación de materiales biológicos. Las aguas que contienen ácidos húmicos son de color amarillo y pueden dañar, p. ej., las resinas de intercambio iónico mediante la impurificación (fouling). Por este motivo, los ácidos húmicos se eliminan empleando procedimientos especiales basados en el uso, por ejemplo, de filtros de carbón activado o procesos de membrana (ósmosis inversa).

El hierro coloidal puede ocasionar serios problemas durante los procedimientos de tratamiento del agua. Si el hierro no se elimina del agua, puede causar corrosión (entre otros problemas).

Residuos de fármacos

Los residuos de fármacos son difíciles de degradar y, por consiguiente, tienden a acumularse en el agua. Debido a esta acumulación, estas sustancias se encuentran en los ciclos del agua y de los nutrientes. Los residuos que están presentes en el agua pueden influir en el resultado de los métodos analíticos (p. ej., análisis de aguas, medioambientales, de productos alimenticios y farmacéuticos) y en las aplicaciones con organismos vivos debido a la toxicidad / eficacia.

Formadores de dureza

Los formadores de dureza causan, dependiendo de la dureza del agua y la temperatura presente, una formación de depósitos difícilmente solubles (depósitos de cal). En ciertas circunstancias, esto puede incluso llevar a la corrosión debajo del depósito (elemento galvánico).

Metales pesados y no ferrosos

Los metales pesados y no ferrosos y sus compuestos presentes en el agua pueden llevar, incluso en concentraciones bajas, a la aparición de depósitos de color rojo parduzco o negro. En los casos más desfavorables, las resinas de intercambio pueden hasta ser inactivadas, p. ej., con la presencia de iones de cobre, en cuyo caso deberán ser sustituidas.

Ácido silícico y silicatos

El ácido silícico y los silicatos pueden causar, ya en bajas concentraciones, unas decoloraciones parecidas al vidriado de color amarillo pardo y de un color azul violáceo en el caso de concentraciones más elevadas. Las resinas de intercambio aniónico adsorben difícilmente los silicatos y el ácido silícico presente por igual, provocando que tras un breve periodo de tiempo se liberen de nuevo los silicatos inicialmente adsorbidos por causa de la adsorción de otros aniones, y que una adsorción de nuevos silicatos y de ácido silícico no se lleve a cabo (“fuga de silicatos” o “fuga del ácido silícico”). Por otra parte, el ácido silícico se detecta difícilmente con la ayuda de conductímetros, dado que está presente en el agua generalmente de forma no disociada. Si la resina de intercambio no se regenera a tiempo, el ácido silícico y los silicatos dejan de estar retenidos y volverán al agua de proceso (p. ej., en el aclarado final). En el caso del acero inoxidable, esto provoca la aparición de depósitos coloridos en la lavadora de laboratorio y sobre los utensilios de laboratorio.

Cloruro

El cloruro disuelto en el agua es especialmente crítico, ya que en concentraciones más altas (100 mg/l en nivel neutro y alcalino o 50 mg/l en nivel ácido), puede provocar, p. ej., picaduras (corrosión localizada inducida por el cloruro) incluso en aceros inoxidables. Los factores que favorecen la aparición de corrosión localizada inducida por cloruro son temperaturas elevadas, valores del pH bajos y un aumento de la concentración debido a la acción del secado.

Residuo de la evaporación

Cuando el agua se evapora, las sustancias contenidas en el agua pueden permanecer en forma de depósitos minerales visibles. Estos pueden dar lugar a la formación de manchas y/o corrosión. Debido a las sustancias que contiene el agua, no se puede recomendar el uso de agua potable natural para todos los pasos del proceso. Dependiendo de la aplicación, el agua potable debe ser ablandada o desmineralizada.

Partículas de óxido

Aparte de sus componentes naturales, el agua potable a veces contiene óxido. Este casi siempre procede del sistema de tuberías corroídas. Durante el reprocesamiento mecánico, el óxido se deposita sobre las superficies de acero inoxidable en las lavadoras de laboratorio y, en determinadas circunstancias, sobre los utensilios de laboratorio, donde produce manchas de óxido (óxido ajeno) y la posterior corrosión.

Arena

La arena y los residuos que por lo general son abrasivos pueden bloquear y dañar todas las piezas móviles del sistema de limpieza, como p. ej., los rodillos, los brazos aspersores, los acoplamientos, etc.

Partículas pirógenas (de origen no biológico)

Las partículas microscópicas de metales y plásticos, como p. ej., las partículas de abrasión de caucho, pueden actuar como pirógenos.^[2]

Bacterias, hongos, virus y pirógenos

Las bacterias, los hongos, los virus y sus productos de degradación (endotoxinas, fragmentos de ARN y de ADN, etc.) presentes en el agua pueden afectar al crecimiento de cultivos de células, presentar propiedades pirógenas o provocar falsos positivos en los análisis microbiológicos, p. ej., en análisis de aguas.^[2]

3.3 Procedimientos generales para el tratamiento del agua

Los siguientes procedimientos pueden aplicarse en función del uso del agua:

Ablandamiento

En un proceso de ablandamiento, los cationes de calcio y de magnesio presentes en el agua (formadores de dureza) son intercambiados por iones de sodio. La conductividad del agua no sufre ninguna variación significativa con este proceso y el residuo de la evaporación no se reduce. En el agua ablandada, el valor del pH puede aumentar considerablemente por causa de la formación de carbonato sódico, debida a la temperatura, al tiempo y a la dureza de carbonatos presentes en el agua de partida.

Desmineralización

En un proceso de desmineralización, se eliminan en gran parte todas las sustancias minerales contenidas en el agua potable. Se pueden utilizar los siguientes procedimientos para la desmineralización:

- Intercambiadores de cationes y aniones
- Electrodesionización
- Ósmosis inversa
- Destilación

Desmineralización: Intercambiadores de cationes y aniones

En el caso de los intercambiadores de cationes y aniones, el procedimiento se basa en una reacción de intercambio de iones. Las resinas de intercambio catiónico están cargadas con H^+ en estado regenerado, adsorben cationes y liberan H^+ durante la adsorción. Las resinas de intercambio aniónico están cargadas con OH^- en estado regenerado, adsorben aniones y liberan OH^- durante la adsorción. El agua obtenida tiene una conductividad relativamente baja ($< 10 \mu S/cm$). Los compuestos no iónicos, las partículas, los microorganismos, el ácido silícico, los pirógenos, etc., no son retenidos. Tras la desmineralización, la calidad del agua puede ser peor que antes con respecto a la presencia de partículas, microorganismos y pirógenos.

Desmineralización: Electrodesionización

La electrodesionización es un proceso electroquímico que combina la tecnología de electrodiálisis e intercambio iónico. El principio de acción es la migración de iones en un campo eléctrico con un sistema multicámara con membranas de cationes y aniones. Una de las características clave de este procedimiento es la regeneración continuada del sistema debido a la disociación de las moléculas de agua en H^+ y OH^- . Otra ventaja reside en el hecho de que el agua desmineralizada no entra en contacto directo con las superficies reales de los intercambiadores (resina de intercambio) y que impide en gran medida la contaminación por partículas, microorganismos y pirógenos. Debido a que el sistema de tratamiento del agua es relativamente caro, y en parte tiene un rendimiento limitado y es sensible, el procedimiento se realiza generalmente después de una ósmosis inversa.

Desmineralización: Ósmosis inversa

El procedimiento de ósmosis inversa se basa en una tecnología de membranas (membrana semipermeable) en la que el proceso físico natural de la ósmosis se invierte con la ayuda de una bomba de aumento de presión. El retenido (concentrado) y el permeado se obtienen a partir del agua de alimentación (agua potable). El retenido contiene casi todas las sustancias presentes en el agua de alimentación. El permeado está prácticamente libre de compuestos no iónicos, partículas, microorganismos, ácido silícico y solo contiene una mínima parte de residuos iónicos. Tras la ósmosis inversa, la conductividad depende del sistema, así como de la conductividad inicial y la temperatura del agua de alimentación. Los sistemas de ósmosis inversa logran una tasa promedio de retención de sales que oscila entre el 90 y el 99 % y una conductividad residual de entre aproximadamente 10 y 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Para reducir aún más la conductividad residual, con frecuencia se utilizan resinas de intercambio catiónico/aniónico provistas de un filtro o, de modo alternativo, también se utiliza con frecuencia la electrodesionización en una etapa final.

Desmineralización: Destilación

En la destilación, el agua se evapora y se condensa nuevamente. El destilado está prácticamente libre de compuestos no iónicos, partículas, microorganismos, ácido silícico, compuestos iónicos y solo contiene una mínima parte de compuestos orgánicos volátiles y tiene una conductividad relativamente baja. Para aumentar la pureza del agua, es posible realizar de forma sucesiva otra destilación u otras dos más (bidestillación y tridestillación). Este método de tratamiento consume relativamente mucha energía.

3.4 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas

La fase de trabajo del reprocesamiento, al igual que el ámbito de aplicación del vidrio y de los utensilios de laboratorio, resultan decisivos a la hora de elegir la calidad del agua que se va a utilizar y el sistema de tratamiento del agua requerido. Los pasos de trabajo del reprocesamiento se dividen del siguiente modo:

- Preparación manual
- Reprocesamiento mecánico: prelavado, limpieza y neutralización
- Reprocesamiento mecánico: enjuague y aclarado final
- Reprocesamiento mecánico: desinfección
- Esterilización

3.4.1 Preparación manual

Después de usar el vidrio y los utensilios de laboratorio, estos se vacían, se lavan y se enjuagan brevemente y, en caso necesario, se sumergen en una solución acuosa junto con los productos químicos de proceso correspondientes.

Como regla general, para lavar y enjuagar el vidrio y los utensilios de laboratorio se puede utilizar agua potable. Para las aplicaciones especiales en el campo del análisis inorgánico puede que sea necesario utilizar agua desmineralizada. Esto evitará que residuos inorgánicos procedentes del agua potable se sequen en la superficie del vidrio y de los utensilios de laboratorio. En el caso de sumergir el vidrio y los utensilios de laboratorio en una solución acuosa con productos químicos de proceso, se debe prestar atención a las indicaciones relativas al agua del fabricante de dichos productos.

3.4.2 Reprocesamiento mecánico: prelavado, limpieza y neutralización

En el reprocesamiento mecánico el prelavado, la limpieza y la neutralización se realizan generalmente con agua ablandada. Basándonos en la experiencia acumulada en el reprocesamiento mecánico de material de vidrio y utensilios de laboratorio, recomendamos los siguientes valores indicativos:

- Dureza total: < 4°dH
- Contenido de cloruro: < 100 mg/l

Para las aplicaciones especiales en el campo del análisis inorgánico, puede que sea necesario utilizar agua desmineralizada para el prelavado, la limpieza y la neutralización.

3.4.3 Reprocesamiento mecánico: enjuague y aclarado final

Para el enjuague y el aclarado final durante el reprocesamiento mecánico, el usuario debe determinar qué sustancias contenidas en el agua son críticas para el uso del vidrio y de los utensilios de laboratorio y debe elegir la calidad del agua o el sistema de tratamiento del agua requeridos en base al perfil de exigencias.

La siguiente tabla contiene propuestas para la selección de procedimientos apropiados de tratamiento del agua:

Criterios de partida	Intercambiador de cationes/aniones	Intercambiador de cationes/aniones con filtro*	Ósmosis inversa	Ósmosis inversa con una electro-desionización posterior
Sin manchas (comprobación visual)	+	+	•	+
Fascos para muestras de agua potable y aguas residuales	+	+	+	+
Análisis inorgánico	+	+	-	+
Análisis orgánico	•	•	•	+
Cultivos celulares y tisulares	-	•	•	+
Biología, microbiología y biotecnología	-	•	+	+
Patología	+	+	•	+
Industria petrolera	+	+	•	+
Industria farmacéutica:				
I+D	•	+	•	+
Análisis	-	•	-	+
Producción	-	-	-	+

Criterios de partida	Intercambiador de cationes/aniones	Intercambiador de cationes/aniones con filtro*	Ósmosis inversa	Ósmosis inversa con una electro-desionización posterior
Industria cosmética:				
I+D	●	+	●	+
Análisis	—	●	—	+
Producción	—	—	—	+
Industria alimentaria:				
I+D	●	+	●	+
Análisis	—	●	—	+
Producción	—	—	—	+

*Filtro: filtro de partículas o un filtro estéril y, en caso necesario, un filtro de carbón activado.

⊕ : idóneo (dependiendo de las exigencias)

● : en cierta medida idóneo (dependiendo de las exigencias)

— : no idóneo

3.4.4 Reprocesamiento mecánico: desinfección

Determinar la calidad del agua y, por ende, el proceso de tratamiento del agua requerido para llevar a cabo la desinfección, dependen de si la desinfección se realiza al inicio o al final del procedimiento de reprocesamiento. Si la desinfección tiene lugar al inicio del procedimiento de reprocesamiento, se deben emplear las mismas calidades de agua que para el prelavado, la limpieza y la neutralización (véase apartado 3.4.2). Si la desinfección se realiza al finalizar el procedimiento de reprocesamiento, se deberían utilizar las mismas calidades de agua que para el enjuague y el aclarado final (véase apartado 3.4.3).

3.4.5 Esterilización

Si, por razones de seguridad, el vidrio y los utensilios de laboratorio contaminados deben someterse a una primera esterilización inmediatamente después de su uso y antes del previsto reprocesamiento, p. ej., porque están contaminados con gérmenes altamente patógenos o con material modificado genéticamente, el esterilizador en sí, sus procedimientos y también los medios deberán corresponder a las exigencias del proceso.

El agua de alimentación empleada para la generación de vapor debe disponer de una calidad conforme a la norma DIN EN 285^[3], anexo B.

Si la esterilización se lleva a cabo en el curso del reprocesamiento y antes del siguiente uso del material, el vapor debe disponer de tal calidad, que el uso del vidrio y de los utensilios de laboratorio esterilizados con ese vapor no se vea afectado por los residuos contenidos en el vapor. Los criterios de selección pueden ser: ausencia de gérmenes, ausencia de pirógenos y pureza analítica. El agua de alimentación empleada para la generación de vapor debe ser tratada para lograr la esperada ausencia de gérmenes, ausencia de pirógenos y pureza analítica.

4 Lavadoras de laboratorio

4.1 Funciones generales

Las lavadoras de laboratorio son aparatos de una sola cámara. Se trata de un sistema cerrado en el que se desarrolla todo el proceso de lavado, aclarado, desinfección (en caso necesario) y secado.



Cámara de lavado de una lavadora de laboratorio bajo encimera



Cámara de lavado de una lavadora de laboratorio de gran capacidad

El reprocesamiento realizado en lavadoras de laboratorio es un proceso acuoso para el cual se requiere agua y productos químicos de proceso. La calidad del agua y el uso correcto de los correspondientes productos químicos de proceso son factores importantes en este tipo de reprocesamiento. Para la limpieza se utiliza agua fría blanda o agua caliente blanda, mientras que para la fase del aclarado se utiliza agua desmineralizada o ultrapura.

El reprocesamiento se realiza mediante el sistema de circulación de agua limpia, según el cual se renueva el agua para cada bloque del programa y se extrae completamente al final del bloque. Al iniciar un programa, una cantidad mínima definida de agua fluye al interior de la cámara de lavado. Dicha cantidad mínima depende de diversos factores; p. ej.: el tamaño de la cámara de lavado, el número de niveles

de carga, la capacidad de la bomba de circulación y los soportes de carga empleados (limpieza mediante brazos aspersores o toberas inyectoras). Para que la bomba de circulación funcione de manera estable se requiere la entrada de una cantidad mínima de agua. Por ello, el flujo volumétrico debe ser lo suficientemente alto y especialmente constante.

4.2 Equipamiento y soportes de carga

Las lavadoras de laboratorio están disponibles en diversos tamaños y pueden estar equipadas con puertas abatibles o con mecanismo de elevación. Dependiendo del modelo, pueden ser utilizadas como aparatos para el emplazamiento independiente o pueden ser idóneas para un empotramiento bajo encimera. Las lavadoras de laboratorio de tamaño pequeño disponen, por lo general, de una puerta abatible, mientras que las de gran tamaño están equipadas, de manera opcional, con una o dos puertas (frecuentemente puertas con mecanismo de elevación). Las lavadoras de laboratorio con dos puertas predominan en aquellas instalaciones en las que la sala de reprocesamiento está dividida en un lado contaminado —



Lavadora de laboratorio bajo encimera con Easyload



Lavadora de laboratorio de gran capacidad

donde el material de vidrio y los utensilios de laboratorio contaminados son colocados en los soportes de carga — y un lado limpio donde el vidrio y los utensilios de laboratorio son retirados analíticamente puros, una vez finalizado el programa. Dependiendo del tamaño de la lavadora de laboratorio, también variará el tamaño de la cámara, que determina a su vez el número de niveles de carga y, por ende, la cantidad del vidrio de laboratorio que podrá ser reprocesado.

Los elementos centrales de una lavadora de laboratorio son la circulación del agua y sus componentes correspondientes, como pueden ser la bomba de circulación, los brazos aspersores, el descalcificador de agua, el sistema de dosificación y la unidad de secado. Algunas lavadoras de laboratorio también posibilitan, por ejemplo, la medición de conductividad, la supervisión de los brazos aspersores y el control de la presión de lavado.

Según su modelo, disponen de conexiones para agua fría, caliente, desmineralizada y ultrapura. Si se utiliza agua fría y caliente, esta debería ser descalcificada. Las lavadoras de laboratorio de menor tamaño están provistas, por lo general, de un descalcificador integrado, mientras que para los modelos más grandes se necesitan utensilios de descalcificación externos. Las lavadoras de laboratorio con descalcificador integrado tienen un depósito interno donde se almacena la sal regeneradora que se necesita para este proceso.

El número y la capacidad de las bombas de circulación, que suministran agua a los brazos aspersores del aparato y de las cestas, dependen igualmente del tamaño de la lavadora de laboratorio.

Para la limpieza se pueden utilizar productos químicos de proceso líquidos o en forma de polvo. Por lo general, el detergente de limpieza en polvo se agrega al compartimiento de dosificación, que está integrado en la puerta de la lavadora, mientras que los productos químicos de proceso líquidos se bombean al interior mediante bombas dosificadoras. Las lavadoras de laboratorio pequeñas utilizan normalmente bombas peristálticas para la dosificación de cantidades más pequeñas, mientras que las máquinas de mayor tamaño suelen estar provistas de bombas de fuelle o de bombas de membrana. La ventaja de usar productos químicos de proceso líquidos reside principalmente en el hecho de que la cantidad requerida se dosifica de manera automática, en función del programa seleccionado. Esto evita la infradosificación

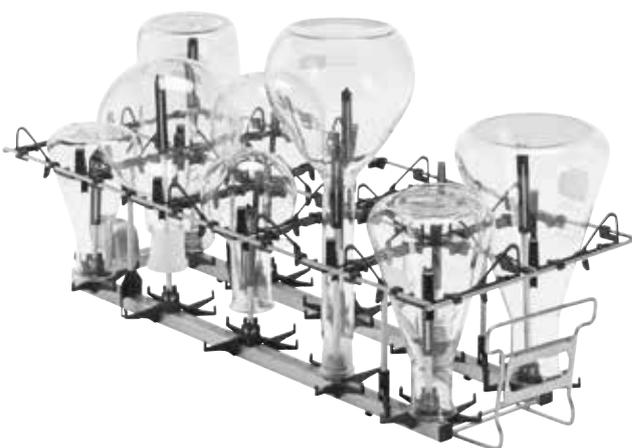
o la sobredosificación suministrada de forma manual. En este caso, las lavadoras de laboratorio deberían disponer de una función de control de dosificación, para poder supervisar si la dosificación se lleva a cabo (control del flujo) o cuál ha sido la dosis empleada (control de cantidad). Adicionalmente disponen de controles para la detección de vacío, que miden el nivel de la dosificación en el depósito y que emiten una señal o una advertencia si la cantidad disponible de productos químicos de proceso es insuficiente.

Otro componente importante es el sistema de filtros. Este sistema debería constar de varios elementos que filtren tanto las partículas pequeñas como las más gruesas, eliminándolas de las aguas de lavado y evitando así que vuelvan a entrar en el circuito de lavado.

Algunas lavadoras de laboratorio cuentan con una unidad de secado, la cual aspira el aire ambiente, lo calienta y lo introduce luego en la cámara de la lavadora para secar de este modo el vidrio y los utensilios de laboratorio. Para este proceso es necesario filtrar el aire ambiente aspirado por medio de prefiltros y de un filtro de alta eficiencia para partículas en suspensión (filtros HEPA).

El desarrollo de los programas durante el proceso de reprocesamiento se regula y supervisa mediante el panel de control. Las interfaces en las lavadoras de laboratorio permiten asimismo documentar los datos del proceso a través de un software o de una impresora. En función del modelo, se proporcionan protocolos con los parámetros más importantes, tales como la temperatura o el tiempo de ejecución del programa. Estos protocolos pueden ser archivados, lo que posibilita la trazabilidad y la reproducibilidad exacta de los procesos.

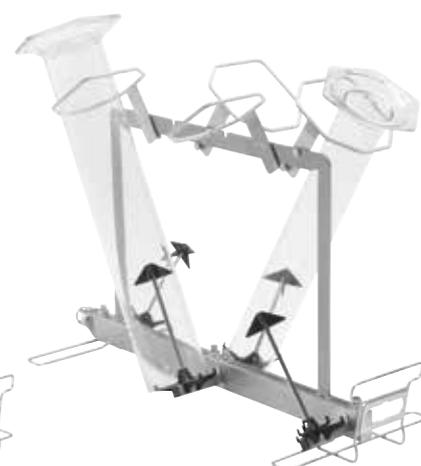
Para que el reprocesamiento en las lavadoras de laboratorio sea correcto conviene tener en cuenta también los soportes de carga correspondientes. Hay soportes de carga que están dotados con dispositivos fijos para el vidrio de laboratorio o sólo permiten la colocación de cierto tipo de vidrio o utensilios de laboratorio, mientras que hay otros que permiten cargas mixtas (p. ej., una combinación de frascos de cuello ancho y tapas). Algunos soportes de carga están provistos de brazos aspersores adicionales. Estos brazos aspersores y los que tiene la propia lavadora garantizan una limpieza externa completa y un cierto grado de limpieza interna, lo cual hace que el vidrio de cuello ancho quede completamente limpio.



Módulo EasyLoad



Módulo para pipetas



Módulo para el cilindro de medición

En el caso del vidrio de cuello estrecho, la limpieza mediante brazos aspersores no resulta suficiente y, por lo tanto, se requiere el uso de soportes de carga especiales que limpian las superficies interiores del vidrio y de los utensilios de laboratorio mediante toberas inyectoras.

4.3 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas

Este apartado ofrece información básica sobre cómo elegir el sistema de reprocesamiento correcto. Debido a que el sector de los laboratorios es muy diverso, quizá no sea posible aplicar esta información a todos los laboratorios por igual. Sin embargo permite obtener una comprensión básica de los aspectos más importantes del reprocesamiento en el laboratorio.

A la hora de elegir la lavadora de laboratorio más apropiada, el primer paso es definir cuáles son los parámetros importantes para el laboratorio en cuestión. A este respecto, se puede abordar la situación relacionada con la estructura de la ubicación, así como los parámetros relevantes para el propio proceso.



Diversos tipos de vidrio de laboratorio



Limpieza externa e interna óptima del vidrio de laboratorio

En primer lugar, un laboratorio debe determinar el deseado grado de pureza analítica o la contaminación residual permitida en el vidrio y los utensilios de laboratorio. En base a estas determinaciones se decide qué características de equipamiento debe tener la lavadora de laboratorio.

En función de la cantidad y el tamaño del vidrio y de los utensilios de laboratorio que serán reprocesados, se decide el número necesario y el tamaño que deben tener las lavadoras de laboratorio. A la vez, también es importante tener en cuenta el espacio del que se dispone en el laboratorio y comprobar para cada una de las aplicaciones, si se requiere una separación en zonas de carga y descarga y, por ende, la división del laboratorio en un lado limpio y un lado contaminado.

La selección de los soportes de carga depende del tipo y el tamaño del vidrio y de los utensilios de laboratorio. En el caso de vidrio de cuello ancho (p. ej., vasos), basta la limpieza mediante un brazo aspersor. En cambio, el vidrio de cuello estrecho (p. ej., matraces de fondo redondo, matraces aforados, pipetas) requiere de un soporte de carga dotado con toberas inyectoras, para llevar a cabo la limpieza interior del recipiente de forma adecuada. Cuanto más alto sea el vidrio de laboratorio más larga debería ser la tobera y cuanto mayor sea el diámetro de vidrio de laboratorio más ancha debería ser la tobera. Esto garantiza que a las superficies interiores del vidrio de laboratorio llegue la cantidad óptima de agua. Por otra parte, se debería tener en cuenta el peso del vidrio de laboratorio de mayor tamaño y seleccionar un adecuado adaptador o una tobera inyectora. Otros detalles así como la selección de programas apropiados para el reprocesamiento pueden ser consultados en el capítulo 6 “Reprocesamiento mecánico”.

5 Preparación previa al reprocesamiento mecánico

Dependiendo del estado de partida (p. ej., antigüedad, contaminación, etc.) del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio se llevará a cabo o no un pretratamiento.

Se distinguen los siguientes estados:

- Materiales de vidrio y utensilios de laboratorio nuevos
- Contaminación: materiales de trabajo biológicos
- Contaminación: otros tipos

5.1 Materiales de vidrio de laboratorio nuevos

Antes del primer uso, se recomienda reprocesar el material de vidrio y los utensilios de laboratorio completamente nuevos, empleando un procedimiento estándar apropiado para la aplicación, con el fin de descartar la presencia de residuos, p. ej., procedentes del embalaje o transporte.

Para los ámbitos de la biología, la biotecnología y la farmacia, la recomendación es someter el vidrio de laboratorio a un procedimiento artificial de envejecimiento, con el fin de que la superficie del vidrio se vuelva menos sensible ante medios acuosos. Este estado se logra llenando el vidrio de laboratorio nuevo con agua ultrapura e hirviéndolo en un autoclave (programa para líquidos: 121 °C, 20 minutos).

5.2 Contaminación: materiales de trabajo biológicos

En aquellos ámbitos en los que se emplean materiales de trabajo biológicos, el material de vidrio y los utensilios de laboratorio —contaminación incluida—, deben ser esterilizados después del uso y, si fuera necesario, antes del reprocesamiento. Los materiales de trabajo biológicos, p. ej., según la ordenanza alemana sobre agentes biológicos (BioStoffVO) o la directiva 2000/54/CE, pueden causar infecciones, efectos tóxicos y de sensibilización en seres humanos y representan un riesgo para el medio ambiente en general. Si es necesaria una esterilización dependerá de la clasificación de riesgos de los materiales de trabajo biológicos empleados.

Cuando se esterilizan el vidrio y los utensilios de laboratorio la contaminación está, en parte, fijada térmicamente, lo que dificulta notablemente su eliminación.

5.3 Contaminación: otros tipos

Antes del reprocesamiento mecánico, con frecuencia se requiere un pretratamiento manual. El alcance de este pretratamiento dependerá del grado de suciedad.

Por lo general se observan las siguientes contaminaciones básicas:

- Etiquetas y restos de etiquetas
- Grasa para esmerilados (hidrosoluble y no hidrosoluble)
- Soluciones acuosas y residuos hidrosolubles
- Ácido clorhídrico y residuos que contienen cloruro
- Residuos no hidrosolubles
- Residuos orgánicos tratados térmicamente
- Residuos de disolventes
- Pipetas
- Rotulaciones con marcadores

Etiquetas y restos de etiquetas

En los laboratorios se utilizan etiquetas con los más diversos tipos de adhesivos. Por esta razón, no existe una instrucción de índole general para la eliminación de las etiquetas. Si se introducen materiales etiquetados en la lavadora de laboratorio, las etiquetas y los restos de adhesivo se acumulan en el sistema de filtros cercano a la toma de agua de las bombas de circulación y pueden obstruirlos de este modo. Los restos de adhesivo también pueden acabar distribuidos por todo el sistema de circulación y, por consiguiente, pueden recontaminar el vidrio y los utensilios de laboratorio.

Las etiquetas se deberían quitar antes de iniciar el reprocesamiento mecánico y los restos de adhesivo habría que eliminarlos utilizando un disolvente. Otra opción es sumergir el vidrio y los utensilios de laboratorio en una solución alcalina que contenga tensioactivos.

Debido a su matriz orgánica, las etiquetas solubles en agua generan espuma durante el reprocesamiento mecánico y son más difíciles de eliminar debido a la acción de los ácidos.

Grasa para esmerilados (hidrosoluble y no hidrosoluble)

La mayoría de las grasas para esmerilados no son solubles en agua y, por lo tanto, deben ser eliminadas con un disolvente. Si se introduce

material engrasado en la lavadora de laboratorio, el resto del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio puede ser contaminado por la grasa para esmerilados. No obstante, existen ciertas grasas para esmerilados que pueden eliminarse utilizando detergentes altamente alcalinos. Si desea obtener más información con respecto a esto, póngase en contacto con el fabricante de productos químicos de proceso.

Soluciones acuosas y residuos hidrosolubles

Si el material de vidrio y los utensilios de laboratorio están contaminados con soluciones acuosas y con residuos hidrosolubles, será necesario pretratarlos de la siguiente manera:

- Vaciar
- Enjuagar con agua potable o con agua desmineralizada para el análisis inorgánico
- Dejar escurrir

Ácido clorhídrico y residuos que contienen cloruro

El ácido clorhídrico y los residuos que contienen cloruro pueden corroer el acero inoxidable de los soportes de carga donde se colocan el material y los utensilios de laboratorio. También pueden corroer las cámaras de la lavadora de laboratorio. En este caso, el vidrio y los utensilios de laboratorio se deberían pretratar de la siguiente manera:

- Vaciar
- Enjuagar con agua potable o con agua desmineralizada para el análisis inorgánico
- Dejar escurrir bien sobre una superficie o un soporte que sea resistente a la corrosión
- Colocar en los soportes de carga para el material de vidrio y los utensilios de laboratorio una vez que estén completamente secos

Residuos no hidrosolubles

Los residuos no hidrosolubles se pueden dividir en dos grupos:

- Residuos eliminables por vía acuosa durante el reprocesamiento mecánico, p. ej., petróleo crudo, aceites viscosos y plastificantes, etc.
- Residuos no eliminables por vía acuosa durante el reprocesamiento mecánico, p. ej., esteroides, residuos de barniz y polímeros, productos procedentes del craqueo, etc.

Para el primer grupo de residuos, se ha demostrado que resulta útil el siguiente pretratamiento:

- Vaciar y dejar escurrir durante un largo periodo de tiempo
- Enjuagar con agua caliente que sea de la calidad del agua potable
- Dejar escurrir

Para el segundo grupo habría que aplicar los siguientes cambios:

Algunos barnices y residuos de polímeros se pueden eliminar utilizando productos químicos de proceso especiales. Otros residuos, tales como esteroides y productos procedentes del craqueo, deberían ser eliminados de los utensilios de laboratorio utilizando disolventes o sumergiéndolos en una solución acuosa ácida o alcalina que resulte adecuada.

Residuos orgánicos tratados térmicamente

El tratamiento térmico, p. ej., el calentamiento prolongado o la esterilización, hace que la eliminación de los residuos resulte mucho más difícil de llevar a cabo que antes de dicho tratamiento. Para el reprocesamiento mecánico, con frecuencia se necesitan temperaturas de limpieza elevadas y tiempos de actuación prolongados. Como opción alternativa, si los residuos no se pueden eliminar completamente durante el reprocesamiento mecánico, los aparatos y utensilios de laboratorio se deberían enjuagar con un disolvente o sumergirlos en soluciones acuosas alcalinas que resulten adecuadas.

Residuos de disolventes

Debido al riesgo de incendio y de explosión, sólo se pueden introducir en la lavadora de laboratorio las trazas de disolventes fácilmente volatilizables e inflamables. Existen otros disolventes que pueden atacar a los componentes de plástico y elastómero que tienen las lavadoras de laboratorio. Para el uso de disolventes, se ha demostrado que resulta útil el siguiente pretratamiento:

- Vaciar, dejar escurrir bien y airear durante un largo periodo de tiempo
- Enjuagar con agua caliente que sea de la calidad del agua potable
- Dejar escurrir y, de ser necesario, airear
- No almacenar el vidrio y los utensilios de laboratorio en la cámara de lavado, sino llenar la lavadora de laboratorio e iniciar de inmediato el programa de limpieza

Pipetas

Los residuos se pueden endurecer o cristalizar en la pipeta y especialmente en la punta de la pipeta. Para evitar una obstrucción de las pipetas, deberían ser pretratadas de la siguiente manera:

- Vaciar
- Enjuagar con agua que sea de la calidad del agua potable, con agua desmineralizada o con un disolvente
- Sumergir y dejar en remojo en agua desmineralizada, ligeramente ácida o ligeramente alcalina
- Sacar del baño de inmersión justo antes de que se inicie el reprocesamiento mecánico
- Vaciar
- Dejar escurrir

Rotulaciones con marcadores

Una serie de ensayos realizados con un procedimiento mecánico han demostrado de manera general, que, dependiendo de los colorantes empleados, las rotulaciones con marcadores realizadas en azul y verde son normalmente más fáciles de eliminar que aquellas en rojo y negro.

Con frecuencia, las rotulaciones con marcadores se eliminan de las superficies de vidrio utilizando productos químicos de proceso altamente alcalinos a temperaturas elevadas (≥ 80 °C) durante el reprocesamiento mecánico. Para evitar la corrosión del vidrio, hay determinados instrumentos de medición como los matraces aforados, las probetas graduadas, etc. que se deberían reprocesar empleando temperaturas más bajas. Si las rotulaciones no desaparecen a bajas temperaturas, el vidrio de laboratorio se debe sumergir en una solución alcalina que contenga tensioactivos o debe limpiarse con un disolvente. Por lo general, el reprocesamiento mecánico no consigue eliminar las rotulaciones con marcadores de las superficies de plástico. En el mercado se venden soluciones especiales bien conocidas. Otra opción alternativa es limpiar la superficie con un paño y un disolvente.

6 Reprocesamiento mecánico

Los objetivos fundamentales del reprocesamiento mecánico son:

- Reutilización del material de vidrio y los utensilios de laboratorio
- Estandarización del proceso
- Preservación del valor del vidrio y de los utensilios de laboratorio

Los resultados del reprocesamiento han de ser lo suficientemente buenos como para que el uso posterior del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio no se vea afectado por el uso que se les dio anteriormente ni por el proceso de reprocesamiento propiamente dicho. Para evaluar el resultado, se deben definir criterios de aceptación basados en aplicaciones específicas, con el fin de determinar cómo de “limpios” o “analíticamente puros” deben de estar el vidrio y los utensilios de laboratorio.

La estandarización del proceso permite obtener resultados de reprocesamiento constantes. Sólo a través de la estandarización del proceso resulta útil una validación de dicho proceso. Para procesos posteriores, como la esterilización, el reprocesamiento estandarizado es un requisito previo fundamental.

El reprocesamiento definido, es decir, la colocación predefinida del vidrio y de los utensilios de laboratorio durante el reprocesamiento y los parámetros predefinidos para dicho proceso, posibilita preservar el valor del vidrio y de los utensilios de laboratorio. No sólo el valor económico, sino también la funcionalidad, p. ej., de pipetas, matraces aforados, probetas graduadas, etc., es un aspecto importante.

Además de las características de equipamiento de la lavadora de laboratorio, deben considerarse también los siguientes aspectos del reprocesamiento mecánico:

- Colocación del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio
- Proceso de reprocesamiento

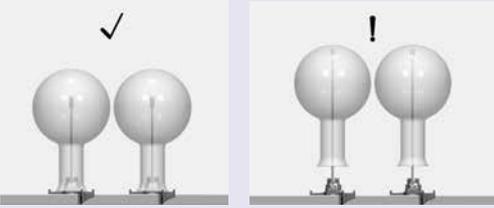
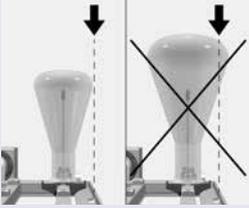
6.1 Colocación del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio

El sistema de limpieza debe garantizar que las superficies externas e internas del vidrio y de los utensilios de laboratorio reciban el agua necesaria. En este contexto, la colocación del vidrio y de los utensilios de laboratorio, dependiendo de su forma y grado de contaminación, es de especial importancia.

En las lavadoras de laboratorio, el agua se pulveriza sobre las superficies internas y externas del vidrio y de los utensilios de laboratorio con la ayuda de toberas. Por lo general, para pulverizar el agua sobre las superficies externas se utilizan brazos aspersores giratorios. En función de la forma y del grado de contaminación, las superficies internas son rociadas mediante brazos aspersores giratorios o toberas inyectoras. Por regla general se aplica lo siguiente:

- Los brazos aspersores giratorios resultan apropiados para rociar las superficies internas del vidrio y de los utensilios de laboratorio que tengan una abertura ancha y que no sean muy altos; p. ej., vasos de precipitado, placas de Petri, morteros, vidrios de reloj, matraces Erlenmeyer de cuello ancho, frascos para laboratorio de cuello ancho, probetas graduadas bajas, etc.
- Las toberas inyectoras que se adentran en el vidrio y los utensilios de laboratorio son necesarias para poder rociar las superficies internas del vidrio y de los utensilios de laboratorio que tienen una abertura pequeña y/o que son relativamente altos; p. ej., matraces de fondo redondo, matraces Erlenmeyer de cuello estrecho, matraces aforados, probetas graduadas altas, viales, etc.
- Las vainas de inyección en las cuales se insertan el vidrio y los utensilios de laboratorio son necesarias para rociar las superficies internas del vidrio y de los utensilios de laboratorio que tienen una abertura muy pequeña y son muy largos y delgados; p. ej., pipetas.
- A pesar de tener una forma desfavorable, el reprocesamiento de los tubos de ensayo se lleva a cabo con la ayuda de brazos aspersores giratorios, en caso de contaminaciones leves, y de toberas inyectoras para casos de contaminación importante.
- El vidrio y los utensilios de laboratorio que son muy pequeños y estrechos, como los viales, se han de reprocesar utilizando toberas inyectoras, dado que las fuerzas de la capilaridad obligan a forzar un intercambio de aguas en el vidrio y los utensilios de laboratorio.

Reglas generales para la colocación de vidrio y utensilios de laboratorio en un soporte de carga:

Evitar sombras de aspersión.	<ul style="list-style-type: none"> • No colocar el vidrio y los utensilios de laboratorio demasiado juntos en el soporte de carga. • Colocar las piezas pequeñas tales como, tapones, tapas, espátulas, etc. en una sola capa en cestas con cierre o alternativamente sobre chapas perforadas / mallas metálicas y cubrir con una tapa o una red protectora.
Evitar zonas de agua acumulada.	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar las tapas en una sola capa (sin superponerse) y con la abertura hacia abajo.
Si fuera necesario, colocar algo de peso encima del vidrio y los utensilios de laboratorio ligeros.	<ul style="list-style-type: none"> • Cubrir con una tapa / red protectora.
Evitar el bloqueo de los brazos aspersores.	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el vidrio y los utensilios de laboratorio en los soportes de carga de modo que no sobresalgan por abajo o demasiado por encima de los soportes.
Evitar que el vidrio y los utensilios de laboratorio vuelquen.	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el vidrio y los utensilios de laboratorio en monturas / soportes o en toberas inyectoras, de ser necesario con dispositivo de bloqueo. Llenar completamente los soportes para tubos de ensayo, sin dejar ningún hueco.
Siempre que sea posible, evitar el contacto entre el vidrio y los utensilios de laboratorio.	
La tobera inyectora no debe entrar en contacto con el fondo del vidrio y de los utensilios de laboratorio.	
En el caso de los frascos con cuello estrecho, matraces aforados, etc. la punta de las toberas inyectoras debería adentrarse hasta el "cuerpo", y no permanecer en la zona del cuello.	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el vidrio y los utensilios de laboratorio en toberas inyectoras más largas si se observa que las actuales son demasiado cortas.
El vidrio y los utensilios de laboratorio no deberían sobresalir del borde de los soportes de carga.	
La punta de la pipeta debe colocarse en la vaina de inyección.	

6.2 El círculo de Sinner

El concepto del círculo de Sinner proviene del químico especializado en tensioactivos Herbert Sinner (nacido en 1900 y fallecido en 1988 en Hilden, Alemania). A pesar de todos los cambios y desarrollos que ha sufrido el reprocesamiento mecánico, el mecanismo de acción del círculo de Sinner sigue siendo válido y representa, de forma general, la relación entre los factores fundamentales para un proceso de reprocesamiento.

- Acción mecánica
- Acción química (productos químicos de proceso)
- Temperatura
- Tiempo

Acción mecánica:

El empleo de la acción mecánica hace que disminuyan las fuerzas de cohesión entre la suciedad y la superficie y que, por ello, la contaminación resulte más fácil de eliminar. La acción mecánica (p. ej., la presión y la distribución del chorro de aspersion, las fuerzas de cizallamiento del flujo de agua y el efecto del agua en circulación) influye en los resultados de limpieza de la siguiente manera:

- Todas las superficies externas e internas del vidrio y de los utensilios de laboratorio quedan cubiertas por agua
- Se desprende la contaminación de la superficie del vidrio y de los utensilios de laboratorio

Productos químicos de proceso:

Los productos químicos de proceso contribuyen al proceso de reprocesamiento del siguiente modo:

- Disolviendo la contaminación y eliminándola (p. ej., mediante degradación química) de la superficie del vidrio y de los utensilios de laboratorio
- Posibilitando la unión de la contaminación con el agua en circulación (p. ej., provocando la suspensión o la emulsión de las partículas contaminantes)

Temperatura:

La temperatura es un parámetro de limpieza importante e influye en ella debido a las siguientes propiedades:

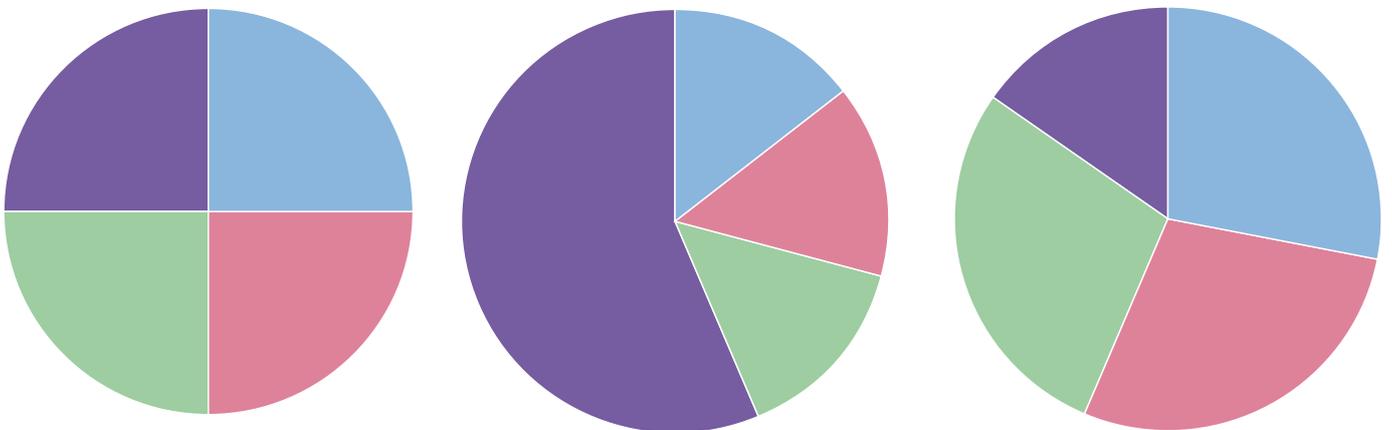
- Procesos físicos (p. ej., fusión de sólidos tales como la cera, disminución de la viscosidad de los aceites, aumento de la solubilidad del agua, etc.)
- Velocidad de los procesos químicos (p. ej., aceleración de las reacciones químicas, etc.)

La elección de una temperatura óptima de limpieza desempeña un papel importante para conseguir eliminar la contaminación. Por ejemplo, si no se ha llevado a cabo un prelavado, una temperatura de limpieza demasiada alta puede originar una desnaturalización de las proteínas y dificultar de este modo la limpieza.

Tiempo:

El tiempo (tiempo de actuación) influye en el grado de actuación de los procesos físicos y de los procesos químicos.

El círculo de Sinner muestra que los factores anteriormente mencionados son interdependientes y variables en su tamaño (es decir, su importancia). Para un resultado de limpieza definido, la “suma de todos los factores” es constante (representado por un círculo). Por ejemplo, si se aumenta la **temperatura**, se pueden disminuir la **acción mecánica**, la concentración de **productos químicos de proceso** o el **tiempo de actuación** para lograr el mismo resultado.



En los procesos modernos de reprocesamiento, el agua empleada se considera un parámetro adicional del proceso, dado que la calidad del agua puede influir en el logro de la limpieza. Por lo tanto, se

utiliza para la limpieza agua ablandada, en ocasiones incluso agua desmineralizada, en vez de agua no tratada con el fin de evitar efectos indeseados, tales como la precipitación de la dureza del agua o la incorporación de sustancias iónicas en el agua.

El círculo de Sinner se limita únicamente a las interacciones relativas de los factores mencionados con respecto a la eliminación de la contaminación. El efecto que tienen los factores elegidos sobre el vidrio y los utensilios de laboratorio no se tiene en cuenta. Esto puede llevar a la corrosión del vidrio provocado por temperaturas elevadas en combinación con dosis altas de detergentes altamente alcalinos. En un caso así, los factores “Temperatura” y “Productos químicos de proceso” se deben reducir, mientras que el resto de factores se deben aumentar.^[4]

6.3 Proceso de reprocesamiento

El proceso de reprocesamiento consta de las siguientes etapas:

- Limpieza
- Neutralización
- Enjuague
- Desinfección en caso necesario
- Secado

El transcurso del proceso de reprocesamiento se memoriza en forma de programa en el panel de control de la lavadora de laboratorio. Los programas están compuestos por varios bloques (p. ej., limpieza previa, limpieza principal, neutralización, etc.), que se suceden en el transcurso del programa. Cada bloque está compuesto por uno o varios pasos (p. ej., suministro de agua, dosificación de productos químicos de proceso, calentamiento, tiempo de actuación a la temperatura programada, etc.) que se producen sucesivamente durante la ejecución de un bloque de programa. Los programas se pueden modificar de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante del aparato.

6.3.1 Limpieza

El propósito de la fase de limpieza es eliminar la contaminación adherida a la superficie del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio, en caso necesario con la ayuda de productos químicos de proceso, y expulsarla de la lavadora de laboratorio. Para ello se pueden emplear los siguientes mecanismos:

- Disolución por medio de una reacción química; p. ej., mediante una disolución simple en agua, reacción con productos químicos de proceso ácidos, alcalinos u oxidantes.
- Desprendimiento y emulsión; p. ej., aceites, grasas, etc.
- Desprendimiento y suspensión; p. ej., partículas, hollín, pigmentos, etc.

La limpieza puede constar de uno o de varios bloques de programa; p. ej., limpieza previa / prelavado, limpieza, etc. Para establecer el orden de los distintos bloques de limpieza se deberían tener en cuenta las propiedades químicas y físicas de la contaminación a eliminar. Hay que evitar que durante la limpieza se produzcan reacciones químicas entre los productos químicos de proceso y la contaminación, puesto que esto puede provocar la precipitación o incluso la fijación de la contaminación en la superficie del vidrio y de los utensilios de laboratorio; p. ej., tratamiento alcalino de los residuos de sal metálica y de aminas o el tratamiento ácido de ácidos grasos. Ejemplos de limpieza en base a aplicaciones específicas:

- Proteínas: primero un prelavado / limpieza previa con agua fría, luego una limpieza con productos alcalinos calientes
- Sales metálicas: primero un prelavado / limpieza previa con productos ácidos calientes, luego una limpieza con productos alcalinos calientes
- Aceites, ceras: primero una limpieza con productos alcalinos calientes, en caso necesario con tensioactivos o emulsionantes ($T >$ temperatura de reblandecimiento); luego una limpieza con productos alcalinos calientes ($T >$ temperatura de reblandecimiento)

6.3.2 Neutralización

El propósito de la neutralización es neutralizar los residuos de los productos químicos de proceso empleados en la limpieza y en las

superficies del vidrio y de los utensilios de laboratorio. Dado que la última fase de la limpieza se suele realizar con productos químicos de proceso alcalinos, para la neutralización se emplean a menudo productos químicos de proceso ácidos.

6.3.3 Enjuague

El propósito del enjuague es eliminar de la superficie del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio todos los restos de contaminación disueltos / desprendidos, al igual que los productos químicos de proceso utilizados, y expulsarlos de la lavadora de laboratorio.

El enjuague puede constar de uno o de varios bloques de programa. Al elegir la secuencia de los bloques de enjuague, p. ej., 1x agua potable, a continuación, 2x agua desmineralizada o 3x agua ultrapura, se debería tener en cuenta el uso posterior que se les vaya a dar a estos objetos. A excepción del último enjuague (aclarado final), el resto de enjuagues (aclarados intermedios) se suelen realizar con agua fría. Si para la fase de limpieza se emplean productos químicos de proceso que contengan tensioactivos, puede que sea necesario utilizar agua caliente en uno o en varios de los enjuagues intermedios ($T >$ punto de turbidez de los tensioactivos) con el fin de expulsar mejor la espuma que pudiera haber en la lavadora de laboratorio. El último enjuague (aclarado final) se suele realizar a una temperatura más alta, con el fin de matar posibles gérmenes presentes en el agua ($T \geq 70$ °C) y para facilitar el posterior secado.

6.3.4 Desinfección

La desinfección sólo es obligatoria si la clasificación de seguridad del laboratorio así lo exige. El propósito de la desinfección es reducir el número de gérmenes patógenos y de virus activos (matándolos o inactivándolos) en la superficie del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio y, en caso necesario, reducir la contaminación a un nivel aceptable para la seguridad. Los parámetros de desinfección dependen de los gérmenes y virus.

Procedimientos de desinfección posibles:

- Desinfección térmica (para vidrio y utensilios de laboratorio termoestables)
- Desinfección termoquímica (para vidrio y utensilios de laboratorio termolábiles)

Momento posible para la desinfección:

- Primer bloque del programa:
Objetivo: desinfección del vidrio y de los utensilios de laboratorio y de la contaminación / aguas residuales
Procedimiento de desinfección: desinfección térmica o desinfección termoquímica
- Después del prelavado / limpieza previa o de la limpieza:
Objetivo: desinfección del vidrio y de los utensilios de laboratorio
Procedimiento de desinfección: por lo general, sólo desinfección termoquímica
- Último enjuague:
Objetivo: desinfección del vidrio y de los utensilios de laboratorio
Procedimiento de desinfección: desinfección térmica

6.3.5 Secado

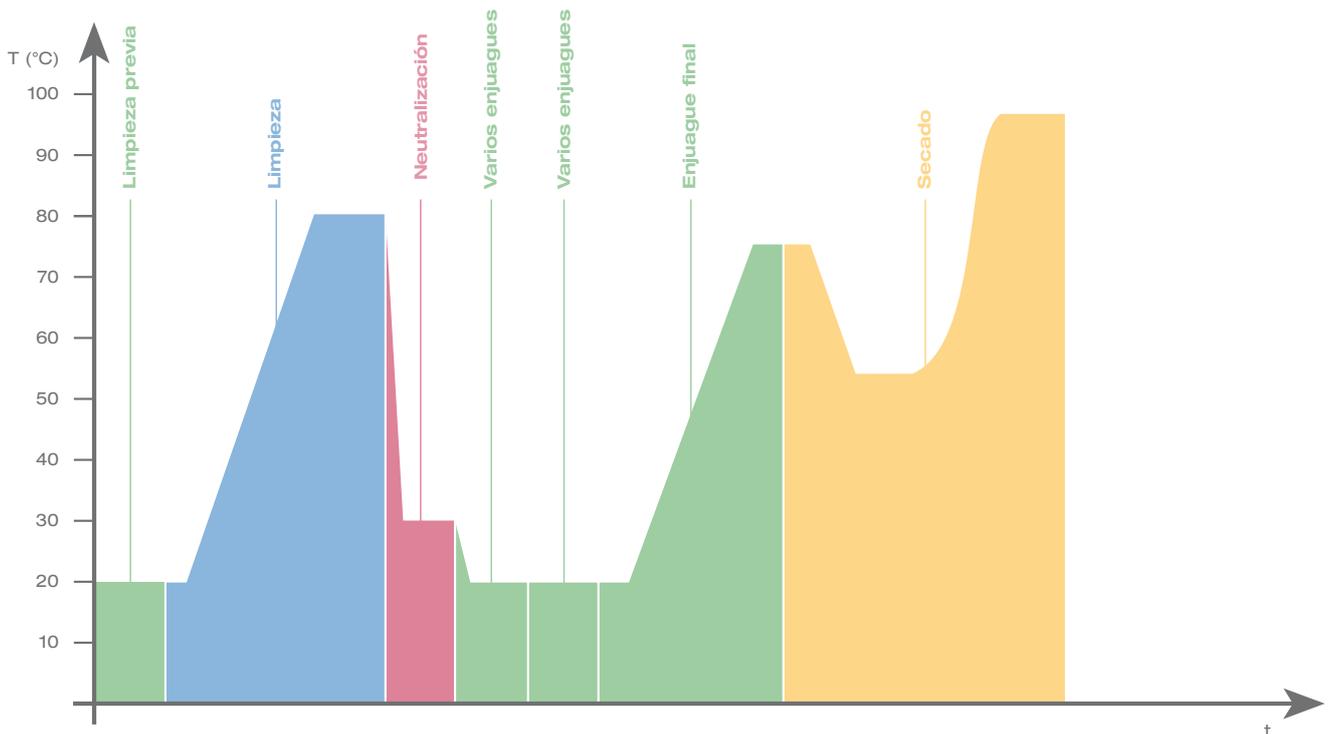
El propósito de la fase de secado es eliminar el agua de la superficie del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio y también de la cámara de la lavadora de laboratorio.

6.3.6 Ejemplos de diagramas de temperatura/tiempo

A continuación se muestran tres ciclos de programa típicos, los cuales están asignados de forma general a diferentes aplicaciones en el apartado 6.4 “Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas”.

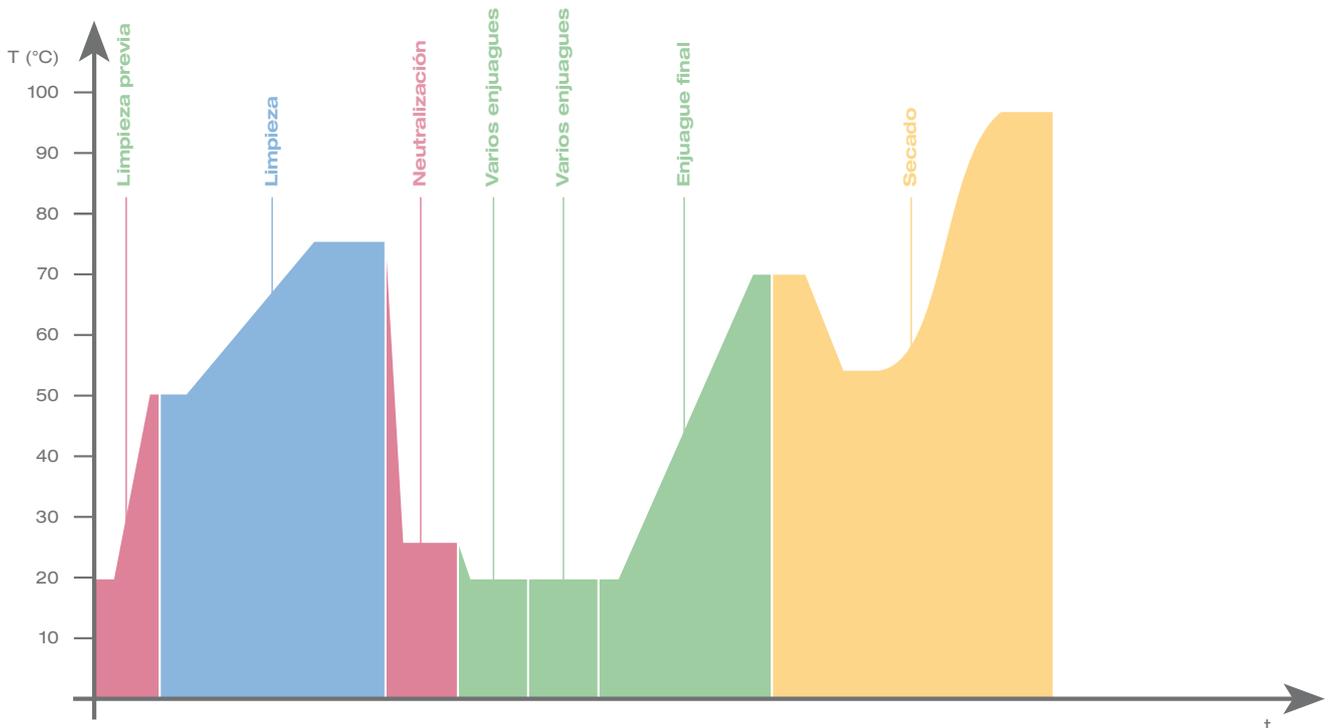
Tipo A:

- **Prelavado:** agua fría, sin calentamiento, sin productos químicos de proceso
- **Limpieza:** agua fría / caliente, con calentamiento, con detergentes alcalinos
- **Neutralización:** agua fría / caliente, sin calentamiento, con neutralizadores ácidos
- **Varios enjuagues:** agua fría / caliente o agua desmineralizada / agua ultrapura, sin calentamiento
- **Aclarado final:** agua desmineralizada / agua ultrapura, con calentamiento
- **Secado**



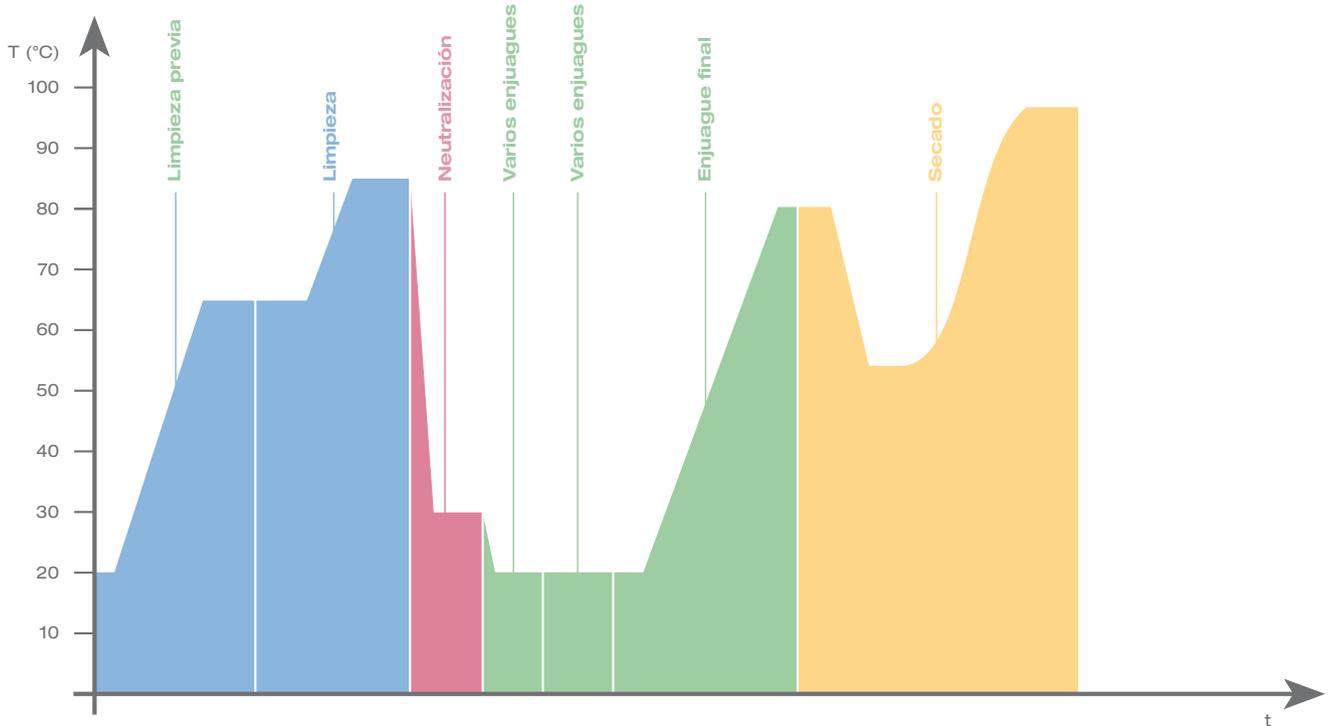
Tipo B:

- **Prelavado:** agua fría, con calentamiento, con detergentes ácidos
- **Limpieza:** agua fría / caliente, con calentamiento, con detergentes alcalinos
- **Neutralización:** agua fría / caliente, sin calentamiento, con neutralizadores ácidos
- **Varios enjuagues:** agua fría / caliente o agua desmineralizada / agua ultrapura, sin calentamiento
- **Aclarado final:** agua desmineralizada / agua ultrapura, con calentamiento
- **Secado**



Tipo C:

- **Prelavado** : agua fría / agua caliente, con calentamiento, con detergentes alcalinos
- **Limpieza**: agua fría / caliente, con calentamiento, con detergentes alcalinos
- **Neutralización**: agua fría / caliente, sin calentamiento, con neutralizadores ácidos
- **Varios enjuagues**: agua fría / caliente o agua desmineralizada / agua ultrapura, sin calentamiento
- **Aclarado final**: agua desmineralizada / agua ultrapura, con calentamiento
- **Secado**



6.4 Ayuda de selección en base a aplicaciones específicas

La siguiente tabla muestra una serie de recomendaciones básicas sobre los tipos de programas, dependiendo de cuál vaya a ser la aplicación:

Área	Contaminante	Proceso de reprocesamiento
General	Contaminación que, por lo general, es fácilmente soluble en agua	Tipo A
	Rotulación con marcador	Tipo A
	Restos de etiquetas	Tipo A o tipo C
Análisis del agua y medioambiental	Residuos de cal y algas	Tipo B
	Análisis inorgánico	Tipo B
	Análisis orgánico	Tipo A o tipo C
	Análisis microbiológico	Tipo A
	Agar	Tipo C
	Medios de cultivo	Tipo A o tipo B
Industria petrolera	Petróleo crudo, aceites minerales	Tipo C
Industria cosmética	Cremas, pomadas	Tipo C
Industria alimentaria	Análisis inorgánico	Tipo B
	Análisis orgánico	Tipo A o tipo C
	Análisis microbiológico	Tipo A

Área	Contaminante	Proceso de reprocesamiento
Biología, microbiología y biotecnología	Cultivos celulares y tisulares (esterilizados, en caso necesario)	Tipo A o tipo C
	Agar	Tipo C
	Medios de cultivo	Tipo A o tipo B
	Residuos orgánicos (esterilizados, en caso necesario)	Tipo A o tipo C
Patología	Cera de parafina	Tipo C
Laboratorio hospitalario	Sangre no coagulada	Tipo A
Banco de sangre	Sangre no coagulada	Tipo A

Los tipos generales de programas tienen que estar adaptados a la aplicación de forma detallada; p. ej., temperaturas, productos químicos de proceso, calidades del agua, etc. Ejemplos:

Aplicación	Proceso de reprocesamiento	Adaptación del programa
Agar	Tipo C	Prelavado: <ul style="list-style-type: none"> - sin productos químicos de proceso - con calentamiento, hasta los 90-93 °C aprox.
Cera de parafina	Tipo C	Prelavado y limpieza: <ul style="list-style-type: none"> - agua caliente - calentamiento hasta los 65-75 °C 1er aclarado: <ul style="list-style-type: none"> - agua caliente
Pipetas, matraces aforados, probetas graduadas	Tipo A	Debido a la posible corrosión del vidrio: Limpieza: <ul style="list-style-type: none"> - calentamiento como máximo hasta los 70-75 °C - detergentes ligeramente alcalinos - concentración de los productos químicos de proceso: la más baja posible

7 Inspecciones

7.1 Extracción del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio e inspección visual final tras el reprocesamiento automatizado

Una vez retirado de la lavadora de laboratorio se verifica visualmente el resultado de la limpieza (p. ej., ausencia de residuos), el grado de secado y la integridad del material de vidrio. Tras las inspecciones, el vidrio de laboratorio apto para un nuevo uso se almacena libre de polvo en los armarios de laboratorio correspondientes hasta su próxima utilización.

En campos especialmente sensibles, como la microbiología, la investigación genética y el análisis de ultratrazas, el personal de laboratorio, debe usar guantes estériles y desechables, para retirar el material de vidrio de los soportes de carga de la lavadora de laboratorio. De este modo se evita que el vidrio no se contamine con residuos de grasa o partículas dérmicas.

Si en el vidrio y los utensilios de laboratorio presentan depósitos visibles, es señal de que el proceso de reprocesamiento no se ha completado satisfactoriamente. Por lo tanto, antes de realizar el siguiente reprocesamiento habrá que determinar el origen de dichos depósitos y resolver la causa, para que no vuelva a suceder. El vidrio y los utensilios de laboratorio con depósitos adheridos, deben ser reprocesados de nuevo.

Aquel vidrio de laboratorio insuficientemente secado se seca en una estufa de secado a una temperatura de 100 °C hasta que esté completamente seco.

El vidrio de laboratorio que esté defectuoso se debe depositar en los contenedores previstos, para ser desechado debidamente.



Inspección visual del vidrio de laboratorio tras el reprocesamiento mecánico

7.2 Inspección visual previa al uso del material de vidrio para laboratorio

Antes de ser utilizado, el personal de laboratorio tiene que inspeccionar el vidrio de laboratorio para comprobar que esté limpio y libre de residuos, y que no presente ningún daño. Durante esta comprobación hay que diferenciar entre aquellas características del vidrio que se deben al proceso de fabricación del vidrio, y que no afectan a la función del material de vidrio para laboratorio ni a la seguridad del personal, y los daños superficiales como fisuras, fracturas concoideas, impactos, etc.

Los daños superficiales pueden ser originados por un uso inadecuado del vidrio de laboratorio, y se producen durante el proceso de reprocesamiento si no se siguen las normas básicas para su colocación en las cestas de carga.

En cuanto haya la más mínima duda sobre la posible reutilización de algún material de vidrio para laboratorio, se debe retirar de la circulación dicho material por motivos de seguridad, y debe ser desechado debidamente. Los laboratorios disponen para este propósito de los correspondientes contenedores de recogida.

Los daños que se producen con mayor frecuencia en el vidrio de laboratorio, son astillamientos cortantes en la zona del cuello, del borde y de la rosca. Estos son a menudo bordes afilados y representan un riesgo de lesión que puede ser evitado. En el caso de vidrio de laboratorio delicado, provisto de brazos laterales y válvulas de llave, el manejo incorrecto puede provocar roturas y originar esquirlas. Un transporte inadecuado, así como un almacenamiento y reprocesamiento incorrecto, pueden causar igualmente impactos y astillamientos en el vidrio de laboratorio.

A la hora de evaluar el vidrio de laboratorio antes de su uso, debe ser sostenido, idealmente, contra una fuente de luz luminosa para detectar los daños o depósitos indeseados.



Fisuras en el pico de un vaso de laboratorio

Bajo condiciones normales de uso, la abrasión del vidrio de laboratorio es mínima, por lo que puede ser utilizado de manera ilimitada sin envejecer. Por el contrario, la tinta cerámica de impresión que indica, el volumen, la marca del producto, la escala graduada y datos adicionales, puede descolorarse, dependiendo del número de ciclos de lavado, del tiempo de actuación y de los productos químicos de proceso empleados. En este caso la regla básica es: si las marcas de graduación son difícilmente legibles o ilegibles, el vidrio de laboratorio ha perdido una de sus funciones esenciales. Por tanto, debe ser reemplazado por material nuevo.

8 Esterilización del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio

Según el grado de reducción de gérmenes que se necesite, el material de vidrio y los utensilios de laboratorio deben ser termoestables a temperaturas de hasta 134 °C. Tras una limpieza adecuada y teniendo en cuenta su termoestabilidad, deben ser esterilizados, p. ej., mediante procedimientos de esterilización por vapor a temperaturas de entre 120 °C y 134 °C. Dependiendo del uso posterior, el vidrio de laboratorio también puede ser esterilizado en esterilizadores de aire caliente a temperaturas de hasta 250 °C.

Con la esterilización por vapor los tiempos de actuación oscilan entre 3,5 minutos a 134 °C y 20 minutos a 120 °C. Según el modelo de esterilizador, también se pueden seleccionar temperaturas de hasta 140 °C para fines especiales, p. ej. la inactivación de priones (ECJ / ECJv). La temperatura de esterilización depende básicamente, en primer lugar, de la termoestabilidad del vidrio y de los utensilios de laboratorio. En caso de uso múltiple, el vidrio y los utensilios de laboratorio deben ser utilizados teniendo en cuenta su campo de aplicación, así como la factibilidad de su esterilización.

En función de la naturaleza y forma del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio, los procedimientos de esterilización por vapor deben elegirse en base a la ventilación simple o múltiple de la cámara de esterilización, del vidrio y de los utensilios de laboratorio. El material de vidrio poroso y de estructura compleja, así como los utensilios de laboratorio con cavidades, serán esterilizados mediante el procedimiento de prevacío, mientras que el vidrio y los utensilios de laboratorio macizos son esterilizados según el procedimiento de prevacío simple.

Vasijas, vasos, frascos sin cerrar y vacíos, así como recipientes similares, deben colocarse en la cámara de esterilización de tal manera que el condensado formado durante el procedimiento pueda escurrirse. Así se garantiza que los recipientes estén secos a la hora de retirarlos de la cámara y se evita en gran parte que en las superficies queden residuos de evaporación.

La esterilización de líquidos en recipientes abiertos o cerrados herméticamente solo debe realizarse con esterilizadores aptos para este fin, y mediante procedimientos provistos para tal esterilización. Debido al riesgo de una ebullición retardada, estos esterilizadores y procedimientos deben garantizar, que al abrir la cámara de esterilización, la temperatura de los líquidos haya bajado hasta un máximo de 80 °C.

La necesidad de embalar un vidrio o un utensilio de laboratorio, depende en primer lugar de las condiciones de uso. En principio, se debe tomar una decisión con respecto a la necesidad de embalar cada vidrio y utensilio de laboratorio para evitar el riesgo de recontaminación. El periodo de almacenamiento hasta el próximo uso del vidrio y de los utensilios de laboratorio, al igual que sus condiciones de almacenamiento, deben ser considerados para este fin. En caso de aplicar un procedimiento de esterilización con aire caliente, el vidrio de laboratorio no debe ser embalado.

9 Almacenamiento del material de vidrio para laboratorio reprocesado

Dado que el vidrio de laboratorio no siempre se vuelve a utilizar inmediatamente después de un reprocesamiento exitoso, es preciso almacenarlo temporalmente de forma adecuada. Para ello es necesario que los laboratorios dispongan de suficientes armarios y cajones, libres de polvo y con cierre.

Es importante que el vidrio de laboratorio sea almacenado en un ambiente seco y a una temperatura constante de entre 20 °C y 30 °C, evitando además la exposición directa a la luz solar.

El material de vidrio que se va a almacenar debe ser retirado inmediatamente de la lavadora de laboratorio una vez concluido el proceso de reprocesamiento, y debe ser trasladado por el camino más directo hacia su lugar de almacenamiento.

Por razones de seguridad, se deben utilizar los correspondientes portadores y cestas para transportar el material de vidrio desde la lavadora de laboratorio hasta el lugar de almacenamiento previsto.

A la hora de colocar el material de vidrio en los armarios de laboratorio correspondientes, es importante asegurar una colocación estable, para que el vidrio no sufra ningún impacto. Las distancias entre los diferentes objetos han de ser suficientemente amplias para garantizar una futura retirada sin causarles golpes. De ningún modo se debe apilar o colocar el vidrio de laboratorio uno dentro de otro.

Además, es importante asegurarse, que la distancia entre el vidrio y la puerta del armario sea lo suficientemente grande. La puerta, cuando se abra o se cierre, no debe chocar con ningún vidrio de laboratorio ahí almacenado. Las puertas se deben abrir y cerrar lentamente y de manera cuidadosa.

El vidrio de laboratorio que tenga aberturas grandes (como p. ej., vasos) se ha de almacenar boca abajo (es decir, con la base apuntando hacia arriba) con el fin de evitar una posible contaminación por el polvo que hay en el ambiente.

En cambio los frascos de rosca deben ser almacenados de manera ideal con una tapa de plástico flojamente enroscada, para prevenir golpes en la rosca de vidrio.

En cuanto a los frascos de hombro cónico y otros materiales de vidrio de laboratorio que estén cerrados herméticamente con un tapón esmerilado hay que asegurarse de colocar una tira de papel entre el tapón y la boca durante todo el periodo de almacenamiento, para evitar así que el tapón se quede atascado y no pueda salir.

10 Salas de reprocesamiento en edificios de laboratorios

Salas de reprocesamiento: los diferentes requisitos y las soluciones posibles que se presentan a continuación son tan variados como el uso que se les da a los propios laboratorios.

Especialmente en los laboratorios pequeños o muy antiguos, la sala de reprocesamiento, también denominada “el lavadero”, se limita a un fregadero y escurridor de laboratorio. De este modo están disponibles los elementos más importantes: agua para limpiar y aire para secar el material de vidrio y los utensilios de laboratorio. Sin embargo, para aliviar la carga que recae sobre el personal del laboratorio y para protegerlos de posibles lesiones (rotura de vidrio) y contaminaciones, resulta práctico emplear lavadoras de laboratorio.

En el laboratorio, estas lavadoras pueden ser instaladas para un departamento, una planta o de forma centralizada para una parte del edificio o para el edificio entero. Cada modelo o versión tiene unos costes distintos y éstos también dependerán del papel que desempeñe el personal que ahí trabaja.

Es posible instalar bajo las mesas de trabajo de los laboratorios estas lavadoras eficientes con sistema de secado integrado. De este modo la lavadora estará siempre a mano y se podrá poner en marcha cuando sea necesario. Según la necesidad, el personal también puede configurar programas especiales para aquellas situaciones en las que haya pocos materiales de vidrio y utensilios para reprocesar. Para esta variante descentralizada se necesitan muchas lavadoras de laboratorio que luego no se van a aprovechar al máximo. Sin embargo, evita la contaminación cruzada entre zonas; p. ej., de la zona de síntesis a la zona de análisis de trazas. No es necesario recurrir a personal adicional para el transporte y la logística de limpieza.

Sobre todo en laboratorios biológicos, hay que autoclavar/esterilizar adicionalmente el material de vidrio y los utensilios de laboratorio antes del reprocesamiento. Además, los utensilios limpios y desinfectados tras el reprocesamiento, deben ser esterilizados mediante el esterilizador de aire caliente. Para este tipo de aplicaciones, el reprocesamiento relacionado al laboratorio, no resulta práctico en la mayoría de los casos.



Banco de laboratorio con lavadora de laboratorio bajo encimera'

Además de los costes de compra de los aparatos el espacio que se requiere para la instalación así como la liberación de calor y de olores son los principales motivos en contra del reprocesamiento del vidrio y los utensilios de laboratorio dentro del propio laboratorio. Por este motivo se suelen crear salas separadas provistas de ventilación y refrigeración, en las que se necesita luz diurna al tratarse de salas de trabajo. Una sala de reprocesamiento se puede utilizar de manera compartida por todo un departamento o toda una planta de laboratorio por lo que merece la pena invertir en aparatos de mayor tamaño y capacidad. Para gestionar la sala de reprocesamiento se debería destinar personal especializado para estas tareas, y disminuir así la carga de trabajo del personal de laboratorio altamente cualificado. Este personal se puede hacer cargo adicionalmente de la recogida del vidrio y de los utensilios de laboratorio y devolverlos a los laboratorios una vez reprocesados. El transporte horizontal puede llevarse a cabo, p. ej., con carritos de transporte. Estos carritos deben estar provistos de cubetas impermeables y, cuando no se estén utilizando, deben estacionarse debajo de las mesas de trabajo.



Carrito de transporte para vidrio y utensilios de laboratorio

El desarrollo consecuente de esta idea es la centralización del reprocesamiento del material de vidrio y utensilios de laboratorio y de las funciones asociadas. La sala de reprocesamiento y la sala de preparación de medios, junto con las salas de autoclaves, se aúnan en una misma zona. El personal formado lleva a cabo todas las tareas relativas al suministro de los materiales de vidrio y utensilios de laboratorio así como de medios. Los cálculos de capacidad se utilizan para determinar la cantidad y el tamaño de las lavadoras de laboratorio necesarias en función del edificio de laboratorio. Gracias a la centralización, es posible instalar lavadoras de laboratorio más grandes. Su nivel de utilización es considerablemente más eficiente en este modo de funcionamiento, lo que reduce el número de aparatos necesarios. El suministro automático de productos químicos de proceso es la solución más práctica para una sala de reprocesamiento centralizada.

En este tipo de salas se garantiza la redundancia de aparatos necesarios y la presencia de personal. Los costes de inversión, operación y mantenimiento de una sala de reprocesamiento centralizada son considerablemente menores que los de las versiones descentralizadas.

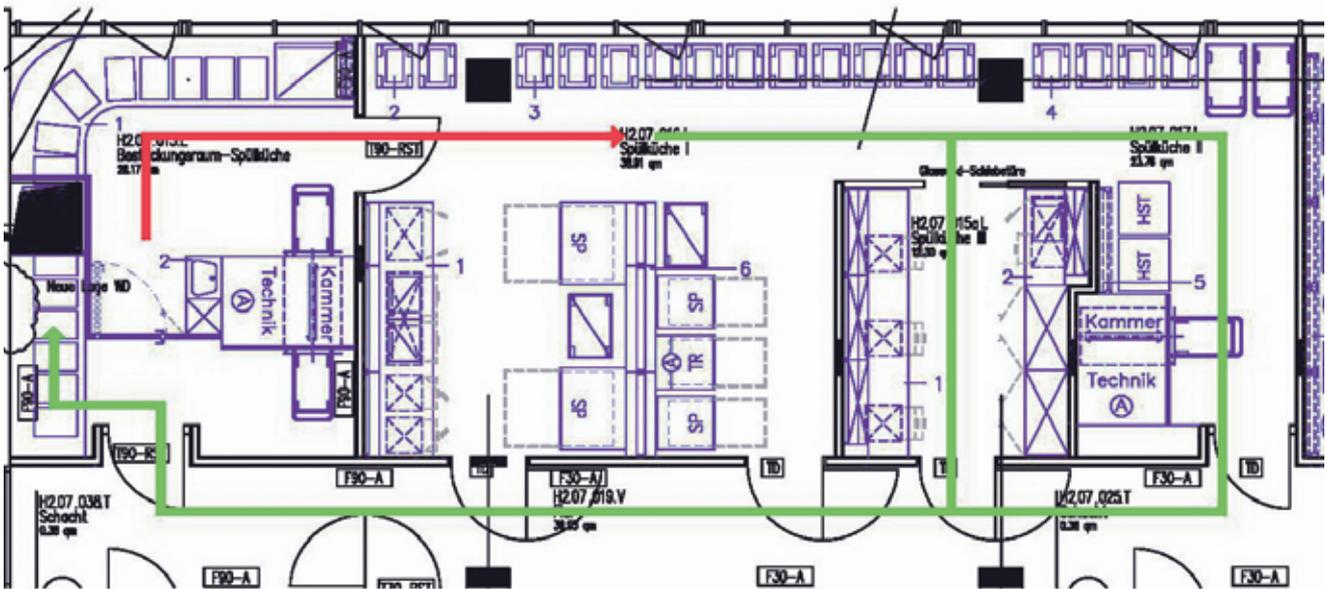


Sala de reprocesamiento centralizada de laboratorio

Ejemplo de transición de una sala de reprocesamiento descentralizada a una sala de reprocesamiento centralizada

Situación inicial	Concepto: salas de reprocesamiento centralizadas
18 salas de reprocesamiento	3 salas de reprocesamiento
20 salas (para la esterilización en autoclave de medios y desechos)	12 salas (para la esterilización en autoclave de medios y desechos)
33 lavadoras de laboratorio de gran capacidad	12 lavadoras de laboratorio de gran capacidad
13 aparatos de lavado de pipetas	—
18 esterilizadores de vapor de 400 l	6 esterilizadores de vapor de 400 l
11 esterilizadores de aire caliente	6 esterilizadores de aire caliente

Para el reprocesamiento de materiales de vidrio y utensilios de laboratorio se necesita un proceso estandarizado y certificable. La evitación de cruces en los flujos de materiales, así como la disposición de suficientes superficies de trabajo y de almacenamiento, son factores esenciales para la calidad del reprocesamiento.



Flujo logístico en una sala de reprocesamiento



Proceso logístico en una sala de reprocesamiento centralizada

- Entrega del material mediante un sistema de transporte en cajas
- Autoclavado de los materiales de vidrio y utensilios de laboratorio
- Limpieza de los materiales de vidrio y utensilios de laboratorio
- Esterilización de los materiales de vidrio y utensilios de laboratorio
- Distribución de los materiales de vidrio y utensilios de laboratorio ya reprocesados mediante el sistema de transporte en cajas



Zona de salida de un sistema de transporte en cajas

No obstante, la combinación de aparatos utilizados hace que, en los edificios de laboratorios, los aspectos logísticos estén cobrando una importancia aún mayor. En aquellos casos donde sea posible recurrir a la distribución horizontal de los materiales de vidrio y utensilios de laboratorio mediante carritos de transporte, la distribución vertical mediante montacargas conllevaría tiempos de espera prolongados. En los últimos años, los sistemas de transporte para objetos pequeños que conectan las diversas plantas de un edificio han demostrado ser útiles para este fin.

En cada planta hay una sala dedicada a la entrega y recogida del material de vidrio y de los utensilios de laboratorio mediante cajas de transporte.

En los edificios grandes, el sistema de distribución para la sala de reprocesamiento centralizada también puede conectar varias salas de reprocesamiento y realizar el suministro del edificio. Además, el sistema de transporte también se puede utilizar para distribuir muestras, medios, consumibles y para la eliminación de desechos.

A la hora de planificar una sala de reprocesamiento que resulte óptima, hay que tener en cuenta las diversas necesidades que puedan tener los usuarios y los propietarios del edificio ya que, en lo concerniente a los propios laboratorios, no hay una única solución correcta. Cuando se realice algún cambio en el edificio de laboratorio ya sean reformas, una renovación o un edificio completamente nuevo, se debería aprovechar la ocasión para optimizar toda la cadena logística del edificio. En este contexto, una exhaustiva definición de los requisitos del sistema constituye la base de un concepto operativo con proyección de futuro.



Glosario

Clase de Peligro para el Agua (WGK, por sus siglas en Alemán)

Clasificación de diversas sustancias (conforme a la norma alemana de gestión del agua WGK), que muestran un potencial diferente en cuanto a la contaminación del agua. Las sustancias que son potencialmente peligrosas para el agua se dividen en tres clases:

WGK 1 = escasamente peligrosas para el agua

WGK 2 = peligrosas para el agua

WGK 3 = gravemente peligrosas para el agua

Coloides

Partículas / gotitas en un medio de dispersión (gas, líquido o sólido) que se encuentran finamente repartidas. Las partículas están tan finamente dispersas que no descienden al fondo, ni se sedimentan o engrumecen.

Desinfección

Proceso mediante el cual se reduce a un nivel predefinido la cantidad de microorganismos viables presentes en las superficies, de modo que el material de vidrio y los utensilios de laboratorio sean seguros y aptos para la siguiente aplicación.

Desinfección química y térmica

Proceso mediante el cual se consigue la desinfección gracias a la actuación de los productos químicos de proceso (desinfectantes) con una concentración definida, a una temperatura definida y durante un periodo de tiempo determinado.

Desinfección térmica

Proceso mediante el cual se logra la desinfección por el efecto que tiene una temperatura elevada aplicada durante un periodo de tiempo definido.

DIN EN 60672-3, Tipo C110

Esta norma establece los valores característicos de la porcelana para laboratorio.

DIN ISO 3585

Esta norma internacional establece los valores característicos de un tipo de vidrio denominado vidrio brosilicato 3.3.

Disociación

Capacidad autónoma de las moléculas de separarse, p. ej., en iones o átomos.

Dispersión	Mezcla de sustancias heterogénea en la cual una sustancia está finamente dispersada en otra sustancia. Hay distintos tipos de dispersiones; p. ej., emulsiones, espumas, suspensiones, aerosoles, etc.
Emulsión	Mezcla de sustancias heterogénea en la cual un líquido está finamente dispersado en otro líquido.
Endotoxinas	Productos de la descomposición de bacterias. Las endotoxinas son muy estables al calor y pueden sobrevivir incluso a una esterilización.
Esterilización	Proceso mediante el cual el material de vidrio y los utensilios de laboratorio quedan limpios de cualquier microorganismo viable.
Fouling	Acumulación de ácidos húmicos en el intercambiador de iones, sin que se puedan eliminar de nuevo. La obstrucción de los grupos de intercambio disminuye la eficiencia del intercambiador de iones.
Grado analítico	Grado de pureza y contaminación residual permitido sobre el vidrio y los utensilios de laboratorio respectivamente. El grado analítico se establece en el correspondiente laboratorio.
Inercia	Propiedad de una sustancia que impide una interacción química con un posible reactivo.
Microorganismos patógenos (gérmenes)	Organismos que causan enfermedades.

Glosario

Pirógenos

Sustancias de procedencia diversa y causantes de reacciones inflamatorias. La inyección de un fármaco, p. ej., puede causar fiebre al cuerpo humano debido a los presentes pirógenos del mismo. Los pirógenos son biológicamente efectivos incluso en cantidades muy pequeñas.

Hay que diferenciar entre los pirógenos endógenos y los exógenos. Los pirógenos endógenos los produce el propio cuerpo (por ejemplo, interleucinas). En cambio, los exógenos se dividen en las siguientes categorías:

1. Pirógenos bacterianos (p. ej., endotoxinas bacterianas)
2. Pirógenos víricos (componentes de virus)
3. Pirógenos de origen fúngico (componentes de hongos)
4. Pirógenos de origen no biológico, tales como partículas microscópicas de plástico o goma desgastada por fricción. etc.

Este folleto se centra en los pirógenos exógenos.

POE (Procedimiento Operativo Estandarizado)

Son las instrucciones de trabajo que describen el procedimiento paso a paso de un proceso (en el caso que nos ocupa, se trata del proceso de reprocesamiento).

Productos procedentes del craqueo

Fragmentos más pequeños de hidrocarburos de cadena larga, que se producen durante la refinación del petróleo por causa de la fragmentación de los hidrocarburos de cadena larga.

Programa para líquidos

El programa estándar para la esterilización de líquidos.

Punto de turbidez

Temperatura a la cual una solución de tensioactivos no iónicos (1 g / 100 ml) se vuelve turbia. El punto de turbidez también depende de la concentración de tensioactivos.

Reprocesamiento	Proceso mediante el cual el material de vidrio y los utensilios de laboratorio usados son devueltos a un estado apto para ser usados de nuevo en posteriores aplicaciones.
Sombras de aspersión	Son las zonas en la cámara de una lavadora de laboratorio y sus carros de carga que se crean durante el lavado detrás de los objetos impidiendo así una aspersión directa sobre las superficies del material de vidrio y los utensilios de laboratorio.
Soportes de carga	Estructuras de acero inoxidable en las que se coloca el material de vidrio y los utensilios de laboratorio para introducirlas a continuación en la cámara de la lavadora y del esterilizador de laboratorio. Son frecuentemente denominados carros, cestas, complementos para la inserción, etc.
Suspensión	Mezcla de sustancias heterogénea en la que un sólido está finamente disperso en un líquido.
Vidrio borosilicato 3.3	Tipo de vidrio que presenta una muy buena resistencia química y térmica. El vidrio borosilicato 3.3 tiene la siguiente composición (porcentajes en peso): 81% SiO_2 , 13% B_2O_3 , 3,5% Na_2O , 0,5% K_2O y 2% Al_2O_3
Vidrio cal-soda	Tipo de vidrio con una elevada dilatación térmica y que, con diferencia, representa el mayor volumen de producción entre todos los vidrios fabricados industrialmente. El típico vidrio cal-soda tiene la siguiente composición (porcentajes en peso): 71-75% SiO_2 , 12-16% Na_2O , 10-15% CaO
Vidrio de cuarzo	Tipo de vidrio con una excelente resistencia química y térmica. El vidrio de cuarzo está compuesto al 100% de SiO_2 . El hecho de que el punto de fusión sea tan elevado hace que la producción de vidrio de cuarzo sea muy costosa.

Bibliografía

- [1] Heinz G. Pfaender, Schott-Glaslexikon, 5. Auflage, mvg-verlag, Landsberg am Lech (1997)
- [2] Hans-Jürgen Ulrich, Reinstwasser: Moderne Herstellungsverfahren - Ein Leitfaden für alle, die Reinstwasser benötigen, Zellkulturmedien, 1. Auflage, MLT Verlag Frankfurt (1998)
- [3] EN 285:209-08, Sterilisation, Dampfkleinstерilisatoren, Groß-Sterilisatoren
- [4] Dr. Herbert Sinner, Über das Waschen mit Haushaltswaschmaschinen, Haus + Heim Verlag (1959)

Términos y condiciones de venta de AK LAB

1. Este folleto no sustituye a las instrucciones dadas por los fabricantes acerca del reprocesamiento de material de vidrio y de los utensilios de laboratorio. El solicitante del folleto se compromete a no utilizarlo en relación con la comercialización de productos de laboratorio y se abstendrá de realizar cualquier actividad que pudiera sugerir que los folletos contienen instrucciones dadas por los fabricantes.
2. AK LAB retiene los derechos de autor y todos los demás derechos de propiedad intelectual correspondientes a los folletos publicados por AK LAB. La reproducción o el uso de imágenes, gráficos y/o textos en otras publicaciones electrónicas o impresas queda prohibida, salvo autorización expresa y por escrito de AK LAB.
3. No está permitido incluir publicidad a los folletos ni a los archivos descargados que se hayan obtenido de AK LAB. Esto se aplica también a los suplementos publicitarios.
4. Cualquier incumplimiento de las obligaciones descritas anteriormente en los apartados 1. a 3. dará lugar a una sanción contractual de 500 EUR y el cese inmediato de dichas infracciones por parte del infractor.
5. Los folletos de AK LAB se pueden adquirir a partir de un mínimo de 5 ejemplares. Si desea consultar nuestros precios y condiciones de venta, visite nuestro sitio web www.aklab.de.

Detalles de la publicación

Grupo de trabajo AK LAB: Marion Anacker

Datos de contacto:

AK LAB

c / o Miele Inc.

9 Independence Way

Princeton NJ 08540

Vereinigte Staaten von Amerika

Tel.: 1 609 672 4921

Mail: marion.anacker@miele.com

Responsable del contenido editorial:

Marion Anacker

Exclusión de responsabilidad:

Este folleto no sustituye a las instrucciones dadas por los fabricantes acerca del reprocesamiento de material de vidrio y de los utensilios de laboratorio. El solicitante del folleto se compromete a no utilizarlo en relación con la comercialización de productos de laboratorio y se abstendrá de realizar cualquier actividad que pudiera sugerir que los folletos contienen instrucciones dadas por los fabricantes.

