

# **Equipo de desinfección**

En los Capítulos 7 y 8 se han examinado las características de compuestos limpiadores y desinfectantes, con sugerencias sobre sus posibles aplicaciones. Este capítulo proporciona información sobre equipos de limpieza y desinfección, a la vez que estudia los sistemas de realización de estas dos operaciones. Se dispone de una amplia variedad de equipos de limpieza, compuestos limpiadores y desinfectantes, lo que dificulta la elección del método de limpieza óptimo. No existen compuestos limpiadores, desinfectantes ni máquinas de limpieza que sirvan eficazmente para todos los fines, ya que tales medios de trabajo necesitarían contar con demasiados requerimientos físicos y químicos. Por consiguiente, examinaremos varios tipos de equipos de limpieza y estudiaremos sus usos.

Los equipos de limpieza mecánica y desinfección merecen seria consideración porque pueden reducir el tiempo de limpieza y potenciar la eficacia. Un sistema eficiente puede reducir los costos por trabajo hasta en un 50% y debe tener un período de amortización inferior a los 30 meses. Además de ahorrar trabajo y de incrementar la eficacia, los aparatos mecánicos de limpieza pueden eliminar la suciedad de las superficies con mayor efectividad que el método manual.

La Dirección frecuentemente deja de reconocer la existencia de una tecnología de limpieza que debería ponerse en práctica para lograr resultados efectivos. Las empresas bien dirigidas no deben hacer grandes inversiones en equipo de limpieza y desinfección sin contratar operarios hábiles que manejen el equipo y expertos cualificados que supervisen las operaciones. Aunque muchos representantes técnicos de empresas químicas que fabrican compuestos limpiadores y desinfectantes están cualificados para recomendar el equipo de limpieza para diversas aplicaciones, el personal que dirija el programa de desinfección no debe creerse las recomendaciones de un entusiasta agente de ventas que puede no contar con la adecuada experiencia técnica. Es importante abordar los problemas de limpieza y desinfección sobre bases técnicas. La observación de una planta durante la limpieza para evaluar el funcionamiento del equipo de limpieza puede utilizarse para determinar si la operación es satisfactoria.

### **COSTOS DE DESINFECCIÓN**

Una operación típica de limpieza tiene el siguiente desglose de costos:

Coste:	%
Mano de obra	46,5
Agua/aguas residuales	19,0
Energía	8,0
Compuestos limpiadores y desinfectantes	6,0
Daños por corrosión	1,5
Varios	19,0

El capítulo más elevado de la limpieza es el *trabajo*. Aproximadamente el 46,5% del importe de la desinfección se gasta en limpiar, desinfectar y en personal asegurador de la calidad y supervisión. Este gasto puede reducirse, no obstante, más que otros costos utilizando sistemas mecanizados de limpieza.

*Agua y aguas residuales* siguen en volumen de costo. Las plantas de alimentos utilizan grandes cantidades de agua en la aplicación de compuestos limpiadores. Además, en este apartado se incluyen los costos por desagüe de aguas residuales y sobrecargas. Los gastos de energía y tratamiento de las aguas residuales son importantes porque las aguas residuales de las plantas procesadoras de alimentos pueden exigir una elevada demanda de oxígeno bioquímico (BOD) y de oxígeno químico (COD).

La disponibilidad y el costo de la *energía* necesaria para producir agua caliente y vapor son factores importantes. La mayoría de los sistemas de limpieza, compuestos limpiadores y desinfectantes son eficaces cuando la temperatura del agua está por debajo de los 55°C. Una temperatura inferior conservará energía, reducirá la desnaturalización de la proteína en las superficies a limpiar (facilitando así la eliminación de la suciedad) y reduce las lesiones de los operarios.

Aunque los *compuestos limpiadores* y los *desinfectantes* son caros, su costo resulta razonable si se considera que estos últimos destruyen los microorganismos residuales y que los compuestos contribuyen a obtener una limpieza más completa con menos trabajo. El sistema de limpieza óptimo combina los compuestos limpiadores, desinfectantes y equipo más ef-

caces para llevar a cabo las tareas de limpieza económica y efectivamente. El gasto en concepto de productos químicos puede reducirse utilizando las cantidades correctas de solución limpiadora en la realización de las tareas.

La aplicación de compuestos limpiadores y desinfectantes inadecuados sobre el equipo de procesado fabricado de acero inoxidable, metal galvanizado y aluminio cuesta a la industria millones de euros en concepto de daños por *corrosión*. Estos costos pueden reducirse empleando los materiales de construcción apropiados y aplicando un conveniente sistema de limpieza que incluya compuestos limpiadores y desinfectantes sin propiedades corrosivas.

En el apartado de *costos de saneamiento varios* se incluye el precio del agua y el tratamiento de las aguas residuales. Los costos varios comprenden la depreciación del equipo, mercancías devueltas, gastos generales y de administración y otros costos propios de la empresa. El carácter general de estos costos hace más difícil el intento de su reducción. La mejor recomendación es una dirección cuidadosa.

## ELECCIÓN DEL EQUIPO

La industria cuenta por lo menos con tres fuentes de información relativa a contar con un sistema óptimo de saneamiento: un departamento de programación (o grupo similar) en la empresa alimentaria, una organización consultora (interna o externa) y/o un abastecedor de compuestos limpiadores, desinfectantes y equipo. Independientemente de la fuente a que se recurra, debe seguirse un plan básico que sirva de guía en la selección e instalación del equipo.

## Estudio sanitario

El estudio sanitario debe iniciarse con un examen de la planta. Un equipo de estudio o una persona especializada deben examinar los

métodos de limpieza en uso (o los procedimientos para una nueva operación), necesidades de mano de obra y de productos químicos, así como los costos de funcionamiento. Esta información se necesita para concretar los métodos de limpieza recomendables, abastecimiento de productos de limpieza y desinfectantes y de equipo de limpieza. Los datos de la investigación deben indicar cuáles son los recursos necesarios y el ahorro anual previsto con el sistema de desinfección propuesto. Ejemplares de este estudio deben distribuirse entre el personal clave directivo.

### Instalación del equipo de desinfección

Después de haber recomendado y adquirido el equipo apropiado, el vendedor o un experto designado deben supervisar la instalación y puesta en marcha de los nuevos aparatos. El vendedor o la empresa responsable de la fabricación del sistema deben aportar personal instruido. Tras la puesta en marcha, conviene llevar a cabo inspecciones y revistas regulares en unión de la organización realizadora del estudio sanitario y de un equipo designado por la empresa alimentaria. Además de las inspecciones diarias, deben llevarse a cabo revisiones cada 6 meses. Los resultados tanto de las inspecciones como de las revisiones deben documentarse por escrito, lo que permite disponer de un valioso archivo de antecedentes.

Los informes deben contener noticias referentes a la eficacia del programa, datos inventariales periódicos y al estado del equipo de limpieza. La información referente a mano de obra, compuestos limpiadores, desinfectantes y costos de mantenimiento proporcionada por los informes debe compararse con los costos programados en el estudio de limpieza y desinfección. Este proceder constituye una manera de detectar los puntos conflictivos y comprobar si los costos reales se aproximan a los costos previstos. Esta técnica permite ahorrar hasta el 50%

en comparación con un sistema sin monitorizar.

### Sistema HACCP aplicado a la limpieza

En la evaluación de un sistema de limpieza debe aplicarse el Control Analítico de Puntos Críticos (HACCP). Un estudio sanitario permitirá la aplicación del método HACCP. Este examen debe designar las áreas que requieren limpieza como altamente críticas, críticas o subcríticas en lo referente a contaminación física y microbiana. Estas zonas pueden agruparse de acuerdo con la frecuencia necesaria de limpieza:

1. Continuamente.
2. Cada 2 horas (durante cada período de pausa).
3. Cada 4 horas (durante el tiempo del lunch y al finalizar el turno).
4. Cada 8 horas (al finalizar el turno).
5. Diariamente.
6. Semanalmente.

A efectos de comprobación, sirven muy bien los métodos microbiológicos. Deben tomarse las muestras necesarias allá donde la información refleje con mayor exactitud la eficacia de la limpieza. Ejemplos son:

El *muestreo de flujo* es la medida de la carga microbiana de muestras de alimentos tomadas después de cada fase en la secuencia de preparación. Cuando las muestras se recogen del primer alimento que contacte con el equipo de limpiado, puede determinarse la participación de microorganismos procedentes de cada tramo de equipo con el que contacte el alimento.

Las *muestras ambientales* tomadas del entorno del proceso de alimentos son importantes para controlar gérmenes patógenos tales como especies de *Salmonella* y *Listeria*. Ejemplos son las bocas de entrada de aire, techos, paredes, suelos, desagües, aire, agua y equipo.

## EQUIPO DE LIMPIEZA

La limpieza se realiza generalmente mediante trabajo manual con utensilios y equipo básicos o usando equipos mecanizados que aplican el medio limpiador (habitualmente agua), el compuesto limpiador y el desinfectante. La brigada de limpieza debe contar con los utensilios y equipo necesarios para llevar a cabo la limpieza completa con mínimo esfuerzo y en el menor tiempo posible. Se dispondrá de un almacén para guardar los productos químicos, herramientas y equipo portátil.

### Abrasivos mecánicos

Aunque abrasivos tales como la lana de acero y las bolas de núcleo de cobre pueden eliminar eficazmente la suciedad cuando la limpieza se realiza a mano, estos recursos limpiadores no deben utilizarse sobre superficies que tengan contacto directo con el alimento. Pequeños trozos de estas almohadillas de frotamiento pueden quedar incrustados en el material constitutivo del equipo y provocar corrosión profunda (sobre todo en el acero inoxidable) o bien pueden ser captados por el alimento, con el resultado de quejas de los consumidores o incluso denuncias por daños. No deben utilizarse bayetas como sustitutos de los abrasivos o con propósitos generales, porque difunden mohos y bacterias. Si hacen falta paños, deben hervirse y desinfectarse antes de usarlos.

### Mangueras de agua

Las mangueras deben tener longitud suficiente para llegar a todas las áreas que deban limpiarse, pero tampoco deben ser más largas de lo necesario. Para una limpieza rápida y completa es importante contar con mangueras dotadas de boquillas diseñadas para producir un spray que cubra las zonas a limpiar. Cada manguera dis-

pondrá de boquillas con mecanismo de rápida conexión. Las boquillas modelo abanico proporcionan mejor cobertura de grandes superficies en un mínimo espacio de tiempo. Los residuos alojados en hendiduras o grietas profundas se desalojan mejor con chorros finos y directos. Las boquillas angulares son más adecuadas para limpiar en torno y debajo de los equipos. Para combinar lavado y fregado, se necesitan cepillos con cabeza para spray. A menos que estén conectadas con conducciones de vapor, las mangueras de limpieza deben contar con una válvula de cierre automático en el extremo para conservar agua, reducir las salpicaduras y facilitar el cambio de boquillas. Una vez efectuada la limpieza, las mangueras deben sacarse de las áreas de producción de alimentos, siendo preciso limpiarlas, desinfectarlas y colgarlas de ganchos por encima del suelo. Esta precaución es especialmente importante en la lucha contra la *Listeria monocytogenes*.

### Cepillos

Los cepillos empleados en la limpieza manual o mecánica deben adaptarse al relieve de la superficie a limpiar. Los dotados de cabezas de spray entre las cerdas sirven muy bien para limpiar mamparas y otras superficies en pequeñas operaciones en que es necesario combinar el spray de agua con el fregado. Las cerdas deben ser lo más fuertes posible, sin que lleguen a dañar las superficies. Los cepillos hidráulicos rotatorios y los impulsados por fuerza motriz para la limpieza de cañerías ayudan a la limpieza de conducciones que transportan líquidos y tubos intercambiadores de calor.

Los cepillos se fabrican de diversos materiales —pelo de caballo, pelo de cerdo, fibra y nailon—, pero generalmente son de nailon. «Bassin», una fibra de recia textura, es adecuada para frotamientos enérgicos. Los cepillos de fibra «palmetto» son menos fuertes y sirven para fregar superficies medianamente sucias, como

equipo de metal y paredes. Los cepillos Tampico son de fibra fina, sirven bien para la limpieza de suciedades ligeras que requieren sólo cepillar con presión suave. Todos los cepillos de nailon tienen fibras fuertes y flexibles, de diámetro uniforme, duraderas y que no absorben agua. La mayoría de los cepillos de funcionamiento con fuerza motriz están equipados con cerdas de nailon. No se usarán cepillos hechos con materiales absorbentes.

### **Rascadores, esponjas y rodillos**

A veces se necesitan rascadores para eliminar costras muy adheridas, sobre todo en pequeñas operaciones. Esponjas y rodillos son de máxima eficacia utilizados en la limpieza de tanques que sirven de depósito de producto, cuando la operación es de volumen insuficiente para justificar la limpieza mecanizada.

### **Bombas de agua a alta presión**

Estos tipos de bombas pueden ser portátiles o fijas, dependiendo del volumen y necesidades de cada planta. Las bombas portátiles son por lo común más pequeñas que las de instalaciones centralizadas. La capacidad de las bombas portátiles oscila entre 40 y 75 L/min, con presiones hasta de 41,5 kg/cm<sup>2</sup>. Las bombas portátiles pueden llevar anejos depósitos para mezclar compuestos limpiadores y desinfectantes. Las bombas fijas tienen capacidades que oscilan entre 55 y 475 L/min. Las bombas de modelo de pistón impulsan hasta 300 L/min, y turbinas polifásicas tienen rendimientos hasta de 475 L/min, con presiones hasta de 61,5 kg/cm<sup>2</sup>. La capacidad y presión de estas bombas varían de un fabricante a otro.

En una instalación centralizada, el agua es impulsada a alta presión por toda la planta, con puntos de toma convenientemente situados para acceder a las áreas que deban limpiarse. Cañe-

rías, conexiones y mangueras deben poder resistir la presión del agua, y todo el equipo debe estar fabricado con materiales resistentes a la corrosión. La elección de una bomba portátil o fija depende del volumen deseado de agua a presión y de la facilidad con que una bomba portátil pueda desplazarse hasta la proximidad de las zonas que deban limpiarse. Otros empleos del agua a presión en la planta pueden también decidir si se dispone de una instalación fija.

Cuando se desea tener agua caliente y a presión a título suplementario, se utilizan principalmente bombas de agua de alta presión y volumen elevado. Como esta instalación consume grandes cantidades de agua y de compuestos limpiadores, con frecuencia se considera poco práctica. Este concepto se ha trasladado al equipo portátil y centralizado de bajo volumen y alta presión, que mezcla compuestos limpiadores de aplicación en áreas que deben limpiarse. Con un volumen menor y una temperatura inferior del agua, se obtienen unas condiciones más eficaces capaces de limpiar con gran efectividad áreas de difícil acceso y penetración.

### **Aparatos generadores de spray de baja presión y alta temperatura**

Este equipo puede ser portátil o fijo. Los aparatos portátiles constan generalmente de una manguera ligera, boquillas adaptables, depósito de detergente calentado al vapor, y bomba. Se trabaja por lo común con presiones por debajo de 35 kg/cm<sup>2</sup>. Las instalaciones fijas pueden funcionar a la presión del agua caliente de la conducción o bien utilizar una bomba. Estos aparatos se emplean porque no se libera vapor ni se forma neblina alrededor, el salpicado durante la operación de limpieza es mínimo, las operaciones de empapado (reblandecido) quedan soslayadas, así como el cepillado a mano que es difícil y lleva tiempo, a la vez que el chorro de detergente se dirige fácilmente sobre la superficie sucia.

## Aparatos de agua caliente a alta presión

Este equipo utiliza vapor a razón de 3,5-8,5 kg/cm<sup>2</sup> y agua sin calentar a cualquier presión por encima de 1 kg/cm<sup>2</sup>. Estos aparatos convierten la energía a gran velocidad del vapor en presión en la línea de descarga.

El compuesto limpiador se extrae simultáneamente del depósito y se mezcla con agua caliente en las proporciones deseadas. La presión a nivel de la boquilla es función de la presión del vapor en la instalación; por ejemplo, con una presión de vapor de 40 kg, la presión de lanzamiento (chorro) es aproximadamente de 14 kg/cm<sup>2</sup>. Este equipo es fácil de manejar y mantener, pero tiene la misma falta de sentido práctico que las bombas de alta presión y volumen elevado.

## Pistolas de vapor

Se dispone de varias marcas de pistolas de vapor que mezclan vapor con agua y/o compuestos limpiadores por aspiración. Los aparatos más satisfactorios son los que utilizan agua suficiente y están debidamente ajustados para impedir la formación de niebla alrededor de la boquilla. Aunque este equipo tiene aplicaciones, es un método de limpieza que consume mucha energía. También reduce la seguridad por formación de niebla e incrementa la condensación de la humedad, resultando a veces el enmohecimiento de paredes y techos, así como un mayor potencial de desarrollo de *L. monocytogenes*.

Los aparatos de bajo volumen y alta presión son por lo común tan eficaces como las pistolas de vapor, siempre que se utilice el compuesto limpiador adecuado.

## Vapor a alta presión

El vapor a alta presión puede utilizarse para desprender determinados residuos y eliminar el

agua que queda en el equipo de procesamiento después de su limpieza. En términos generales, este método de limpieza no es eficaz debido a provocar niebla y condensación, y no desinfecta el área limpiada. Las boquillas para vapor a alta presión y otros aparatos de alta presión y volumen elevado deben poderse intercambiar con rapidez y tener una capacidad máxima por debajo de la bomba. Un orificio aproximadamente de 3,5 mm se considera satisfactorio para trabajar con una presión próxima a 28 kg/cm<sup>2</sup>.

## Lavado con agua caliente

Esta técnica debe considerarse como un método en lugar de una clase de equipo o un sistema de limpieza. Como sólo se precisa una manguera, una boquilla y agua caliente, este procedimiento de limpieza se utiliza con frecuencia. Los azúcares, ciertos otros carbohidratos y compuestos monovalentes son relativamente solubles en agua y pueden limpiarse mejor con ésta que las grasas y proteínas. Los costos de inversión y mantenimiento son bajos, pero el lavado con agua caliente no se estima método de limpieza satisfactorio. Aunque el agua caliente puede desprender y fundir depósitos grasos, las proteínas resultan desnaturalizadas; la eliminación de la superficie a limpiar es complicada porque estos depósitos coagulados están adheridos con más fuerza a la superficie. Sin una presión alta, la penetración en áreas escasamente accesibles es difícil, y el trabajo aumenta si no se aplica un compuesto limpiador. Como sucede en el otro equipo que utiliza agua caliente, este método incrementa tanto los costos de energía como la condensación.

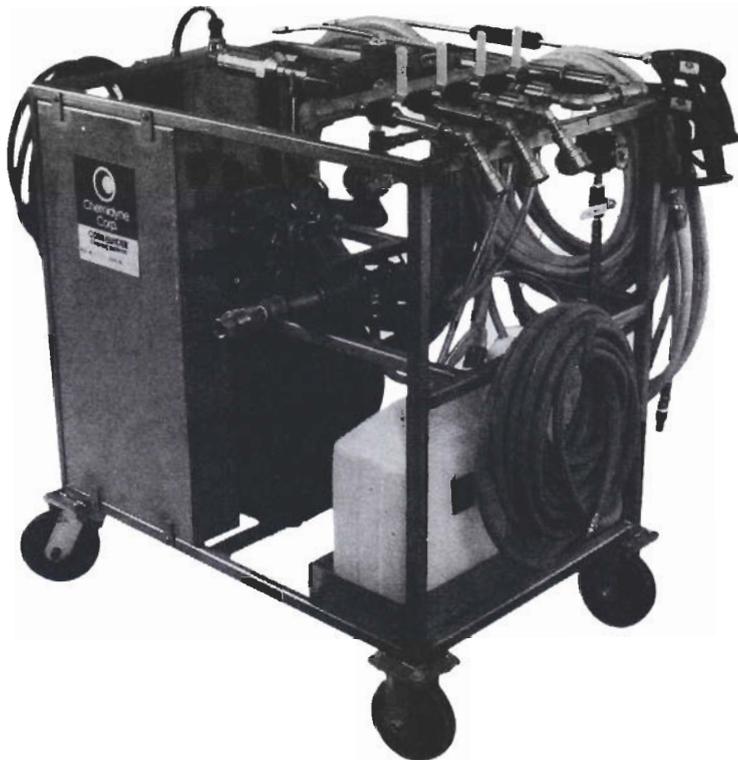
## Equipo de limpieza portátil de alta presión y bajo volumen

Un equipo portátil de alta presión y bajo volumen cuenta con una bomba de alta presión

impulsada por aire o motor, un contenedor para el compuesto limpiador y un tubo de aplicación a alta presión con boquilla (Fig. 9-1). La bomba incorporada genera la presión necesaria al tubo de aplicación, mientras que la boquilla regula la presión y el volumen. Este aparato portátil mide simultáneamente la cantidad predeterminada de compuesto limpiador del depósito-contenedor y lo mezcla en la proporción deseada con agua a medida que la bomba produce la presión necesaria. El equipo ideal de alta presión y bajo volumen aporta la diso-

lución limpiadora aproximadamente a 55°C, con una presión de 20 a 85 kg/cm<sup>2</sup> y de 8-12 L/min, dependiendo de las características del aparato y del diseño de la boquilla.

El principio de la limpieza a alta presión se basa en la impulsión automática del compuesto limpiador a través de una boquilla que genera spray a alta presión. Este último constituye el medio que limpia aplicando el compuesto limpiador. La velocidad o fuerza con que la solución limpiadora choca contra la superficie es el factor principal que contribuye a la eficacia



**Figura 9-1** Aparato de limpieza portátil de alta presión y bajo volumen. Puede utilizarse donde no exista sistema centralizado de limpieza. Este aparato va equipado con soportes para mangueras, espuma, y depósito del compuesto limpiador; proporciona dos estaciones de enjuagado y una unidad desinfectante. Dos operarios pueden simultáneamente preenjuagar, limpiar, postenjuagar y desinfectar. Este aparato también puede aplicar espuma si el dispositivo de spray se sustituye por otro accesorio para espuma. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

limpiadora. El equipo de alta presión y bajo volumen es necesario para reducir el consumo de agua y compuesto limpiador. Este aparato ahorra agua y compuestos limpiadores, a la vez que es menos arriesgado que los equipos de alta presión y alto volumen, porque el bajo volumen da como resultado una fuerza menor a medida que aumenta la distancia desde la boquilla.

Los equipos portátiles de alta presión y bajo volumen son relativamente baratos y se adaptan enseguida a los servicios diversos de la planta. Algunos abastecedores de compuestos limpiadores proporcionan estos aparatos con un interés bajo o nulo a los clientes que aceptan adquirir sus productos exclusivamente. Estos aparatos requieren ciertamente más trabajo que los equipos fijos centralizados, ya que es necesario su transporte durante la operación de limpieza y porque, en ausencia de un sistema centralizado, la automatización es mínima. El equipo portátil no es tan duradero y puede exigir excesivos cuidados de mantenimiento. Los sprays de alta temperatura tienden a «cocer» la suciedad y adherirla a la superficie que se trata de limpiar, proporcionando la temperatura óptima para el crecimiento bacteriano.

Este equipo de limpieza hidráulico es conveniente para pequeñas plantas porque en ellas puede ser desplazado con facilidad. El aparato portátil puede utilizarse para limpiar partes del equipo y superficies de los locales, siendo particularmente eficaz para transportadores y equipo procesador cuando es impracticable empapar las partes y la limpieza manual resulta difícil y exige tiempo. Parece que este método de limpieza recibirá más atención en el futuro porque puede ser más eficaz en la eliminación de *L. monocytogenes* de zonas difíciles de limpiar con equipos que precisan trabajo menos intenso, como los aparatos generadores de espuma. Existe una tendencia hacia las instalaciones centralizadas, debido al ahorro que suponen de mano de obra y a bastar en ellas un mantenimiento más reducido.

## Sistemas centralizados de alta presión y bajo volumen

Este sistema, que se basa en el mismo principio que el equipo portátil de alta presión y bajo volumen, es otro ejemplo de energía mecánica dominada y utilizada como energía química. Los sistemas centralizados utilizan bombas de turbina tipo pistón o polifásica para generar la presión y el volumen deseados. Como el equipo portátil, la acción limpiadora de los aparatos de spray a alta presión obedece primariamente al impacto energético del agua sobre la suciedad y superficie. La(s) bomba(s), mangueras, válvulas y boquillas del sistema ideal de limpieza centralizado de alta presión deben resistir el ataque de los productos limpiadores ácidos o alcalinos. Para evitar los movimientos bruscos de las mangueras, la aplicación indiscriminada de sprays y el desperdicio de agua, deben instalarse válvulas de cierre automático de acción lenta. El sistema centralizado es más flexible, eficiente, seguro y conveniente porque no hay vapor «vivo» que bloquee la visión o lesiones a los operarios.

Si se utiliza inadecuadamente, este sistema de limpieza puede resultar contraproducente al diseminar la suciedad suelta en todas direcciones. Por ello, la limpieza a alta presión debe ir precedida de un enjuagado a baja presión. La mayoría de los abastecedores de estos sistemas proporcionan a sus clientes asistencia técnica y asocian el producto limpiador y el equipo de limpieza de forma que se obtengan los mejores beneficios.

El efecto de penetración y limpieza de un sistema centralizado de alta presión y bajo volumen es similar al de una máquina lavaplatos comercial. El sistema inyecta automáticamente bien un detergente desinfectante bien una solución disolvente en una conducción de agua, de manera que la acción hidráulica de frotado del spray limpia las superficies expuestas y alcanza y penetra en las zonas inaccesibles o difíciles de alcanzar. Las grietas y hendiduras en que se ha

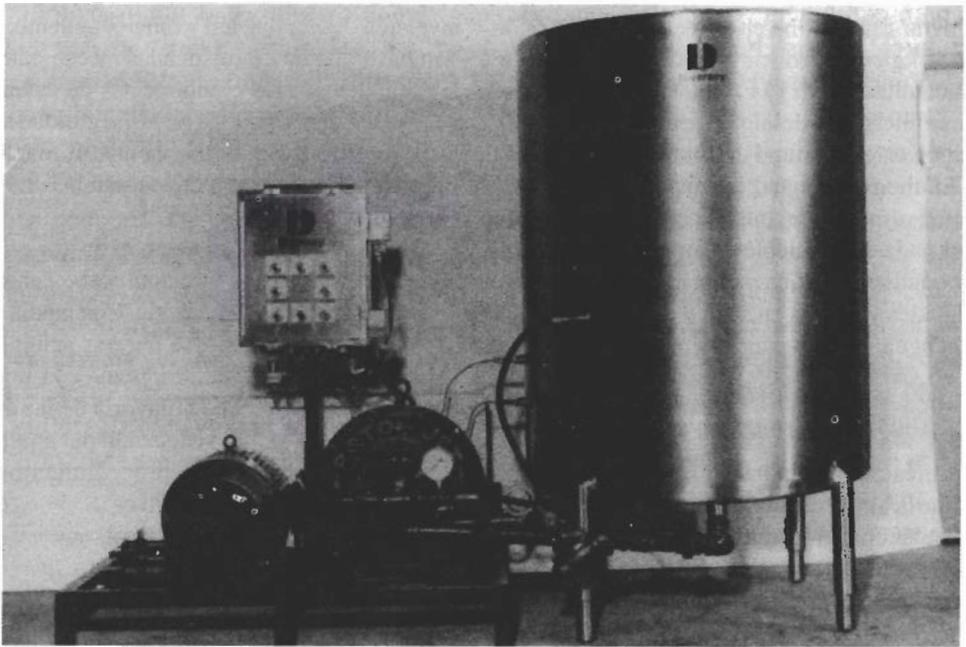
acumulado suciedad pueden vaciarse para reducir la contaminación bacteriana. La acción de cortado y frotado se aplica a todas las superficies por el chorro, y la acción limpiadora química se mejora con el spray de agua, que se carga automáticamente con un detergente o una solución detergente-desinfectante. En la Figura 9-2 se expone un ejemplo de composición del equipo de un sistema de limpieza de alta presión.

La flexibilidad y los mayores beneficios del sistema centralizado de limpieza de alta presión se hacen más patentes si se dispone de tomas de agua de rápida conexión en todas las áreas que requieran limpieza. Diversos detergentes –desinfectantes y limpiadores ácidos, alcalinos o neutros– pueden distribuirse por el sistema, y en las cintas transportadoras pueden montarse cabezas mecanizadas de spray con lavado, enjuagado y parada automáticos.

Los sistemas centralizados son mucho más caros que los aparatos portátiles porque generalmente se construyen a medida. Los costos varían de acuerdo con las dimensiones de la instalación y las prestaciones del sistema. La inversión inicial puede oscilar entre 15.000 \$ y más de 200.000 \$.

### **Factores determinantes de la elección de equipo centralizado de alta presión**

En general, dos son los tipos más comunes de equipo centralizado: de media presión (10 kg/cm<sup>2</sup> a 20 kg/cm<sup>2</sup>) y de alta presión (40 kg/cm<sup>2</sup> a 55 kg/cm<sup>2</sup>). Los sistemas de media presión se usan normalmente en las plantas de procesamiento en que predomina la suciedad densa. El equipo de alta presión se emplea mayormente en plan-



**Figura 9-2** Aparato centralizado de alta presión y bajo volumen para grandes acciones limpiadoras. Cortesía de Diversey Lever, 255 E. 5<sup>th</sup> Street, Suite 1200, Cincinnati, Ohio, 800-233-1000.

tas de bebidas y de alimentos tipo «snack», en las que la suciedad es ligera y se necesita una acción incisiva para limpiar el equipo de procesado. Sin embargo, deben tomarse en consideración diversos factores a la hora de determinar qué equipo proporcionará los mejores resultados a largo plazo en cada planta en particular.

Por lo general existe una relación inversa entre las velocidades de flujo de la boquilla de enjuagado y la presión. Cada operación de limpieza requiere una fuerza de choque específica para desalojar la suciedad y eliminarla del equipo. Con presiones altas de 40 a 55 kg/cm<sup>2</sup>, la velocidad de flujo de la boquilla puede ser por término medio de 5 L/min; en cambio, una presión más baja exige elevadas velocidades de flujo en las boquillas para obtener la misma tasa de eliminación de suciedad. Si una planta cuenta, por ejemplo, con un sistema de media presión de 20 kg/cm<sup>2</sup> con boquillas de enjuagado de 30 a 40 L/min y la Dirección de la planta quiere mantener un bajo consumo de agua, la manera de lograr esto estriba en aumentar la presión a 40 ó 50 kg/cm<sup>2</sup> y reducir la velocidad de flujo en las boquillas a 10 ó 15 L/min. El resultado es la misma fuerza de desalojo, con un 50% de reducción en el consumo de agua de enjuagado.

El ahorro de agua, además de indicar una gestión responsable, implica beneficios adicionales nada despreciables. Un flujo reducido en las boquillas significa menor cantidad de aguas residuales y menos energía utilizada en calentar el agua. Amortizaciones menores de 6 meses no son raras y con frecuencia llegan a ser inferiores a 3 meses.

En el pasado existía la tendencia a utilizar baja presión en plantas con suciedad densa, porque la alta presión desaloja en ocasiones las partículas con tal fuerza que las desplaza a otros lugares indeseables (salpicado). Suciedades más espesas exigen superiores fuerzas de desalojo. La mayoría de los procesadores con suciedad poco densa utilizan media presión.

Con objeto de ahorrar agua a largo plazo, se recomienda aplicar una presión de 40 a 50

kg/cm<sup>2</sup> con una velocidad media de flujo en la boquilla de enjuagado de 10 a 20 L/min. La excepción es que la planta disponga de un plazo desusadamente corto para preparar la producción. Si sólo se dispone de 4 ó 5 horas para efectuar la limpieza completa, se necesitarán velocidades de flujo mayores. Esta situación es por lo común transitoria, pero debe estar prevista, es decir, que el sistema central debe disponer de la capacidad de flujo necesaria.

El precio del equipo central es habitualmente el principal determinante de la decisión de compra. Los equipos de alta presión requieren la mayor inversión en adquisición y mantenimiento. Estas bombas son más caras que las de presión media, y todas las conducciones, válvulas y otros componentes cuestan más, debido a las cifras de alta presión requeridas. Por lo general, los beneficios de un bajo consumo de agua compensan a largo plazo el costo inicial y los gastos de funcionamiento.

El equipo de presión media requiere menor inversión de adquisición y funcionamiento. Las bombas son menos sofisticadas mecánicamente y ninguno de los componentes de cañerías, válvulas y similares exigen las seguridades de la alta presión; por consiguiente, el mantenimiento es menor que el de los sistemas de alta presión.

Si el consumo de agua no es factor crítico en las operaciones de la planta, debe pensarse en un sistema de media presión. Con media presión no puede conseguirse ahorrar agua. Muchas empresas utilizan 20 kg/cm<sup>2</sup> con boquillas de 20-30 L/min en la mayoría de las áreas de la planta. El empleo adecuado del equipo y la debida instrucción en procedimientos de desinfección son factores claves.

### **Limpieza con generadores portátiles de espuma**

Debido a la facilidad y rapidez de aplicación de la espuma, esta técnica de limpieza se

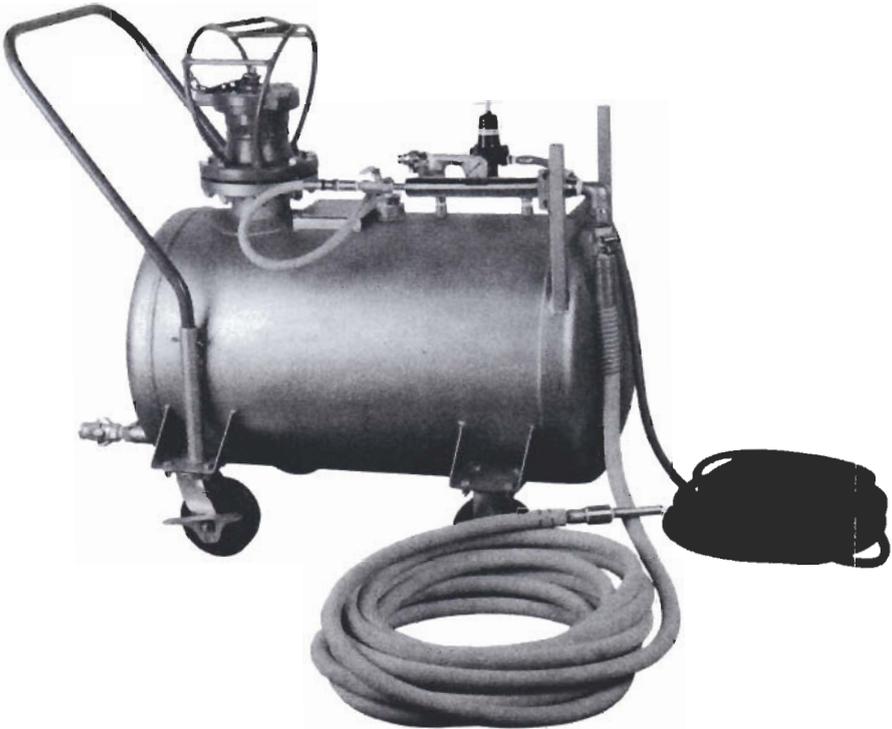
ha popularizado durante las dos pasadas décadas. En este método, la espuma es el medio de aplicación del compuesto limpiador. Este último se mezcla con agua y aire para formar la espuma. La espuma adherida se ve con facilidad y permite que el operario vea dónde se ha aplicado el compuesto limpiador, con lo que se reduce la posibilidad de doble aplicación.

El empleo de espuma es particularmente beneficioso para limpiar grandes superficies en virtud de su capacidad de adherencia, aumentando el tiempo de contacto con el compuesto limpiador. Esta técnica se emplea para limpiar el interior y exterior del equipo de transporte, techos, paredes, conducciones, cintas articuladas y containers de depósito. El equipo es se-

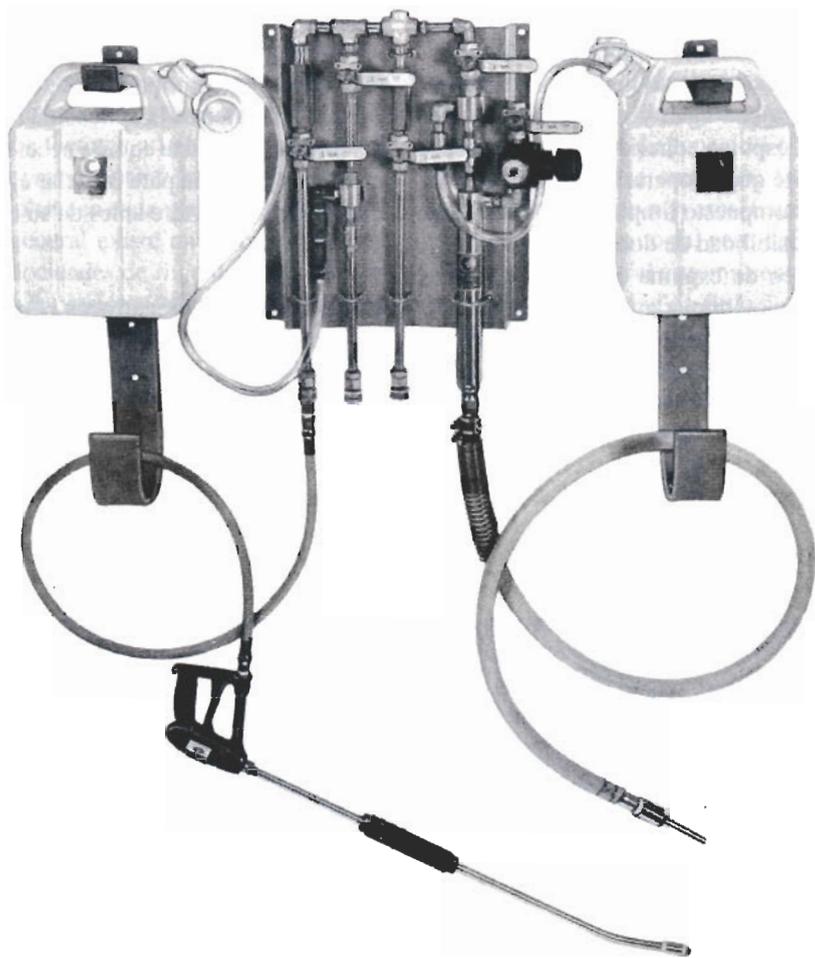
mejante en tamaño y costo a los aparatos portátiles de alta presión. En las Figuras 9-3 y 9-4 se representan aparatos portátiles de limpieza que pueden utilizarse en la aplicación de compuestos limpiadores. Este equipo necesita una operación preparatoria para mezclar el compuesto limpiador, agua y aire antes de su empleo.

### **Limpieza con generadores centralizados de espuma**

Este equipo aplica compuestos limpiadores con la misma técnica utilizada en el equipo portátil generador de espuma, pero con puntos para la conexión rápida de pistolas de espuma extra-



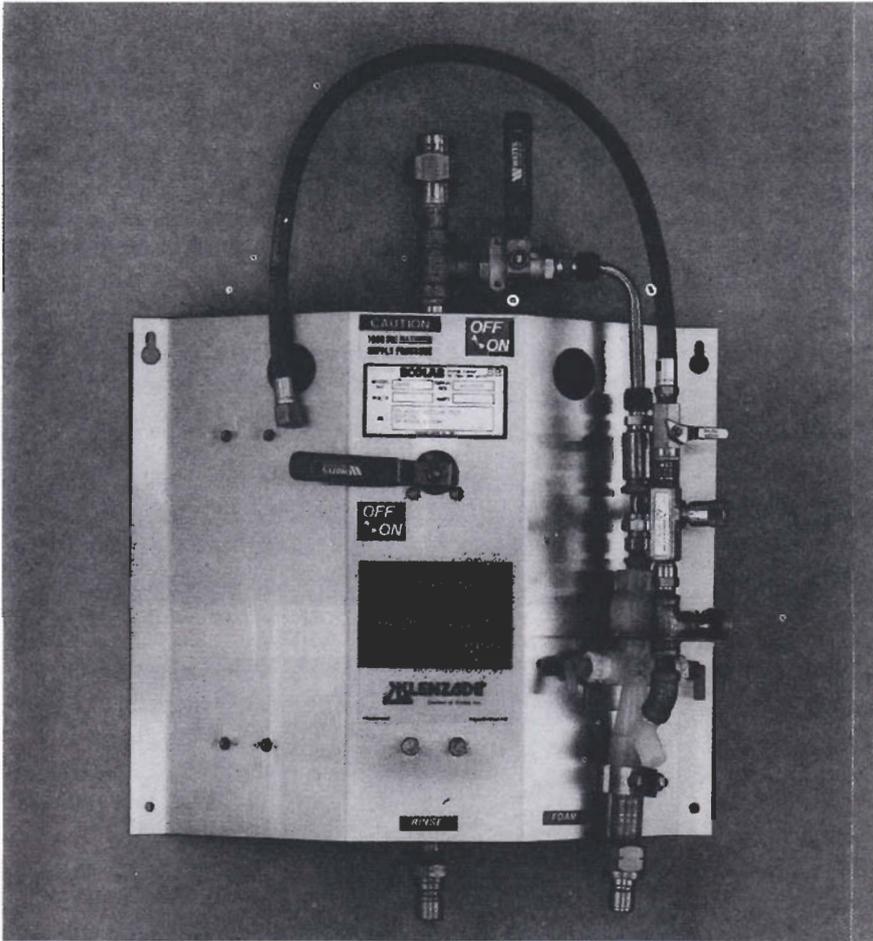
**Figura 9-3** Aparato portátil de espuma accionado por aire, que aplica el compuesto limpiador como una manta de espuma. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.



**Figura 9-4** Estación mixta de enjuagado de alta presión/espuma/enjuagado desinfectante por empapado de media presión. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

tégicamente colocados por toda la planta. El equipo centralizado proporciona buenos resultados, semejantes a los del sistema centralizado de alta presión. Como en la limpieza portátil con espuma, el compuesto limpiador se mezcla automáticamente con agua y aire para formar espuma. Este equipo no requiere la operación preparatoria de carga exigida por los aparatos portátiles de espuma. En las Figuras 9-5 y 9-6 se representan los componentes de un sistema centralizado de limpieza con espuma.

El aparato compacto generador de espuma fijado a la pared mostrado en la Figura 9-5 está diseñado para incluir y aplicar compuestos limpiadores desde depósitos o containers portátiles originales. Los aparatos fijados a la pared se sitúan en zonas convenientes en que se concentre la limpieza. El equipo representado en la Figura 9-5 puede mezclar y aplicar compuestos limpiadores a través de un regulador graduable de aire y una válvula medidora del agua. La bomba fácilmente accesible medidora de los



**Figura 9-5** Estación de espuma y enjuagado montada en la pared. Puede aplicar espuma en lugares convenientes de una planta alimentaria mediante medición y mezclado automáticos del compuesto limpiador. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

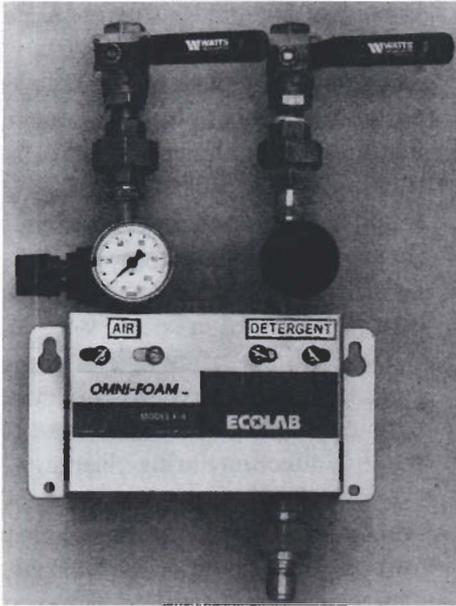
productos químicos y otros controles se hallan en la caja de acero inoxidable con cierre. Este equipo cuenta con un interruptor incorporado de vacío y de válvulas controladoras en las conducciones de aire y agua.

El equipo de las Figuras 9-6 a, b y c reproduce puntos de toma que pueden utilizarse para aplicar espuma, agua a alta presión para enjuagar y un desinfectante. La estación generadora de espuma cuenta con reguladores graduables

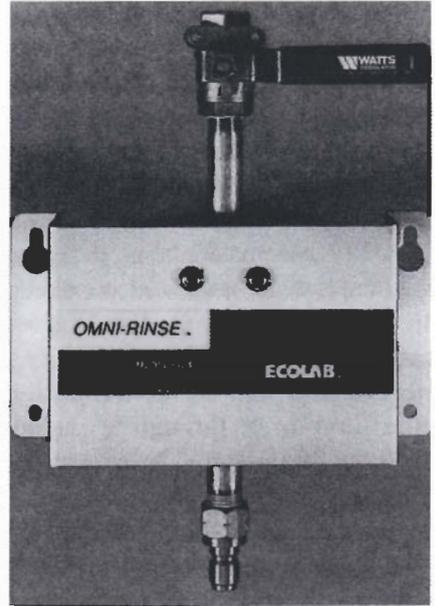
del aire y detergente para generar la adecuada consistencia de la espuma. El aparato de enjuagado proporciona presión hasta de 69 kg/cm<sup>2</sup>.

### Aparato portátil de limpieza con gel

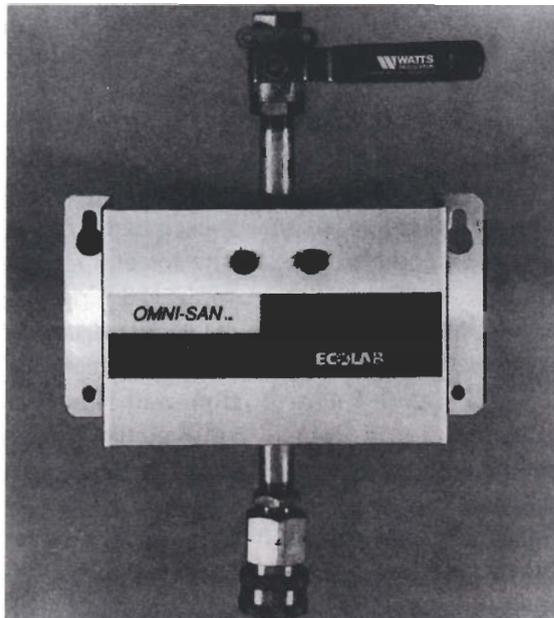
Este sistema es semejante a los aparatos portátiles de alta presión, con la única diferencia de que el compuesto limpiador se aplica en



a



b



c

**Figura 9-6** Estas estaciones de goteo proporcionan una rápida conexión con (a) el detergente espumoso, (b) enjuagado, (c) aplicaciones de desinfectante. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

forma de gel (debido a restricción del aire), en lugar de espuma pastosa o spray a alta presión. Este medio es especialmente eficaz para limpiar equipos envasadores de alimento porque el gel se adhiere a las partes móviles para la subsiguiente eliminación de la suciedad. El costo e instalación del equipo son comparables a los de los aparatos portátiles de espuma y alta presión.

### **Limpieza pastosa centralizada o portátil**

Este método es idéntico a la limpieza con espuma, salvo en que se mezcla menos aire con los compuestos limpiadores. Se forma una pasta más fluida que la espuma y que penetra en superficies irregulares más eficazmente. El tiempo de contacto de los compuestos limpiadores aplicados en forma de pasta es menor que si se aplica espuma, ya que ésta tiene mayor capacidad de adherencia.

### **Combinación de limpieza centralizada de alta presión y de limpieza con espuma**

Este procedimiento es igual a la limpieza centralizada de alta presión, con la diferencia de que también se aplica espuma. Este método ofrece más flexibilidad que la mayoría de los equipos de limpieza, ya que puede aplicarse espuma sobre grandes superficies con alta presión, sean cintas, transportadoras de acero inoxidable o zonas difíciles de alcanzar. Un sistema de estas características es caro—desde 15.000 \$ a más de 200.000 \$— porque la mayoría se diseñan y construyen a medida del cliente.

### **Limpieza *in situ* (*Cleaning in place*)**

A medida que se incrementa el trabajo y los estándares higiénicos se hacen más exigentes, el sistema de limpieza *in situ* (CIP) cobra mayor

valor. Centrales lecheras y destilerías vienen utilizando la CIP hace muchos años. Apenas se ha extendido a otras plantas, por el elevado costo del equipo e instalación y por la dificultad de limpiar así determinados equipos de procesado. A causa de estas limitaciones, la CIP se considera solución para limpiezas específicas; se suele diseñar para clientes concretos. El equipo CIP se adapta mejor a la limpieza de tuberías, intercambiadores de calor, máquinas centrifugadoras, homogeneizadores y tanques.

El equipo CIP fabricado a medida del cliente puede variar en el grado de automatismo de acuerdo con las exigencias de limpieza, oscilando desde sencillos relojes automáticos hasta sistemas controlados por ordenador y totalmente automatizados. La elección depende de las disponibilidades de capital, costo de la mano de obra y tipo de suciedad. Debe estar diseñado por una firma de garantía y servido por una empresa reputada en equipo y abastecimiento de detergente. Estas firmas pueden efectuar revisiones concretas y emitir informes confidenciales sobre el estatus higiénico del equipo en funcionamiento y de las técnicas de limpieza empleadas.

Las plantas de pequeñas dimensiones no siempre justifican una completa automatización. Con automatización reducida, los circuitos que lo precisen pueden ser tratados a mano con ayuda de un panel selector de flujos. Las cañerías pueden ser dirigidas a un panel trasero con las correspondientes conexiones mediante piezas en U insertadas en los lugares apropiados. En la instalación de CIP pueden intercalarse microconmutadores de acuerdo con las necesidades. En la automatización completa, todo el proceso de CIP puede controlarse automáticamente. Sincronizadores eléctricos anulan cualquier posibilidad de error en el funcionamiento de las válvulas.

El principio de la CIP estriba en combinar las ventajas de la acción química de los compuestos limpiadores con los efectos mecánicos de la eliminación de suciedad. La solución lim-

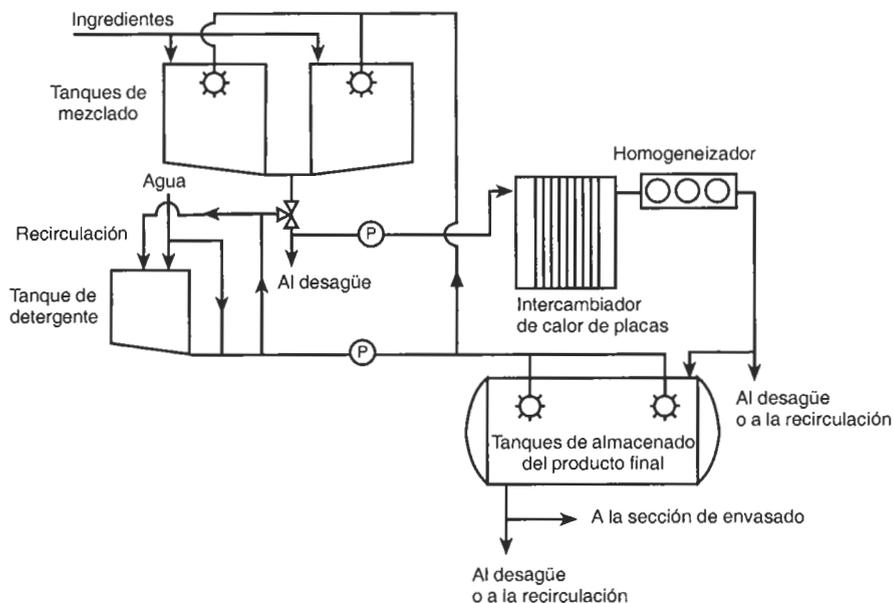
piadora se aplica de forma que contacte con la superficie sucia, graduándose el tiempo de actuación, temperatura, intensidad detergente y fuerza aplicados. Para que este sistema sea eficaz, debe aplicarse a las superficies sucias un volumen relativamente elevado de solución, que actuará por lo menos durante 5 minutos, tiempo que puede alargarse hasta una hora. Por consiguiente, es necesaria la recirculación de la solución limpiadora para que deje sentir su efecto repetidamente y ahorrar agua, energía y compuesto limpiador.

Para un uso óptimo del agua y reducir las aguas residuales, los sistemas CIP están siendo diseñados para permitir que el enjuagado final se utilice como agua para el ciclo siguiente. La industria lechera ha intentado recuperar las soluciones limpiadoras utilizadas para su ulterior empleo, concentrándolas mediante ultrafiltración o utilizando un evaporador. Diversas instalaciones han incorporado sistemas que com-

pendian las ventajas de sistemas de un solo uso, de seguridad y flexibilidad reconocidas, con métodos de recuperación de solución y agua que ayudan a reducir la cantidad total de agua necesaria para una operación específica de limpieza. Estas instalaciones combinan la solución de limpieza ya utilizada y enjuagados anteriores, almacenándolos y utilizándolos como un preenjuagado en el siguiente ciclo de limpieza. De esta forma se reducen las necesidades de agua, compuestos limpiadores y energía.

Los sistemas de limpieza *in situ* adecuadamente diseñados, pueden limpiar determinados equipos de las plantas de alimentos con tanta eficacia como si se desmontasen y se limpiasen a mano. En muchas plantas de alimentos, la CIP ha reemplazado parcial o totalmente la limpieza manual.

El esquema simplificado de flujo de la Figura 9-7 informa sobre cómo funciona un sistema CIP. La ilustración indica cómo se dispo-



**Figura 9-7** Ilustración del flujo en la secuencia de funcionamiento de un sistema CIP simplificado. *Fuente:* Tomado de Jowitt, 1980.

nen los tanques de mezclado y de detergente, conducciones, intercambiadores de calor y tanques de depósito. Esta disposición permite limpiar tanques de almacenamiento, depósitos y otros containers similares mediante el uso de cabezas de spray. Las cañerías y diversas secciones de la planta pueden limpiarse con una solución limpiadora de agua y determinados compuestos limpiadores, que circula repetidamente a alta velocidad. En la Tabla 9-1 se detalla un ciclo de limpieza típico del sistema CIP.

La distribución de la planta es importante a la hora de instalar un sistema CIP, ya que es innecesario desmontar el equipo. Jowitt (1980) recomienda utilizar juntas de cañería exentas de grietas y diseñar todos los tanques con paredes lisas que puedan limpiarse con sprays líquidos. Las cabezas de sprays, sean fijas o rotatorias, deben generar chorros de líquido a alta velocidad, con un giro de 360° que cubra el interior del tanque y elimine por completo la suciedad residual u otros contaminantes. Este detalle de limpieza viene ilustrado en la Figura 9-8.

Es importante, asimismo, la instalación de las conducciones. Los circuitos deben ser flexibles. La ubicación de cada cañería debe ser permanente y basarse en su posible función durante la limpieza. Las grandes operaciones de procesado pueden separarse en varios circuitos principales para una limpieza independiente. El diseño del circuito se basará en las características de la suciedad. El desarrollo del circuito permitirá una fuerza de limpieza limitada que actúe a través de la planta en una se-

cuencia ordenada, a medida que las operaciones de procesado se van completando.

El empleo de una válvula selectora de desagüe permite dirigir el agua sucia, compuestos limpiadores y agua de enjuagado directamente a una alcantarilla en lugar de descargarlos en el suelo, con subsiguiente peligro de salpicado y daños químicos. Las válvulas selectoras y un tanque auxiliar en el circuito de limpieza por spray permiten lavar con agua limpia procedente del depósito abastecedor, desagüar directamente en la alcantarilla, recirculación de la solución limpiadora y enjuagado con agua limpia procedente de manera continua del tanque abastecedor, con subsiguiente descarga en la alcantarilla.

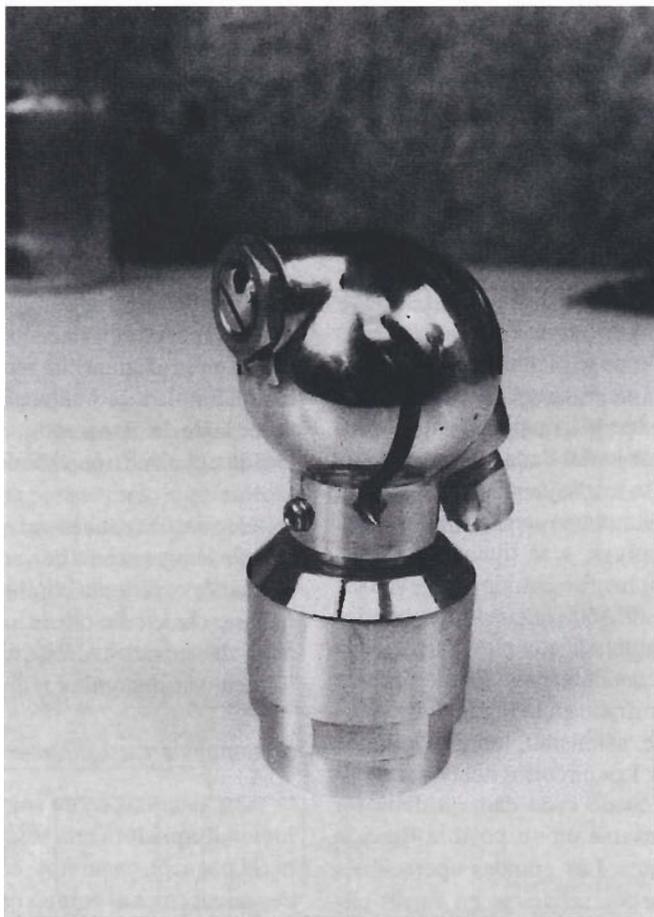
Hay dos diseños básicos de CIP: sistema de un solo uso y sistema de varios usos. Otra posibilidad es el sistema combinado, que reúne las mejoras características de los equipos de un solo uso y de varios usos. Este último tipo de procedimiento se denomina *sistema multiuso*.

### *Sistemas de un solo uso*

Los sistemas de un solo uso utilizan la solución limpiadora una sola vez. Son por lo general pequeños aparatos, con frecuencia situados adyacentes al equipo que se vaya a limpiar y desinfectar. Como los aparatos se sitúan en la zona en que se realiza la limpieza, la cantidad de productos químicos y de agua de enjuagado es relativamente pequeña. Los equipos con suciedad densa prefieren el sistema

**Tabla 9-1** Ciclo típico del sistema CIP.

<i>Operación</i>	<i>Función</i>
1. Enjuagado previo (agua caliente o fría)	Eliminar la suciedad grosera
2. Lavado con detergente	Eliminar la suciedad residual
3. Enjuagado	Eliminar los compuestos limpiadores
4. Desinfección	Destruir los microorganismos residuales
5. Enjuagado final (opcional, de acuerdo con el desinfectante utilizado)	Eliminar las soluciones CIP y desinfectantes

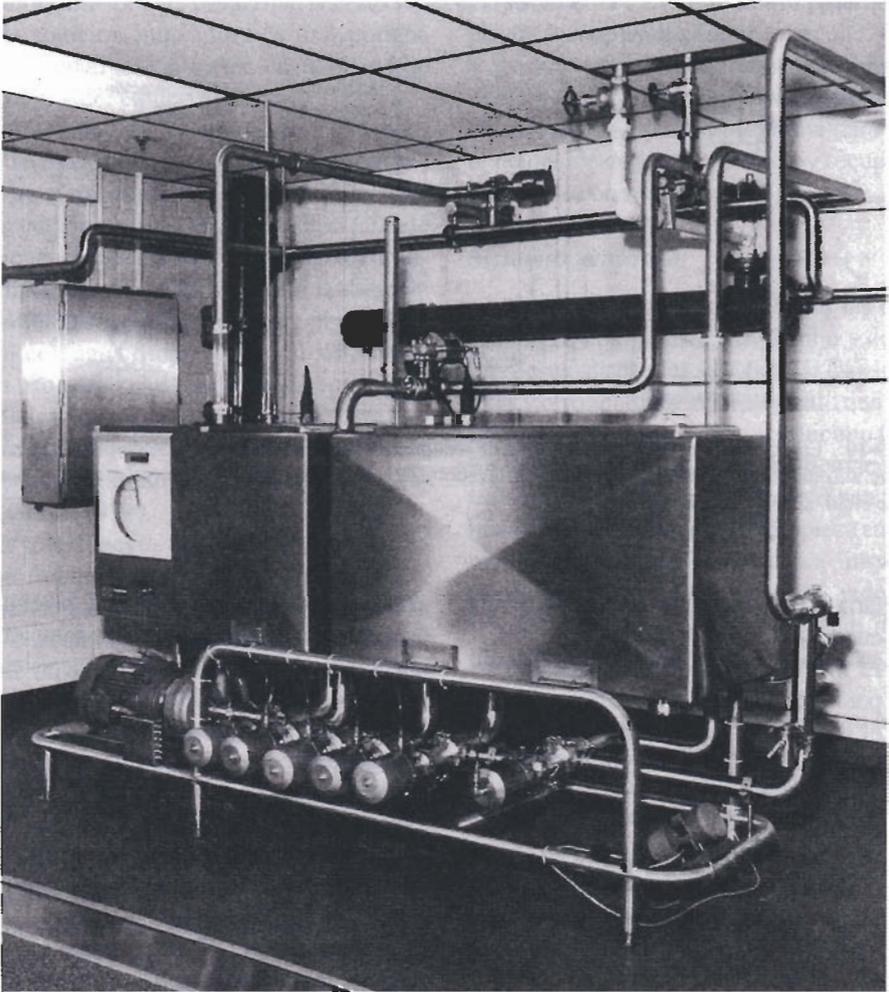


**Figura 9-8** Aparato portátil del tamaño de un puño que limpia mecánicamente tanques grandes y pequeños. Consta de una cabeza de acero inoxidable accionada hidráulicamente sobre un lecho esférico resistente a ácidos y álcalis y autolimpiable. La cabeza esférica cuenta con una boquilla en ángulo abierto y ranurada para generar un spray saturado en cualquier dirección, a fin de llegar a toda la superficie a tratar. Una canilla que sobresale, graduable para la velocidad, genera un movimiento basculante en vertical. Cortesía de Oakite Products, Inc.

de un solo uso mejor que los otros porque el nuevo empleo de la solución es menos factible. Algunos sistemas de un solo uso están diseñados para recuperar la solución limpiadora y el agua de enjuagado de un ciclo previo, para utilizarlas como preenjuagado en el siguiente ciclo de limpieza.

Comparado el CIP con otros sistemas, los aparatos de un solo uso son más compactos y

tienen un costo inferior. Estos aparatos son menos complejos y pueden adquirirse en partes preparadas para una instalación más fácil. En las Figuras 9-9 y 9-10 se representan sistemas típicos de un solo uso. El aparato mostrado consta de un tanque con sondas de nivel y válvulas de control neumático para inyectar vapor, introducir agua y regular el circuito, inclusive el desagüe, el sobreflujo y el flujo de tránsito.



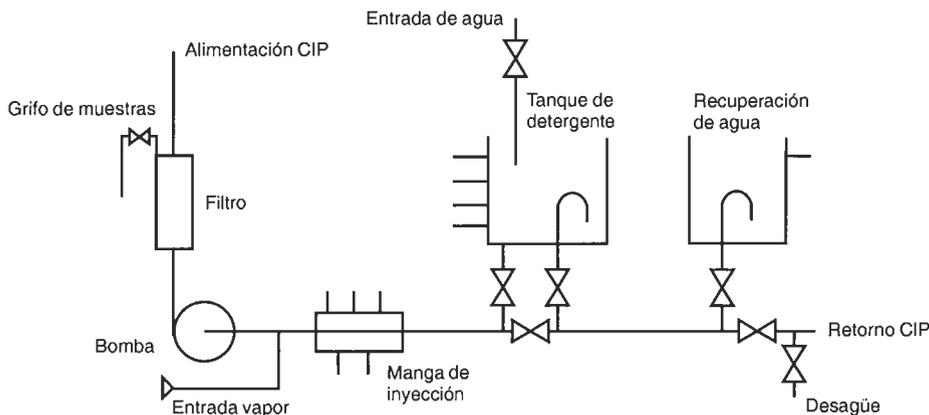
**Figura 9-9** Aparato para CIP de recuperación de solución de un solo uso, que forma parte de un sistema que cuenta con un tanque de abastecimiento de agua y aparato de CIP circulante. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

El desagüe tiene lugar normalmente al final del ciclo de enjuagado. Como partes del sistema de un solo uso hay una bomba centrífuga y un panel de control, así como una consola de programación con controlador de temperatura, válvulas solenoides e instrumentos de presión y temperatura.

Una operación típica de limpieza de equipo, tal como un tanque de depósito u otro

container de almacenamiento, requiere unos 20 minutos, con la siguiente distribución de este tiempo:

1. Inicialmente se realizan tres preenjaguados de 20 segundos cada uno, con intervalos de 40 segundos, para eliminar los depósitos de suciedad gruesa. Después el agua es descargada en la alcan-



**Figura 9-10** En este sistema CIP de un solo uso de recuperación limitada hay montado un tanque adicional con cánula de alto nivel, de manera que el agua de lavado y de enjuagado puede recogerse para el prelavado del siguiente ciclo. *Origen:* Tomado de Jowitt, 1980.

tarilla por una bomba de retorno con que cuenta el CIP.

2. El medio limpiador se mezcla con vapor inyectado para crear directamente en el circuito la temperatura preajustada. Esta situación se mantiene durante 10 ó 12 segundos antes de descargar los productos.
3. Dos enjuagados intermedios con agua fría con un intervalo de 40 segundos, seguido cada uno del vertido del agua a la alcantarilla o al tanque de recuperación.
4. Se establece otro enjuagado con recirculación, que puede incluir la inyección de ácido para bajar el valor del pH hasta 4,5. La circulación en frío se prolonga durante unos 3 minutos, con subsiguiente vertido.

### **Sistemas de uso repetido**

Los sistemas CIP de uso repetido son importantes para la industria alimentaria porque recuperan y vuelven a utilizar los compuestos y soluciones limpiadores. Es importante comprender que la contaminación de las soluciones limpiadoras es mínima porque la mayoría de la sucie-

dad ha sido eliminada durante el preenjuagado, permitiendo la utilización de las soluciones limpiadoras más de una vez. Para que este sistema sea eficaz, es esencial la concentración adecuada de la solución limpiadora. La concentración puede determinarse siguiendo las instrucciones recomendadas por el abastecedor de productos químicos y el vendedor del equipo. La versatilidad de las secuencias permite variar el cronometrado y el orden de las operaciones (ácida/alcalina o alcalina/ácida).

Los sistemas CIP de uso repetido cuentan con un tanque para cada producto químico. Cuando se practica un enjuagado con agua caliente, para ahorrar energía y agua es necesario un tanque de agua caliente o un conducto de derivación. La solución limpiadora se calienta frecuentemente con un serpentín.

Las partes principales de un sistema CIP de uso repetido son un tanque de ácido, tanque alcalino, tanque de agua limpia, tanque de agua de retorno, sistema calentador y bombas CIP de alimentación y de retorno. El dispositivo de cañerías de este sistema de limpieza cuenta con válvulas de control remoto e instrumentos de medida. Las operaciones programadas de limpieza se suceden automáticamente mediante una

unidad controladora del programa. En este sistema, la solución limpiadora es transportada desde la unidad CIP a través de la planta de producción y del equipo a limpiar.

Los sistemas de dos tanques para el uso repetido del agua de lavado constan de un tanque para el agua de enjuagado y otro para recuperar la solución limpiadora. El equipo CIP de tres tanques dispone de un tanque para la solución limpiadora, otro para recuperar la solución de preenjuagado, y un tercero para el enjuagado final con agua limpia. Tanto el sistema de un solo uso como el de uso repetido requieren un cuidadoso diseño y monitorización para evitar el peligro del entremezclado indeseable de productos alimenticios con soluciones limpiadoras (Giese, 1991).

Para soluciones de distinta concentración se dispone frecuentemente de dos tanques para compuestos limpiadores alcalinos. La solución menos concentrada puede utilizarse en la limpieza de tanques, otros medios de almacenamiento y cañerías. La solución más fuerte sirve para limpiar el intercambiador de calor de placas. Para ajustar automáticamente el uso de los tanques de neutralización con concentraciones ácidas automáticamente graduadas, se utilizan bombas de alimentación que aportan los compuestos limpiadores a los tanques.

Incorporando bombas de alimentación CIP extras, pueden limpiarse simultáneamente dos circuitos CIP. La capacidad del tanque viene determinada por el volumen del circuito, exigencias de temperatura y programas de limpieza deseados. En las plantas mecanizadas, una consola central de control utiliza válvulas de control remoto para conectar y desconectar los circuitos de limpieza. Utilizando un tanque de retorno de agua, se reduce considerablemente el consumo de ésta en los sistemas de uso repetido. La recirculación de la solución limpiadora es habitualmente necesaria para obtener resultados óptimos; por ello, el equipo de uso repetido tiene un costo inicial superior, pero permite ahorros en los gastos de funcionamiento.

El sistema CIP ideal de uso repetido es capaz de llenar, vaciar, hacer recircular, calentar y aportar componentes automáticamente. En la Tabla 9-2 se expone un funcionamiento típico de este sistema con un programa para limpiar el tanque de depósito y tubería y recuperación de la solución limpiadora.

### *Sistemas multiuso*

Estos aparatos, que combinan las características de ambos sistemas, de uno y de varios usos, están diseñados para limpiar cañerías, tanques y otros containers de depósito que pueden limpiarse eficazmente por el principio CIP. Estos sistemas funcionan automáticamente controlando programas que abarcan diversas combinaciones de secuencias de limpieza en las que participa la circulación de agua, limpiadores alcalinos y ácidos, así como enjuagados acidificados a través de los circuitos de limpieza durante tiempos variables y a distintas temperaturas.

En la Figura 9-11 se representa el plano de organización de un sistema CIP multiusos típico. Esta versátil unidad modular acoge diversas secuencias de CIP, con compuestos químicos de distinta concentración y aplicaciones de temperatura. El sistema CIP multiusos cuenta con tanques para la recuperación de agua y productos químicos, con una sola bomba incorporada, instalación de cañería de recirculación e intercambiador de calor. La placa del intercambiador de calor calienta el agua de entrada y el líquido limpiador a la temperatura necesaria. Un control flexible de la temperatura, el empleo óptimo de la capacidad del tanque y el calentamiento deseado del agua y soluciones limpiadoras, pueden llevarse a cabo con ayuda del intercambiador de calor.

Un sistema CIP multiusos automático funciona de acuerdo con el siguiente orden de operaciones:

1. *Preenjuagado*: Se realiza a expensas de agua recuperada o de agua de la con-

**Tabla 9-2** Funcionamiento de un sistema ideal de CIP multiusos.

<i>Operación*</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Temperatura</i>
<i>Enjuagado previo:</i> aplicación de agua fría del tanque de recuperación con subsiguiente escurrido	5	Ambiente
<i>Lavado con detergente:</i> Un compuesto limpiador alcalino al 1% a 85°C arrastra el agua remanente de enjuagado a la alcantarilla, con subsiguiente desvío por una conducción hasta el tanque de compuesto limpiador de circulación y recuperación	10	Ambiente, o hasta 85°C, dependiendo del equipo a limpiar y tipo de suciedad
<i>Enjuagado intermedio con agua:</i> El agua fría «ablandada» del enjuagado fuerza a la solución limpiadora remanente hasta el tanque de solución limpiadora; el agua se desvía luego al tanque de recuperación de agua	3	Ambiente
<i>Lavado ácido:</i> Una solución acidificada al 0,5-1,0% lleva el agua residual al desagüe, luego esta solución se desvía por una conducción hasta el tanque ácido de recuperación y recirculación	10	Ambiente hasta 85°C, dependiendo del equipo a limpiar y tipo de suciedad
<i>Enjuagado final con agua:</i> Con agua fría se arrastra la solución ácida residual, recogándose el agua en el tanque de recuperación de ésta; el exceso se vierte a la alcantarilla	3	Ambiente

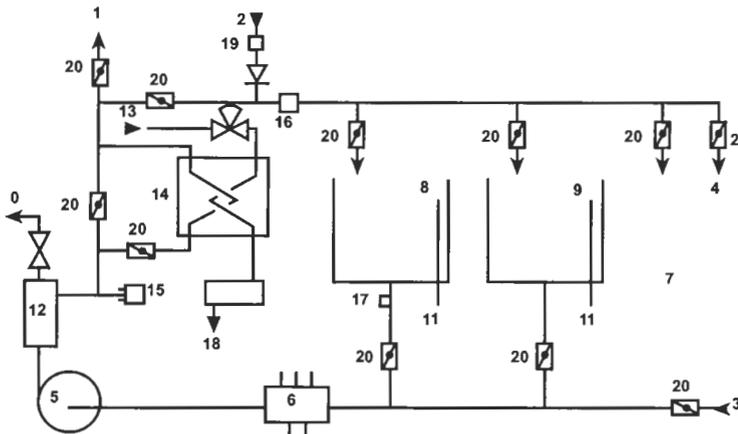
\* Los tanques y cañerías del equipo de pasteurización también pueden ser objeto de un enjuagado final con agua caliente a 85°C.

Fuente: Jowitt, 1980.

- ducción calentada a la temperatura adecuada. La solución de esta operación puede enviarse al desagüe o bien hacerla correr por un circuito de recirculación durante un tiempo determinado y luego ser vertida en la alcantarilla.
2. *Circulación repetida de la solución limpiadora.* La circulación repetida tiene lugar a partir del recipiente del compuesto limpiador o de la conducción de desvío. Puede utilizarse una combinación variable de compuestos químicos limpiadores para un número variable de recirculaciones, y la inyección de productos químicos puede potenciar la concentración y efecto de la solución. El intercambiador de calor de placas o su conducción de desvío pueden contribuir a la recirculación de la solución limpia-

dora. Con una conducción de desvío, la programación de la temperatura variable permite calentar la totalidad del tanque de detergente. Las soluciones limpiadoras pueden recuperarse o desagüarse.

3. *Enjuagado intermedio.* Esta operación es similar al preenjuagado, con la diferencia de que resulta importante eliminar los productos químicos residuales de la operación anterior.
4. *Recirculación ácida.* Esta operación opcional, semejante a la recirculación limpiadora, puede llevarse a cabo con o sin tanque ácido. Con tanque ácido, el circuito de recirculación se establece con agua, bien a través del intercambiador de calor de placas, bien por la conducción de desvío del intercambiador de calor de placas. El ácido se inyecta en



**Figura 9-11** Típico sistema CIP multiuso, simplificado:

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1. Alimentación CIP          | 11. Sobreflujo                         |
| 2. Retorno CIP               | 12. Filtro                             |
| 3. Entrada agua              | 13. Entrada vapor                      |
| 4. Desagüe                   | 14. Intercambiador de calor «Paraflow» |
| 5. Bomba «Puma»              | 15. Control de temperatura             |
| 6. Manga de inyección        | 16. Soluvisor                          |
| 7. Circuito de recirculación | 17. Control de conductividad           |
| 8. Tanque de detergente      | 18. Condensado                         |
| 9. Recuperación de agua      | 19. Control de caudal                  |
| 10. Espita de muestreo       | 20. Válvulas de mariposa               |

Fuente: Jowitt, 1980.

una concentración preestablecida, basada en los tiempos correspondientes a un volumen de circuito específico.

5. *Recirculación desinfectante.* Esta operación, establecida para reducir la contaminación microbiana, es similar a la inyección de ácido, salvo que normalmente no hace falta calentar.
6. *Esterilización con agua caliente.* En esta operación se utilizan tiempos y temperaturas variables. En ella se emplea una conexión de recirculación con agua limpia a través del intercambiador de calor de placas. El agua utilizada puede recuperarse o enviarse al desagüe.
7. *Enjuagado final con agua.* El agua es bombeada a través de la conducción CIP

y después se recupera. Las veces y temperaturas del enjuagado con agua son variables.

Las características ventajosas en el equipo CIP son:

- *Reducción de la mano de obra.* La limpieza a mano se reduce porque el sistema CIP limpia de forma automática equipo y depósitos. Esta ventaja gana creciente importancia porque los salarios aumentan y cada vez es más difícil localizar trabajadores cualificados.
- *Mejor desinfección.* La operación automatizada limpia y desinfecta con mayor eficacia y estabilidad. Con equipo dotado de cronómetros o de computadores

de control, las operaciones de limpieza y desinfección se desarrollan con mayor precisión.

- *Conservación de la solución limpiadora.* Las mediciones automáticas y la recirculación hacen posible un empleo óptimo del agua, de compuestos limpiadores y de desinfectantes.
- *Mejor utilización de equipo y depósitos.* Con la limpieza automática, equipo, tanques y cañerías pueden limpiarse tan pronto como se interrumpe su uso, lo que permite su inmediata reutilización.
- *Mayor seguridad.* Los operarios no tienen que entrar en depósitos que se limpian con equipo CIP. Se elimina el riesgo de accidentes por resbalar en superficies internas.

Las desventajas de los sistemas CIP son:

- *Costo.* Como la mayoría de los equipos CIP están fabricados a medida del cliente, el proyecto y la instalación se suman al elevado precio del equipo.
- *Mantenimiento.* Los sistemas y equipos más sofisticados tienden a requerir más mantenimiento.
- *Rigidez.* Estos sistemas de limpieza sólo limpian eficazmente las áreas en que está instalado el equipo, a diferencia de los equipos portátiles, que pueden cubrir zonas mayores. El equipo con suciedad densa no es limpiado tan eficazmente por los sistemas CIP, siendo difícil diseñar unidades capaces de limpiar todo el equipo de procesado.

### ***Aparato de control con microprocesador***

Actualmente se puede controlar el equipo CIP con más precisión. Los sistemas de monitorización por microprocesador, frente a los controladores convencionales CIP, permiten programar los parámetros de limpieza de manera que se asegure el funcionamiento de los

aparatos y se ejerza un mejor control de la operación. De esta manera se consigue proteger la producción, reducir los costos y la mano de obra y alcanzar una mayor eficacia.

Los equipos CIP más sofisticados incluyen una unidad de control por microprocesador (Fig. 9-12). La flexibilidad de la programación permite utilizar esta unidad en el funcionamiento de una extensa variedad de sistemas CIP, de uno o de varios usos, basándose bien en el tiempo o en medidas bajas. El principio por el que funciona esta innovación consiste en aportar un registro gráfico de la unidad CIP para controlar los parámetros de funcionamiento, incluidas las temperaturas de entrada y retorno, presión, velocidad de flujo, pH y conductividad. Este equipo puede desarrollar los datos en forma de detallada gráfica cronológica de temperatura, velocidad de retorno y concentración de la solución. Actuaciones tales como la pulsación de válvulas, funcionamiento de bombas y programación de operaciones pueden documentarse y verse en diagramas, lo que no es claramente visible en los registros CIP cronológicos normales. Por consiguiente, esta mejora es un valioso instrumento para la monitorización, documentación y mantenimiento de la CIP.

El equipo monitorizador de CIP basado en un ordenador dispone de un panel de control equipado con un expositor para el operador. Sin embargo, la monitorización primaria se lleva a cabo mediante registros impresos de función CIP. La impresora puede producir una serie de fichas en forma de tiras. En cada ficha se traza una gráfica de tiempo de acuerdo con un parámetro de la CIP. El aparato está programado para tomar en consideración variaciones de los parámetros de limpieza correspondientes a diferentes circuitos de ésta. La misma impresora puede registrar ciclos CIP correspondientes a equipo diverso, containers de depósito, camiones tanques o líneas de transporte. Algunos equipos cuentan con alarmas que avisan de situaciones de funcionamiento fuera de los límites programados.



**Figura 9-12** Controlador microprocesador que regula la capacidad monitorizadora de este equipo. Cortesía de Diversey Lever, 255 E. 5<sup>th</sup> Street, Suite 1200, Cincinnati, Ohio, 800-233-1000.

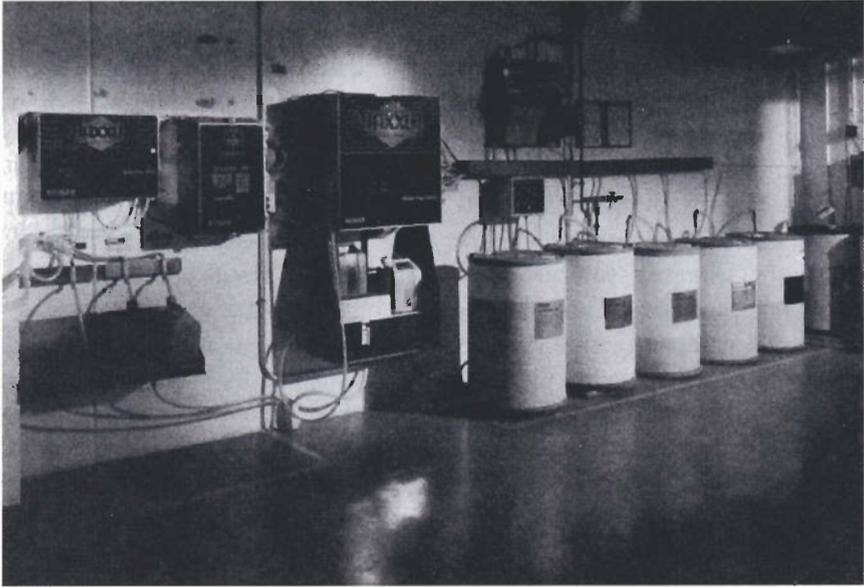
La Figura 9-13 presenta un sistema de microprocesado y distribución que incluye una estación de bombeo y llenado para suministrar compuestos limpiadores a una serie de sólidos containers con tapa. La estación de servicio aporta aire, agua, electricidad y conexiones de control mediante termostato. Los operarios designados tienen acceso al sistema con una tarjeta especial, simplificando así la selección y aplicación de actuaciones. El personal directivo tiene acceso remoto a la unidad vía modem para seguir la pista del empleo de productos químicos. Este sistema puede reducir los costos en concepto de productos químicos entre un 15 y un 20% y acortar el tiempo de duración del ciclo de limpieza en un 10%, como consecuencia de la utilización más eficiente de los productos químicos.

El control mediante microprocesador potencia la eficacia de la limpieza y disminuye los costos de ésta merced al preciso control que realiza de las variables que componen la limpieza mecanizada. Una de estas unidades puede diseñar-

se con capacidad hasta de 200 programas separados y distintos, que pueden permitir la recuperación de producto, recuperación del enjuagado y/o de compuesto limpiador, enjuagado a mano, ciclo de desinfección, aumento de la concentración de productos químicos, prolongación de la etapa de lavado, y muchas otras opciones. El control por microprocesador puede diseñarse con programación propia incorporada, funcionando a través de un directorio integral o de un «pack» de programación de los utilizados en los ordenadores personales.

### **Limpieza con desmontado (COP)**

Los sistemas diseñados para limpiar por este procedimiento (COP = Cleaning Out of Place) requieren desmontar y/o desplazar los aparatos de su asentamiento normal. El flujo limpiador se somete a presión para su aplicación. De ordinario se utiliza la velocidad como referencia de medida de la fuerza del flujo, aplicando la



**Figura 9-13** Empleo de un microprocesador para la distribución programada de compuestos desinfectantes. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

regla general de 1,5 m/segundo. Este principio no debe ser enfatizado en exceso, porque el equipo COP puede limpiarse eficazmente con menos velocidad. Velocidad y turbulencia, la real fuerza limpiadora, no se relacionan por igual en todas las condiciones de flujo.

Muchos utensilios y partes pequeñas del equipo, así como containers reducidos, pueden lavarse bien con un aparato con recirculación también llamado *unidad COP*. Estos aparatos, como las máquinas lavadoras y desinfectantes de cañerías, disponen de una bomba de recirculación y de agitadores de la solución limpiadora. Asimismo, una unidad COP puede servir como aparato de recirculación para la práctica de CIP. El tiempo normal de recirculación es aproximadamente de 30 ó 40 minutos, con un tiempo adicional de 5-10 minutos para un enjuagado ácido en frío o desinfectante.

Las unidades COP se fabrican frecuentemente con un vertedero de doble compartimiento de acero inoxidable equipado con cepillos

movidos a motor. El mismo motor también bombea una solución limpiadora a través de una tubería incorporada a los cepillos. La temperatura deseada de la solución limpiadora (45 a 55°C) se mantiene con ayuda de un calentador controlado mediante termostato. El primer compartimiento se destina a la solución limpiadora. Las partes limpiadas o los utensilios se enjuagan con el spray de una boquilla en el segundo compartimiento. El secado se realiza normalmente con aire dentro de la unidad COP o bien sobre un estante o rejilla de escurrido.

El equipo que funciona como unidad COP cuenta con un montaje de cepillado y otro para el enjuagado. Se incluye un tanque para la solución limpiadora. Muchas unidades COP disponen de cepillos giratorios para limpiar tanto el interior como el exterior de las partes y utensilios, para lo que la solución limpiadora se introduce a través de los cepillos que limpian el interior.

La mayor ventaja del equipo COP es que permite limpiar eficazmente partes que estén desmontadas, así como pequeño equipo y utensilios. Este equipo también reduce la mano de obra y mejora la higiene. Las unidades COP se consideran de precio razonable en lo referente a adquisición y mantenimiento. Sus principales limitaciones para operaciones de poco volumen son el precio inicial, el mantenimiento y las necesidades de mano de obra para cargar y descargar estos aparatos de lavado.

El método COP se utiliza frecuentemente en la limpieza de equipo y utensilios para la preparación de alimentos y para la industria del servido de comidas. Recipientes de acero inoxidable pueden limpiarse y desinfectarse en un armario de lavado de acero inoxidable incorporado, siguiendo un ciclo controlado por ordenador. La duración de cada etapa de la operación de limpieza está gobernada por un controlador lógico programable. En los Capítulos 14 y 19 se aporta más información sobre el equipo COP en las industrias lecheras y de servicio de alimentos.

## EQUIPO DE DESINFECCIÓN

El equipo empleado en la aplicación de compuestos desinfectantes varía desde sprays manuales como los utilizados en la distribución de insecticidas y herbicidas, hasta unidades colgadas de la pared y «cabezas» montadas en el equipo de procesado. Muchos aparatos de limpieza mecanizada pueden contener ingenios desinfectantes como parte del sistema (ver Fig. 9-14).

Los equipos centralizados de alta presión y bajo volumen y los basados en la aplicación de espuma incluyen circuitos desinfectantes con puntos de aplicación del producto desinfectante mediante mangueras y lanzas o con «cabezas» de spray colocadas en el equipo de procesado, sobre todo cintas transportadoras y similares. Una ventaja de este último sistema

es la mecanización de la desinfección, que permite la administración uniforme con ayuda de interruptores cronometrados. La medición (con ayuda de contadores) de los compuestos desinfectantes, permite una aplicación más exacta y precisa de los mismos.

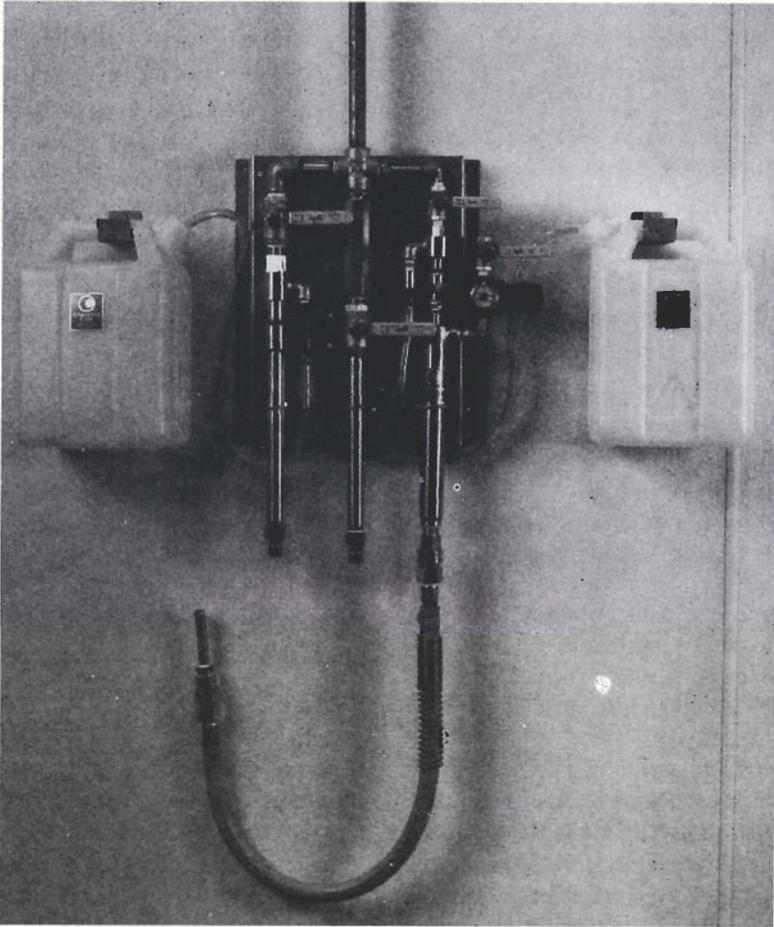
La Figura 9-15 representa un aparato desinfectante sujeto a la pared. El agua de enjuagado a alta presión atraviesa un control de flujo cuyo orificio es del tamaño necesario para obtener la intensidad de flujo requerida. Para desinfectar, el agua a presión pasa a través del inyector de desinfectante, que mide una cantidad exacta de este último y la vierte en la corriente de agua. Para extender la solución eficazmente sin automatización, puede incorporarse una boquilla para el flujo desinfectante.

## Sistemas de aplicación de desinfectantes

Los sistemas de aplicación existentes son métodos aceptables para transportar el desinfectante a las zonas deseadas. El sistema más adecuado depende de las operaciones a realizar en concreto.

Los desinfectantes químicos se aplican normalmente por uno de los siguientes procedimientos:

- *Desinfección por spray.* Este método implica el empleo de un desinfectante disuelto en agua y de un spray que aplica el desinfectante en el área a desinfectar.
- *Nebulización.* Este sistema consiste en aplicar el desinfectante en forma de fina niebla que desinfecta el aire y las superficies de un recinto.
- *Empapado desinfectante.* Estriba en utilizar un desinfectante disuelto en agua, que se aplica en gran cantidad para asegurar una exposición extensiva. El empleo de este procedimiento ha aumentado para combatir la proliferación de *L. monocytogenes*. Las desventajas del



**Figura 9-14** Aparato adosado a la pared que combina enjuagado/espuma/desinfección. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

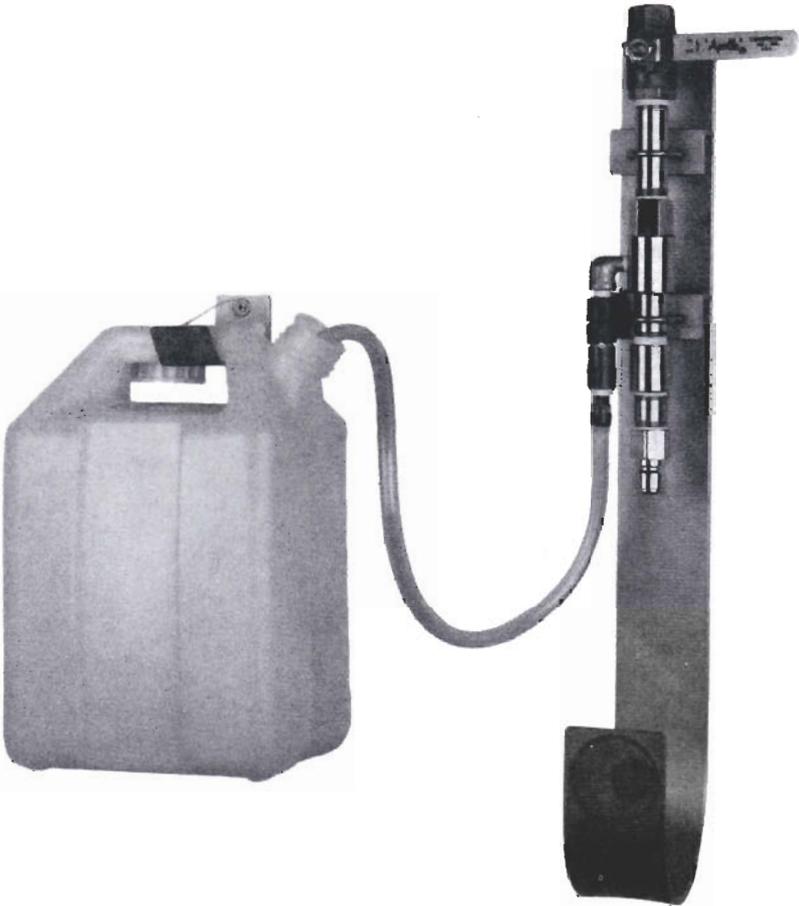
método son el costo del agua y del desinfectante y las condiciones de humedad creadas.

- *Desinfección por inmersión/COP.* Esta técnica consiste en sumergir el equipo, partes de éste y utensilios en un tanque que contenga una solución desinfectante.
- *Desinfección CIP.* Este sistema de desinfección consiste en hacer circular el

desinfectante por el interior de tuberías, circuitos y equipo.

## EQUIPO LUBRICANTE

La Figura 9-16 representa un equipo típico para el mantenimiento efectivo de embotelladoras de gran velocidad y transportadores de latas utilizado en la industria de bebidas y en



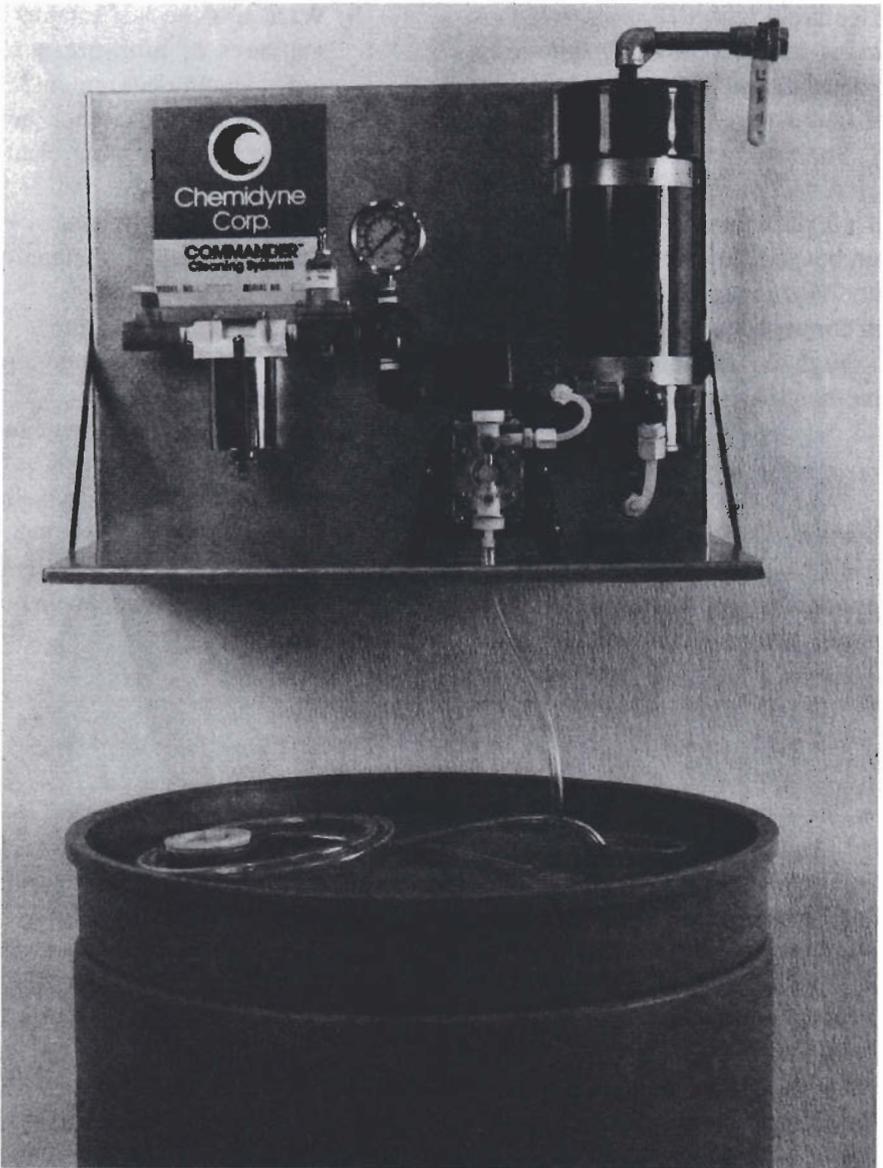
**Figura 9-15** Equipo desinfectante adosado a la pared con capacidad para desinfectar por inundación una amplia área. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

cadena y transportadoras articuladas, propulsores de cadena de ahumaderos y otras aplicaciones que requieren la lubricación precisa y continuada de transportadores y/o cadenas. Este principio se basa en el empleo de agua a presión merced al trabajo de un émbolo de acción recíproca existente en la bomba de productos químicos. Este émbolo impulsa un pistón medidor de la concentración de producto químico que extrae el lubricante del tambor y lo inyecta en el agua procedente del cilindro.

## RESUMEN

Una importante función del equipo de limpieza es administrar el compuesto limpiador y el desinfectante para facilitar la limpieza y desinfección, así como para reducir la flora microbiana. Un eficaz sistema de limpieza puede reducir las labores de limpieza hasta en un 50%.

El equipo limpiador de alta presión y bajo volumen se encuentra por lo general entre los



**Figura 9-16** Equipo de lubricación para transportadores de alta velocidad, transmisiones y cadenas de eslabones. Cortesía de Ecolab, Inc., Mendota Heights, Minnesota.

equipos más eficientes de limpieza en la eliminación de depósitos de suciedad, merced a su capacidad de penetración en áreas difíci-

les de alcanzar. La espuma, que ha encontrado amplia aceptación por su facilidad de aplicación y por su capacidad para adherirse a

las superficies, tiende a ser más eficaz en la limpieza de grandes superficies. Un barro constituye un medio similar a la espuma, con la diferencia de que incluye menos cantidad de aire y no tiene tanta capacidad de adherencia. Un gel resulta máximamente efectivo en la limpieza de equipos con pequeñas partes móviles.

Parte del equipo utilizado en las plantas procesadoras de alimentos para el tratamiento de líquidos, como son productos lácteos y bebidas, puede limpiarse eficazmente con aparatos CIP, que reducen la mano de obra en la limpieza. Sin embargo, este equipo es caro y resulta menos efectivo allá donde existe suciedad densa y una variedad de sistemas de procesado. El equipo CIP más sofisticado incluye un microprocesador para control, encargado de monitorizar los parámetros de las operaciones. Con el equipo COP pueden limpiarse a satisfacción partes de equipo y pequeños utensilios. Una lubricación más higiénica de transportadores de alta velocidad y otro equipo se consigue utilizando equipo lubricante mecanizado.

## PREGUNTAS DE ESTUDIO

1. ¿Cuál es el principal factor de costo en la desinfección?
2. ¿Cómo funciona el equipo de limpieza de alta presión y bajo volumen?
3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del equipo de limpieza de alta presión y bajo volumen?
4. ¿Qué diferencia existe entre el equipo de limpieza portátil y el centralizado?
5. ¿Por qué es la limpieza con espuma un método de limpieza tan aceptado y popular?
6. ¿Qué es la limpieza con gel?
7. ¿Qué es la limpieza con barro o pasta?
8. ¿Qué es el equipo CIP y cómo funciona?
9. ¿Qué es el equipo COP y cómo funciona?
10. ¿Qué es el sistema CIP de nuevo uso?
11. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del equipo CIP?
12. ¿Cuál es el ciclo típico de un sistema CIP?

---

## BIBLIOGRAFÍA

Giese, J.H. 1991. Sanitation: The key to food safety and public health. *Food Technol* 15, no. 12: 74.

Jowitt, R. 1980. *Hygienic design and operation of food plant*. Westport, CT: AVI Publishing Co.

---

## LECTURAS SELECCIONADAS

Guthrie, R.K. 1988. *Food sanitation*. 3rd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.

Marriott, N.G. 1990. *Meat sanitation guide II*. Blacksburg, VA: American Association of Meat Processors and Virginia Polytechnic Institute and State University.