

# Especificación de Proceso de Pureza Ultra Alta (SC-01)

## Especificación SCS-00001, Revisión C

### Alcance

Este documento especifica las directrices de Swagelok® Company, para la fabricación de productos de pureza ultra alta de acero inoxidable electropolido y de plástico. La información contenida en esta especificación debe utilizarse conjuntamente con la de los catálogos, boletines técnicos e informes de producto.

### Diseño

Las menciones sobre análisis de humedad, hidrocarburos o limpieza iónica que se pueden encontrar en la documentación de producto, hacen referencia a las siguientes normativas:

#### Productos de Acero inoxidable

- Análisis de humedad según ASTM F1397, "Procedimiento estándar de ensayo para la verificación de la humedad aportada por los componentes de sistemas de distribución de gas"
- Análisis de hidrocarburos según ASTM F1398, "Procedimiento estándar de ensayo para la verificación de los hidrocarburos totales aportados por los componentes de sistemas de distribución de gas"
- Limpieza iónica según ASTM F1374, "Procedimiento estándar de ensayo para la verificación de elementos iónicos/orgánicos extraíbles de las superficies internas—IC/GC/FTIR de los componentes de sistemas de distribución de gas"

#### Productos plásticos

- Todos los productos de plástico están diseñados según SEMI F57, "Especificación provisional para los polímeros utilizados en sistemas de distribución de agua y productos químicos líquidos de alta pureza"

### Directrices de materiales

#### Acero inoxidable

El acero inoxidable es el material industrial de preferencia para los productos UHP utilizados en los sistemas de gas, debido a su inherente resistencia a la corrosión y oxidación. Más concretamente, el acero inoxidable AISI 316L (UNS S31603) con bajo contenido en carbono, es el de uso más común en la industria, gracias a su resistencia a la corrosión intergranular que se deriva de la soldadura o la descarga de esfuerzos. Los asientos, diafragmas, juntas planas y juntas tóricas de las válvulas deben estar disponibles en diferentes materiales, para satisfacer los requisitos de compatibilidad química del usuario final.

- El acero inoxidable de barra se ajusta a las siguientes normativas:
  - ASTM A479, "Barras y configuraciones de acero inoxidable resistentes al calor, para utilizar en calderas y otros recipientes a presión"
  - ASTM A484, "Especificación de requisitos generales para barras, laminados y forjados de acero inoxidable resistentes al calor"
  - ASTM A276, "Barras y configuraciones de acero inoxidable resistentes al calor"
- El principal proceso del acero es bien la decarburización con argón y oxígeno (AOD), o bien la fusión por inducción en vacío (VIM). Para obtener una mayor limpieza de los componentes húmedos, también se puede utilizar el refundido al arco en vacío (VAR).
- La Tabla 1 muestra los requisitos esenciales de algunos elementos, cuyos valores han sido ajustados por Swagelok de forma más rigurosa para optimizar la preparación de productos químicos con cualquiera de los productos UHP.
- Las verificaciones de los productos de acero inoxidable incluyen, aunque no se limitan, a los siguientes procedimientos:
  - La conformidad del material se verifica según el procedimiento A de ASTM A262, "Procedimientos estándar de detección de susceptibilidad a la corrosión intergranular del acero inoxidable austenítico."
  - La composición química se verifica según ASTM A751, "Métodos, procedimientos y terminología de análisis químicos de productos de acero."
  - La calidad superficial se verifica por medio de ensayos ultrasónicos según ASTM E214, "Procedimiento de ensayo de inmersión ultrasónica por el método de reflexión de ondas longitudinales pulsantes", o por medio del ensayo eddy current realizado según la normativa Swagelok.
  - La presencia de inclusiones se detecta por medio del ensayo JK, según ASTM E45, "Procedimiento estándar para la verificación del contenido de inclusiones del acero, Método A," cuyos valores están basados en el Apartado III.

**Tabla 1: Especificaciones Swagelok, % peso**

Elemento	Swagelok 316 AOD	Swagelok 316L AOD	Swagelok 316L VAR	Swagelok 316L VIM-VAR
C (carbono)	0,035 a 0,050	0,015 a 0,030	0,015 a 0,030	0,015 a 0,030
S (azufre)	0,020 a 0,030	0,005 a 0,030	0,005 a 0,012	0,005 a 0,010
Mn (manganeso)	1,50 a 2,00	1,00 a 1,50	1,00 a 1,50	0,15 a 0,40

## Directrices de materiales (continuación)

### Materiales plásticos

El material de preferencia industrial para el servicio de líquidos UHP son los plásticos. Swagelok utiliza el PTFE (politetrafluoroetileno) modificado debido a sus propiedades de pureza y resistencia química. Su composición química es de conformidad con:

- ASTM D3294, “Especificación estándar para láminas y configuraciones básicas moldeadas con Resina de PTFE”
- ASTM D4894, “Especificación estándar para el moldeo granular del Politetrafluoroetileno (PTFE), y los materiales de extrusión por compresión” de politetrafluoroetileno Tipo I, Grado I

### Fabricación y Acabado superficial

Durante la fabricación, las dimensiones y acabados superficiales se monitorizan muy atentamente. Cada componente mecanizado tiene un acabado superficial de precisión extrema, transiciones suaves, pasos de caudal de contorno dinámico y extremos soldados a escuadra, para minimizar la acumulación o generación de partículas.

Los criterios de rugosidad/acabado superficial se basan en:

- Acero inoxidable—criterios de SEMI F19, “Especificación sobre la calidad superficial de componentes húmedos de acero inoxidable” y procedimientos de SEMI F37, “Método para la determinación de parámetros de rugosidad superficial en componentes de sistemas de distribución de gas”
- Plásticos—SEMI F57, “Especificación provisional para componentes de polímero utilizados en sistemas de distribución de agua y productos químicos líquidos ultra puros”

La medición de la rugosidad,  $R_a$ , está definida por ASME B46.1, “Textura superficial (Rugosidad, ondulación y disposición de la superficie)” como el promedio aritmético de los valores absolutos de las variaciones de la altura del perfil, dentro de la longitud evaluada y medidos desde la línea media.

- Las superficies húmedas de los productos Swagelok de acero inoxidable de pureza ultra alta, se producen con una rugosidad media,  $R_a$ , de 0,13  $\mu\text{m}$  (5  $\mu\text{pulg.}$ ), a excepción de los productos mostrados a continuación, cuya rugosidad media es de 0,20  $\mu\text{m}$  (8  $\mu\text{pulg.}$ ):
  - Válvulas de fuelle series BN y HB
  - Válvulas de diafragma series DL y DS
- Las superficies húmedas de los productos Swagelok de plástico de pureza ultra alta, se mecanizan a una rugosidad media  $R_a$  máxima de 0,62  $\mu\text{m}$  (25  $\mu\text{pulg.}$ ), según SEMI F57.

Los valores de rugosidad publicados en los catálogos de producto, hacen referencia al promedio del proceso, o al valor de rugosidad, que representa la media aritmética de un proceso de producción determinado, según SEMI F37.

La rugosidad/acabado superficial se verifica por medio de un instrumento de medición de perfiles conforme a la norma ASME B46.1. Las mediciones se toman sobre la máxima longitud disponible del orificio de un racor o válvula, excluyendo las superficies cónicas, intersecciones o soldaduras.

## Eletropulido y Pasivación (Acero inoxidable únicamente)

Las superficies húmedas de los racores y cuerpos de válvulas, están eletropulidas para mejorar las condiciones superficiales y para crear una capa de óxido de cromo resistente a la corrosión. Tras el eletropulido, todas las superficies son pasivadas para eliminar el hierro libre.

- Los procesos de eletropulido se basan en ASTM E1558, “Pulido electrolítico de especímenes metalográficos” y se procesan utilizando equipo específico.
- Los procesos de Pasivación se basan en ASTM A380, “Limpieza, decapado y pasivación de componentes, equipos y sistemas de Acero inoxidable.”
- La Tabla 2 muestra los procedimientos de verificación del eletropulido y la pasivación.

**Tabla 2: Métodos de verificación y Especificaciones**

Parámetro	Especificación	Método de prueba
Cromo - Hierro (Cr/Fe)	Proporción $\geq 2.0$	ESCA (espectroscopio electrónico para análisis químicos) según SEMI F60
Óxido de cromo - Óxido de hierro (CrO/FeO)	Proporción $\geq 2.0$	
Espesor del óxido	$\geq 15\text{Å}^{\text{①}}$	AES (Espectroscopio electrónico Auger) según SEMI F72
Análisis de defectos superficiales	Máximo 40 defectos sobre 5 áreas de muestra <sup>②</sup>	SEM (microscopio escáner electrónico) según SEMI F73
Aspecto	Todos los componentes deben ser altamente brillantes a espejo, con una rugosidad homogénea y un acabado lustroso y uniforme <sup>③</sup>	Los productos acabados se inspeccionan visualmente a simple vista, utilizando luz brillante adicional.

① Promedio del proceso.

② No aplicable a los cuerpos de las series HB, BN, DS, DL o LD.

③ No es aplicable a las configuraciones especiales ni a los cuerpos de las series HB, BN, DS, DL o LD.

### NOTA IMPORTANTE DE PROCESO:

**Todos los productos eletropulidos de pureza ultra alta, se procesan de acuerdo a las directrices anteriormente descritas (Diseño, Directrices de materiales, Fabricación y Acabado superficial y Eletropulido y Pasivación). Las referencias de productos que contienen el indicador “P1”, se refieren a la especificación de Limpieza y Embalaje Especial Swagelok (SC-11) en relación a los requisitos de limpieza, ensamblaje y pruebas, y embalaje. Asimismo, los productos cuyas referencias contienen el indicador “P”, siguen las directrices de este documento en cuanto a los requisitos de limpieza, ensamblaje y pruebas y embalaje.**

## Temperatura crítica de corrosión electroquímica

### (Acero inoxidable únicamente)

El ensayo de temperatura crítica de corrosión electroquímica (CPT), basado en ASTM G150, "Método estándar de ensayo de la temperatura crítica de corrosión electroquímica del Acero inoxidable", se utiliza para determinar la resistencia a la corrosión por picaduras localizada. La prueba CPT mide la temperatura a la cual la densidad de la corriente aumenta rápidamente, más allá de un límite establecido y sobre un potencial eléctrico concreto. Se utiliza una solución de cloruro sódico, manteniendo un potencial eléctrico constante sobre el área pasivada

**Tabla 3: Temperatura crítica de corrosión**

Parámetro	Especificación	Método de ensayo
Temperatura de corrosión crítica	>13°C (55°F)	ASTM G150

## Limpieza y secado

El sistema de limpieza con agua desionizada está aislado del entorno exterior, limitando así la contaminación por partículas. Los componentes pasan, sumergiéndose a través de una serie de tanques de limpieza ultrasónica y de aclarado con agua desionizada en varias etapas, hasta una cámara de secado. Las características del agua desionizada están basadas en las siguientes directrices:

- Componentes de acero inoxidable—SEMI E49.6, "Guía para el ensamblaje de subsistemas y Procedimientos de ensayo—Sistemas de acero inoxidable"
- Componentes de plástico—SEMI E49.7, "Guía de pureza para el diseño y fabricación de sistemas de agua y líquidos químicos ultra puros, en equipos de procesos de semiconductores"

**Tabla 4: Características del agua desionizada**

Características	Capacidades Swagelok
Resistividad	≥ 17.5 MΩ·cm a 25°C (77°F)
Total de carbono orgánico (TOC)	< 20 partes por cada mil millones
Sílice	< 5 partes por cada mil millones
Bacterias	< 10 colonias por cada 100 mililitros
Temperatura del agua desionizada caliente	60°C (140°F) mínimo

## Ensamblaje y Pruebas

Para evitar la contaminación de los componentes durante el transporte, éstos se protegen y trasladan directamente desde el sistema de limpieza a un área limpia para proceder al ensamblaje y pruebas.

- Las áreas limpias se someten a ensayo de partículas y están clasificadas de acuerdo a ISO 14644-1, "Salas limpias y entornos controlados afines." Los valores de conteo de partículas indicados representan los límites de concentración máxima (partículas por metro cúbico de aire) de partículas ≥ 0,5 µm.
- La Tabla 5 muestra la clasificación de Swagelok según ISO 14644-1.

**Tabla 5: Clasificaciones de Salas limpias y Áreas de trabajo**

Ubicación del ensay-o	Normativa Federal 209E	ISO 14644-1 (Partículas por metro cúbico)
<b>Acero inoxidable</b>		
Sala limpia	Clase 100	Clase 5 (3520)
Áreas de trabajo, cabinas de flujo laminar y sala de recepción	Clase 10	Clase 4 (352)
<b>Plásticos</b>		
Áreas de almacenamiento de materiales, vestuarios, áreas de preparación y áreas de ensamblaje	Clase 10 000	Clase 7 (352 000)

- Los catálogos de producto contienen los requisitos de las pruebas de rendimiento específicos de cada producto y sus resultados.

## Embalaje e Identificación

Los productos Swagelok se embalan para evitar la contaminación externa durante el transporte. Para acceder a la información sobre su identificación y trazabilidad respetando la limpieza del producto y del sistema en el que va a ser instalado, no es necesario abrir el embalaje.

Los procedimientos de embalaje e identificación cumplen los requisitos de:

- SEMI E49.6, "Guía para el ensamblaje de subsistemas y Procedimientos de ensayo—Sistemas de acero inoxidable" para los productos de acero inoxidable.
- SEMI F57, "Especificación provisional para componentes de polímero utilizados en sistemas de distribución de agua ultra pura y productos químicos líquidos", para los componentes de plástico.

## Documentación de referencia

### ASME

ASME B46.1, "Textura superficial (Rugosidad, ondulación y disposición de la superficie)"

### ASTM

ASTM A262, "Procedimientos estándar de detección de susceptibilidad a la corrosión intergranular del acero inoxidable austenítico"

ASTM A276, "Barras y configuraciones de acero inoxidable resistentes al calor"

ASTM A380, "Limpieza, decapado y pasivación de componentes, equipos y sistemas de Acero inoxidable"

ASTM A479, "Barras y configuraciones de acero inoxidable resistentes al calor, para utilizar en calderas y otros recipientes a presión"

ASTM A484, "Especificación de requisitos generales para barras, laminados y forjados de acero inoxidable resistentes al calor"

ASTM A751, "Métodos, procedimientos y terminología de análisis químicos de productos de acero"

ASTM D3294, "Especificación estándar para láminas y configuraciones básicas moldeadas con Resina de PTFE"

ASTM D4894, "Especificación estándar para el moldeo granular del Politetrafluoroetileno (PTFE), y los materiales de extrusión por compresión" de politetrafluoroetileno Tipo I, Grado I

ASTM E45, "Procedimiento estándar para la verificación del contenido de inclusiones del acero, Método A"

ASTM E214, "Procedimiento de ensayo de inmersión ultrasónica por el método de reflexión de ondas longitudinales pulsantes"

ASTM E1558, "Pulido electrolítico de especímenes metalográficos"

ASTM F1374, "Procedimiento estándar de ensayo para la verificación de elementos iónicos/orgánicos extraíbles de las superficies internas—IC/GC/FTIR de los componentes de sistemas de distribución de gas"

ASTM F1397, "Procedimiento estándar de ensayo para la verificación de la humedad aportada por los componentes de sistemas de distribución de gas"

ASTM F1398, "Procedimiento estándar de ensayo para la verificación de los hidrocarburos totales aportados por los componentes de sistemas de distribución de gas"

ASTM G150, "Método estándar de ensayo de la temperatura crítica de corrosión electroquímica del Acero inoxidable"

### ISO

ISO 14644-1, "Salas limpias y entornos controlados afines"

### SEMI

SEMI E49.6, "Guía para el ensamblaje de subsistemas y Procedimientos de ensayo—Sistemas de acero inoxidable"

SEMI E49.7, "Guía de pureza para el diseño y fabricación de sistemas de agua y líquidos químicos ultra puros, en equipos de procesos de semiconductores"

SEMI E49.9, "Guía para sistemas de distribución de gas de pureza ultra alta en la fabricación de equipos de semiconductores" (pendiente la adopción de la revisión de SEMI E49.8)

SEMI F19, "Especificación sobre la calidad superficial de componentes húmedos de acero inoxidable"

SEMI F37, "Método para la determinación de parámetros de rugosidad superficial en componentes de sistemas de distribución de gas"

SEMI F57, "Especificación provisional para los polímeros utilizados en sistemas de distribución de agua y productos químicos líquidos de alta pureza"

SEMI F60, "Método de ensayo para la evaluación mediante Espectroscopio electrónico de análisis químicos (ESCA), de la composición superficial de las superficies húmedas de componentes de acero inoxidable 316L pasivado"

SEMI F72, "Método de ensayo para la evaluación mediante el Espectroscopio electrónico Auger (AES), de las capas de óxido en superficies húmedas de componentes de acero inoxidable 316L pasivado"

SEMI F73, "Método de ensayo para la evaluación mediante Microscopio escáner electrónico (SEM), del estado de las superficies húmedas de componentes de acero inoxidable"