

INFORME TÉCNICO: PROCEDIMIENTO DE DESINCRUSTACIÓN QUÍMICA PULSANTE

Sistema: Circuito de Enfriamiento / Tubería de 1/4"

Fluido de Limpieza: Ácido Clorhídrico (HCl) al ~7.25% (Ácido Muriático comercial 14.5% diluido 50/50 en agua)

Régimen de Operación: Bombeo neumático a 1 Hz (60 golpes por minuto)

1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento seguro y el arreglo mecánico (*setup*) para disolver y remover una obstrucción total o parcial dentro de un conducto de agua de 1/4", utilizando limpieza química por pulsos. El enfoque principal es proteger la integridad estructural de la tubería, evitando sobrepresiones que puedan fisurar el componente, utilizando pruebas hidrostáticas previas y un protocolo de inmersión química en caso de bloqueos severos.

2. SETUP DEL SISTEMA

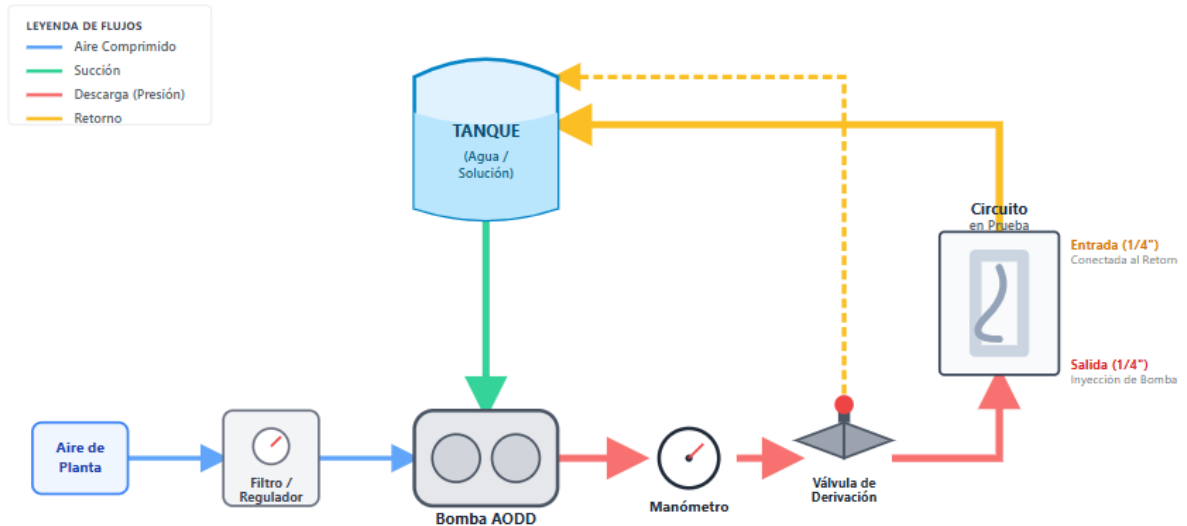
El diseño del circuito provisional se basa en principios de protección de activos y dinámica de fluidos:

1. **Retrolavado (*Backflushing*):** La inyección del fluido se realizará en sentido inverso al flujo normal de operación (conectando la descarga de la bomba a la salida del circuito y retornando por la entrada). Esto ataca la obstrucción desde su cara posterior, facilitando su desprendimiento sin comprimirla más hacia el interior.
2. **Succión positiva (*Flooded Suction*):** El tanque de fluidos (agua/ácido) se ubicará físicamente por encima de la entrada de la bomba. Esto garantiza un cebado inmediato por gravedad y evita que la bomba trabaje en vacío.
3. **Bomba AODD Subdimensionada en caudal:** Se utilizará una bomba neumática de doble diafragma de 1/2" (0.027 gal/carrera). Operando a 1 Hz, entregará aproximadamente 1.6 GPM.

2.1. Diagrama de Conexión

Diagrama Simplificado: Setup de Desincrustación

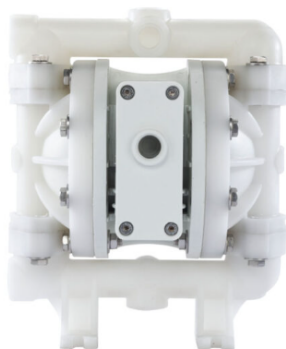
Configuración con un solo tanque e inyección en retrolavado (Backflushing)



3. LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS (BOM)

Equipamiento principal

- Bomba AODD:** 1/2 pulgada, Desplazamiento de 0.027 gal/carrera (Caudal máx. 15 GPM, Presión máx. 125 PSI). **CRÍTICO:** *Cuerpo en Polipropileno (PP) o PVDF. Diafragmas en PTFE (Teflón) con respaldo.*



BOMBAS NEUMÁTICAS DE DOBLE DIAFRAGMA, PWR-FLO

NOMAD DE 1/2" MODELO NPF15 CON CUERPO EN POLIPROPILENO

Origen: **USA**

Caudal máximo	57.0 LPM (15.0 GPM)
Presión máxima de aire	8.6 bar (125 PSI)
Desplazamiento por carrera	0.10 L (0.027 gal)
Altura de succión (seca)	4.5 m
Altura de succión (húmeda)	9.3 m
Tamaño máximo de sólidos	1.6 mm (1/16")
Diafragmas disponibles	PTFE con respaldo de Neopreno, Neopreno, Buna-N, Santoprene®, Viton®, EPDM, Hytrel®, Poliuretano

- **Regulador neumático:** Filtro regulador de presión de aire con manómetro (Rango 0 - 150 psi) para la alimentación de la bomba.



- **Recipientes de contención:** 2 Tanques pequeños de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de aprox. 5 galones (Uno para Agua, uno para mezcla Ácida).
- **Válvula selectora:** 1 Válvula de bola de 3 vías en PVC/CPVC (para cambiar rápido entre tanque de ácido y tanque de agua).
- **Manómetro de proceso:** Manómetro de diafragma (resistente a químicos) rango 0-100 psi, instalado a la descarga de la bomba.

Tuberías y acoples

- Mangueras reforzadas de PVC transparente (para verificar visualmente el flujo, color del ácido y salida de burbujas).
- Múltiple reductor de PVC/CPVC (De la salida de la bomba de 1/2" a la entrada del equipo de 1/4").
- Válvula de globo o aguja en PVC (para usar como derivación/bypass en caso de sobrepresión).

Equipo de protección personal (EPP Químico)

- Traje de protección tipo Tyvek para salpicaduras químicas.
- Guantes de nitrilo de caña larga (resistentes a ácidos).
- Gafas de seguridad de sello completo y careta facial transparente.
- Bandeja de contención anti-derrames bajo todo el setup.

4. PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR

FASE 1: Prueba hidrostática y diagnóstico

Propósito: Validar acoples, detectar fugas y medir la resistencia estática de la obstrucción.

1. Llenar el tanque 1 con agua pura. Asegurar que la válvula selectora apunte al agua.
2. Asegurar que el regulador de aire de la bomba esté en **0 psi**.
3. Abrir lentamente el regulador de aire, incrementando la presión en intervalos de 5 psi.
4. Observar la bomba y el manómetro de fluido.
 - **Escenario A (Éxito a baja presión):** Si la bomba comienza a latir (ej. a 40 psi) y se observa retorno de agua en el tanque, la tubería tiene paso. Se ha identificado la resistencia estática inicial.
 - **Escenario B (Deadhead Crítico):** Si la presión alcanza los **80-100 psi** y la bomba sigue inmobilizada (*deadhead*), **ALTO**. La obstrucción es estructural. No incrementar más la presión bajo riesgo de reventar el conducto interno de 1/4".

FASE 2: Intervención química

1. Reducir la presión de aire a 0 psi.
2. Preparar la mezcla en el tanque 2: Añadir con cuidado Ácido Muriático (14.5%) al Agua en proporción 50/50. (*Regla de seguridad: Siempre verter el ácido sobre el agua, nunca al revés*).
3. Girar la válvula selectora para succionar del tanque de ácido.
4. Ajustar el regulador de aire hasta que la bomba opere exactamente a **1 pulso por segundo (1 Hz)**.
5. Mantener la circulación durante **10 minutos**. Observar el retorno en la manguera transparente; la presencia de burbujas indica reacción activa disolviendo el tapón. Si la obstrucción cede completamente y la bomba se acelera, reducir la presión de aire para mantener el ritmo de 1 Hz.

FASE 2 ALTERNATIVA: Remojo químico

Propósito: Debilitar el tapón químicamente sin aplicar fuerza bruta destructiva.

1. Reducir la presión de aire a 0 psi y drenar el agua del circuito a través del bypass.
2. Cambiar al tanque de mezcla ácida.
3. Subir la presión de aire a un nivel muy bajo y seguro (ej. **20 a 30 psi**). La bomba dará unos pocos latidos hasta presurizar la línea contra el tapón y se detendrá.
4. Dejar el sistema estático y bajo esta leve presión durante los 10 minutos. El ácido actuará sobre la cara del tapón, ablandándolo.
5. Si durante esos 10 minutos el tapón cede (la bomba "despierta" y empieza a latir sola), ajustar el aire para mantener 1 Hz y continuar como en la Fase 2 estándar. Si no cede, despresurizar, purgar y reportar a ingeniería.

FASE 3: Lavado final (*Flushing*)

1. Tras los 10 minutos de limpieza con ácido, girar inmediatamente la válvula selectora hacia el tanque de agua limpia (sin detener la bomba).
2. Mantener la frecuencia a 1 Hz bombeando agua pura durante **2 minutos**.
3. Reducir el aire a 0 psi.
4. Desacoplar el sistema, neutralizar el ácido residual en el tanque y gestionar los residuos según normativa ambiental.