

MANUAL DE USUARIO

Proyecto SCARA + Lavadora de ECUs

Versión: 1.0

Fecha: 20/02/2026

Autor:

1. Introducción rápida

Este documento describe el uso, los procedimientos de operación, las precauciones de seguridad y las tareas de mantenimiento del sistema **SCARA + Lavadora de ECUs**. El sistema automatiza la detección, manipulación y lavado de unidades de control electrónico (ECU) mediante un robot SCARA, un módulo lavadorA y un sistema de visión.

El manual está pensado para personal de laboratorio y taller sin necesidad de profundos conocimientos de ingeniería, y debe consultarse antes de operar el equipo.

2. Componentes principales

- **Robot SCARA** con efector (gripper) impreso en PETG, capacidad de agarre para la pieza adaptadora 3D.
- **Cámara de visión** montada en el efector (Logitech C270 HD 720p o equivalente). Detecta QRs y calcula la pose.
- **Lavadora (caja)**: estructura con paredes acrílicas, inyectores fijos en techo, grippers internos accionados por servos, guías lineales verticales accionadas por NEMA17, y batea en el piso (zona de inmersión).
- **Bomba de inyectores** (presión operativa 2.7–4.1 bar)
- **Controladores electrónicos**: SCARA (Arduino Mega + RAMPS 1.4; Lavadora) Arduino Mega + RAMPS 1.4; comunicación de eventos por ESP32.
- **Fuentes**: SCARA 12 V 15 A; Lavadora 12 V 20 A y 5 V 20 A.
- **Pieza adaptadora 3D** (pata 3D) con QR y ranuras autocentrantes (se inserta a presión en la ECU para estandarizar su sujeción)

3. Requisitos previos y condiciones de seguridad

Antes de operar:

- Leer este manual completamente.
- Uso sólo en entorno controlado (taller/laboratorio) con ventilación adecuada.
- Verificar que todas las conexiones eléctricas estén en buen estado y las fuentes correctas.
- Confirmar que la mesa de trabajo está libre de objetos extraños y que la lavadora tiene suficiente líquido en la batea.

Precauciones importantes:

- Mantener manos y ropa alejadas de las partes móviles durante la operación.
- Uso de equipo de protección personal (guantes, gafas) al manipular piezas con residuos o solventes.
- En caso de derrame o fuga, cortar alimentación y evacuar el área si hay riesgo de incendio.

4. Preparación del equipo

1. Inspeccionar visualmente el robot, la lavadora y el cableado.
2. Confirmar que las fuentes están correctamente conectadas (12 V y 5 V según subsistema).
3. Revisar que la batea tenga líquido suficiente (si se va a usar inmersión).
4. Verificar que la pieza adaptadora 3D esté correctamente montada en cada ECU que se procese.
5. Encender PC / software de visión y comprobar que la cámara responde.
6. Encender controladores SCARA y Lavadora; comprobar que los finales de carrera y servos responden en homing.
7. Asegurarse de que no haya personas en la zona de alcance del robot.
8. Confirmar que el ESP32 está operativo y conectado entre SCARA y la lavadora.

5. Procedimiento operativo — ciclo estándar

Nota: seguir el flujo en este orden. Si algo falla, detener y consultar sección “Solución de problemas”.

5.1 Carga de piezas

1. Colocar las ECUs en la mesa de trabajo dentro del alcance del SCARA.
Asegurarse de que cada ECU tenga la pieza adaptadora 3D insertada y el QR visible.
2. Abrir el software en la PC y seleccionar “Iniciar rutina” / “Play”.

5.2 Escaneo y detección

3. El robot realizará una rutina de escaneo por varias zonas predeterminadas. La cámara tomará imágenes en cada punto.
4. Si la cámara detecta un QR, la PC envía la posición de captura al controlador del SCARA.

5.3 Pick & Transfer

5. El SCARA mueve el efector a la posición de captura y cierra el gripper para sujetar la pieza. La geometría autocentrante de la pata 3D alinea la placa.
6. El SCARA traslada la ECU a la **zona de transferencia** frente a la lavadora y posiciona la pieza para entrega.

5.4 Cedencia y lavado

7. El SCARA envía la señal (Mediante un ESP32) a la lavadora indicando “pieza colocada”. La lavadora acciona sus servos y cierra sus grippers internos.
8. El SCARA se retira. La lavadora ejecuta el ciclo preconfigurado:
 - Aspersión cara A (ej.: 15 s).
 - Rotación hasta exponer cara B.
 - Aspersión cara B (ej.: 15 s).
 - Retorno a posición y descenso para inmersión en batea (ej.: 20 s).
9. Al finalizar, la lavadora notifica “ciclo finalizado” al SCARA.

5.5 Recuperación y salida

10. El SCARA regresa, toma la ECU, y la deposita en la posición de salida designada.
11. Repetir el ciclo para la siguiente ECU o detener la rutina si no se detectan más piezas.

6. Parámetros configurables

- Tiempo de aspersión por cara: **15 s** (configurable).
- Tiempo de inmersión en batea: **20 s** (configurable).
- Distancias y puntos de escaneo (definidos en software).
- Perfiles de movimiento del robot (velocidad/ aceleración) — ajustar con cuidado para evitar pérdidas de paso.

7. Mantenimiento y verificaciones periódicas

Diario (antes de cada jornada):

- Inspeccionar visualmente cables, poleas y correas.
- Comprobar que los finales de carrera funcionan.
- Verificar nivel de líquido en la batea (si aplica).

Semanal:

- Limpiar boquillas e inyectores (si hay obstrucción).
- Revisar apriete de insertos y tornillos visibles.
- Comprobar estado de los servos y conexiones I²C (AS5600, TCA9548A).

Mensual:

- Revisar desgaste de correas GT2 y tensado.
- Inspeccionar rodamientos por ruidos o juego.
- Revisar estado de los drivers DRV8825 (temperatura, disipadores).

Siempre después de ensayos intensivos o golpes:

- Revisar alineación de gripper y pieza adaptadora.
- Comprobar encoders y ajustar homing si hace falta.

8. Repuestos recomendados

- Drivers Pololu / DRV8825 — 1–2 unidades de repuesto.
- Motores NEMA17 — 1 unidad (si el stock lo permite).
- Rodamientos 625 y 6805 — según configuración, 1–2 de cada tipo.
- Servos MG90 — 2 unidades.
- Correas GT2 6 mm (spare).
- Tornillería M3 con insertos roscados (spare).

9. Solución de problemas — troubleshooting

Esta sección reúne procedimientos prácticos, listas de verificación y flujos de diagnóstico para resolver fallas comunes del sistema **SCARA + Lavadora de ECUs**. Está pensada para un operario o técnico de laboratorio: combina medidas rápidas para recuperar funcionamiento (workarounds) y tests más profundos para identificar la raíz del problema. Antes de cualquier intervención eléctrica o mecánica, leer y respetar las normas de seguridad del laboratorio.

Prioridad y seguridad

1. **Parada segura:** si hay riesgo (fuga, chispas, piezas sueltas) detener la operación con el paro por software. Si la situación es peligrosa y hay E-Stop físico disponible, accionarlo.
2. **Desenergizar:** para trabajos que impliquen abrir la carcasa o tocar la electrónica, cortar la alimentación principal (12 V y 5 V).
3. **EPP:** usar guantes, gafas y protección frente a líquidos/solventes.
4. **Área despejada:** mantener la zona libre de personas no autorizadas.
5. **Registro:** anotar fecha/hora, quién interviene y síntoma observado antes de modificar parámetros — esto facilita volver atrás si hay efectos imprevistos.

Flujo general de diagnóstico

1. **Identificar el síntoma claro** (p. ej. “no detecta QR”, “motor no gira”, “fuga de líquido”).
2. **Clasificar a subsistema:** Visión / SCARA (mecánico) / Lavadora (mecánico) / Bombeo / Electrónica / Comunicaciones.
3. **Inspección visual rápida** (5 minutos): cables sueltos, conectores, correas, rodamientos con juego, fugas.
4. **Pruebas de energía y sensores** (multímetro): verificar tensiones de fuente, presencia 12 V/5 V, continuidad fusibles.
5. **Prueba funcional mínima:** ejecutar el “paso de humo” — encender y ejecutar la rutina más simple (p. ej. homing o mover 10 mm). Observar errores en logs/LEDs.
6. **Recolección de datos:** anotar mensajes de error en software, capturas de pantalla, valores de corriente, temperaturas.
7. **Acción correctiva:** aplicar la solución con la prioridad menor invasiva → mayor invasiva.
8. **Verificación:** ejecutar ciclo de prueba (1–5 ciclos) y monitorizar.

Tabla rápida: Síntoma → causas probables → acción inmediata

Síntoma	Causas probables	Comprobación rápida	Acción inmediata
Cámara no aparece en PC / consola	Cable USB suelto; dispositivo no reconocido; driver	Conectar la cámara a otra PC; comprobar en administrador de dispositivos	Reemplazar cable; reinstalar driver; usar cámara alternativa
Cámara detecta mal los QRs	Iluminación / QR sucio / enfoque	Fotografiar QR con teléfono; inspeccionar iluminación; comprobar nitidez	Limpiar QR; ajustar iluminación; bajar velocidad robot durante escaneo
Robot no alcanza posición de pick	Paso perdido; encoder fallo; tope mecánico	Mover manualmente en modo jog, escuchar pasos	Revisar conexiones de motor, tensionar correas, hacer homing lento
Pérdida de pasos frecuentes	Aceleración/perfiles muy agresivos; motor sobrecorriente	Observar corriente de motor (clamp) y temperatura driver	Reducir aceleración/velocidad, aumentar microstepping, mejorar disipación
Motor no gira	Driver desconectado; Vmot ausente; cable motor roto	Medir 12 V en VMOT, comprobar LEDs en driver	Reemplazar driver temporalmente; probar motor en otro eje
Endstop no se detecta	Cable suelto; señal invertida	Comprobar continuidad cable; leer estado digital en MCU	Reconectar, invertir señal en firmware si necesario
Lavadora no inicia ciclo	No recibe señal ESP32; bomba sin alimentación	Medir 12 V en entrada bomba; chequear pin de señal	Verificar ESP32 (LEDs), reemplazar relevo o fuse, comprobar driver bomba
Bomba no genera presión	Obstrucción; bomba defectuosa; alimentación	Escuchar funcionamiento de bomba; medir corriente	Limpiar línea, purgar; si no gira, reemplazar bomba
Fuga de líquido	Junta dañada; tara de batea	Inspección visual	Drenar, limpiar, reparar junta, secar y volver a sellar

Síntoma	Causas probables	Comprobación rápida	Acción inmediata
Servo no responde	Alimentación 5 V caída; cable señal dañado	Medir 5 V, probar servo con fuente separada	Reemplazar servo; revisar alimentación 5 V
I ² C no responde (AS5600/TCA9548A)	Pull-ups ausentes; bus colapsado	Escanear dirección I ² C (<code>i2cdetect</code>) o leer por software	Revisar cableado, desconectar dispositivos hasta encontrar fallo

Diagnósticos detallados por subsistema

A) Visión (cámara + detección QR / modelo YOLO)

Síntomas frecuentes: no detecta QR, detección errática, baja tasa de frames, latencia alta.

Checks rápidos

- Verificar alimentación USB y estado en la PC (Device Manager / `lsusb` / `v4l2-ctl --list-devices`).
- Abrir software de captura y comprobar FPS y exposición.
- Inspeccionar lente y QR: limpieza, rotura, reflejos por acrílico.
- Probar QR impreso con teléfono: si el teléfono lo lee y la cámara no, fallo de imagen/iluminación.

Pruebas funcionales

1. Ejecutar script de prueba de cámara (captura imagen, guardar).
2. Forzar diferentes exposiciones/ganancias y ver si mejora la detección.
3. Desplegar imagen en PC y comprobar distorsión; si está excesiva, recalibrar intrínsecos.

Acciones

- Ajustar iluminación: agregar difusores o fuentes LED.
- Reposicionar la cámara o bajar velocidad de movimiento durante captura.
- Reentrenar o ajustar umbral del detector si falsos positivos/negativos.
- Si la cámara está dañada, sustituir por una webcam equivalente (C270 funciona como referencia).

Datos a recolectar (para bug report):

- Captura cruda (imagen .png), configuración de cámara (resolución, FPS, exposure), logs del detector (probabilidades), timestamp.

B) Movimiento / SCARA (motores paso a paso, drivers, correas)

Síntomas frecuentes: pérdida de pasos, ruidos, vibración, inexactitud repetible.

Checks rápidos

- Estado visual: correas tensas, poleas montadas, tornillos de fijación.
- Temperatura drivers y motores (tacto o termómetro IR).
- Conexiones de motor (A+/A-/B+/B-), comprobar continuidad.

Pruebas

1. Homing lento: ejecutar homing a baja velocidad para detectar fricción o bloqueos.
2. Movimiento de prueba: jog en ejes pequeños (10–20 mm) y observar respuesta.
3. Medir corriente de fase con pinza o sensor (picos y rms).
4. Probar mover motor desconectado del eje — si gira sin carga, el problema es mecánico.

Acciones

- Reducir aceleraciones/velocidades en firmware si pérdida de pasos.
- Ajustar corriente del driver (con potenciómetro) sin exceder temp ratings; revisar disipadores y ventilación.
- Rehacer tensado o sustituir correas con desgaste.
- Comprobar ejes y rodamientos por juego; si hay juego en rodamientos, plan de sustitución (ej. 625/6805).

Medidas / umbrales orientativos

- Temperatura driver: si $>70^{\circ}\text{C}$ en operación continua, implementar ventilación o reducir corriente.
- Corriente por fase: comparar con la corriente de trabajo configurada (p. ej. ~ 1.7 A/fase) y con la capacidad del driver.

C) Gripper y mecanismo de intercambio con lavadora

Síntomas: no sujeta, resbala, no libera, piezas mal alineadas.

Checks

- Comprobar geometría de la pieza 3D y presencia de residuos que impidan el encastre.
- Verificar actuador del gripper (servo o motor) opera al recibir señal.
- Revisar sensores (si existen) o confirmar confirmación por software.

Pruebas

1. Test manual: con robot en modo manual, hacer cierre/abrir gripper y comprobar fuerza y recorrido.
2. Simular entrega: posicionar la pieza y pedir a la lavadora que cierre sus pinzas (sin iniciar ciclo) para verificar sujeción.

Acciones

- Ajustar posición de entrega (offsets) si la alineación es consistentemente sesgada.
- Reemplazar servo si muestra comportamiento errático (jitter, sin fuerza).
- Limpiar ranuras y piezas adaptadoras para asegurar ajuste.

D) Lavadora (bomba, inyectores, servos, guías)

Síntomas: bomba no entrega presión; inyectores bloqueados; servos no giran; gripper interno no baja.

Checks

- Estado físico de líneas: mangueras, boquillas, depósitos.
- Tensión en bornes de bomba (12 V) y consumo de corriente (normal / pico).
- Finales de carrera en guías verticales (Z) y lectura en MCU.

Pruebas

1. Prueba directa de bomba: alimentar bomba desde fuente controlada y observar presión/caudal (si es seguro).
2. Limpiar nozzles con aguja o aire comprimido (si es compatible).
3. Ejecutar ciclo de servos en vacío (comando manual) y verificar movimiento.

Acciones

- Purga de línea si hay aire; verificar filtros.
- Reemplazo de boquilla si corroída o dañada.
- Si bomba falla en carga, medir corriente y considerar reemplazo.

E) Electrónica y alimentación (fuentes, 5 V / 12 V, drivers)

Síntomas: reinicios, pérdida de comunicación, voltajes fuera de rango.

Checks

- Medir con multímetro: 12.0 ± 0.5 V en VMOT, 5.0 ± 0.2 V en Vlogic.
- Revisar LEDs de presencia de tensión y fusibles.
- Comprobar que el ground de todos los subsistemas esté común (evitar lazos de masa).

Pruebas

1. Verificar que al conectar cargas (motores) las tensiones no caigan por debajo de límites.
2. Medir ripple o ruidos en salida con osciloscopio si hay reinicios.
3. Test de arranque secuencial: encender 5 V lógica primero luego 12 V potencia (si el diseño lo recomienda).

Acciones

- Sustituir fusible si quemado; investigar causa (corto).
- Añadir condensadores de desacoplo o mejorar masa común si hay ruido.
- Si fuente no da corriente nominal, reemplazar por una fuente con más capacidad.

F) Comunicaciones (PC ↔ ESP32 ↔ Arduinos)

Síntomas: lavadora no recibe señales; PC no envía comandos; timeouts.

Checks

- Confirmar LEDs de enlace en ESP32; ping serial si aplica.
- Comprobar cables USB/TTL; probar con cable y puerto distintos.
- Revisar logs en PC (console output) para errores.

Pruebas

1. Enviar comando simple desde PC y esperar ACK; si no responde, hacer loopback básico (software).
2. Leer salida serial del Arduino para ver mensajes de estado.
3. Reiniciar ESP32 y observar logs de arranque.

Acciones

- Reconfigurar baudrate si comunicación corrupta.
- Reemplazar cable defectuoso.
- Subir nuevamente firmware si corrupción de memoria.

Procedimiento de diagnóstico avanzado (ejemplo: “Motor J1 falla al mover”)

1. **Inspección física** (5 min): cables, poleas, correas, rodamientos.
2. **Comprobación eléctrica**: medir 12 V en VMOT del driver; medir Vcc lógica.
3. **Probar driver swap**: intercambiar driver DRV8825 con otro eje que funcione; si el problema se traslada con el driver, driver defectuoso.
4. **Probar motor directo**: desconectar del acoplamiento y hacer girar motor con el driver en modo jog; si motor no gira, probar motor en otro canal.
5. **Medir corriente del motor**: con pinza o sensor, comparar con corriente configurada; verificar posibilidad de limitación por driver o PSU.
6. **Comprobar firmware**: enviar movimiento pequeño por serial y observar error/ACK.
7. **Si mecánica**: con motor desconectado y eje libre, mover manualmente y verificar rodamientos; si se siente rugosidad, sustituir rodamientos 625/6805 según ubicación.
8. **Registrar**: anotar hallazgos y revertir cambios temporales.

Recomendaciones finales y límites del manual

- **No modificar** microajustes críticos (limitadores de corriente de drivers) sin formación y sin registrar el valor previo.
- Si hay dudas en la electrónica de potencia, contactar a la persona responsable antes de intentar reparaciones.
- Mantener inventario de repuestos crítico para reducir downtime (drivers, correas, rodamientos, servos).
- Tras cualquier reparación mayor, ejecutar el **plan de ensayo** (ver §4 del Manual) y validar 10 ciclos antes de volver a operación normal.

10. Consideraciones finales y advertencias

- Este manual describe la operación del prototipo actual. Cualquier modificación de hardware o software debe ser documentada y es responsabilidad del equipo técnico evaluar su impacto en seguridad.
- El prototipo fue probado con agua. Si se decide emplear alcohol u otros solventes, **no usar** el sistema sin las adecuaciones de seguridad e instalaciones apropiadas (cerramiento, ventilación, certificaciones).
- Dado que el prototipo no tiene E-Stop físico, se recomienda extremar precauciones y considerar la implementación de un E-Stop antes de operación fuera de entornos de pruebas controladas.