

# **Lista de ensayos** **realizados**

## **Ensayo de rutina completa de lavadora de ECUs**

### **Objetivo**

Validar el funcionamiento integral del sistema automático de lavado de ECUs, verificando:

- Correcta secuencia de etapas (aspersión → ultrasonido).
- Cumplimiento de los tiempos programados.
- Activación adecuada de actuadores (bombas, válvulas, módulo ultrasónico).
- Ausencia de fallas eléctricas, mecánicas o de sincronización.
- Confirmación de fin de ciclo y retorno al estado seguro.

### **Variables a evaluar**

- Tiempo real etapa de aspersión
- Tiempo real etapa ultrasónica
- Tiempo total de ciclo
- Confirmación correcta de fin de ciclo
- Errores o pérdidas en comunicación serial

## **Procedimiento detallado**

### **Verificación previa**

- 1.1 Confirmar nivel adecuado de líquido en tanque.
- 1.2 Verificar conexiones eléctricas de bombas y módulo ultrasónico.
- 1.4 Confirmar comunicación serial estable.

Ejecución de rutina completa

Para cada ciclo:

- a) Depositar ECU en bandeja de lavado.
- b) Enviar comando de inicio de lavado.
- c) Registrar timestamp de inicio.

#### Etapa 1 – Aspersión

- d) Confirmar activación de bomba.
- e) Medir duración real.
- f) Verificar uniformidad del rociado.
- g) Registrar consumo eléctrico.

#### Etapa 2 – Ultrasonido

- h) Confirmar activación del módulo ultrasónico.
- i) Medir duración real.
- j) Verificar ausencia de vibraciones anómalas.
- k) Registrar temperatura antes y después.

#### Finalización

- n) Confirmar señal de fin de ciclo.
- o) Registrar tiempo total.

#### **Criterios de aceptación**

- Desviación temporal  $< \pm 5\%$
- 100% activación de actuadores
- Sin sobrecalentamiento
- Sin bloqueos mecánicos

#### **Resultados esperados**

- Funcionamiento completamente automático
- Ciclos repetibles
- Sistema estable bajo operación continua

## **Ensayo de obtención de coordenadas mediante visión artificial**

### **Objetivo**

Validar la precisión y estabilidad del sistema de visión artificial implementado en VisionArtificial.py, verificando:

- Correcta detección de la ECU.
- Precisión en la obtención de coordenadas (X, Y,  $\theta$ ).
- Estabilidad frente a variaciones de iluminación.
- Repetibilidad de medición.
- Correcta transmisión de datos al SCARA.

### **Variables a evaluar**

- Error en X (mm)
- Error en Y (mm)
- Error angular  $\theta$  ( $^{\circ}$ )
- Tiempo de procesamiento (ms)
- Tasa de detección exitosa (%)

### **Procedimiento**

Calibración

1.1 Verificar calibración de cámara.

1.2 Confirmar transformación píxel  $\rightarrow$  mm.

Ensayo estático

- a) Colocar ECU en posición conocida.
- b) Ejecutar detección automática.
- c) Registrar coordenadas detectadas.
- d) Comparar con medición real.

Repetir para múltiples posiciones del área de trabajo.

Ensayo con variación de iluminación

- e) Modificar intensidad de luz.
- f) Repetir mediciones.

Ensayo dinámico

- g) Colocar ECU en posiciones aleatorias.
- h) Ejecutar detección automática continua.
- i) Registrar tasa de detección exitosa.

### **Criterios de aceptación**

- Error lineal  $\leq \pm 2$  mm
- Error angular  $\leq \pm 2^\circ$
- Tiempo procesamiento  $< 500$  ms
- Tasa de detección  $> 95\%$

### **Resultados esperados**

- Detección robusta
- Baja dispersión de error
- Comunicación estable con SCARA

### **Ensayo de repetibilidad del SCARA**

#### **Objetivo**

Evaluar la repetibilidad posicional del robot SCARA bajo condiciones normales de operación.

#### **Variables a evaluar**

- Desviación en X (mm)
- Desviación en Y (mm)
- Desviación en Z (mm)
- Desviación angular
- Desviación estándar

## **Procedimiento**

Definición de punto de prueba

- 1.1 Definir coordenada objetivo dentro del workspace.
- 1.2 Instalar comparador fijo en punto de contacto.

Ensayo

- a) Mover robot a posición inicial.
- b) Ejecutar movimiento al punto objetivo.
- c) Registrar posición alcanzada.
- d) Retornar a posición inicial.
- e) Repetir.

## **Criterios de aceptación**

- Repetibilidad  $\leq \pm 1$  mm
- Sin pérdida de pasos
- Sin vibraciones excesivas

## **Resultados esperados**

- Distribución de error centrada
- Baja dispersión
- Movimiento suave y consistente

## **Ensayo de integración completa del sistema**

### **Objetivo**

Validar el funcionamiento integrado del sistema completo:

Visión Artificial → SCARA → Lavadora → Retiro automático.

### **Variables a evaluar**

- Tiempo total desde detección hasta depósito final
- Errores acumulados de posicionamiento
- Fallas de comunicación
- Sincronización entre subsistemas
- Tasa de ciclos completos exitosos (%)

## **Procedimiento**

### Inicialización

- 1.1 Encender sistema completo.
- 1.2 Confirmar comunicación entre todos los módulos.

### Ciclo automático completo

- a) Detección automática de ECU.
- b) Envío de coordenadas al SCARA.
- c) Pick automático.
- d) Depósito en lavadora.
- e) Ejecución de lavado completo.
- f) Retiro automático.
- g) Depósito en zona final.

## **Criterios de aceptación**

- $\geq 95\%$  ciclos exitosos
- Sin intervención manual
- Sin errores de sincronización
- Desviación temporal  $< \pm 5\%$

## **Resultados esperados**

- Sistema totalmente automático
- Operación continua estable
- Integración robusta entre hardware y software