LISTADO DE MATERIALES (BOM) Y HARDWARE DE SEGURIDAD — MÓDULO 09

Supervisión Física de Gabinete (Tamper NC + Keylock), Criptografía y Placa PCB FR-4 Soldada

Curso: Internet de las Cosas (IoT) con Arduino y Raspberry Pi — Ingeniería Mecatrobótica

Módulo: 09 — Ciberseguridad IoT, Confiabilidad y Puesta en Producción

---

1. Tabla Maestra de Componentes de Hardware (BOM)

Ítem	Designador	Componente / Especificación Técnica	Cantidad	Función en el Módulo 09
1	`SBC1`	**Raspberry Pi 4 Model B (4 GB / 8 GB RAM)** en gabinete metálico de aluminio anodizado con montaje Riel DIN	1	Servidor Edge Linux endurecido (`UFW` , `Mosquitto TLS 8883` , `WireGuard` , `log2ram` y `Hardware Watchdog`).
2	`SW_TAMPER`	**Microinterruptor de Palanca con Rodillo (`SPDT` usado en contacto Normalmente Cerrado `NC`)** $5\ A\ /\ 250\ V$	1	Detecta instantáneamente la apertura física de la puerta del gabinete o el corte del cable del lazo de seguridad.
3	`SW_KEY`	**Interruptor Rotativo de Llave Metálica de 2 Posiciones (`ON-OFF` con llave extraíble)** $Ø\ 16\ mm$	1	Habilita el modo de mantenimiento autorizado (`GPIO 27`) para evitar falsas alarmas cuando el técnico abre el gabinete.
4	`U1, U2`	**Optoacopladores Fototransistor `PC817C` (DIP-4, aislamiento** $2500\ V_{rms}$**)**	2	Aíslan galvánicamente los cables largos de la puerta del gabinete respecto a los pines `GPIO 22` y `GPIO 27` ($3.3\ V$) de la Raspberry Pi.
5	`U3`	**Módulo Coprocesador Criptográfico `ATECC608A` (`I2C 0x60`)** (Opcional / Industrial)	1	Almacenamiento en silicio a prueba de extracción de claves privadas ECDSA P-256 para autenticación mutua `mTLS` .
6	`TVS1, TVS2`	**Diodos Supresores de Transitorios `SMBJ15CA` / `P6KE15CA` bidireccionales**	2	Absorben descargas electrostáticas (`ESD`) al tocar la cerradura metálica o la puerta del gabinete.
7	`BZ1`	**Zumbador Piezoeléctrico Activo Industrial de** $12\ V\ DC$ **(**$85\ dB$ **a** $10\ cm$**)** + Transistor `2N2222A`	1	Emite alerta acústica disuasoria inmediata ante apertura de gabinete no autorizada (`TAMPER_INTRUSION_ALARM`).
8	`R1..R6`	**Resistencias de Película Metálica** $1/4\ W$ **(**1%**):** $2\times\ 1\ k\Omega$ (lazo 12V), $2\times\ 10\ k\Omega$ (*pull-up* 3.3V), $2\times\ 330\ \Omega$ (LEDs)	6	Polarización de optoacopladores, referencias lógicas de $3.3\ V$ e indicadores visuales de estado.
9	`PCB1`	**Placa de Circuito Impreso FR-4 Doble Capa (`MECATROBOTICA-SEC-WDG-V09`)** con borneras `KF301` soldadas	1	Implementación permanente libre de falsos contactos para montaje dentro del gabinete industrial.

---

2. Presupuesto de Reducción de Escrituras en Almacenamiento Flash (`log2ram`)

En un servidor Linux estándar sin optimizar, los demonios del sistema (`syslog` , `journald` , `mosquitto` , `docker`) ejecutan pequeñas escrituras síncronas constantes sobre la tarjeta microSD. Si el volumen de registros es de $V_{log} = 180$ $MB/día$ con un factor de amplificación de escritura en bloques Flash NAND de $WAF \approx 12$:

> $$W_{anual,\ sin\ optimizar} = 180\ MB/día \times 12 \times 365\ días \approx 788.4\ GB/año$$

Al activar `log2ram` **(** `tmpfs` **en RAM)** con volcado diferido compacto y mover las bases de datos al SSD externo:

> $$W_{anual,\ optimizado} < 18.5\ GB/año \quad \quad \Rightarrow \quad \quad \text{Reducción del } 97.6\% \text{ en desgaste de microSD}$$