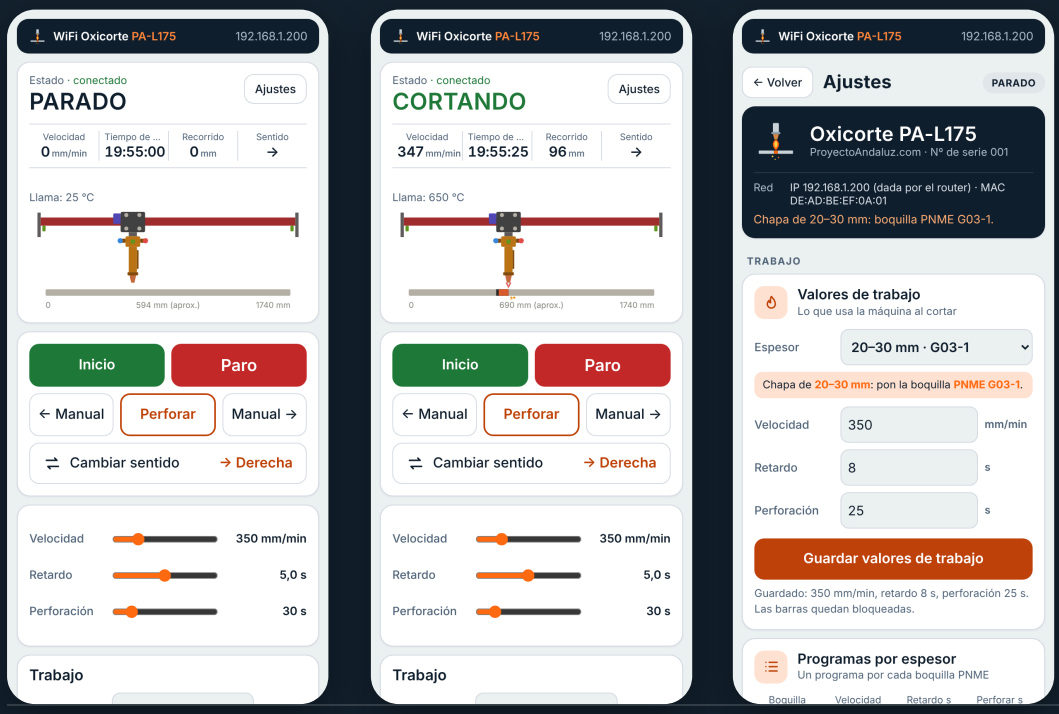
OXICORTE

PA-L175

Informe técnico y manual de uso
Cortadora lineal de oxicorte controlada desde el móvil

Montaje mecánico y eléctrico, circuito de gas, programa del Arduino, aplicación web, puesta en marcha, uso diario, seguridad y mantenimiento.



ProyectoAndaluz.com · Morón de la Frontera (Sevilla)

Nº de serie 001 · Versión 1.0 · Noviembre de 2026

Novedades de la versión 1.1

Programa del Arduino 1.1 · App Oxicorte 1.2 · 8 de noviembre de 2026

Este informe se escribió para la versión 1.0. Esta página resume lo que cambia en la 1.1: donde no coincida con las páginas siguientes, vale lo que dice aquí. La página de la máquina (`index.htm`), el montaje, el gas y el uso diario no cambian.

El programa cabe en el Arduino Uno R3

La versión 1.0 no cabía en un Uno. La 1.1 ocupa **31.810 de los 32.256 bytes** que deja libres el Uno y unos **730 bytes de RAM** de 2.048, con todas las funciones de la máquina. Ya no hace falta pasar al Arduino Mega 2560 (páginas 4 y 11).

Para ganar ese sitio, la tarjeta se lee con PetitFS (solo lectura) y la librería Ethernet va sin lo que la máquina no usa (DNS, multicast, chips W5200 y W5500). Las dos van dentro de la carpeta `src` del programa: no hay que instalar nada.

Programar el Arduino desde el móvil

Con la app Oxicorte 1.2 y un cable **USB OTG**, sin ordenador:

1. **Cierra las botellas.** Mientras se carga el programa, el Arduino no controla las electroválvulas.
2. Conecta el Arduino Uno R3 al móvil y pulsa **Programar una cortadora nueva (USB)**. También lo ofrece la app cuando no encuentra ninguna máquina en la red.
3. En el desplegable **Tipo de placa**, elige **Original (chip ATmega16U2)** o **Clon (chip CH340)**. La app propone uno según lo que ve por el USB.
4. Revisa el **nº de serie** que propone (el siguiente libre) y pulsa **Programar**. Tarda menos de un minuto y lo comprueba byte a byte.
5. Al terminar, la app dice la **MAC** de la máquina para reservarle la IP en el router.

Nº de serie y MAC

En el programa, `NUM_SERIE` y `MAC` pasan a ser `ID_MAQUINA` (página 11): `"OXIID:002:02;"` es la máquina 002. La MAC es `DE:AD:BE:EF:0A:` más el nº en hexadecimal: la 001 lleva `…:0A:01`, la 002 `…:0A:02`. Desde el móvil lo pone la app; con el IDE de Arduino, se cambia a mano en cada máquina.

Monitor serie y tarjeta microSD

El monitor serie ya no escribe nada (página 16). La IP se ve en el router (buscando la MAC de la máquina) o en Ajustes de la página.

La tarjeta puede ser de hasta 32 GB, en FAT32 (o FAT16 si es pequeña), con `index.htm` en la raíz.

La app Oxicorte

Busca las cortadoras en la red del taller, enseña cuáles están en línea, abre su página de control y se actualiza sola. Se descarga en **proyectoandaluz.com/oxicorte.php**.

Máquinas con la versión 1.0: hay que cargarles el programa 1.1 con su mismo nº de serie. La tarjeta SD no cambia.

Índice

1. La máquina en resumen
2. Lista de materiales
3. Instalación eléctrica (diagramas 1 a 7)
4. Circuito de gas (diagrama 8)
5. Programa del Arduino, tarjeta SD y red
6. Primera puesta en marcha
7. Uso de la aplicación: pantalla principal
8. Ciclo de corte paso a paso
9. Ajustes
10. Comprobación de la máquina
11. Seguridad
12. Mantenimiento
13. Problemas y soluciones
14. Datos técnicos

Contenido del paquete

Carpeta / archivo	Qué es
`arduino/carro_oxicorte_uno/`	Programa del Arduino Uno (`.ino`), para abrir con el Arduino IDE.
`tarjeta_SD/index.htm`	La aplicación web. Va en la raíz de la tarjeta microSD del shield Ethernet.
`simulador/`	La aplicación con la máquina simulada, para practicar en cualquier navegador.
`diagramas/`	Los 8 diagramas de conexión de este informe, en PNG y SVG.
`capturas/`	Las 20 capturas de la aplicación.
`README.md`	Instrucciones completas en texto.
`MATERIALES.md` · `materiales.csv`	Lista de materiales (el CSV se abre con Excel o LibreOffice).
`BITACORA.md`	Registro de cambios del programa.

> Las capturas son de la aplicación real, tomadas con el simulador que va en el paquete (`simulador/oxicorte_simulador.html`), que usa exactamente las mismas pantallas que la página de la tarjeta SD. Los datos de las capturas (horas, posiciones, temperaturas) son de la simulación.

1 · La máquina en resumen

La **Oxicorte PA-L175** es un carro de oxicorte lineal que corta chapa en línea recta con **propano y oxígeno**. Va montado sobre un tubo estructural de 100 × 100 mm y 1,90 m, con un recorrido útil de unos 1740 mm. No tiene botones ni pantalla: se maneja **solo desde el móvil**, con una página web que sirve el propio Arduino en la red local del taller. La única parada física es la **seta de emergencia**.

1740 mm
recorrido útil

0–1600
mm/min de corte

5–200 mm
espesores (boquillas G03)

Móvil
control por WiFi, red local

Ficha técnica	
Estructura	Tubo de 100 × 100 mm, 1,90 m, con patas. Carro de 10 cm de chapa de 8 mm con 8 rodillos de nailon de Ø25 × 100 mm (2 por cara), regulables.
Arrastre	Motor NEMA 17 con driver TB6560 a 1/8 de paso. Piñón de módulo 1 y 20 dientes sobre cremallera de módulo 1 (≈ 25,46 pasos/mm).
Control	Arduino Uno + shield Ethernet W5100. La aplicación va en la tarjeta microSD. Ajustes y registro guardados en la EEPROM.
Gas	3 electroválvulas de 24 V normalmente cerradas: propano, O2 de precalentamiento y O2 de corte. Encendedor de pulsos con relé. Antorcha de máquina de 3 entradas con boquillas PNME G03.
Seguridad	Seta con 2 contactos NC (corta la potencia y avisa al Arduino), finales de carrera en NC vigilados al instante, watchdog y sensor de llama opcional (termopar K + MAX6675).
Funciones	Ciclo automático, perforar sin avanzar, pausa con velocidad 0, corte a medida, ir a posición, programas por espesor con aviso de boquilla, valores fijos, calibración, comprobación de la máquina, registro y mantenimiento.
Acceso	Usuario y contraseña (de fábrica `admin` / `oxicorte`), que se cambian desde Ajustes. Se recuperan con la seta al encender.

Cómo funciona

El móvil abre la IP del Arduino. La página pide el estado de la máquina cada medio segundo y manda las órdenes (Inicio, Paro, Manual…) al momento. El Arduino genera los pasos del motor con una interrupción, vigila los finales de carrera y la seta en cada paso, y abre y cierra las electroválvulas siguiendo el ciclo de corte. Si se pierde la conexión, la máquina sigue con lo que estaba haciendo; los movimientos manuales se paran solos.

Estados de la máquina

Estado	Qué significa	Estado	Qué significa
PARADO	Esperando órdenes.	**PERFORANDO FIJO**	Botón Perforar, con cuenta atrás.
ENCENDIENDO	Propano, chispa y O2 de precalentamiento.	**MANUAL**	Moviendo con ← Manual o Manual →.
PRECALENTANDO	Cuenta atrás del retardo.	**POSICIONANDO**	Yendo a la posición de «Ir a».
PERFORANDO	1 s con el O2 de corte, sin avanzar.	**CALIBRANDO**	Midiendo el recorrido.
CORTANDO	El carro avanza cortando.	**COMPROBANDO**	Comprobación de la máquina.
PAUSA	Velocidad a 0: llama encendida, O2 de corte cerrado.	**EMERGENCIA**	Seta pulsada. Se rearma con Inicio.

2 · Lista de materiales

Cantidades para una máquina. Los modelos son orientativos: sirve cualquier pieza equivalente. También en `MATERIALES.md` y `materiales.csv`.

Material	Cant.	Notas
Control		
Arduino Uno R3 (original o compatible con ATmega328P)	1	Si el programa no cabe, Arduino Mega 2560.
Shield Ethernet W5100 con lector microSD	1	El de Arduino o un compatible con el chip W5100.
Tarjeta microSD 2–16 GB	1	Formateada en FAT32.
Cable de red RJ45 (Cat 5e o mejor)	1	Del shield al router; el largo que haga falta.
Movimiento		
Motor paso a paso NEMA 17 (17HS4401 o similar, 1,7 A, ~0,4 N·m)	1	Eje de 5 mm.
Driver TB6560 (hasta 3 A)	1	Configurado a 1/8 de paso.
Piñón recto módulo 1, 20 dientes, agujero 5 mm con prisionero	1	Avanza 62,8 mm por vuelta.
Cremallera módulo 1 (2 tramos de 1 m)	1	Unida en una barra aparte, paralela al tubo.
Soporte de motor NEMA 17	1	O hecho de chapa en el carro.
Alimentación		
Fuente de alimentación 24 V CC 5 A (LRS-150-24 o similar)	1	Motor y electroválvulas.
Convertidor reductor LM2596 (buck)	2	Uno a 9 V (Arduino) y otro a 5 V (relés).
Magnetotérmico 2P 6 A	1	Interruptor general de 230 V.
Portafusibles + fusible de 5 A	1	A la salida de los 24 V.
Manguera 3 × 1,5 mm² con enchufe con toma de tierra	1	Entrada de 230 V.
Seguridad		
Seta de emergencia 22 mm con enclavamiento y 2 contactos NC	1	Un NC corta la potencia y el otro avisa al Arduino.
Final de carrera de palanca con rodillo (microrruptor)	2	Cableado en NC.
Gas (eléctrico)		
Módulo de 4 relés 5 V con optoacoplador, activo a nivel bajo	1	K1 propano · K2 O2 precal. · K3 O2 corte · K4 chispa.
Electroválvula 24 V CC normalmente cerrada, 1/4", apta para gas	3	Propano, O2 de precalentamiento y O2 de corte.
Diodo 1N4007	3	Uno en paralelo con cada bobina.
Encendedor de pulsos de calentador (pila AA 1,5 V) con electrodo y cable de alta	1	El relé K4 va en paralelo con su pulsador.
Gas		
Antorcha de máquina de 3 entradas (tipo CG1-30)	1	Con sus llaves para afinar la llama.
Boquillas PNME serie G03 para propano (G03-00, G03-0, G03-1)	3	Para chapa de 5 a 30 mm. Más gruesas, según necesidad.
Regulador de propano	1	
Regulador de oxígeno	1	
Válvula antirretorno / apagallamas	2	Una por línea a la salida del regulador (mejor 4: también en la antorcha).

Manguera gemela de soldadura (propano + oxígeno)	1	El largo que haga falta, más tramos cortos entre electroválvulas y antorcha.
Racores de espiga, T de 1/4" y abrazaderas	1	Juego. Sin grasa en las piezas de oxígeno.
Opcional		
Módulo MAX6675 + termopar tipo K con funda metálica	1	Sensor de llama.
Optoacoplador PC817	3	Detección de las electroválvulas.
Diodo 1N4148	3	Protección de los PC817.
Resistencia 10 kΩ 1/4 W	5	3 en serie con los PC817, 1 de la escalera de A4 y 1 pull-up de A4.
Resistencia 33 kΩ 1/4 W	1	Escalera de A4 (O2 de corte).
Condensador cerámico 100 nF	3	Contra el ruido en A0, A1 y A2.
Montaje eléctrico		
Caja eléctrica estanca IP54 (unos 300 × 200 × 150 mm)	1	
Carril DIN, borneras y prensaestopas	1	Juego.
Cable apantallado 4 × 0,5 mm²	1	Motor (el largo del recorrido más la vuelta).
Cable apantallado 2 × 0,5 mm²	3	Finales de carrera y seta.
Cable 2 × 0,75 mm²	3	Electroválvulas.
Cadena portacables o manguera en espiral	1	Para los cables y las mangueras que van al carro.
Mecánica		
Tubo estructural 100 × 100 mm, 1,90 m, con patas	1	Ya lo tienes.
Chapa de 8 mm para el carro (10 cm de largo)	1	Placas superior, laterales e inferior.
Rodillo de nailon Ø25 × 100 mm con rodamientos	8	2 por cada cara del tubo.
Tornillería M8 (ejes, empuje y tiro) con tuercas y contratuercas	1	Juego para regular los rodillos.
Portaantorcha con ajuste de altura	1	Centrado en el carro.
Topes mecánicos y pestaña para los finales de carrera	1	Juego.

Herramientas para el montaje

- **Polímetro:** tensiones, continuidad de bobinas y finales.
- **Soldador de estaño** y termorretráctil.
- **Crimpadora** y punteras para las borneras.
- **Destornilladores** de electricista y llaves fijas.
- **Taladro**, brocas de 6,8 y 8,5 mm y macho de roscar M8.
- **Soldadura** para las placas del carro y los soportes.
- **Agua jabonosa** o spray detector de fugas.
- **Flexómetro** para la medida real del recorrido.
- **Ordenador con el Arduino IDE** y cable USB.
- **Lector de microSD** para copiar la página.

> Antes de comprar: comprueba que las electroválvulas son **aptas para gas** (propano y oxígeno), que el módulo de relés es de **5 V activo a nivel bajo** y que la seta trae **dos contactos NC** (o se le puede añadir un segundo bloque).

3 · Instalación eléctrica

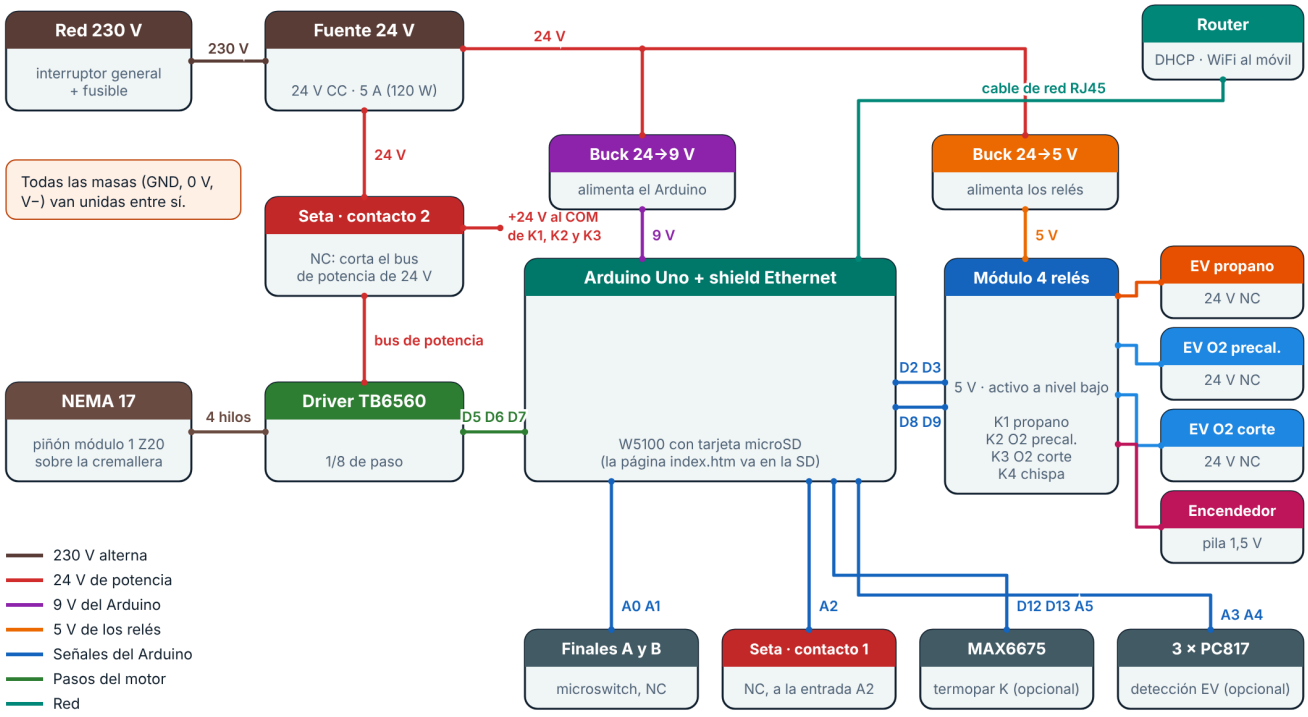
Monta la electrónica en una caja estanca (IP54 o mejor) con carril DIN y borneras, lejos de la llama y de las chispas. Sigue los diagramas en orden. Las tablas de pines están en el capítulo 14.

> **Antes de conectar el Arduino y los relés:** ajusta con el polímetro un buck a **9,0 V** y el otro a **5,0 V**. Une todas las masas (0 V de la fuente, GND de los bucks, del Arduino, de los relés y del TB6560). Conecta la tierra de la red a la estructura de la máquina.

1 · Esquema general

Oxicorte PA-L175 · ProyectoAndaluz.com

Cómo se conectan los bloques de la máquina. Cada bloque tiene su diagrama detallado en las páginas siguientes.

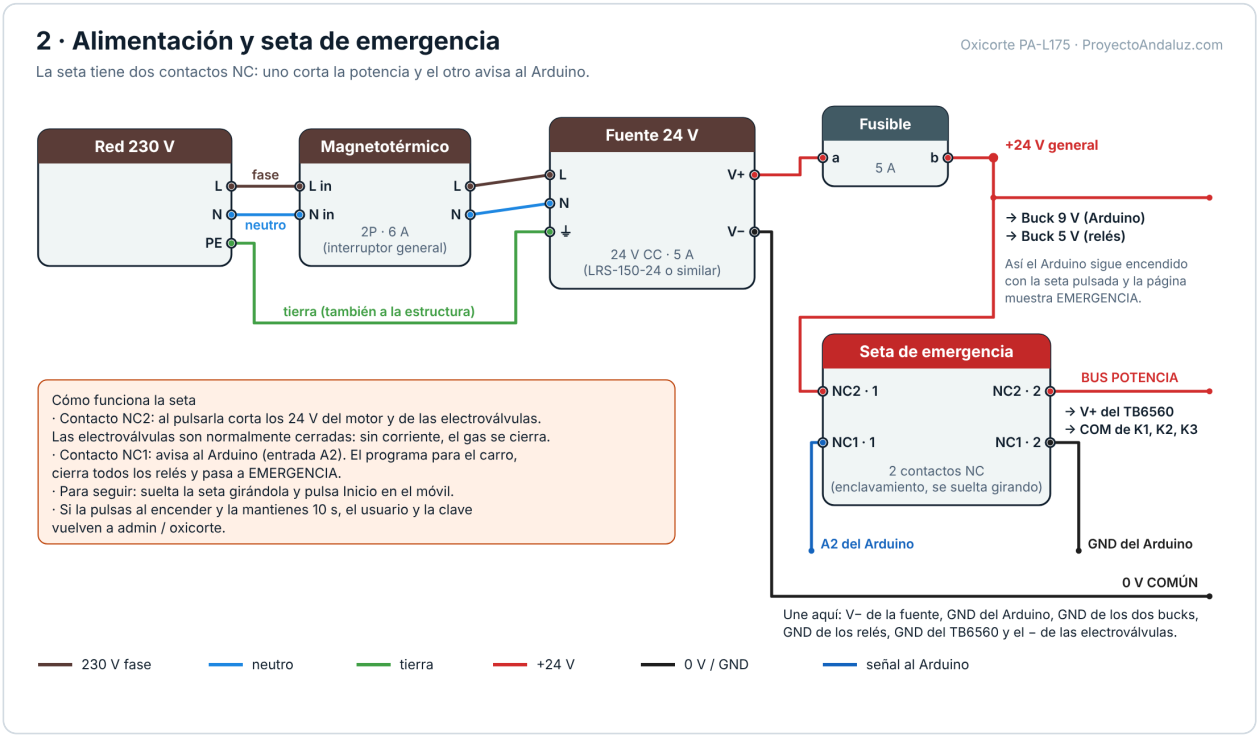


Orden de montaje recomendado

1. Fija en la caja el carril DIN, el magnetotérmico, la fuente, el fusible y las borneras.
2. Cablea los 230 V y la tierra (diagrama 2). Comprueba los 24 V sin nada conectado.
3. Monta los dos bucks y ajústalos a 9,0 V y 5,0 V antes de conectarles nada.
4. Cablea la seta: NC2 en el bus de potencia y NC1 a A2.
5. Conecta el Arduino con el shield y el módulo de relés (diagrama 4).
6. TB6560 y motor (diagrama 3), con el driver en 1/8 de paso.
7. Finales de carrera (diagrama 5) y, si los montas, termopar y PC817 (diagramas 6 y 7).
8. Electroválvulas con su diodo y encendedor. Por último, el gas (capítulo 4).

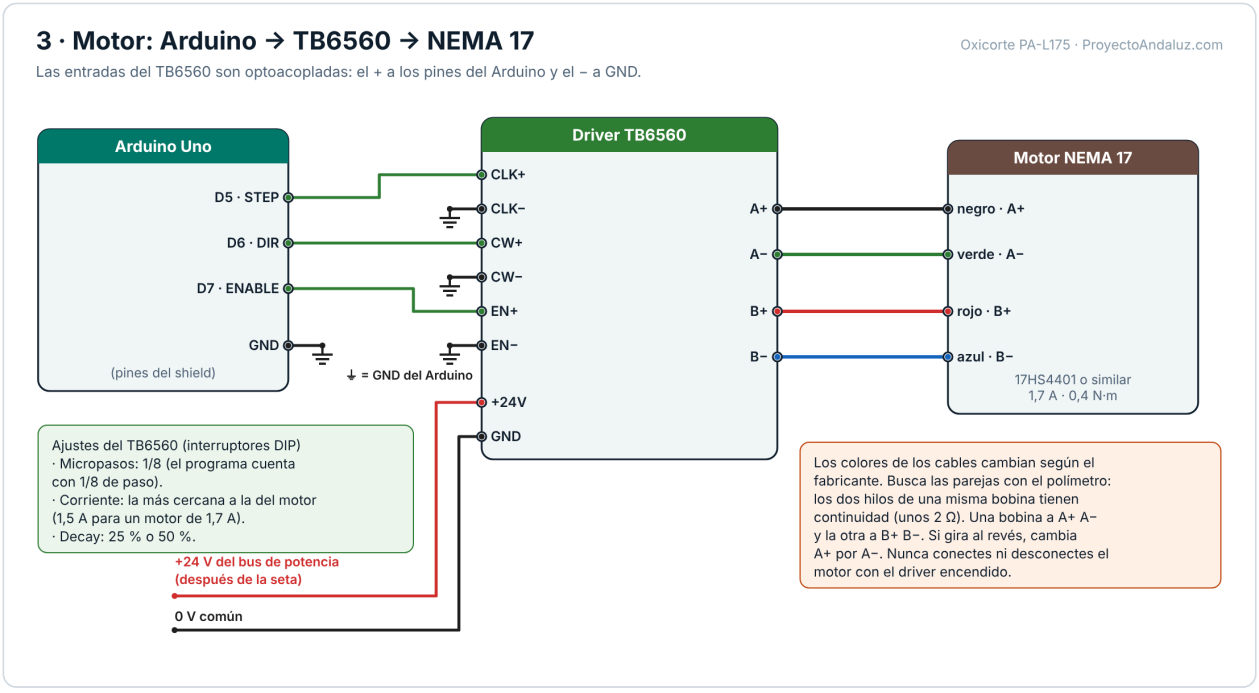
3.2 · Alimentación y seta

El Arduino se alimenta **antes** de la seta: así, con la seta pulsada, sigue encendido y la página muestra EMERGENCIA. La seta corta el bus de 24 V del motor y de las electroválvulas.



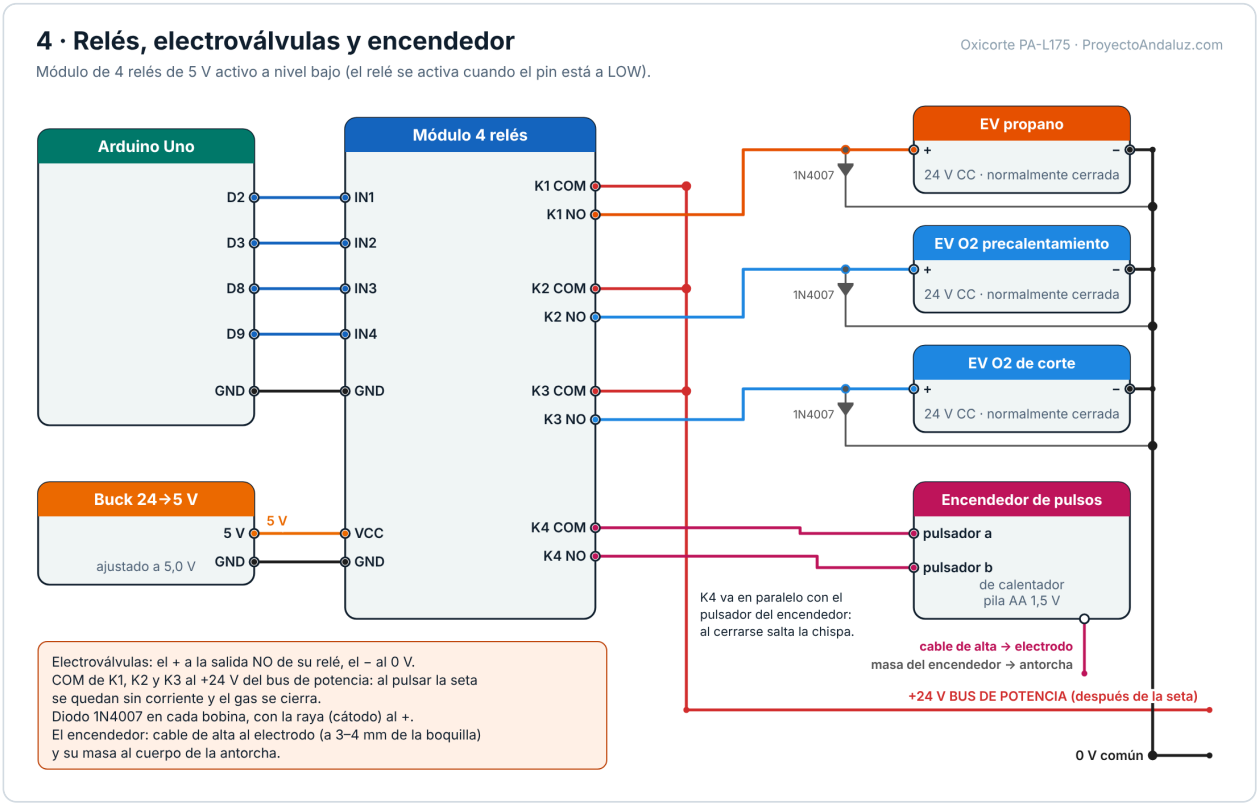
3.3 · Motor

Pon el TB6560 en **1/8 de paso**: el programa cuenta con ese valor para saber los milímetros. Si al probar con Manual el carro va al revés, intercambia A+ y A− del motor.



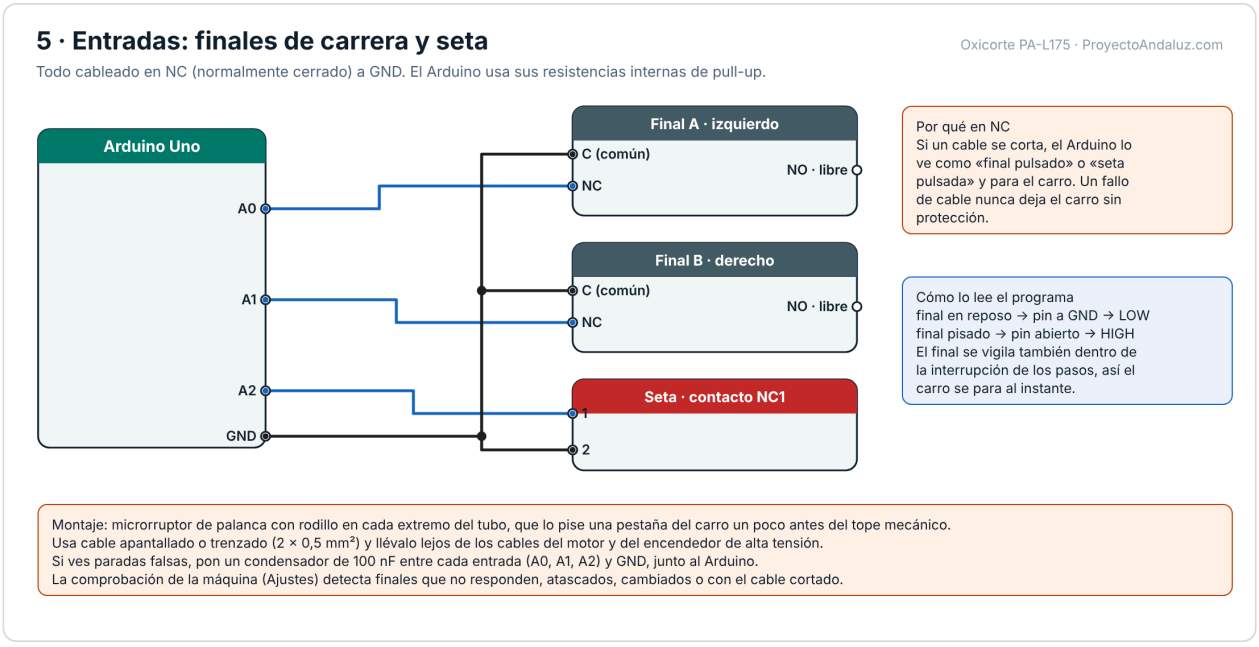
3.4 · Relés, electroválvulas y encendedor

El módulo de relés se alimenta con el buck de 5 V. Cada electroválvula lleva un diodo 1N4007 en paralelo con su bobina. El relé K4 «pulsa» el encendedor de pulsos.



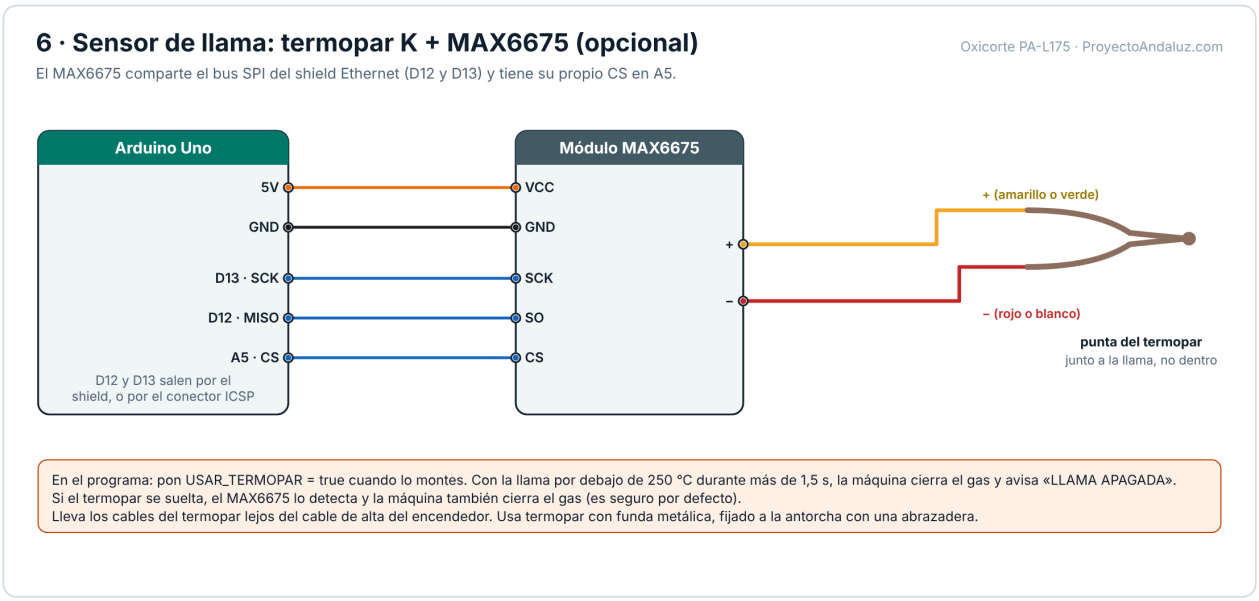
3.5 · Finales de carrera y seta

Todo en NC a GND: si un cable se corta, la máquina lo ve como «pulsado» y para. Es más seguro que cablear en NO.



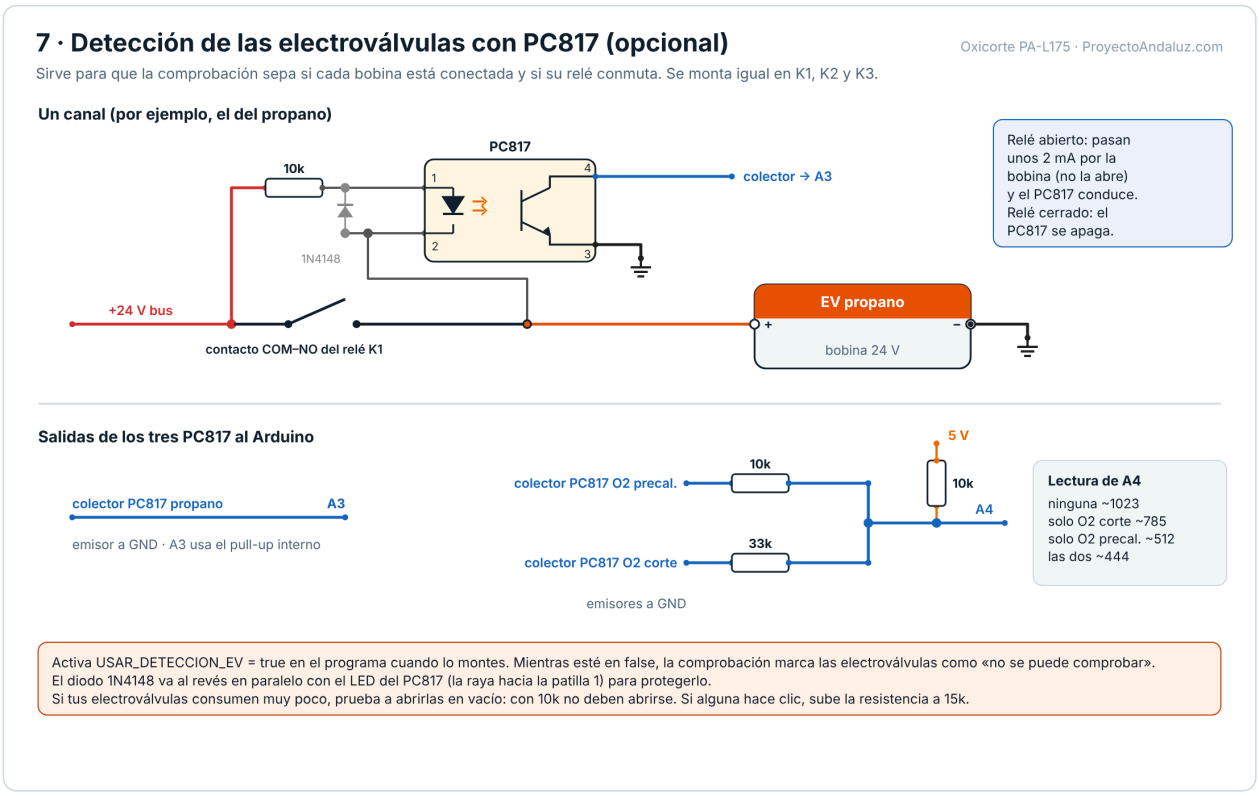
3.6 · Sensor de llama (opcional)

Con el termopar montado y `USAR_TERMOPAR = true`, la máquina confirma que la llama se ha encendido y cierra el gas si se apaga mientras corta.



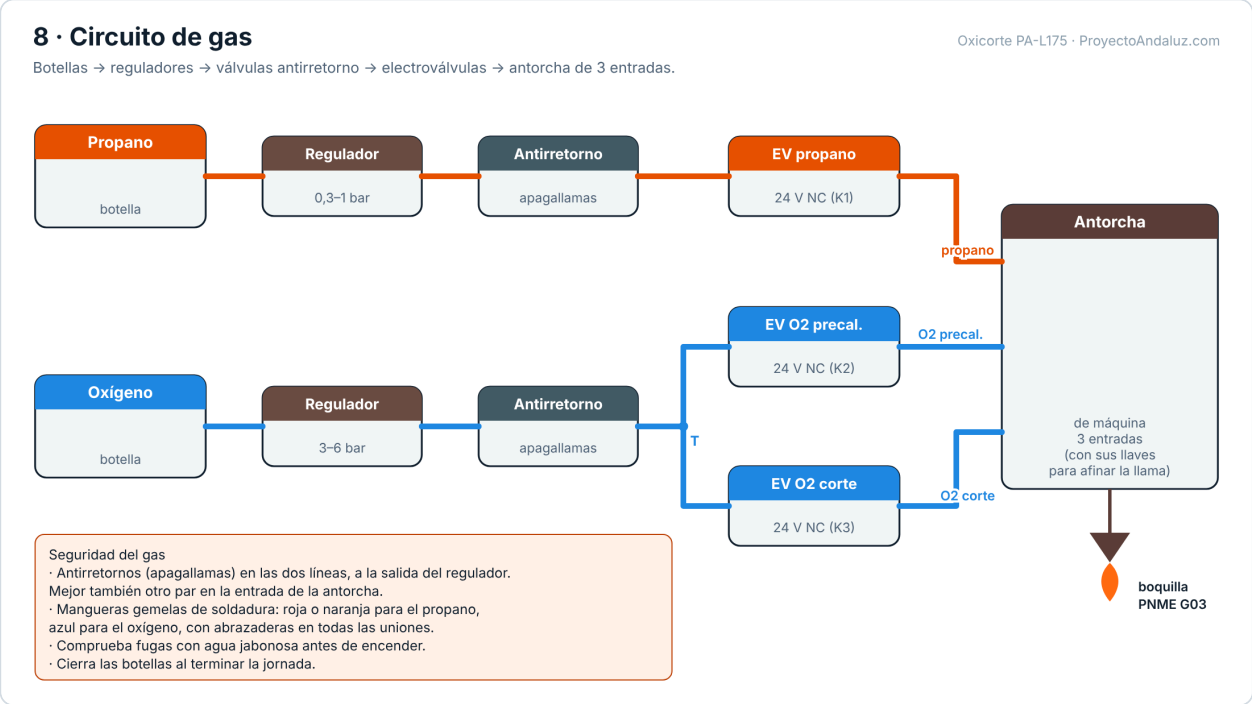
3.7 · Detección de las electroválvulas (opcional)

Tres PC817 permiten que la comprobación de la máquina sepa si cada bobina está conectada y si su relé conmuta, sin abrir el gas. Se activa con `USAR_DETECCION_EV = true`.



4 · Circuito de gas

Propano: botella → regulador → antirretorno → electroválvula → antorcha. Oxígeno: botella → regulador → antirretorno → T → electroválvula de precalentamiento y electroválvula de corte → antorcha. La llama se afina una vez con las llaves de la antorcha; después la máquina solo abre y cierra.



Boquillas PNME serie G03 (propano)

Boquilla	Espesor	Velocidad	Retardo	Perforación
G03-00	5–10 mm	550 mm/min	3 s	10 s
G03-0	10–20 mm	450 mm/min	5 s	15 s
G03-1	20–30 mm	350 mm/min	8 s	25 s
G03-2	30–50 mm	280 mm/min	10 s	40 s
G03-3	50–70 mm	230 mm/min	10 s	60 s
G03-4	70–90 mm	190 mm/min	10 s	80 s
G03-5	90–120 mm	160 mm/min	10 s	100 s
G03-6	120–160 mm	130 mm/min	10 s	130 s
G03-7	160–200 mm	100 mm/min	10 s	160 s

Velocidad, retardo y perforación son valores de partida: afínalos con tus pruebas y guárdalos en Ajustes → Programas por espesor. Las tablas de boquillas cambian algo según el fabricante.

5 · Programa del Arduino, tarjeta SD y red

Cargar el programa

1. Instala el **Arduino IDE** y abre `arduino/carro_oxicorte_uno/carro_oxicorte_uno.ino`. Las librerías SPI, Ethernet, SD y EEPROM ya vienen con el IDE.
2. Revisa al principio del archivo: `NUM_SERIE`, la `MAC` (el último número distinto en cada máquina), `USAR_TERMOPAR` y `USAR_DETECCION_EV` (a `true` solo si los montas).
3. Herramientas → Placa: **Arduino Uno**. Elige el puerto, verifica (✓) y sube (→).
4. Si no cabe en el Uno, desactiva lo que no uses. El mismo programa compila para el **Arduino Mega 2560**; en el Mega, el MAX6675 va al conector ICSP.

Tarjeta microSD

1. Formatea una microSD de 2 a 16 GB en **FAT32**.
2. Copia `tarjeta_SD/index.htm` en la raíz de la tarjeta, sin carpetas.
3. Métela en el shield con la máquina apagada.

Red

- Cable de red del shield al router. El móvil, en el WiFi del mismo router.
- El router da la IP. Resérvala en el router para la MAC `DE:AD:BE:EF:0A:01` y así no cambiará. Si el router no responde, el Arduino usa `192.168.1.200`.
- Abre la IP en el navegador del móvil y añádela a la pantalla de inicio.

> **Solo red local.** No abras puertos del router ni pongas la máquina en internet: maneja gas y llama. Cambia la contraseña de fábrica nada más instalarla.

6 · Primera puesta en marcha

Con las botellas **cerradas** hasta el paso 8:

1. Mide 24 V, 9 V y 5 V antes de conectar el Arduino y los relés.
2. Entra desde el móvil con `admin` / `oxicorte`: la página tiene que mostrar «PARADO».
3. Pulsa la seta: tiene que salir EMERGENCIA. Suéltala y pulsa Inicio para rearmar.
4. Mueve el carro con ← Manual y Manual →: tiene que ir hacia donde dice el botón.
5. Acerca el carro a cada final de carrera: tiene que pararse al pisarlo.
6. Ajustes → Recorrido → **Calibrar recorrido**. Después mide con el flexómetro y guarda la **medida real**.
7. Ajustes → **Comprobación de la máquina**: todo en verde y confirma que ves la chispa.
8. Abre las botellas, busca fugas con agua jabonosa, pulsa **Perforar** y afina la llama con las llaves de la antorcha.
9. Primer corte de prueba en chapa de 6–10 mm con la boquilla G03-00 o G03-0.
10. Ajusta los programas por espesor con lo que veas y guárdalos.

7 · Uso de la aplicación: pantalla principal

La aplicación se abre en el navegador del móvil. Arriba siempre se ven el modelo y la IP de la máquina. Abajo, el enlace a ProyectoAndaluz.com.



Entrada
Usuario y contraseña. «Recordar en este móvil» evita escribirlos cada vez.



Pantalla principal
Estado, velocidad real, tiempo de uso, recorrido del corte, sentido, temperatura de la llama y dibujo de la máquina con la posición del carro.



Botones, barras y trabajo
Inicio, Paro, Manual, Perforar y Cambiar sentido. Barras, Largo e Ir a.



Modo oscuro
Se adapta solo al modo oscuro del móvil.

Botón	Qué hace
Inicio	Empieza el ciclo de corte en el sentido marcado. En PRECALENTANDO, salta el resto del retardo. En EMERGENCIA (con la seta suelta), rearma la máquina.
Paro	Para el carro y cierra el gas. También cancela la calibración, la comprobación e «Ir a».
← Manual / Manual →	Mueven el carro mientras los mantienes pulsados: despacio el primer segundo y después rápido. Se para al soltar, al llegar al final o si se pierde la conexión.
Perforar	Enciende, precalienta y abre el O2 de corte sin mover el carro, con cuenta atrás. Se apaga al acabar el tiempo o al pulsarlo otra vez (pone «Apagar»). Inicio durante la perforación empieza a avanzar.
Cambiar sentido	Solo con el carro parado. Al lado se ve el sentido actual (→ Derecha / ← Izquierda). Al llegar a un final, cambia solo.
Barras	Velocidad 0–1600 mm/min (0 = pausa), retardo 0–10 s y perforación 5–180 s. Funcionan en tiempo real, también mientras corta.
Largo / Ir a	Largo: corta esos mm y se para (0 = hasta el final de carrera). Ir a: lleva el carro a esa posición, medida desde el final izquierdo.

8 · Ciclo de corte paso a paso



1 · Encendiendo

Se abren el propano y la chispa. A los 0,8 s, el O2 de precalentamiento. La chispa dura 3 s.



2 · Precalentando

Cuenta atrás del retardo, con el carro quieto para calentar el borde de la chapa.



3 · Cortando

Tras 1 s de perforación con el O2 de corte, el carro avanza. En el dibujo se ve el corte hecho.



Pausa

Con la velocidad a 0, el carro se para y se cierra el O2 de corte, pero la llama sigue. Al subirla, perfora 1 s y sigue.



Perforar sin avanzar

Cuenta atrás de la perforación. El botón cambia a «Apagar».



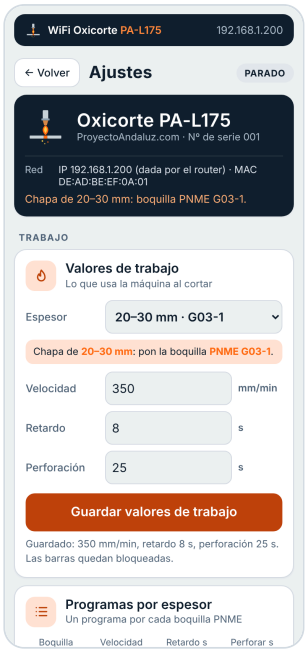
Emergencia

Seta pulsada: motor y electroválvulas sin corriente. Para seguir, suelta la seta y pulsa Inicio.

Al llegar al final de carrera (o al largo indicado), la máquina cierra el O2 de corte, la chispa y el propano, y medio segundo después el O2 de precalentamiento. Cambia el sentido y suma el corte al registro.

9 · Ajustes

Se entra con el botón **Ajustes** de la pantalla principal. La barra de arriba (← Volver, título y estado) se queda fija al bajar por la página.



Valores de trabajo
Desplegable de espesor con los 9 rangos de boquilla. Al elegirlo fija la velocidad, el retardo y la perforación, y dice qué boquilla PNME poner.



Programas por espesor
Un programa por boquilla (G03-00 a G03-7). Se cambian y se guardan en el Arduino.



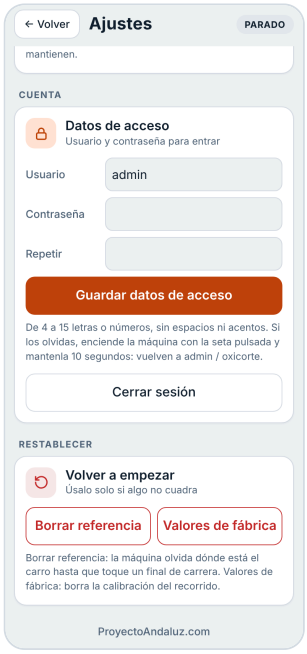
Con el espesor fijado
La pantalla principal recuerda la chapa y la boquilla. Con los tres valores fijados, las barras se ocultan.



Recorrido
Calibrar recorrido (el carro va de un final al otro y lo mide) y medida real tomada con el flexómetro.



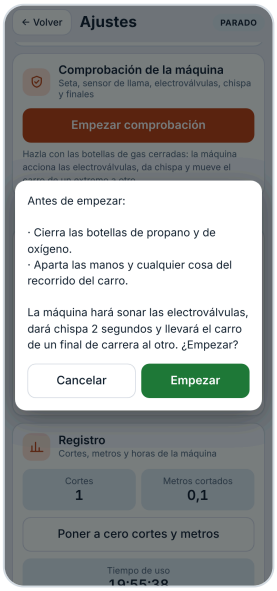
Mantenimiento y registro
Horas desde la última revisión de la boquilla y engrase de la cremallera. Cortes, metros y tiempo de uso, con sus puestas a cero.



Cuenta y restablecer
Cambiar usuario y contraseña, cerrar sesión, borrar la referencia de posición y valores de fábrica.

10 · Comprobación de la máquina

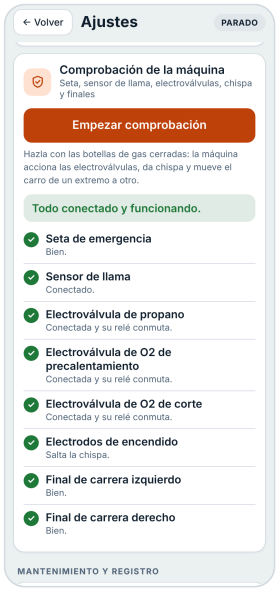
En Ajustes → Máquina. Se hace con las botellas **cerradas**. Revisa la seta, el sensor de llama, la conexión de cada electroválvula y que su relé conmute; da chispa 2 segundos para que confirmes que salta, y lleva el carro de un final de carrera al otro. Cada pieza sale en verde (bien), en rojo (con lo que hay que revisar) o en gris (no se puede comprobar porque esa parte no está montada o activada en el programa).



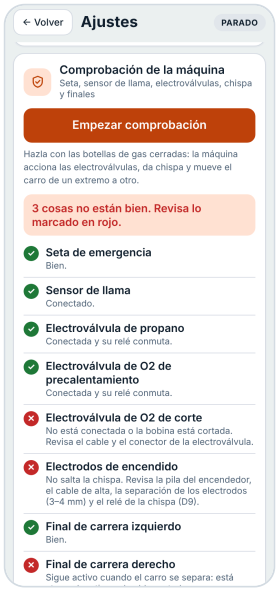
Confirmación
Recuerda cerrar las botellas y apartar las manos.



Durante la prueba
«Mira la boquilla: tiene que saltar la chispa ahora».



Todo correcto
Cada pieza en verde; la chispa la confirma el usuario.



Con fallos
En rojo: O2 de corte desconectada, sin chispa y final derecho con el cable cortado.

Qué detecta y cómo

Detecta	Cómo
Seta pulsada o con el cable cortado	Entrada A2 abierta.
Termopar suelto / MAX6675 sin respuesta	Bits de error del MAX6675.
Bobina desconectada	PC817 apagado con el relé abierto.
Relé que no conmuta	PC817 encendido con el relé cerrado.
Chispa	Lo confirma el usuario.
Final que no responde	El carro recorre toda la mesa sin que se active.
Final atascado o con el cable cortado	Sigue activo al separarse 40 mm.
Finales cambiados	Se activa el contrario al esperado.
Los dos finales pisados	A0 y A1 activos a la vez.

11 · Seguridad

- **La seta es la única parada física.** Corta los 24 V del motor y de las electroválvulas (normalmente cerradas: sin corriente, el gas se cierra). Tenla siempre a mano.
- **No dejes la máquina cortando sin vigilancia.** Si se pierde la conexión con el móvil, sigue cortando hasta el final o hasta el largo indicado.
- **Equipo:** gafas o pantalla de soldar (tono 5 o más), guantes, ropa de algodón o ignífuga y calzado de seguridad.
- **Lugar:** ventilado, sin materiales inflamables, con un extintor a mano y la chapa bien apoyada.
- **Gas:** antirretornos en las dos líneas, nada de grasa en las piezas de oxígeno, fugas con agua jabonosa y botellas de pie, sujetas y cerradas al terminar.
- **Red:** solo red local. Cambia la contraseña de fábrica.
- **Recuperar el acceso:** enciende con la seta pulsada y mantenla 10 s: vuelve a `admin` / `oxicorte`.

> **Seguro por defecto:** sin corriente, las electroválvulas cierran. Con un cable de final o de la seta cortado, la máquina se para. Si el programa se cuelga, el watchdog reinicia el Arduino en 4 s con todo cerrado. Con el termopar montado, cierra el gas si se apaga la llama.

12 · Mantenimiento

Cada	Qué hacer
Uso	Limpia las salpicaduras del carro y de la boquilla. Comprueba que el carro corre suave y sin holgura.
20 h de llama	Revisa y limpia la boquilla con la aguja de limpieza. Pulsa «Hecho» en Ajustes → Mantenimiento.
50 h de llama	Limpia y engrasa la cremallera y el piñón. Pulsa «Hecho».
Mes	Revisa mangueras, abrazaderas y antirretornos, busca fugas y repite la comprobación de la máquina.
Si hay holgura	Ajusta los rodillos regulables con los tornillos de empuje y tiro.

13 · Problemas y soluciones

Problema	Qué mirar
No abre la página	Móvil en el mismo WiFi. La IP en el router o en el monitor serie (115200). El cable de red. Prueba con 192.168.1.200.
«Falta index.htm en la tarjeta SD»	Tarjeta en FAT32 con `index.htm` en la raíz. Vuelve a meterla con la máquina apagada.
No acepta la contraseña	Recupérala con la seta (10 s al encender).
El motor no se mueve	Intercambia `ENA_ACTIVO` y `ENA_DESACTIVO`. ¿Hay 24 V en el bus (seta)? Cables CLK, CW y EN.
El motor vibra y no gira	Parejas de bobinas mal conectadas o poca corriente en el TB6560.
Los mm no cuadran	Calibra y guarda la medida real. TB6560 en 1/8 de paso.

«EN FIN DE CARRERA» al dar Inicio	Ya está en el final de ese sentido: cambia el sentido.
Paradas sin motivo	Ruido en los finales: cable apantallado y condensadores de 100 nF. Haz la comprobación.
«NO ENCIENDE»	Pila del encendedor, electrodo a 3–4 mm, presión del propano, termopar mal colocado.
«LLAMA APAGADA»	Termopar lejos de la llama o corrientes de aire.
«REINICIO POR FALLO»	Alimentación de 9 V y ruido eléctrico (cables de motor y de alta).
Se reinicia al activar relés	Alimenta los relés con el buck de 5 V, no desde el Arduino.
«sin conexión» en la página	Cobertura WiFi. La máquina sigue con lo que hacía.

14 · Datos técnicos

Pin	Conexión
D2	Relé K1 · propano
D3	Relé K2 · O2 precalentamiento
D5	CLK+ (STEP) TB6560
D6	CW+ (DIR) TB6560
D7	EN+ TB6560
D8	Relé K3 · O2 corte
D9	Relé K4 · chispa
D4, D10–D13	Shield Ethernet / SD (SPI)
A0	Final izquierdo (NC a GND)
A1	Final derecho (NC a GND)
A2	Seta NC1 (NC a GND)
A3	PC817 propano (opcional)
A4	PC817 O2 (escalera, opcional)
A5	CS MAX6675 (SO → D12, SCK → D13)

Dato	Valor
Pasos por mm	200 × 8 / (π × 20) ≈ 25,46
Velocidad de corte	0–1600 mm/min
Manual	300 → 2000 mm/min
Calibración	600 mm/min
Retardo	0–10 s
Perforación	5–180 s
Chispa	3 s (encendido) · 2 s (comprobación)
O2 precal. tras el propano	0,8 s
Cierre del O2 precal.	0,5 s después
Llama mínima (termopar)	250 °C, 1,5 s
Watchdog	4 s
IP de reserva	192.168.1.200

Direcciones de la aplicación

Dirección	Uso
`/`	La aplicación (sin contraseña: solo trae la pantalla de entrada).
`/ping`	Identificación de la máquina en la red (sin contraseña).
`/estado`	Estado completo en JSON (con contraseña).
`/cmd?c=…`	inicio, paro, perforar, sentido, calibrar, fabrica, refreset, regreset, usoreset, chk, ir, prog, mant, wdtok, jog.
`/set?…`	vel, ret, perf, vfija, rfija, pfija, real, largo, programas (pg, pv, pr, pp) y acceso (usr, pwd).