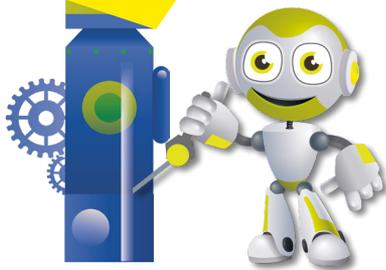


# Seguidor de línea



4 Tornillos de  $\frac{1}{8}$  x 1 pulgada



2 Motorreductores de plástico 1:220 con doble eje



1 Arduino UNO R3 CH340 con cable USB



4 Resistencias de carbón 330 k Ohms ( $k\Omega$ )



2 Resistencias de carbón 10 k Ohms ( $k\Omega$ )



1 Protoboard de 400 puntos



1 Portapilas 4 AA con cables



1 Alambre rojo de 40 cm



1 Alambre negro de 20 cm



2 LED



2 Sensores infrarrojos TCRT5000



1 Mini switch



12 Cables puente macho-macho de 20 cm



16 Cables puente macho-hembra de 20 cm



1 Driver puente H L293D CI 600 mA



1 Broche para pila de 9 V con conector de barril



2 Llantas de 65 x 25 mm



1 Rueda loca metálica de 40 x 20 mm



4 Tornillos de  $\frac{1}{8}$  x  $\frac{3}{8}$  de pulgada



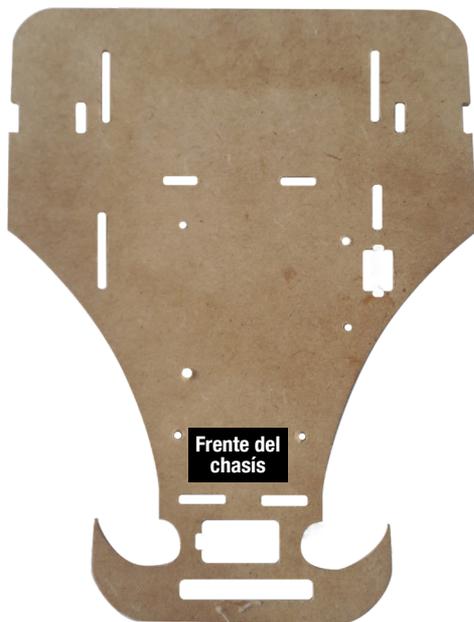
4 Tuercas de  $\frac{1}{8}$  de pulgada



2 Tornillos M3 de cabeza plana con tuerca



1 Cincho de 10 cm



1 Chasis MDF de 15 x 20 cm



4 Soportes MDF de 3 x 2 cm

### También necesitarás:

1 Desarmador plano  
1 Desarmador de cruz  
1 Pinza para pelar cables  
1 Plumón  
4 Pilas AA  
1 Pila de 9 V  
Pegamento: silicón, Kola-loka, etc.

**1** Corta un tramo de alambre rojo de 5 cm, un tramo de 10 cm y tres tramos de 2.5 cm. Corta un tramo de alambre negro de 5 cm y cinco tramos de 2.5 cm. Quita 1 cm de la cubierta de plástico de los extremos de estos alambres.



**Nota: Recuerda que el alambre es de un solo hilo grueso.**

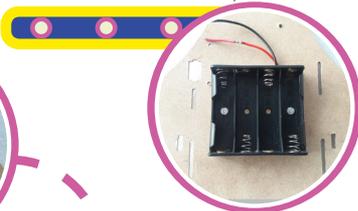
**3**

Fija la rueda loca del mismo lado que el portapilas con dos tornillos de  $\frac{1}{8} \times \frac{3}{8}$  de pulgada, de modo que las tuercas queden del lado superior del chasis.



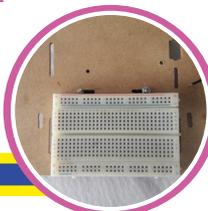
**2**

Fija el portapilas en las ranuras transversales de la parte posterior del chasis MDF de 15 x 20 cm con los dos tornillos M3 cabeza plana, de manera que las cabezas de éstos queden del lado del portapilas y coloca las tuercas correspondientes.



**4**

Pega la protoboard en la parte superior posterior del chasis, de manera que las primeras letras del abecedario queden del lado de las tuercas del portapilas. Cuida que las ranuras no queden obstruidas.



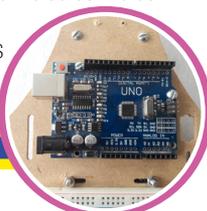
**6**

Inserta y pega el mini *switch* a lado de la tarjeta Arduino, en el orificio rectangular del chasis.



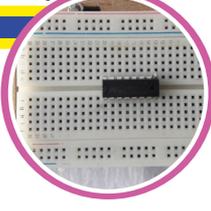
**5**

Fija la tarjeta Arduino en medio de la parte superior del chasis con dos tornillos de  $\frac{1}{8} \times \frac{3}{8}$  de pulgada, en los orificios centrales cercanos a la rueda loca, de manera que las entradas analógicas queden del lado de la protoboard.



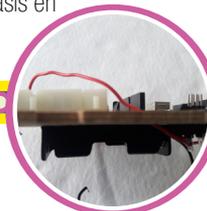
**7**

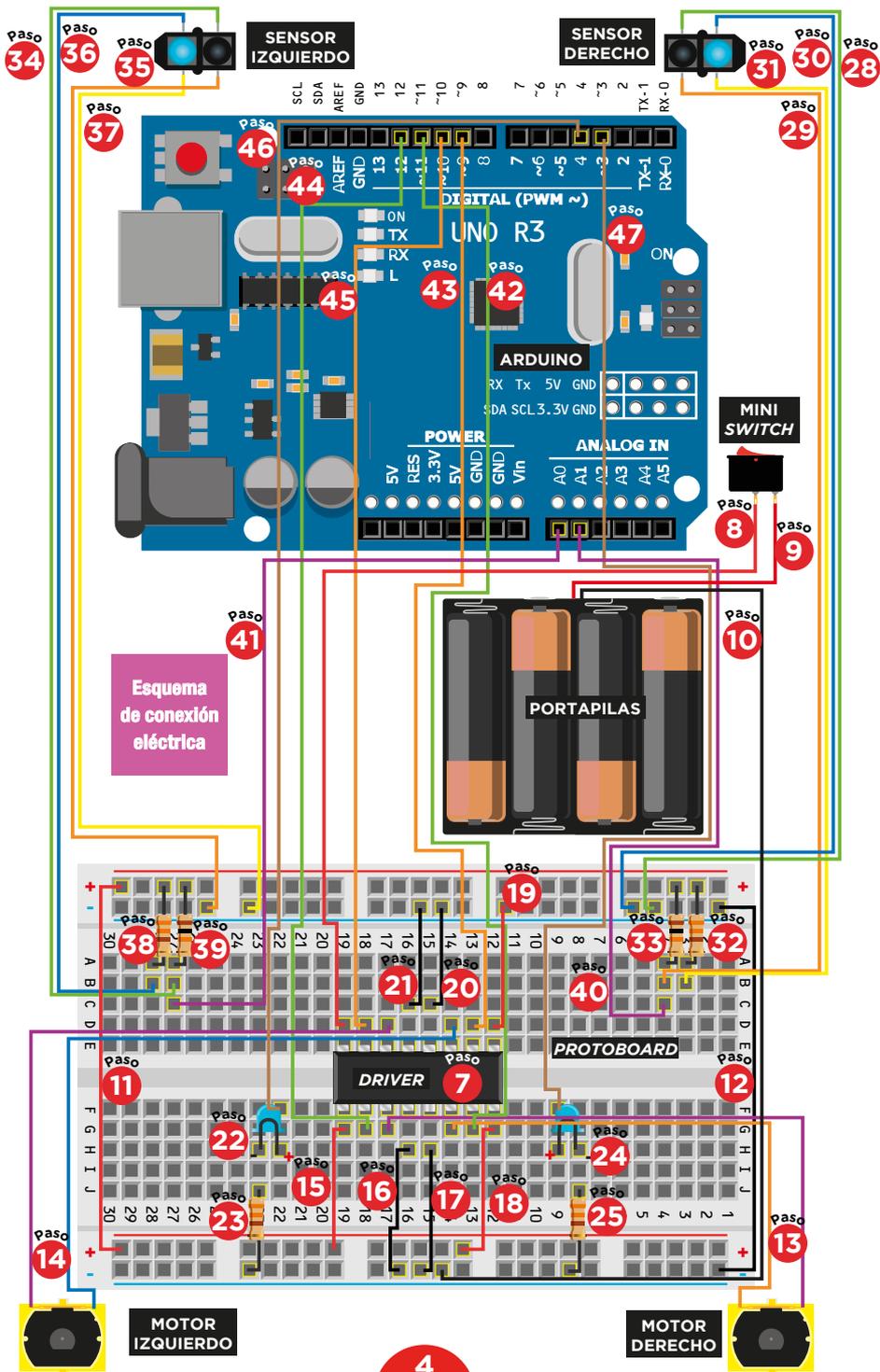
Conecta el motor driver en la protoboard en [F, 12] – [F, 19] y [E, 12] – [E, 19].



**8**

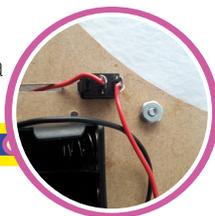
Conecta un tramo de alambre rojo de 10 cm en [D, 19] de la protoboard, y el extremo libre de este cable pásalo por la ranura central derecha del chasis en dirección descendente y conéctalo en una terminal del mini *switch*.





8

9 Conecta el cable rojo del portapilas en la terminal disponible del mini *switch*.



10 Pasa hacia arriba el cable negro del portapilas por la ranura posterior del chasis, añádele un tramo de alambre negro de 2.5 cm y conecta éste último en el segundo orificio negativo del tercer bloque que se encuentra en la parte posterior de derecha a izquierda de la protoboard.

11 Conecta con un alambre rojo de 5 cm los dos últimos orificios positivos del extremo izquierdo de la protoboard (los que se encuentran cerca del orificio 30).

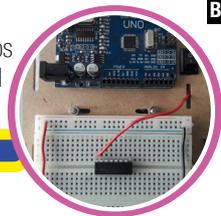
**Nota:** Tanto los bloques de orificios de la protoboard como los orificios de ésta se cuentan de derecha a izquierda viendo el chasis de la parte posterior.

Frente del chasis



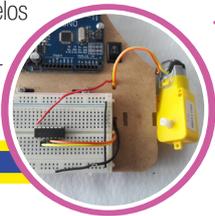
Bloque 1

12 Conecta con un alambre negro de 5 cm los dos primeros orificios negativos del extremo derecho de la protoboard (los que se encuentran cerca del orificio 1).



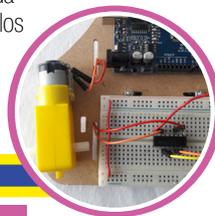
13 Toma dos cables puente macho - macho y conecta un extremo de cada uno de ellos en cada extremo de la laminilla dorada de un motor, y el extremo libre de ambos cables introdúcelos hacia abajo de la ranura derecha de en medio del chasis; posteriormente pásalos hacia arriba, en la ranura posterior contigua y conéctalos un cable en [G, 17] y otro en [G, 14] de la protoboard.

**Nota:** Éste será el motor derecho.



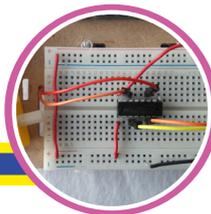
14 Toma dos cables puente macho - macho y conecta el extremo de cada uno de ellos en cada extremo de la laminilla dorada de un motor, y el extremo libre de ambos cables introdúcelos hacia abajo de la ranura izquierda de en medio del chasis, posteriormente pásalos hacia arriba, en la ranura posterior contigua y conéctalos un cable en [D, 17] y otro en [D, 14] de la protoboard.

**Nota:** Éste será el motor izquierdo.



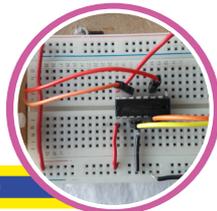
# 15

Inserta el extremo de un alambre rojo de 2.5 cm en [G, 19], y el extremo libre de este alambre conéctalo en el primer orificio positivo del cuarto bloque que se encuentra en la parte posterior de la protoboard.



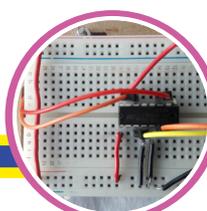
# 16

Conecta un tramo de alambre negro de 2.5 cm en [H, 16], y el extremo libre de este alambre conéctalo en el cuarto orificio negativo del tercer bloque que se encuentra en la parte posterior de la protoboard.



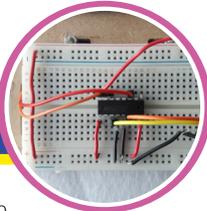
# 17

Conecta un tramo de alambre negro de 2.5 cm en [H, 15], y el extremo libre de este alambre conéctalo en el tercer orificio negativo del tercer bloque que se encuentra en la parte posterior de la protoboard.



# 18

Conecta un tramo de alambre rojo de 2.5 cm en [G, 12] de la protoboard, y el extremo libre conéctalo en el primer orificio positivo del tercer bloque posterior de la misma.



# 19

Conecta un tramo de alambre rojo de 2.5 cm en [D, 12], y el extremo libre de este alambre conéctalo en el quinto orificio positivo del segundo bloque que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



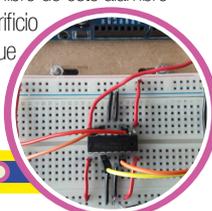
# 20

Conecta un tramo de alambre negro de 2.5 cm en [C, 15], y el extremo libre de este alambre conéctalo en el segundo orificio negativo del tercer bloque que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



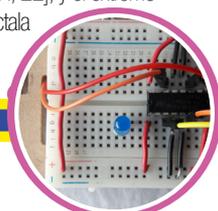
# 21

Conecta un tramo de alambre negro de 2.5 cm en [C, 16], y el extremo libre de este alambre conéctalo en el tercer orificio negativo del tercer bloque que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



# 22

Conecta el extremo positivo (la terminal más larga) de una LED en [H, 22], y el extremo negativo de ésta conéctala en [H, 23] de la protoboard.



# 30

Conecta el extremo macho de la terminal superior externa del sensor infrarrojo derecho en el quinto orificio del primer bloque negativo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



# 31

Conecta el extremo macho de la terminal inferior externa del sensor infrarrojo derecho en [B, 3] de la protoboard.



# 29

Conecta el extremo macho de la terminal inferior interna del sensor infrarrojo derecho en [B, 4] de la protoboard.



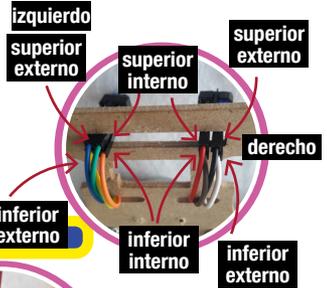
# 28

Conecta el extremo macho de la terminal superior interna del sensor infrarrojo derecho en el cuarto orificio del primer bloque negativo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



# 27

Inserta los cables puente que acabas de conectar por la ranura frontal del chasis y acomoda los sensores de manera que los focos azules (emisores) queden en los lados externos de la parte inferior del chasis. Posteriormente, atraviesa los cables por la ranura subsecuente y sácalos por las ranuras centrales.



# 26

Inserta el extremo hembra de cuatro cables puente macho – hembra de 20 cm en los cuatro pines de cada sensor infrarrojo.



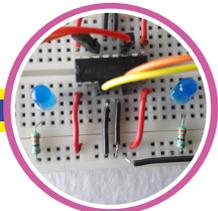
# 24

Conecta el extremo positivo de una LED en [H, 9], y el extremo negativo de esta resistencia conéctala [H, 8].



# 25

Conecta el extremo de una resistencia de carbón de 330 kΩ en [J, 8], y el extremo libre de esta resistencia conéctala en el segundo orificio negativo del segundo bloque que se encuentra en la parte posterior de la protoboard.



# 23

Conecta el extremo de una resistencia de carbón de 330 kΩ en [J, 23], y el extremo libre conéctalo en el quinto orificio negativo del cuarto bloque que se encuentra en la parte posterior de la protoboard.

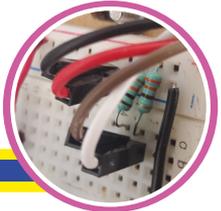


**Nota:** Las resistencias de carbón de 330 kΩ son las que tiene dos franjas naranjas.

**32** Conecta el extremo de una resistencia de carbón de 330 k $\Omega$  en [A, 3] de la protoboard, y el extremo libre de esta resistencia conéctala en el segundo orificio del primer bloque positivo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



**33** Conecta el extremo de una resistencia de carbón de 10 k $\Omega$  en [A, 4] de la protoboard, y el extremo libre de esta resistencia conéctala en el tercer orificio del primer bloque positivo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



**34** Conecta el extremo macho de la terminal superior interna del sensor infrarrojo izquierdo en [B, 27] de la protoboard.



**Nota:** La resistencia de 10 k $\Omega$  es la que tiene franjas café, negra, naranja y oro.

**35** Conecta el extremo macho de la terminal inferior interna del sensor infrarrojo izquierdo en el primer orificio del quinto bloque negativo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.

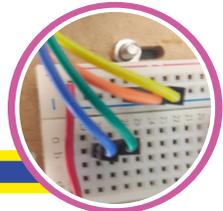


**36**

Conecta el extremo macho de la terminal superior externa del sensor infrarrojo izquierdo en [B, 28] de la protoboard.



**37** Conecta el extremo macho de la terminal inferior externa del sensor infrarrojo izquierdo en el quinto orificio del cuarto bloque negativo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



**38** Conecta el extremo de una resistencia de carbón de 330 k $\Omega$  en [A, 28] de la protoboard, y el extremo libre de esta resistencia conéctala en el tercer orificio del quinto bloque positivo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



**39** Conecta el extremo de una resistencia de carbón de 10 k $\Omega$  en [A, 27] de la protoboard, y el extremo libre de esta resistencia conéctala en el segundo orificio del quinto bloque positivo que se encuentra en la parte frontal de la protoboard.



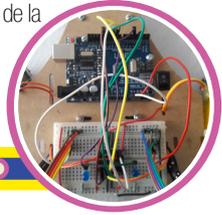
# 46

Conecta un extremo de un cable puente macho-macho en [F, 22] de la protoboard, y el extremo libre de este cable conéctalo en 4 de las entradas digitales de la tarjeta Arduino.



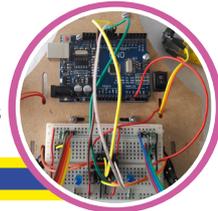
# 47

Conecta un extremo de un cable puente macho-macho en [F, 9] de la protoboard, y el extremo libre de este cable conéctalo en ~3 de las entradas digitales de la tarjeta Arduino.



# 45

Conecta el extremo de un cable puente macho-macho en [D, 18] de la protoboard, y el extremo libre de este cable conéctalo en ~10 de las entradas digitales de la tarjeta Arduino.



# 43

Conecta un extremo de un cable puente macho-macho en [D, 13] de la protoboard, y el extremo libre de este cable conéctalo en ~9 de las entradas digitales de la tarjeta Arduino.



# 44

Conecta un extremo de un cable puente macho-macho en [G, 18] de la protoboard, y el extremo libre de este cable conéctalo en 12 de las entradas digitales de la tarjeta Arduino.



# 42

Conecta un extremo de un cable puente macho-macho en [G, 13] de la protoboard, y el extremo libre de este cable conéctalo en ~11 de las entradas digitales de la tarjeta Arduino.



# 41

Conecta un extremo de un cable puente macho-macho en [C, 27] de la protoboard, y el extremo libre de este cable conéctalo en A0 de las entradas analógicas de la tarjeta Arduino.

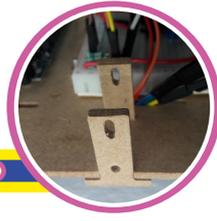


# 40

Conecta un extremo de un cable puente macho-macho en [C, 4], y el extremo libre de este cable conéctalo en A1 de las entradas analógicas de la tarjeta Arduino.



**48** Inserta y pega los cuatro soportes MDF de 3 x 2 cm en cada ranura posterior del chasis que se encuentra a lado de la protoboard, de manera que las partes más anchas queden en la parte inferior del chasis.



**49** Fija cada motor en las partes superiores del chasis con dos tornillos de 1/8 x 1 pulgada, de manera que cada motor quede en medio de los soportes MDF de 3 x 2 cm. Verifica que giren hacia el frente.



**50** Coloca cada llanta en cada eje externo de cada motor.



**Nota:** No es necesario colocar tuercas.

**51** Pega los dos sensores de modo que queden por la parte inferior del chasis. Verifica que los receptores queden del lado externo y a 5 mm de distancia de la superficie.

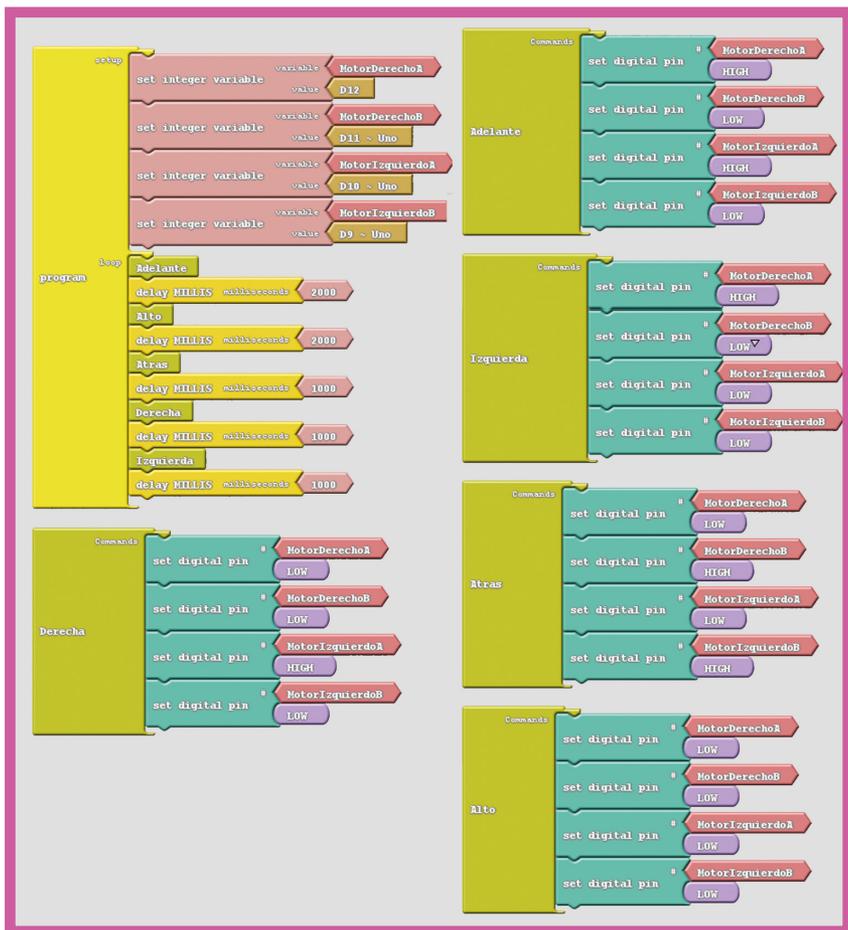


**52** Energiza tu robot. Coloca el broche de barril en la Arduino y conéctale una pila de 9 V. Coloca cuatro pilas AA en el portapilas inferior.

**53** Da clic en la siguiente liga <http://bit.ly/2FbTL9x> y descarga la carpeta **Seguidor de línea** para tener el material necesario para programar tu robot.

**54** Descarga el IDE (programa de Arduino) **arduino-1.8.5-windows.exe** que está dentro de la carpeta **Software** y sigue las instrucciones del video <https://youtu.be/x5XR9bXhYml> para instalar el programa en tu máquina.

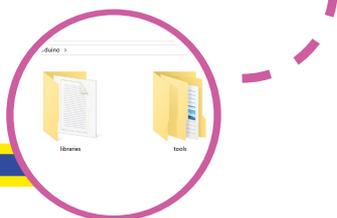




**56** Abre el IDE (programa) de Arduino, abre la ventana ArduBlock dando clic en el menú Herramientas/ArduBlock. Conecta tu robot a tu computadora con la ayuda del cable USB y programa los motores para hacer un puente en H, para ello sigue las instrucciones en el video [https://youtu.be/PbgD\\_Myv8BE](https://youtu.be/PbgD_Myv8BE) o arma la programación arrastrando órdenes del menú para que quede igual a la imagen.



**55** Descarga la carpeta **Tools** que está dentro de la carpeta **Software** que descargaste en el paso 53 y muévela dentro de la carpeta **Arduino** que está en la carpeta **Documentos**.



**57** Guarda el programa dando clic en el botón Save y asígnale el nombre **Puente\_en\_H**, después da clic en el botón Upload to Arduino y verás como se llena en automático el *sketch*, el cual tendrás que guardar con el mismo nombre.



**Nota:** Los archivos no se reemplazarán porque tendrán una extensión diferente. Guárdalos en la misma carpeta para que no se te pierdan.

**58** Carga el *sketch* en tu robot usando el botón  o da clic en el menú **Programa** y en **Subir**. Con este programa podrás verificar que tus motores estén conectados en los pines correctos y que ambos avancen hacia adelante.



**59** Vuelve a abrir el programa **Puente\_en\_H.ino** y el respectivo programa de ArduBlock **Puente\_en\_H.abp**, y a partir de éste agrega la programación para hacer el robot seguidor de línea.



**Nota:** Con esta programación tu robot tendrá movimiento pero no seguirá una línea, para ello hay que programar los sensores.

**60** Para programar el seguidor de línea, apóyate del siguiente video tutorial <https://youtu.be/nbK-RJmaGLY>. También puedes asignar los movimientos de tu robot arrastrando las órdenes en el menú del lado izquierdo en tu pantalla de ArduBlock, puedes usar los colores como guía para ubicar las órdenes.



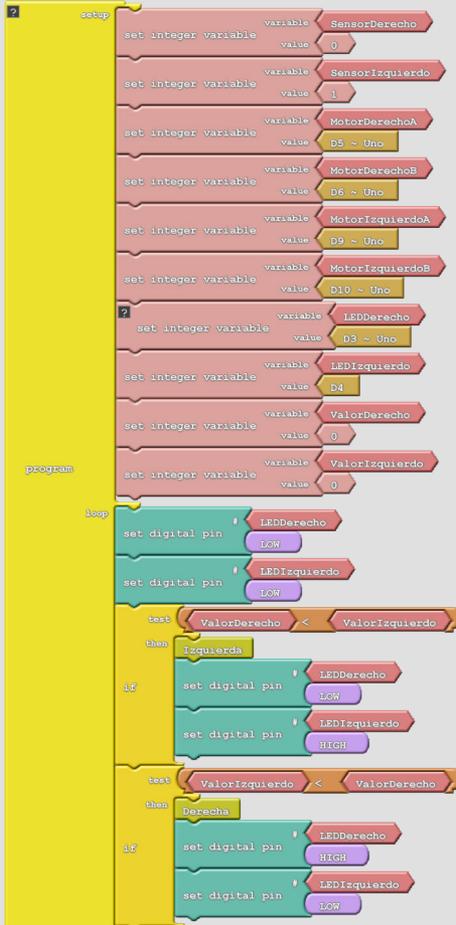
**61** Ajusta los parámetros de modo que las órdenes (programación) queden igual a las que aparecen en la imagen que te damos de muestra.



**62** Guarda el programa dando clic en el botón Save y asígnale el nombre **Seguidor\_de\_linea**, después da clic en el botón Upload to Arduino y verás como se llena en automático el *sketch*.



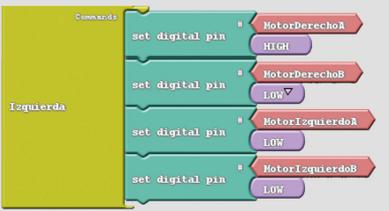
**Nota:** Recuerda que los archivos no se reemplazarán porque tendrán una extensión diferente. Guárdalos en la misma carpeta para que no se te pierdan.



**set up**

**Nota:** Cuando programes, verifica que los pines del setup de tu programación coincidan con los de tu conexión.

**loop**



**subrutinas**

**63** Vuelve a cargar el programa en el *sketch*, como se indicó en el paso 57 y verás como se actualizan y se agregan las variables que creaste.



**64** Ubica en el *sketch* el *set up* [void setup ()], lugar donde están declarados los pines del arduino en los que están conectados los diferentes elementos de tu robot: motores, sensores y LED; además de cómo configurarlos, como entradas o salidas.



**65** Vas a declarar cómo funcionarán los sensores, para ello agrega el siguiente texto donde se muestra la imagen:

```
pinMode (SensorDerecho, INPUT); // El pin A0 declarado como entrada  
pinMode (SensorIzquierdo, INPUT); // El pin A1 declarado como entrada
```



**Nota:** El texto que está después de las dos diagonales es explicativo, no tiene que ver con la programación, sólo es una indicación de lo estás haciendo, es decir, que los sensores infrarrojos servirán como receptores de información, en este caso de luz.

**66** Ubica en el *sketch* el *loop* [void loop ()], lugar donde están las acciones que realizará el robot de manera repetitiva.



**67** Agrega el siguiente texto debajo de donde dice `digitalWrite (LEDIzquierdo, LOW) ;`

```
ValorDerecho = analogRead(SensorDerecho);  
ValorIzquierdo = analogRead(SensorIzquierdo);
```



**Nota:** Con lo anterior estás indicando que en la variable `ValorDerecho` se va a registrar la lectura del sensor Derecho, y en la variable `ValorIzquierdo` los valores detectados por el sensor Izquierdo.

```
Seguidor_de_linea_Final §  
//Declaración de variables - robot seguidor de linea  
int SensorIzquierdo = 0; //variables enteras para los pines analógicos A0 y A1  
int SensorDerecho = 1;  
  
int MotorDerechoA = 5; //Variables enteras para los pines  
int MotorDerechoB = 6; //que controlan los motores  
int MotorIzquierdoA = 9;  
int MotorIzquierdoB = 10;  
  
int LEDDerecho = 3; //Variables enteras para los pines  
int LEDIzquierdo = 4; //donde se conectarán los LED  
  
int ValorDerecho = 0; // Variable para almacenar el valor del sensor Derecho.  
int ValorIzquierdo = 0; // Variable para almacenar el valor del sensor Izquierdo.  
  
//Configuración de los pines de Arduino - Entradas y Salidas En esta sección también se les asigna el nombre  
void setup()  
{  
  pinMode ( MotorDerechoA, OUTPUT ) ; // Pines 5,6 y 9,10 Declarados como salidas  
  pinMode ( MotorDerechoB, OUTPUT ) ;  
  pinMode ( MotorIzquierdoA, OUTPUT ) ;  
  pinMode ( MotorIzquierdoB, OUTPUT ) ;  
  pinMode ( LEDDerecho, OUTPUT ) ;  
  pinMode ( LEDIzquierdo, OUTPUT ) ;  
  pinMode ( SensorDerecho, INPUT); // El pin A0 declarado como entrada  
  pinMode ( SensorIzquierdo, INPUT); // El pin A1 declarado como entrada  
}  
  
void loop()  
{  
  digitalWrite(LEDDerecho, LOW); //Los LEDs se inicializan en LOW-Apagado  
  digitalWrite(LEDIZquierdo, LOW);  
  
  // Leemos el valor de A0 y A1. Sensor Derecho e izquierdo y  
  // se almacena en las variables Valor  
  
  ValorDerecho = analogRead(SensorDerecho);  
  ValorIzquierdo = analogRead(SensorIzquierdo);  
  
  /* Continúa el programa principal con dos estructuras condicionales simples para controlar  
  el sentido del robot y el encendido de los LED*/  
  
  if(ValorDerecho < ValorIzquierdo) // Giro izquierda  
  {  
    IZQUIERDA();  
    digitalWrite(LEDDerecho, LOW);  
    digitalWrite(LEDIzquierdo, HIGH);  
  }  
  if(ValorDerecho > ValorIzquierdo) // Giro derecha  
  {  
    DERECHA();  
    digitalWrite(LEDDerecho, HIGH);  
    digitalWrite(LEDIzquierdo, LOW);  
  }  
}  
  
// A continuación se declaran las subrutinas a utilizar:  
/* Subrutina o función donde se controla el sentido de los motores para lograr el giro a la izquierda*/  
void IZQUIERDA()  
{  
  digitalWrite(MotorDerechoA, HIGH);  
  digitalWrite(MotorDerechoB, LOW);  
  digitalWrite(MotorIzquierdoA, LOW);  
  digitalWrite(MotorIzquierdoB, LOW);  
  digitalWrite(LEDDerecho, LOW);  
  digitalWrite(LEDIzquierdo, HIGH);  
}  
  
/* Subrutina o función donde se controla el sentido de los motores para lograr el giro a la izquierda*/  
void DERECHA()  
{  
  digitalWrite(MotorDerechoA, LOW);  
  digitalWrite(MotorDerechoB, LOW);  
  digitalWrite(MotorIzquierdoA, HIGH);  
  digitalWrite(MotorIzquierdoB, LOW);  
  digitalWrite(LEDDerecho, HIGH);  
  digitalWrite(LEDIzquierdo, LOW);  
}
```

**Declaración de Sensores como entrada. (Paso 63)**

**Registro de variables a partir de los sensores. (Paso 65)**

**68** Guarda el *sketch* dando clic en el botón Save y asigne el nombre **Seguidor\_de\_linea**.

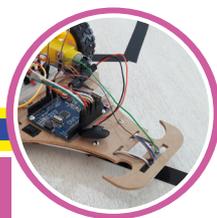
**Nota:** Recuerda guardar tu archivo de ArduBlock, en la misma carpeta que el seguidor de línea para no perder la programación gráfica.

**69**

Carga el *sketch* en tu robot usando el botón  o da clic en el menú **Programa** y en **Subir**.

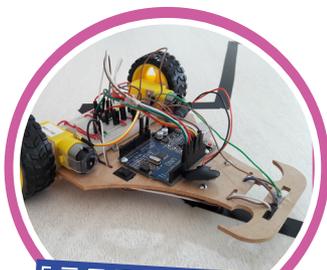
**70** Traza el camino que quieres que recorra tu robot dándole la forma que prefieras. Utiliza algún plumón que dibuje una línea negra de 2 cm de ancho aproximadamente o hazla con cinta de aislar.

**Nota:** Es necesario que haya un fuerte contraste entre el color de la mesa o superficie y el color de la línea, o de lo contrario el robot no detectará la diferencia de color y no funcionará como deseas.



**71**

Pon en funcionamiento tu robot colocándolo sobre la línea y encendiendo el mini *switch*.



**Robot**

**terminado**

Si te resulta complicado cargar la programación, contáctanos en [www.robotik-age.com](http://www.robotik-age.com)



**Alfaomega Grupo Editor**

Te acerca al conocimiento

[www.alfaomega.com.mx](http://www.alfaomega.com.mx)

**Soporte escolar**

e-mail: [sportescolar@alfaomega.com.mx](mailto:sportescolar@alfaomega.com.mx)