Cultivo automatizado FarmBot

Guía didáctica

AGROSOS

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL Y DEPORTES

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia



AGROSOS


I.E.S.
El Rincón


Felo
Monzón Grau-Bassas


IES
LUIS
VIVES


FUNDACIÓN SERGIO ALONSO


DR. STETTER
ITQ
smart green innovative

ÍNDICE

01 | Introducción **05**
- a. Objetivos 05
- b. Proyecto AgroSOS 05
- c. Participantes 05

02 | Descripción general del sistema FarmBot **06**
- a. Componentes principales 07
- b. Funcionalidades y capacidades 08
- c. Ventajas de la automatización del cultivo 08
- d. Aspectos para tener en cuenta 09

03 | Diseño y planificación del cultivo automatizado **10**
- a. Selección y preparación del terreno 10
  - I. En terreno de cultivo o jardín 10
  - II. En estructura construida 10
- b. Diseño de la instalación 12
- c. Requisitos técnicos y materiales 13

04 | Montaje e instalación del FarmBot **17**
- a. Ensamblaje mecánico 20
- b. Instalación eléctrica 22
  - I. Sistema conectado a red eléctrica 22
  - II. Sistema autónomo 23

05 | Programación y configuración del sistema **29**
- a. Software y entorno de control 30
- b. Configuración de rutinas 32
- c. Integración con la plataforma digital 33

06 | Sistema de sensorización y toma de datos **35**
- a. Tipos de sensores utilizados 35
- b. Adquisición y transmisión de datos 36
- c. Protocolos de comunicación 37

ÍNDICE

07 | Visualización de datos en la plataforma **38**

08 | Mantenimiento y resolución de incidencias **39**

a. Plan de mantenimiento preventivo 39
b. Diagnóstico de errores comunes 40
c. Buenas prácticas operativas 40

09 | Conclusiones y recomendaciones **41**

a. Impacto del modelo 41
I. Impacto técnico 41
II. Impacto educativo 41
b. Replicabilidad en otros centros o proyectos 42

10 | Anexos **42**

11 | Bibliografía **48**

01. INTRODUCCIÓN

a | Objetivos

Esta guía tiene como finalidad ofrecer una referencia clara y práctica para **que los centros de Formación Profesional puedan diseñar, desarrollar e implementar un modelo de cultivo automatizado** adaptado a sus recursos, especialidades formativas y contexto educativo.

El documento parte de la experiencia desarrollada en el **proyecto AgroSOS** y recoge, de forma ordenada, los principales aprendizajes, decisiones técnicas y criterios metodológicos obtenidos durante su puesta en marcha. Su propósito no es presentar un modelo cerrado, sino facilitar una base útil y transferible que otros centros puedan adaptar y replicar.

b | Proyecto AgroSOS

AgroSOS ha sido un proyecto de **innovación educatica y aplicada,** en Formación Profesional, centrado en el uso de tecnologías de la industria 4.0 para dar respuesta a retos actuales del sector agrario, como la sostenibilidad, la optimización de recursos, la modernización tecnológica y la necesidad de atraer nuevos perfiles profesionales al sector.

El proyecto ha combinado formación, desarrollo práctico y transferencia de conocimiento. En este marco, alumnado y profesorado trabajaron en la creación de soluciones reales vinculadas a la agricultura, entre ellas la **automatización de un cultivo** (mediante la utilización de un FarmBot) y la **electrificación y sensorización de tractor agrícola,** y su posterior **toma de datos.** Todo el proceso se documentó, con el objetivo de generar estas guías, y que pudieran ser utilizadas posteriormente por otros centros educativos, para convertir esa experiencia en un recurso útil, comprensible y aplicable en otros entornos de Formación Profesional.

c | Participantes

En el proyecto AgroSOS participaron distintos centros de Formación Profesional y entidades colaboradoras, cada uno de ellos con funciones y aportaciones específicas.

El **IES El Rincón** asumió la coordinación del proyecto y contó, además, con la participación de alumnado y profesorado de los ciclos vinculados al área de informática. El **CIFP Felo Monzón Grau-Bassas** aportó el contexto práctico relacionado con el sector agrario, el mecanizado y la electricidad, Por su parte, el **IES Luis Vives** se incorporó al proyecto desde su especialización en energías renovables, con alumnado de este mismo ciclo.

Junto a los centros educativos, participaron también la **Fundación Sergio Alonso** y la empresa **Dr. Stetter ITQ** como entidades colaboradoras del proyecto. La Fundación Sergio Alonso contribuyó especialmente a la planificación, el acompañamiento y la difusión de la iniciativa, así como a las acciones relacionadas con la transferencia de resultados y la elaboración y publicación de las guías. Por su parte, Dr. Stetter ITQ aportó conocimiento tecnológico especializado y desempeñó un papel relevante en el desarrollo práctico del proyecto, especialmente en la fase de desarrollo de los modelos aplicados.

La colaboración entre centros, entidades y ciclos formativos de distintos ámbitos favoreció un **enfoque multidisciplinar** y facilitó el **desarrollo de soluciones conectadas con la realidad del sector.**

02. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA FARMBOT

Para la **automatización del cultivo** en el proyecto AgroSOS se ha elegido el sistema robótico FarmBot, tomando como referencia el modelo **FarmBot Genesis v1.7.** Se trata de una solución que resulta adecuada para este proyecto por su relativa sencillez técnica y de montaje, así como por sus posibilidades didácticas, ya que permite trabajar de forma práctica contenidos relacionados con la automatización, la programación, la sensorización y el cultivo.

En los siguientes apartados se describen de forma breve sus componentes principales, sus funcionalidades y capacidades, las ventajas que ofrece para la automatización del cultivo en este proyecto y algunos aspectos que conviene tener en cuenta antes de comenzar. Para profundizar en cualquiera de estos aspectos, puede consultarse también la documentación oficial del fabricante en:

https://docs.farm.bot/



a | Componentes principales

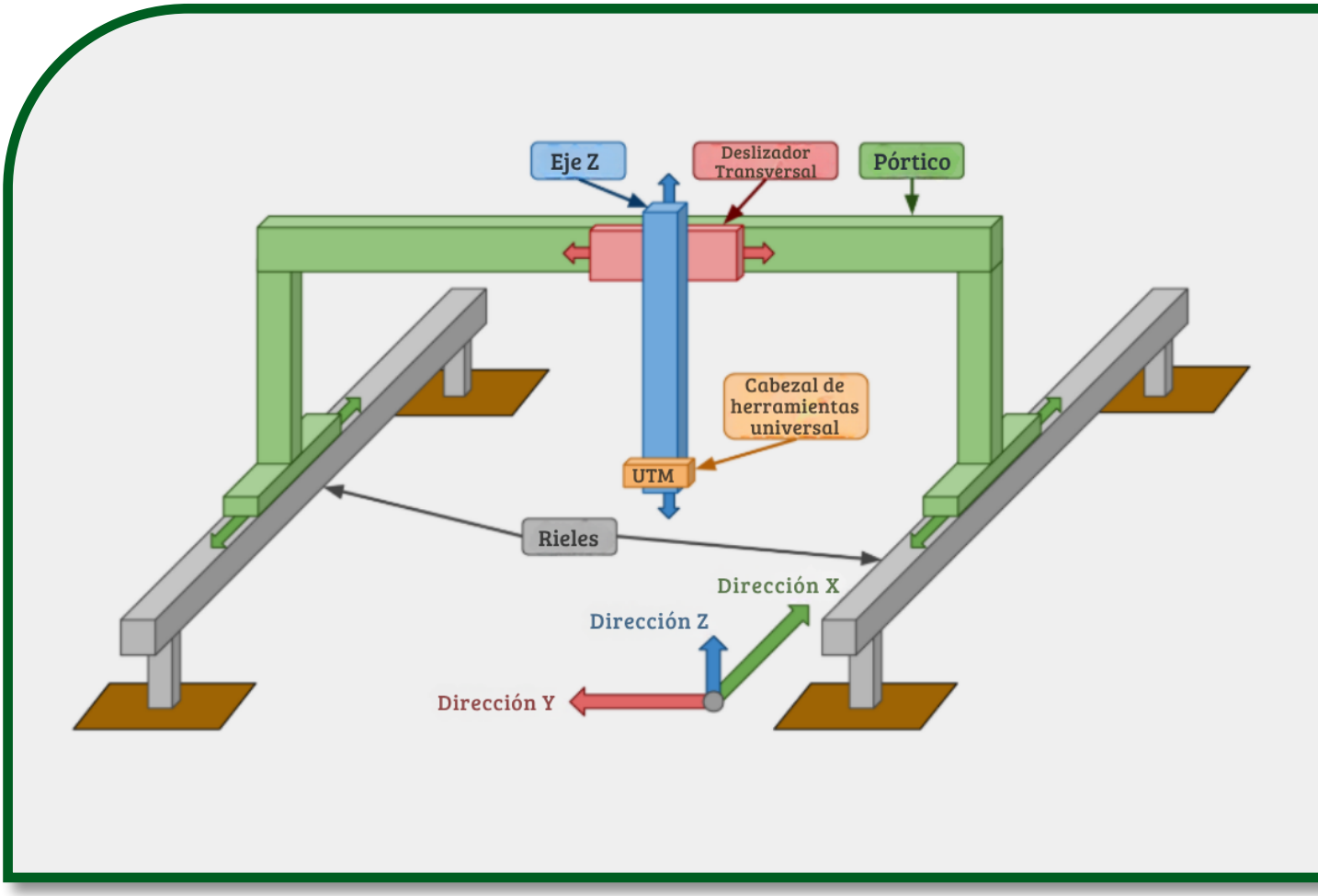
El sistema FarmBot se organiza en tres componentes principales:

En primer lugar, cuenta con una **estructura mecánica** de desplazamiento, formada perfiles metálicos en forma de raíles, un pórtico y el eje vertical, junto con los motores, el cableado y el sistema de conducción de agua, que permiten mover el cabezal de trabajo en los ejes X, Y y Z. Este cabezal incorpora el **Universal Tool Mount (UTM),** un sistema de acople magnético para herramientas intercambiables destinadas a la siembra, el riego u otras tareas de cultivo.

En segundo lugar, un **sistema de control electrónico,** responsable de gestionar los movimientos, ejecutar las órdenes y coordinar el funcionamiento de todos los componentes.

En tercer lugar, incorpora una **unidad informática integrada,** formada por el ordenador integrado que permite **ejecutar el software de control** y la comunicación con la plataforma de gestión. De forma opcional, el sistema puede incluir una cámara para la supervisión visual del cultivo.

Además de estos elementos integrados en el propio FarmBot, la instalación requiere una serie de componentes externos que cubren las funciones de suministro de agua, alimentación eléctrica y conectividad, necesarias para su funcionamiento.



b | Funcionalidades y capacidades

FarmBot funciona desplazando el cabezal de trabajo con precisión sobre coordenadas concretas del terreno. Gracias a este sistema puede volver repetidamente al mismo punto y ejecutar tareas de manera automatizada sobre cada zona del cultivo. El uso de las guías permite una gran precisión y la repetición exacta de posiciones, además de facilitar diferentes distribuciones de plantación sin compactar el suelo como ocurriría con maquinaria de paso directo.

Entre sus capacidades principales se encuentran **la siembra, el riego de precisión, la medición de humedad del suelo, el seguimiento visual mediante cámara** y ciertas tareas básicas de mantenimiento del cultivo, como la **escarda ligera** o pequeñas operaciones superficiales con la herramienta rotativa. Además, al tratarse de un sistema modular y abierto, puede ampliarse con nuevas herramientas, sensores o modificaciones según las necesidades del proyecto.

c | Ventajas de la automatización del cultivo

Desde el punto de vista técnico, ofrece ventajas como la **precisión en la ejecución de tareas,** la posibilidad de **trabajar siempre sobre puntos concretos del terreno** y la opción de **cambiar automáticamente de herramienta** según la operación que se vaya a realizar. Esto permite combinar en un mismo sistema funciones de siembra, riego, medición y pequeñas labores de mantenimiento superficial, además de admitir futuras ampliaciones o adaptaciones.

Desde el punto de vista educativo, FarmBot también presenta un interés especial porque permite trabajar de forma práctica contenidos relacionados con la automatización, la programación, la sensorización, el montaje y el cultivo. A ello se suma su carácter **open source** y la disponibilidad de recursos técnicos, modelos y documentación, lo que facilita que los centros no solo utilicen el sistema, sino que también puedan comprender su funcionamiento, adaptarlo a sus necesidades y plantear mejoras o desarrollos propios.

d | Aspectos para tener en cuenta antes de comenzar

Antes de iniciar la automatización del cultivo con FarmBot, conviene disponer de un **espacio adecuado** y de una infraestructura previa donde instalar el sistema, como un bancal o superficie de cultivo compatible con sus dimensiones. También es necesario prever correctamente el **suministro eléctrico,** el **acceso al agua** y la **conectividad,** ya que forman parte del funcionamiento normal del equipo.

También resulta recomendable contar con un equipo en el que se combinen perfiles o conocimientos básicos de **montaje, configuración técnica (programación), manejo del cultivo y uso de herramientas.** Aunque el sistema llega muy avanzado en su preparación, requiere seguir un proceso de instalación ordenado, preparar bien el espacio de trabajo y disponer de los materiales y herramientas necesarios para completar el montaje y la puesta en marcha.

03. DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DEL CULTIVO AUTOMATIZADO

La fase de diseño y planificación es fundamental para asegurar una instalación adecuada del sistema FarmBot. Antes de comenzar el montaje, es necesario definir el lugar de instalación, la preparación del espacio de cultivo y prever los recursos técnicos necesarios para su funcionamiento.

a | Selección y preparación del terreno

Para automatizar un cultivo con FarmBot, es necesario seleccionar un espacio que permita instalar la estructura de forma estable y trabajar a su alrededor con comodidad. La superficie debe estar correctamente preparada y nivelada, de modo que los laterales donde se instalan los raíles queden perfectamente alineados, nivelados y paralelos entre sí.

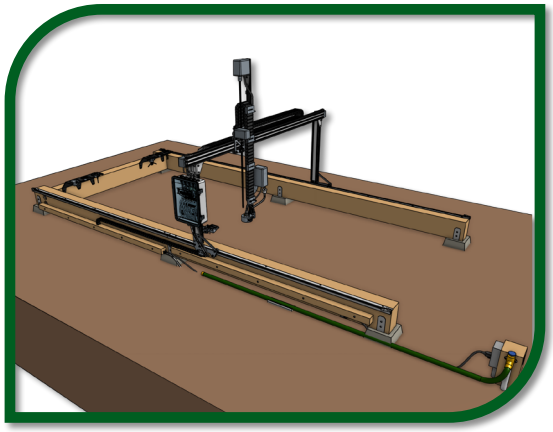
En el caso del modelo **FarmBot Genesis v1.7,** la instalación requiere una estructura de apoyo de aproximadamente **1,50 m de ancho por 3 m de largo,** además de espacio libre alrededor para facilitar el montaje, el mantenimiento y el acceso al cultivo.

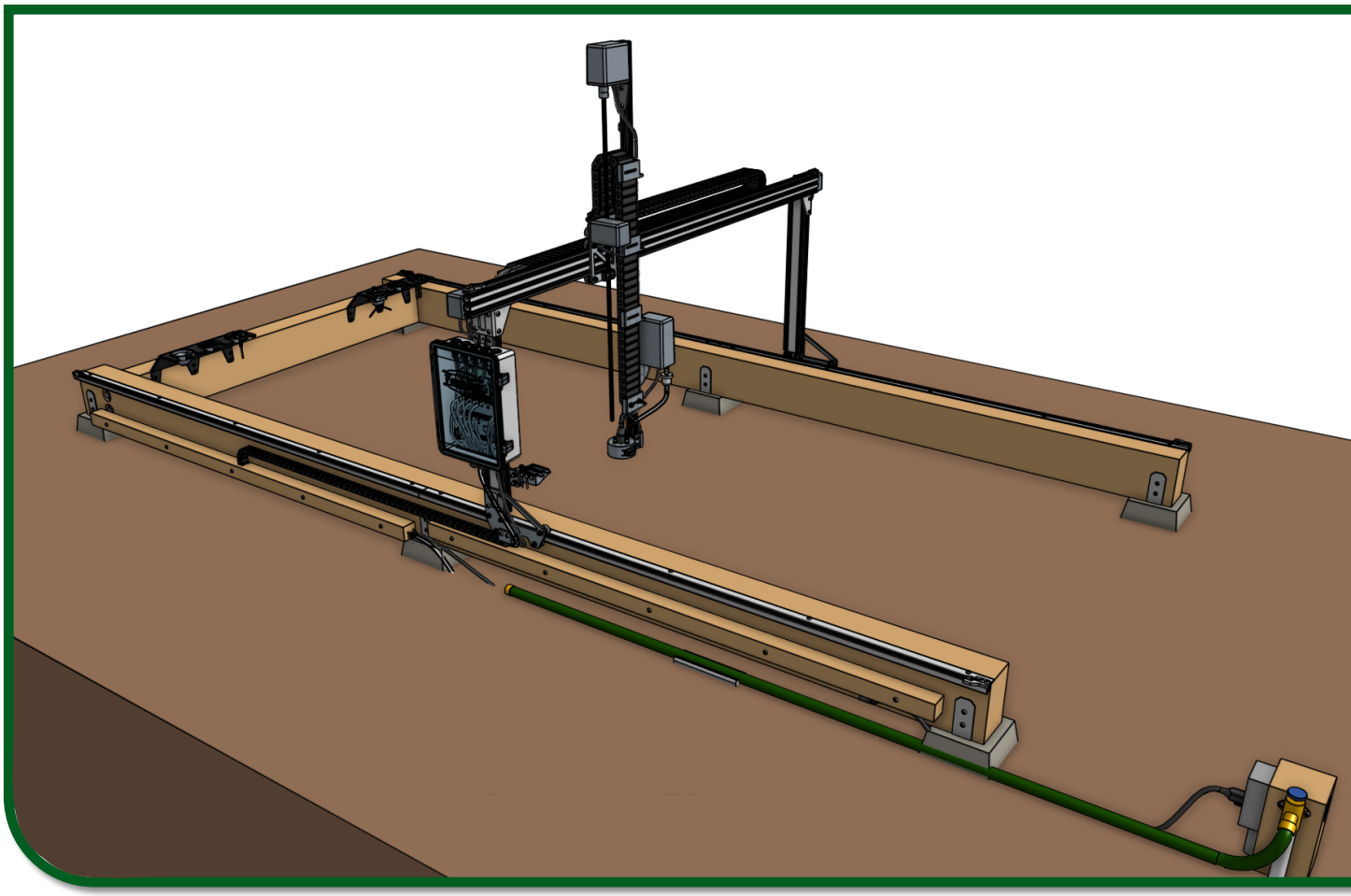
I. En terreno de cultivo o jardín

Si se va a instalar directamente sobre terreno, este debe estar nivelado, accesible y acondicionado para colocar correctamente la estructura de apoyo. No es suficiente con disponer de suelo cultivable: hace falta una base firme donde fijar los soportes laterales y mantenerlos paralelos. Para ello, puede optarse por una cama de cultivo fija o por una estructura con postes o apoyos anclados al suelo.

Antes del montaje, conviene realizar una preparación básica del terreno. Esta incluye la **limpieza del área,** retirando restos vegetales, piedras y malas hierbas que puedan dificultar la instalación o afectar al cultivo. También es imprescindible **nivelar el suelo,** ya que de ello depende en gran medida que el FarmBot pueda desplazarse con precisión sobre las vigas. Una vez acondicionado el espacio, se procede a la **colocación de las vigas** de rodamiento, que deben instalarse paralelas, firmemente ancladas y perfectamente alineadas.

Además, puede ser recomendable mejorar previamente el suelo para favorecer el desarrollo del cultivo. Para ello, se puede **incorporar abono orgánico** con el fin de aumentar la fertilidad y aplicar yeso agrícola en aquellos casos en los que el suelo sea demasiado compacto o presente problemas de estructura.







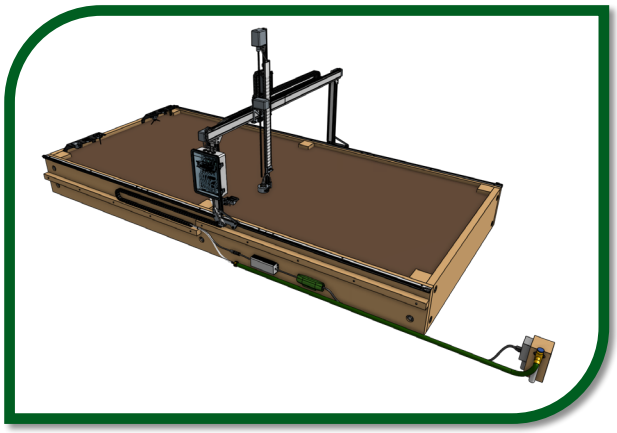
II. En estructura construida

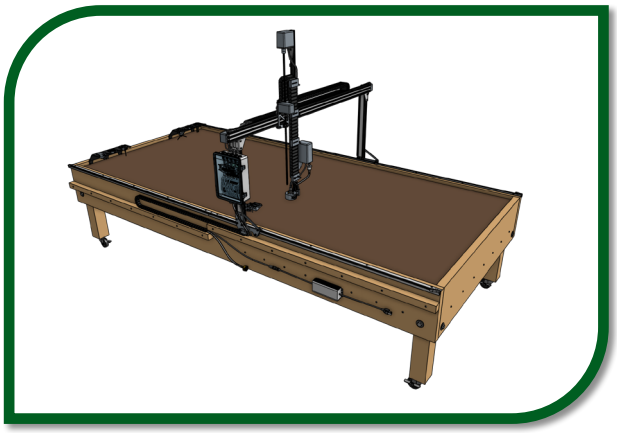
Cuando no se dispone de terreno cultivable, como ocurre en muchos centros educativos urbanos o en espacios pavimentados, el FarmBot puede instalarse sobre una estructura construida. Esta opción permite adaptar el sistema a patios, azoteas, zonas exteriores o espacios formativos donde no existe suelo agrícola directo.

Entre las soluciones más habituales se encuentran los **bancales elevados** de madera o metal, así como las **mesas de cultivo o estructuras modulares** diseñadas para alojar tanto la zona de cultivo como los apoyos del sistema. En cualquiera de estos casos, la estructura debe ser estable, rígida y estar perfectamente nivelada, ya que de ello depende la correcta alineación de los raíles y el buen funcionamiento del robot.

Además, debe contar con una **profundidad mínima de sustrato de entre 25 y 30 cm,** suficiente para el desarrollo de la mayoría de cultivos hortícolas. Se recomienda utilizar un **sustrato ligero y fértil,** compuesto, por ejemplo, por una mezcla de tierra vegetal, compost y arena, que facilite tanto el crecimiento de las plantas como el drenaje.

Por último, es imprescindible prever un **anclaje firme de los rieles del FarmBot** a la estructura, así como la ubicación del toolbay, el paso del cableado y la colocación de la caja eléctrica, de forma que todo el conjunto quede bien integrado, accesible y seguro.



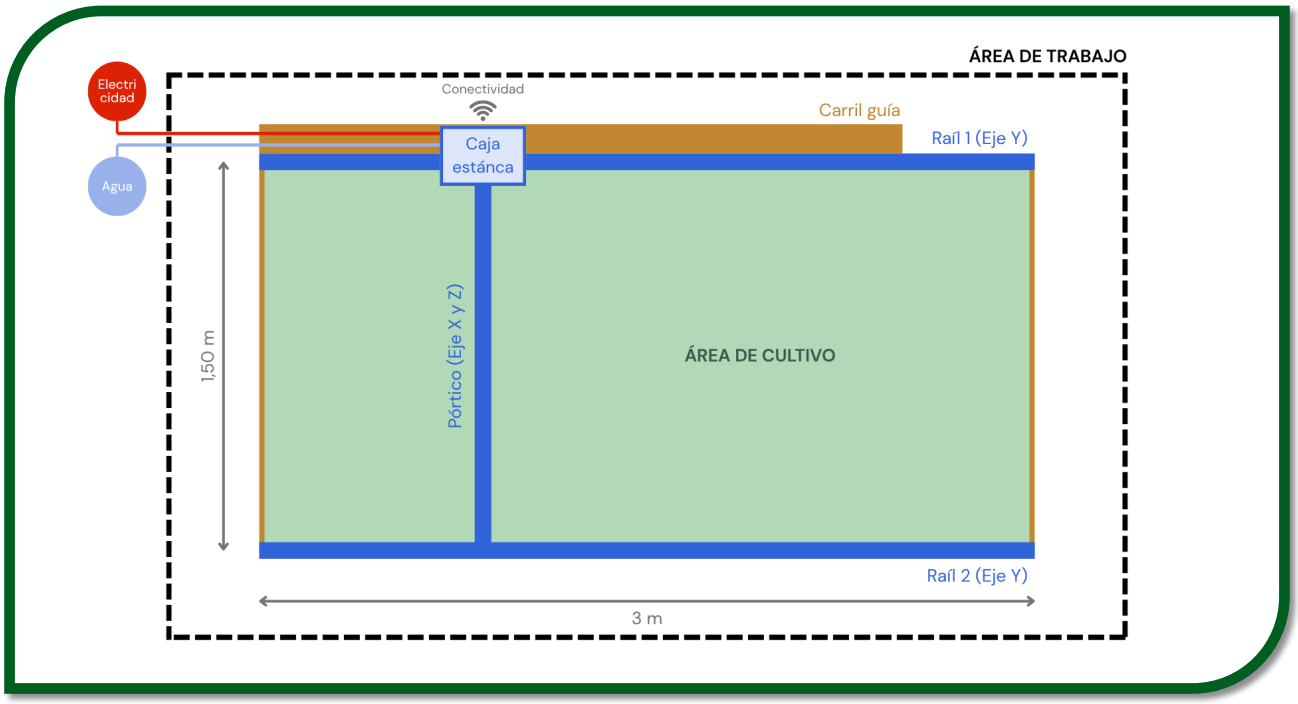




b | Diseño de la instalación

Una vez definido el lugar de instalación, es importante prever desde el inicio la **ubicación de los elementos auxiliares del sistema.** La caja eléctrica debe colocarse en una zona accesible y protegida, el toolbay debe situarse en un lateral que permita el intercambio de herramientas sin obstáculos, y tanto el cableado como la manguera de agua deben discurrir de forma ordenada para no interferir en el movimiento del robot. Del mismo modo, debe disponerse de **puntos próximos de alimentación eléctrica, acceso al agua y conectividad.**

A continuación, se incluye un esquema orientativo que puede servir como referencia para organizar la instalación:



c | Requisitos técnicos y materiales

A continuación, se describen los requisitos técnicos y materiales, que serán necesarios para una óptima instalación y puesta en marcha del cultivo automatizado.

Infraestructura de apoyo y superficie de instalación

Como ya se ha indicado, el FarmBot puede instalarse sobre terreno o jardín, o bien sobre una jardinera o cama de cultivo construida para este fin. En ambos casos, la estructura debe ser resistente, estable y permitir la correcta colocación de los raíles laterales.

Si se dispone de terreno o jardín, puede optarse por una **estructura sencilla con postes y vigas de madera** tratada para exterior, junto con escuadras, anclajes y tornillería adecuada.





(Vigas para exterior, tornillería, escuadras)

Si no se dispone de un terreno apropiado, **puede construirse una jardinera adaptada** a las dimensiones del FarmBot Genesis v1.7, aproximadamente 3 m de largo por 1,50 m de ancho, utilizando tablas de madera tratada, refuerzos de esquina, tornillería galvanizada o inoxidable y, si resulta necesario, malla antihierbas o apoyos de base.





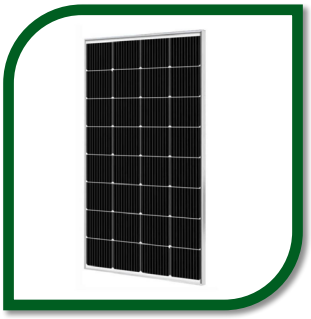
(Malla antihierba, poste, tableros de madera para exterior)

Suministros e instalaciones auxiliares

Además de la estructura, es necesario prever tres servicios básicos: electricidad, agua y conectividad.

En relación con la **electricidad,** la opción más sencilla es conectar el sistema a una toma de corriente próxima. Para ello pueden ser necesarios alargadores homologados para exterior, canaletas o tubos de protección y elementos de fijación que mantengan el cableado ordenado y protegido. Como alternativa, también puede plantearse una alimentación mediante energía solar, opción que se desarrolla más adelante en esta guía.



(Alargador para exterior, canaleta, tubos de protección, panel solar)

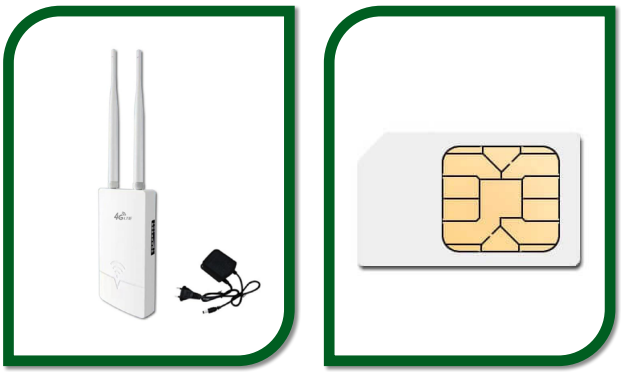
Para el **agua,** será necesario disponer de una toma cercana o de un depósito de suministro, así como de manguera, racores, adaptadores, llave de paso y, si fuera necesario, una bomba de agua.

También conviene prever elementos de sujeción que mantengan ordenada la instalación y eviten tensiones o dobleces en los tubos.



(Manguera de jardín, racores hidráulicos, llave de paso, bomba de agua, cintillos de sujección)

En cuanto a la **conectividad,** debe comprobarse que exista una conexión WiFi suficiente en la zona. Si no es así, puede ser necesario instalar un repetidor, un router o una solución equivalente que permita el control remoto y la sincronización del sistema con la plataforma.



(Router para exterior, tarjeta sim)

Materiales agrarios

Junto a la parte técnica, también deben prepararse los materiales necesarios para el cultivo, como tierra o sustrato en el caso de utilizar jardinera, semillas o planteles y, en su caso, compost, abono u otra materia orgánica. La cantidad concreta dependerá del tamaño de la superficie de cultivo y del tipo de plantación elegida.

Además, en el anexo se recogerán una serie de recomendaciones agroecológicas que servirán de apoyo para llevar a cabo el cultivo de forma adecuada.



(Tierra/sustrato, abono, plantel, seminas)

Herramientas de montaje y mantenimiento

Por último, conviene disponer de un conjunto básico de herramientas para el montaje y la puesta en marcha, como cinta métrica, nivel, destornilladores, llaves, taladro o atornillador y otros útiles de fijación o ajuste. También es recomendable contar con material básico de seguridad y con un espacio de trabajo ordenado, que facilite tanto el montaje inicial como las posteriores labores de revisión y mantenimiento.



(Cinta métrica, nivel, taladro, escuadra)

04. MONTAJE E INSTALACIÓN DEL FARMBOT

Una vez preparada la zona de cultivo y definida la estructura de apoyo, se procede al montaje e instalación del FarmBot. En esta fase se realiza, por un lado, el ensamblaje mecánico de la estructura y sus elementos móviles y, por otro, la instalación eléctrica necesaria para alimentar el sistema.

Dado que se trata de un equipo con un procedimiento de montaje ya definido, en esta guía se recoge únicamente una explicación general de los pasos principales y de los puntos más importantes a tener en cuenta. Para conocer con detalle cada fase del proceso, se recomienda consultar en todo momento la documentación oficial del fabricante:

https://docs.farm.bot/

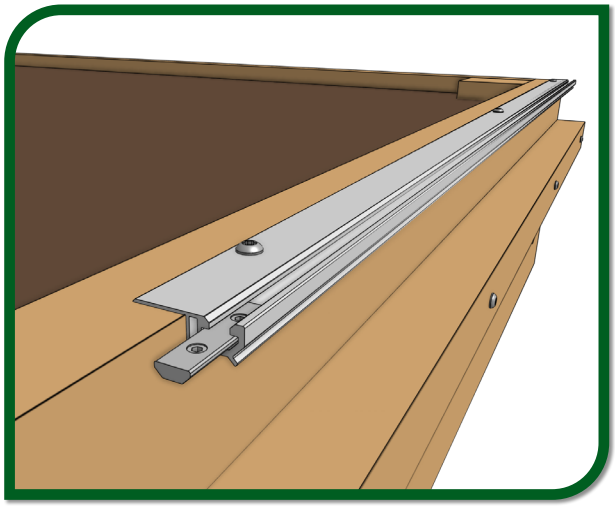
a | Ensamblaje mecánico

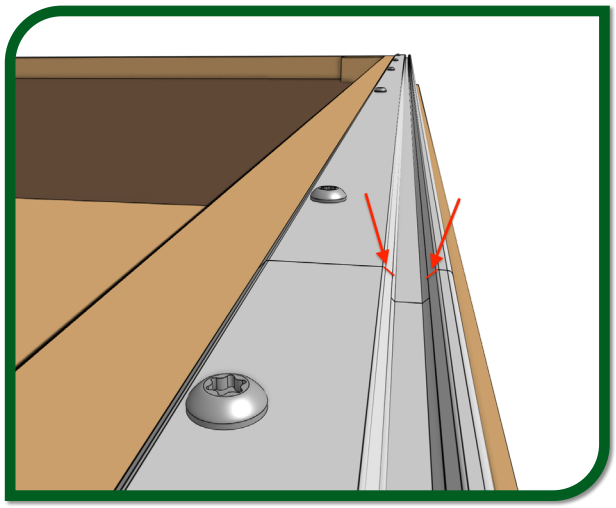
El ensamblaje mecánico del FarmBot se realiza de forma modular, montando progresivamente la estructura principal, los sistemas de desplazamiento de los ejes y el conjunto de herramientas. Aunque la documentación oficial del FarmBot describe el proceso general de montaje, hay determinados ajustes y consideraciones prácticas que no siempre se detallan para todos los casos y que pueden resultar útiles para mejorar la precisión del movimiento y el correcto funcionamiento del sistema.

A continuación, se recogen algunos pasos y aspectos que conviene tener en cuenta para el ajuste y el buen funcionamiento de una estructura instalada **sobre suelo:**

Paso 1: Colocación de los raíles laterales (Eje Y)

En los primeros pasos del ensamblaje mecánico está el ajuste de los raíles y la estructura general en todos los ejes. Para el eje Y, hay que tener en cuenta que entre los perfiles metálicos no quede ningún hueco libre y ningún desnivel. Hay una barra de tuerca de 40 mm que se inserta entre los perfiles. Al apretar bien contra la estructura esta barra, facilita el nivelado de los raíles mediante los cuales se va a desplazar el Farmbot.

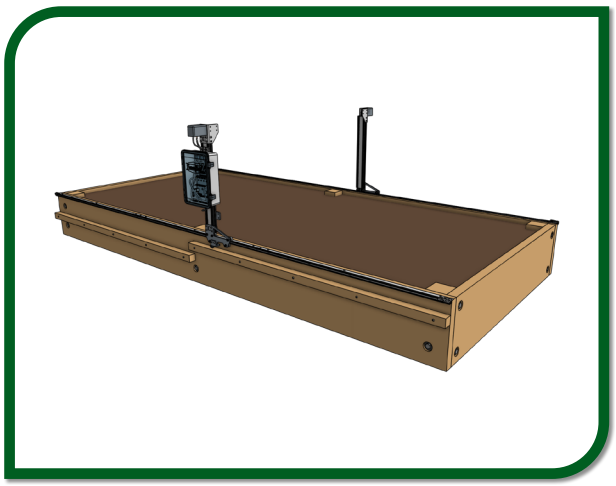


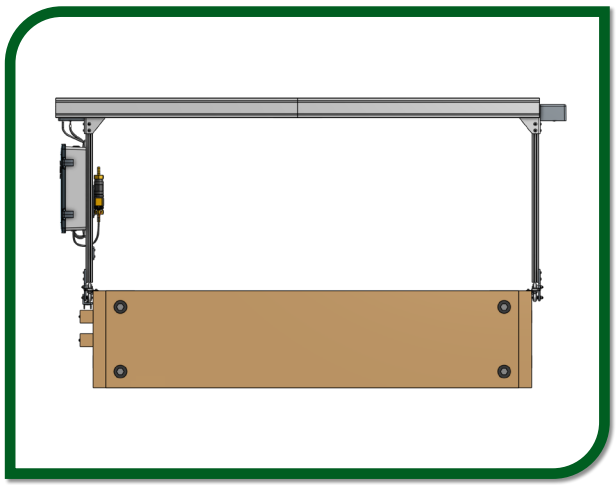


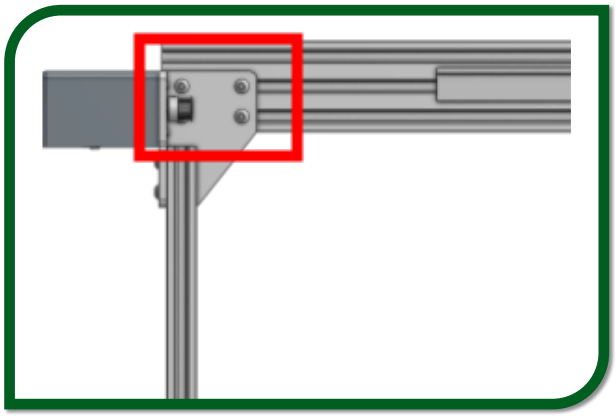
Paso 2: Colocación de los ejes verticales (Eje X y eje Z)

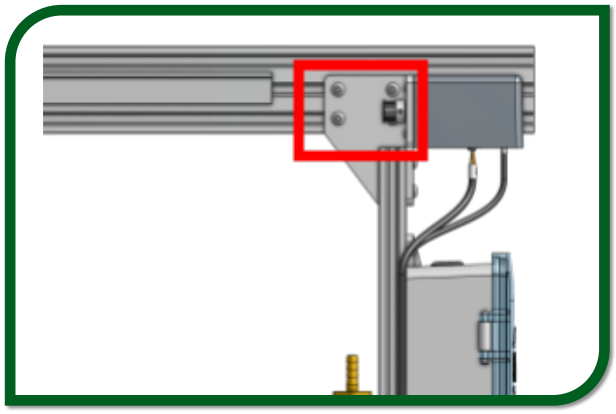
Una vez colocados y ajustados los raíles del eje Y, se colocan el resto de las piezas de la estructura para poder mover el robot en los ejes X y Z.

Aquí hay un paso muy importante, a veces la estructura de apoyo que se construye para el huerto no consta de paneles completamente rectos entre sí, y eso causa desajustes en el paralelismo y movimiento del pórtico. Por lo que, para corregir la tensión en la construcción de la estructura hay una tornillería que se ocupa de mantener unido los pórticos verticales con el pórtico horizontal en dónde se encuentra el brazo del eje Z (dónde está el UTM).







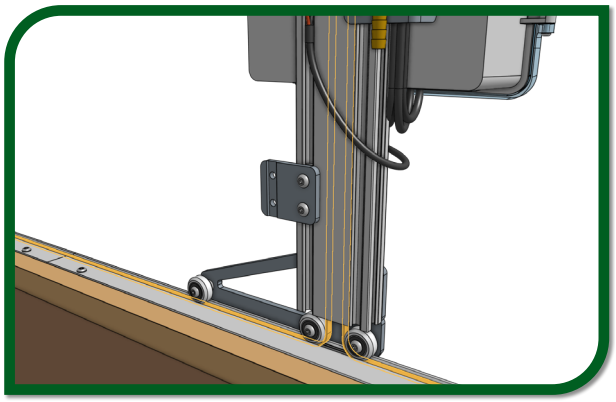


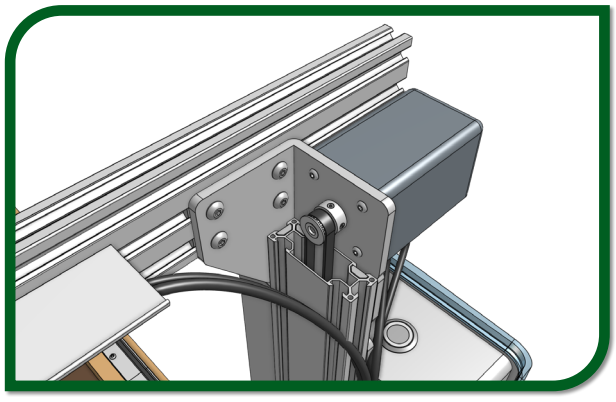
Para corregir este desajuste, la unión entre los perfiles verticales y el perfil horizontal del pórtico incorpora una tornillería de ajuste. Aflojando ligeramente estos tornillos, es posible modificar unos grados la posición del perfil vertical respecto al horizontal, de manera que pueda corregirse su inclinación y aproximarlo a un ángulo de 90°. Una vez ajustada la posición correcta, se vuelven a apretar los tornillos para fijar la estructura.

Este ajuste se puede realizar en ambos lados del pórtico y permite compensar pequeñas irregularidades de la estructura de apoyo, mejorar el paralelismo del conjunto y favorecer un movimiento más fluido y preciso del FarmBot sobre los raíles del eje Y.

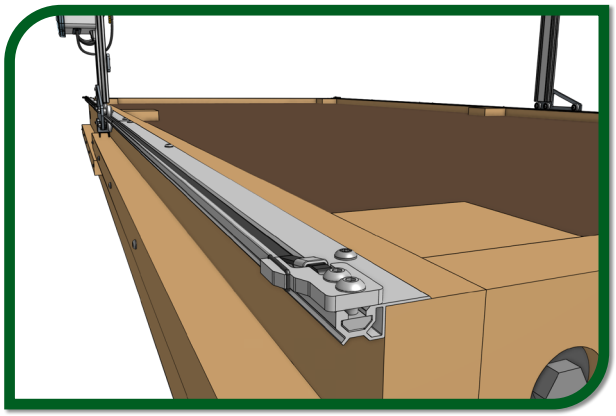
Paso 3: Colocación de las correas dentadas

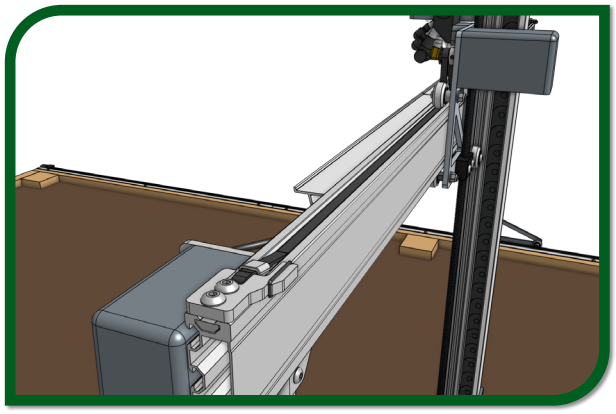
Una vez montado y alineado el pórtico, se procede a la colocación de las correas dentadas de transmisión. Estas correas son las encargadas de transferir el movimiento de los motores al sistema de desplazamiento. Su correcta colocación y tensado es fundamental para asegurar un movimiento suave, preciso y sin desviaciones.



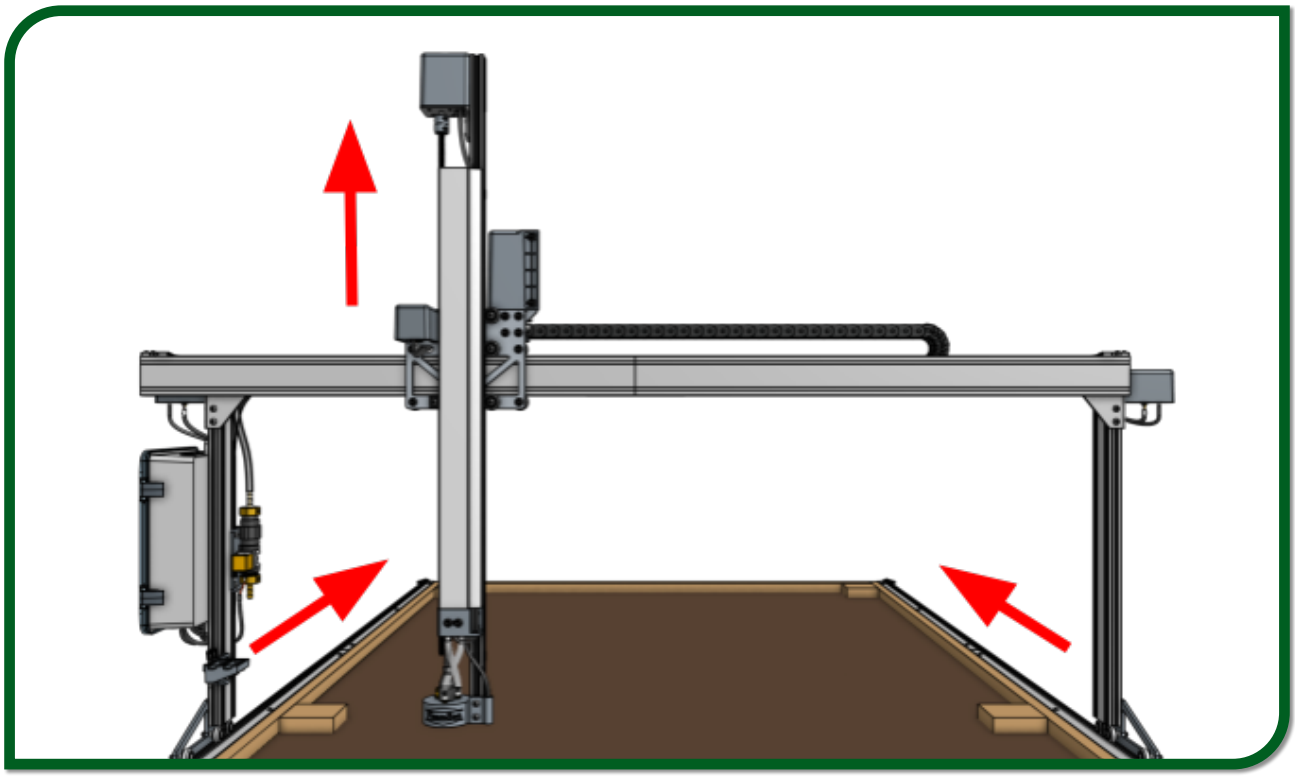


Las cintas son de color negro y tienen unas hendiduras o **dientes.** Estas deben colocarse siguiendo el recorrido previsto en cada eje, asegurándose de que la cara con dientes quede correctamente **engranada con las poleas** del motor. Es importante que la correa quede **recta,** sin giros ni torsiones, y que sus extremos queden bien fijados en los puntos de anclaje correspondientes. Una vez instalada, debe comprobarse que mantiene una tensión uniforme, suficiente para transmitir el movimiento con precisión, pero sin llegar a quedar excesivamente tirante, de forma que el desplazamiento del FarmBot sea suave, continuo y sin saltos.





Estas correas se pasan en la dirección del eje y, a través de los pórticos verticales y en la dirección del eje X a través del brazo en el eje Z, cómo se puede ver señalado en la siguiente imagen con las flechas rojas. Una vez instalada, la estructura completa debería verse cómo en la imagen inferior.

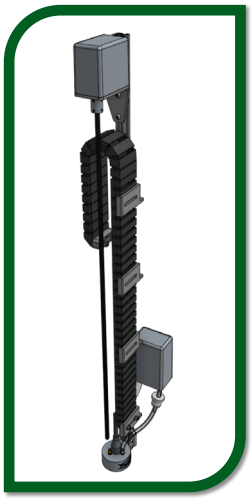


Paso 4: Instalación de motores, cableado y tubos de agua

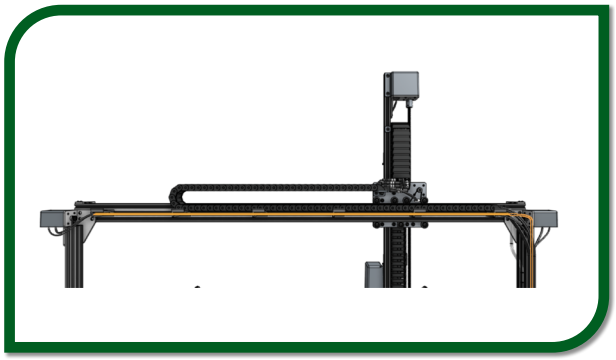
Con la estructura ya montada, se conectan los motores, el cableado y el sistema de conducción de agua. En este punto es importante asegurar que tanto los cables como los tubos queden bien guiados, sujetos y protegidos, evitando que interfieran con el movimiento del robot o queden expuestos a tensiones innecesarias.

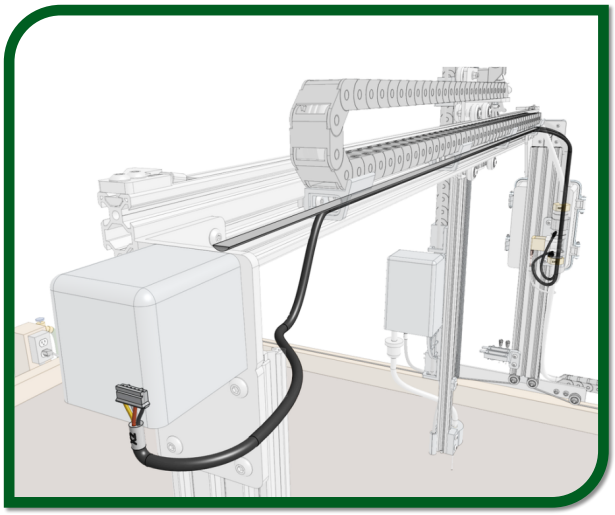
El modelo de FarmBot Genesis v1.7 utiliza **motores paso a paso NEMA 17,** ampliamente utilizados en impresoras 3D, CNC y sistemas de automatización educativa. El sistema cuenta con un motor para cada eje XYZ que actúa de manera independiente.

A través del sistema de cableado de los motores, se instala también una línea LED que ilumina directamente la zona donde actúa el cabezal (siembra, riego, mantenimiento). Esto es especialmente útil en condiciones de poca luz. Esta luz no ayuda en la función de crecimiento del cultivo ni sustituye la luz natura, es meramente de utilidad mecánica para poder ver mejor para labores de mantenimiento y para observar con claridad el moimiento del robot.





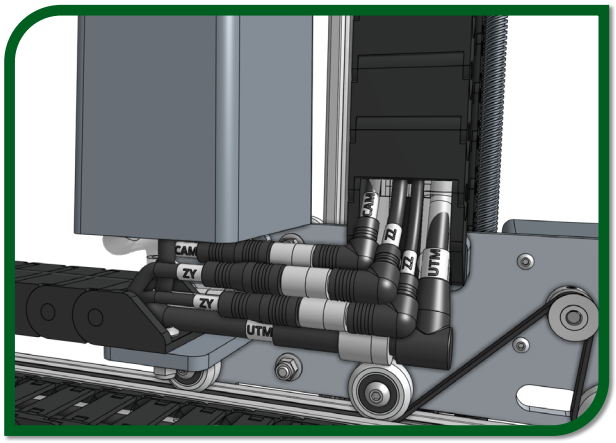


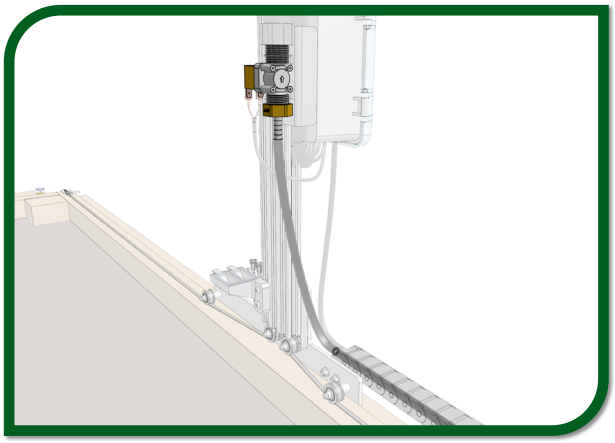


Por último, hay que asegurar que las conexiones están bien y que cada cable está conectado con el cable adecuado.

Seguidamente, se realiza la conexión de los tubos para el sistema de riego del FarmBot. Este sistema utiliza **tubos flexibles de plástico de 6 mm de diámetro** para transportar el agua desde el punto de suministro hasta la boquilla de riego situada en el cabezal con **una longitud de entre 6 y 7 metros.**

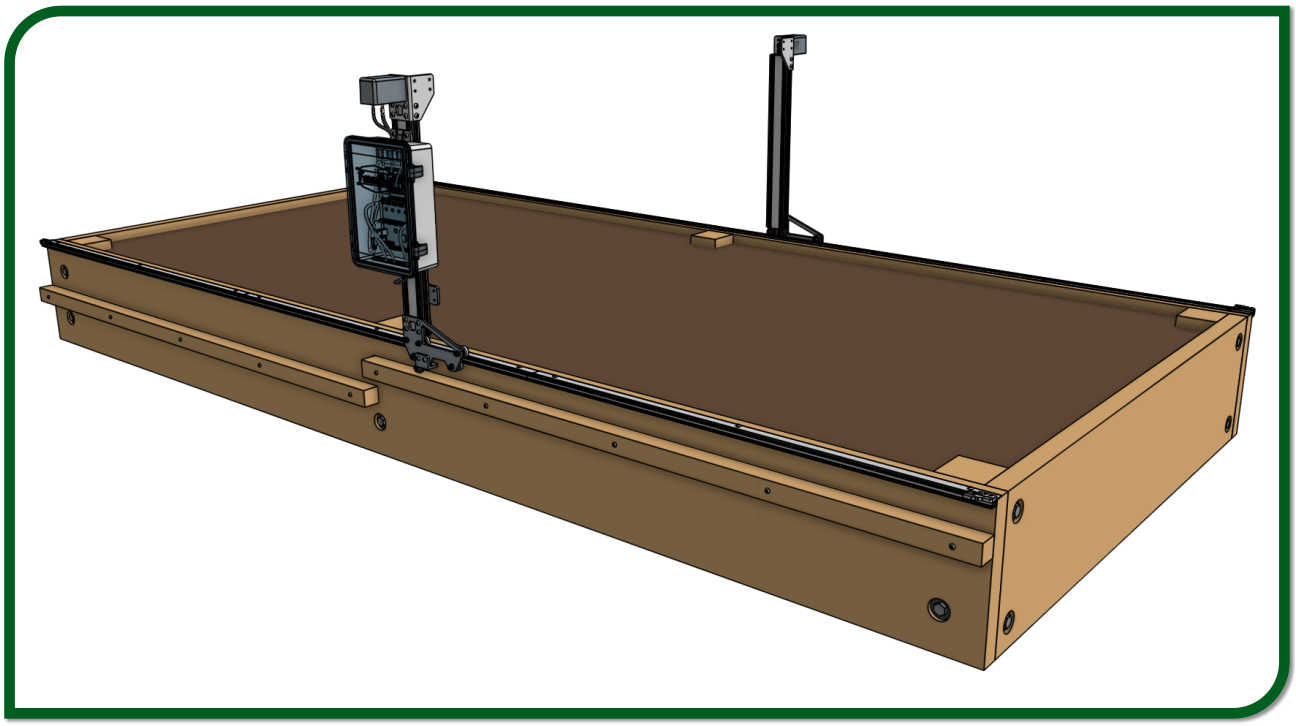
Teniendo localizado el punto de suministro de agua del huerto, se conecta otro tubo flexible a la **entrada de la electroválvula,** esta se encargará de controlar el paso del agua según las órdenes del sistema (se controla a través del aplicativo web). Este tubo flexible se sella con un cintillo para evitar fugas.

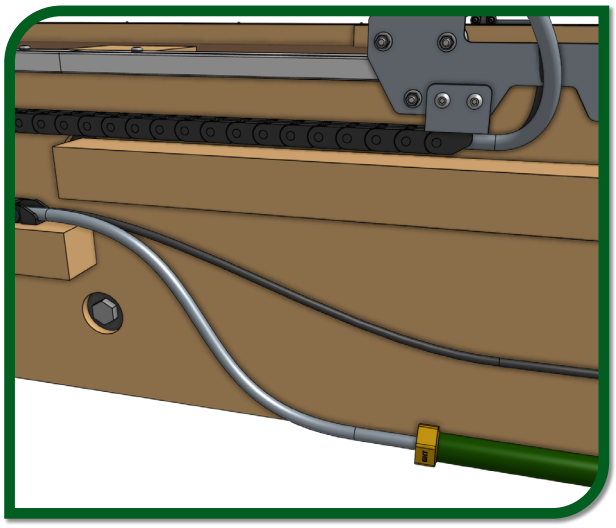


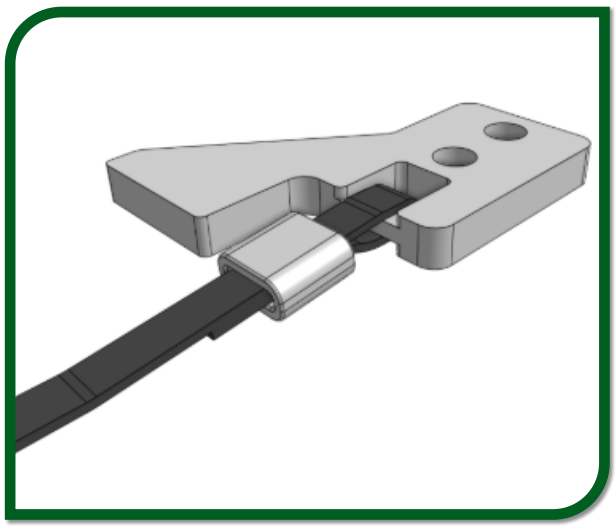


Paso 5: Apoyos y soportes del cable de alimentación y de agua

Una vez pasado los cables y el conexionado de los tubos de agua, se aseguran a la estructura horizontal del huerto en un porta-cables para que cuando esté en movimiento, no se meta entre el sistema de transmisión de las ruedas y las cintas. La estrcutura o guía se puede construir con dos tablones de madera de 2 metros y colocarlos de una forma que no entorpezca el doblado natural del cableado.







La estructura tiene que ser parecida a la que se muestra en la imagen anterior, en este caso, se realizó la estructura de la siguiente manera.

Por último, se ajusta la tensión del sistema de cintas para evitar holguras y asegurar la precisión del movimiento de toda la estructura y que el movimiento de pueda realizar de forma repetitiva sin desajustarse.

Paso 6: Colocación del Tool Bay

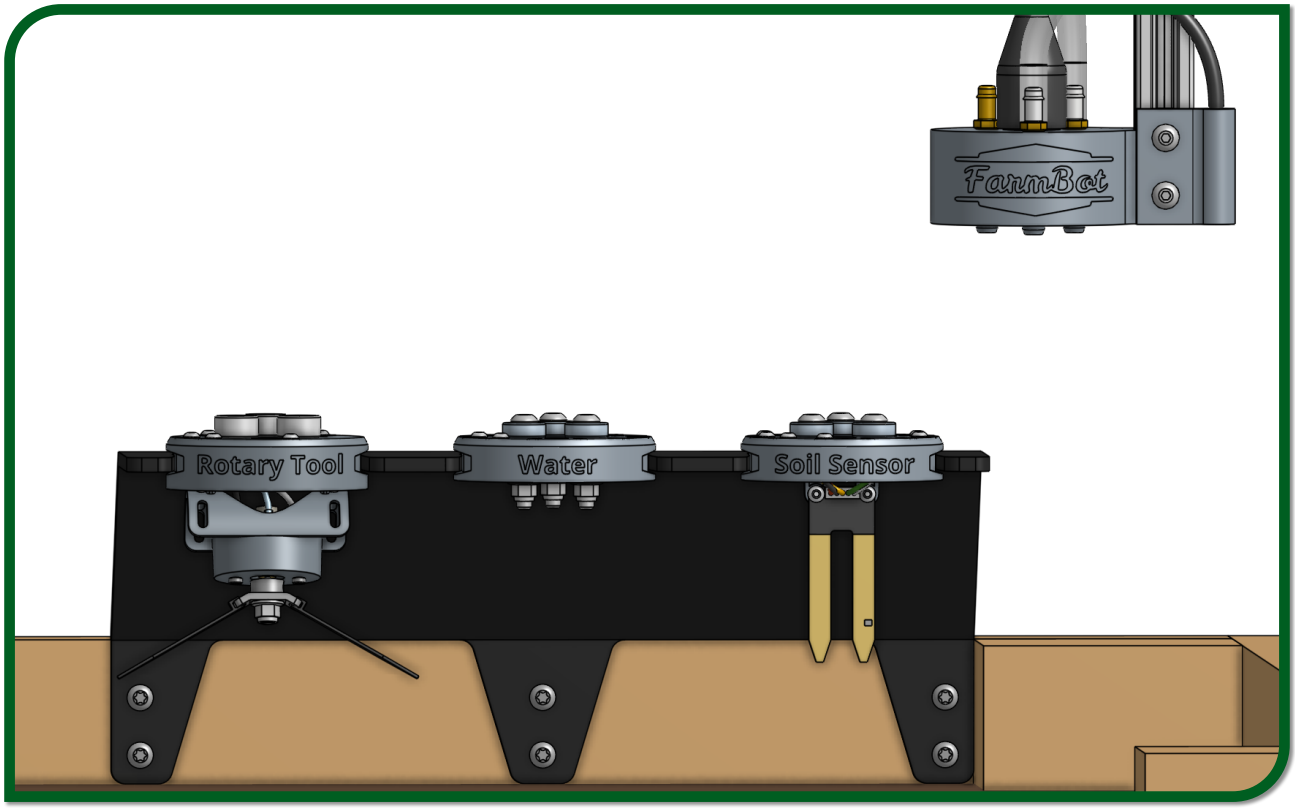
El soporte de cabezales o **Tool Bay** es el elemento encargado de **almacenar las distintas herramientas del FarmBot** y permitir su intercambio automático durante el funcionamiento del sistema.

El soporte se instala normalmente en uno de los extremos del área de cultivo, fuera de la zona de trabajo directa del robot. Debe situarse en una posición **fácilmente accesible para el cabezal,** pero sin interferir con el movimiento de los ejes X e Y. En este caso se instaló antes del fin de carrera del robot en el plano horizontal, así al llegar al final del cultivo puede intercambiar el cabezal.



Debe quedar **perfectamente alineado y nivelado,** tanto horizontal cómo vertical, ya que el brazo tiene tope o final de carrera en ambos sentidos. El **sistema** de intercambio se basa en **imanes de neodimio** que realizan los contactos eléctricos, por lo que la precisión mecánica es clave.

Tras la instalación física del soporte, se colocan las herramientas en sus posiciones correspondientes, asegurando que cada una quede correctamente asentada en su alojamiento. Finalmente, se realiza una comprobación manual desplazando el cabezal hasta el soporte para verificar que la recogida y devolución de herramientas se realiza de forma suave y sin bloqueos.



Paso 7: Montaje de la controladora y protección de la electrónica

Una vez completada la parte mecánica, se procede al montaje del sistema electrónico. En los nuevos modelos, viene una caja estanca con toda la electrónica dentro protegida, pero sí que se debe tener en cuenta el orden del cableado y dónde se conecta en la placa. Se conectan los siguientes periféricos:

1. Conexión de motores paso a paso, leds y encoders (los componentes encargados de saber cuánto, cómo y en qué dirección se ha movido algo) y así asegurar movimientos precisos del pórtico y los ejes. Cada motor va a un puerto diferente de la controladora.

2. Conectar la cámara para monitorear visualmente las plantas y detectar problemas.

3. Conectar el cable UTM para la comunicación entre las herramientas y la placa controladora.

4. Conexión de actuadores cómo la electroválvula de riego que controla el paso del agua.

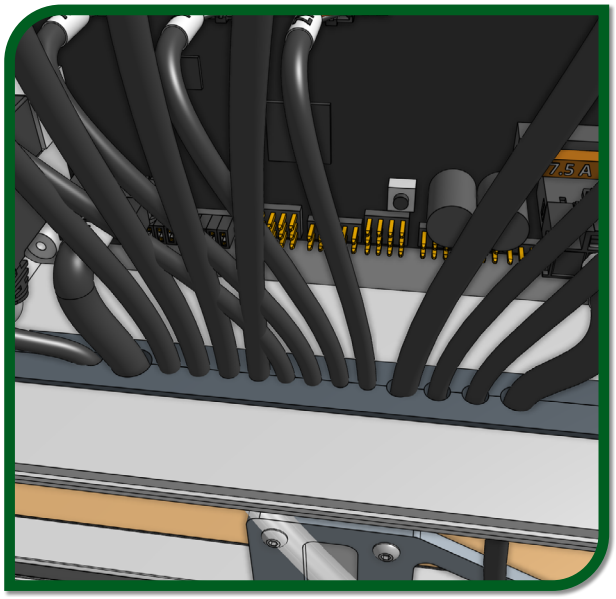
5. Montar la placa controladora, que incluye una Raspberry Pi para conexión remota (Wi-Fi) y un Arduino Mega para controlar los motores.

6. Posibilidad de conexión auxiliar en el pin de audio Jack de sensores o entradas de componentes digitales

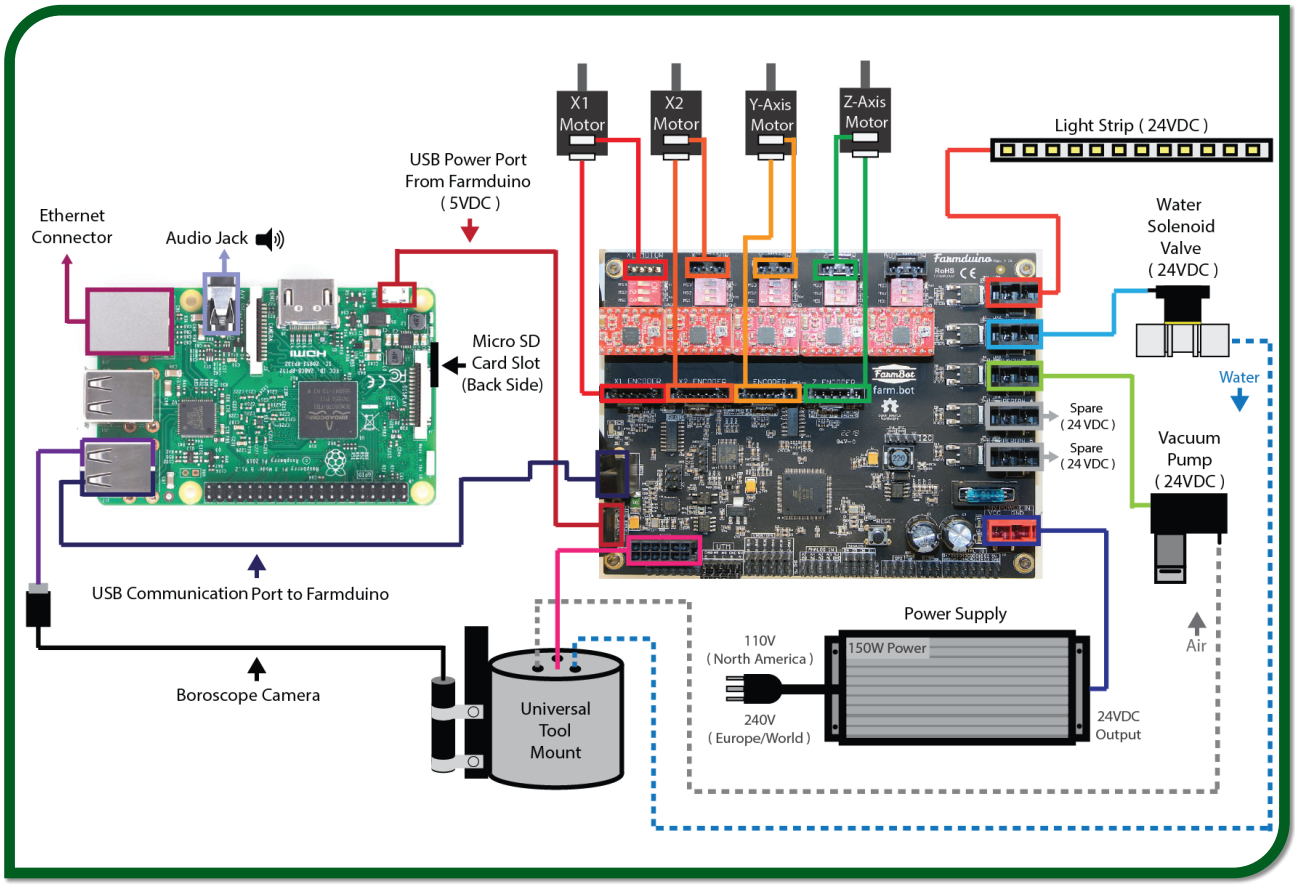
7. Conectar la fuente de alimentación a la placa FarmDuino, que distribuye la energía a todos los componentes. La controladora recibe alimentación de baja tensión en corriente continua desde una fuente externa conectada a la red eléctrica.

8. Se protege la controladora con una caja estanca para evitar daños por humedad y polvo.

Después del conexionado, es importante alinear el pórtico para garantizar movimientos precisos. En el siguiente diagrama se puede observar la configuración exacta del conexionado en la caja estanca de la controladora. El cableado se distribuye de la manera adecuada según el tope de goma que trae el propio sistema.







"Diagrama de conexión de la placa FarmDuino"



La instalación eléctrica del FarmBot debe planificarse de forma que garantice un funcionamiento seguro, estable y adaptado al entorno en el que se ubica el sistema. En cualquier caso, es necesario proteger adecuadamente las conexiones, ordenar el cableado y evitar que este quede expuesto a la humedad, a la intemperie o al movimiento del robot.

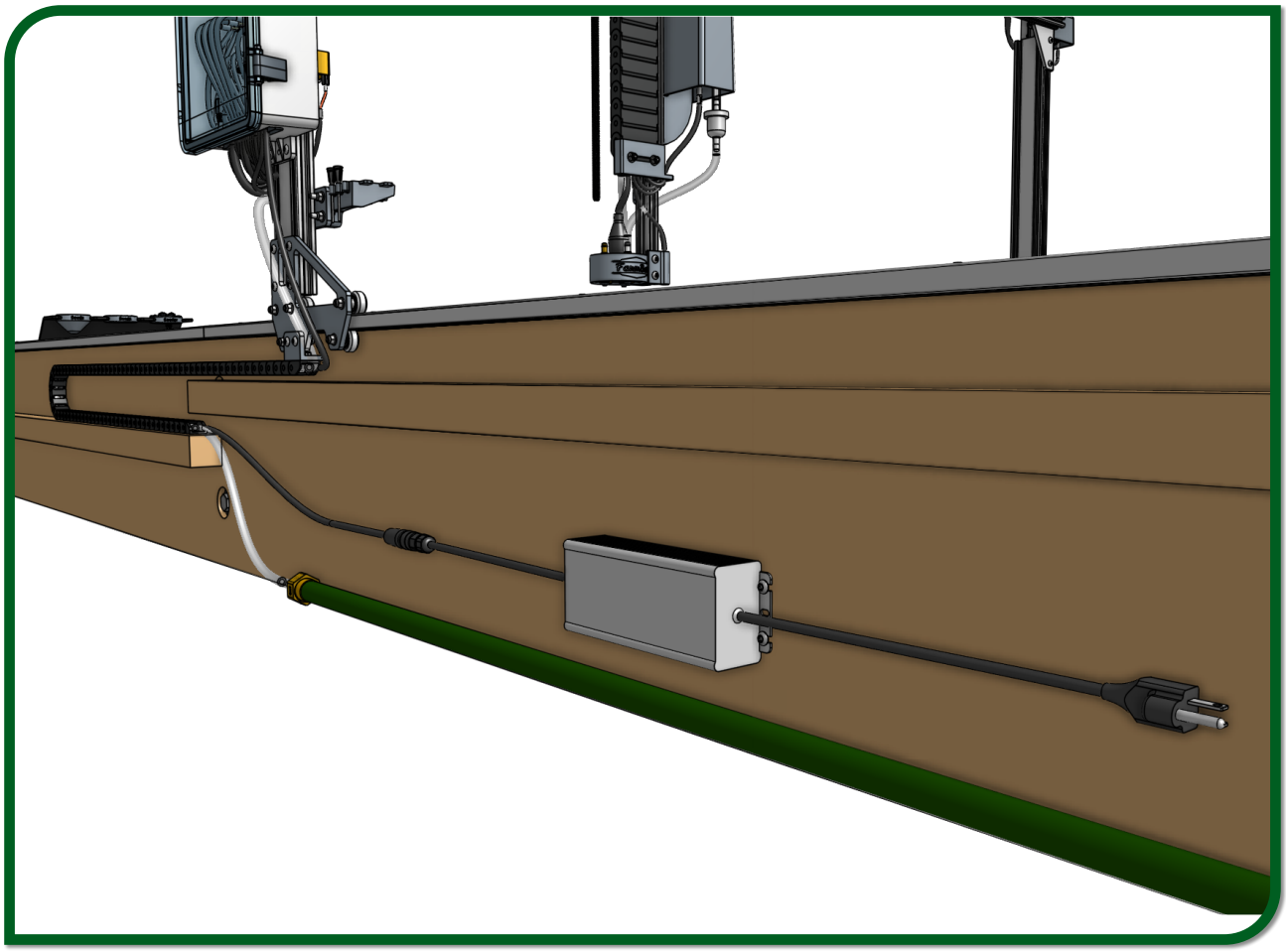
En esta guía se contemplan dos posibilidades: la conexión directa a la red eléctrica y, como alternativa, la alimentación mediante un sistema autónomo basado en energía solar.

• Sistema conectado a red eléctrica

La opción más sencilla consiste en conectar el FarmBot a una toma de corriente próxima. En este caso, el sistema parte de un **punto de suministro eléctrico convencional** y utiliza una fuente de alimentación que transforma la corriente de red en la corriente continua de baja tensión necesaria para el funcionamiento del equipo. Es importante que esta toma de corriente esté:

- Con suministro de red eléctrica estándar.
- Protegida por la instalación eléctrica del centro (magnetotérmico y diferencial).
- De uso controlado por el profesorado.

Desde el punto de red hasta la zona del cultivo donde esté instalado el robot se puede utilizar un **alargador eléctrico homologado para uso exterior,** teniendo en cuenta que debe ser resistente a la humedad y a la intemperie con un aislamiento adecuado y clavijas protegidas lo suficientemente largo para evitar tensiones en el cable.



El alargador se conecta a la **fuente de alimentación del FarmBot,** que se encarga de transformar la tensión de red en **baja tensión en corriente continua.** Esto es necesario para proporcionar una alimentación segura para de bajo voltaje para el sistema.

Desde la fuente de alimentación la energía se distribuye a la controladora principal. Esta, reparte la alimentación al resto de componentes, desde los motores, los sensores y hasta las electroválvulas de riego.

• Sistema autónomo

Como alternativa a la conexión directa a red, puede plantearse un sistema de alimentación autónomo basado en **energía solar.** Esta opción no se desarrolló en la práctica dentro del proyecto AgroSOS, pero puede resultar de interés para aquellos centros que quieran incorporar soluciones de energía limpia y avanzar hacia una instalación más autónoma.

En este caso, el sistema debe dimensionarse correctamente para cubrir las necesidades de consumo del FarmBot. Para ello, se requiere una cadena básica de suministro compuesta por paneles solares, regulador de carga, batería, y, si fuera necesario, un sistema de adaptación o regulación de tensión que garantice el suministro adecuado al equipo.

Además, este tipo de instalación debe incluir las protecciones eléctricas necesarias y una disposición segura de todos sus elementos, preferiblemente dentro de cajas o envolventes protegidas para exterior.



• Generar energía mediante el uso de placas solares

El elemento principal es una f**uente de energía renovable,** normalmente **paneles solares fotovoltaicos:**

- Se instalan en una zona con buena exposición solar.
- Transforman la energía solar en electricidad.
- Proporcionan energía limpia y gratuita durante el día.

En un huerto escolar, esta solución es especialmente adecuada por su **bajo mantenimiento** y su valor educativo.

• Regulador de carga

Entre los paneles solares y la batería es imprescindible un **regulador de carga,** este se encargaría de controlar la energía que entra en la batería, evitar sobrecargas o descargas excesivas y de proteger la batería y alarga su vida útil.

Este componente actúa como un **gestor de energía,** asegurando un funcionamiento estable del sistema.

• Batería

Para que el FarmBot pueda funcionar cuando no hay sol (noche o días nublados), se necesita una **batería.** Esta almacena la energía generada por los paneles. Será la pieza principal que proporciona corriente continua al sistema. Es importante tener en cuenta que debe tener capacidad suficiente para cubrir el consumo del robot al menos durante un tiempo mínimo a establecer por cada localización según las características del entorno y del uso del FarmBot. Suelen

emplearse baterías selladas o de litio por su **seguridad y facilidad de uso.**

• Conversión y adaptación de la corriente para la batería

El FarmBot no se conecta directamente a los paneles o la batería. Es necesario adaptar la tensión de la batería a la requerida por el sistema a 24 voltios. Para ello, se utilizan convertidores o reguladores de tensión si es necesario. Esto asegura mantener siempre el uso de **baja tensión,** segura en especial para alumnos aprendiendo a utilizar este tipo de sistemas.

• Protección eléctrica y seguridad

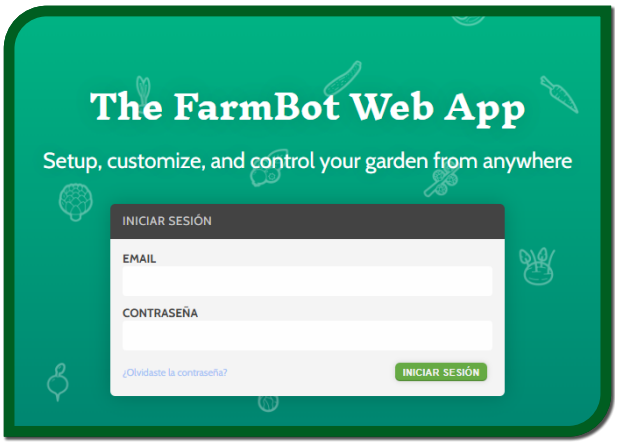
Para un sistema autónomo se deben incluir medidas de protección eléctrica, cómo fusibles o protecciones contra sobre corriente. Suelen instalarse en cajas estancas para baterías y electrónica. Este sistema debe estar cerca del robot y con un conjunto de cableado adecuado para exteriores, así si surge un problema de subidas de tensión o de cualquier tipo, el sistema se puede apagar y está cerca del entorno de trabajo.

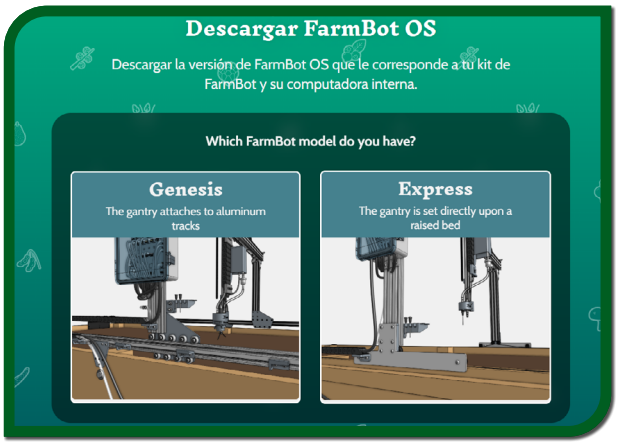
5. PROGRAMACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

a | Conectividad y primeros pasos

Para poner en marcha el sistema de control del FarmBot, primero es necesario preparar la **tarjeta microSD** en la cual se va a descarga un sistema operativo desarrollado para el FarmBot llamado sistema **FarmBot OS.** Este sistema será el que utilizará la **Raspberry Pi** (el cerebro encargado del control de los periféricos) para iniciar el equipo.

Una vez grabado el sistema en la tarjeta e insertada en la Raspberry Pi, se enciende el FarmBot para comenzar la configuración inicial. En este primer arranque, el objetivo es conectar el equipo a una **red Wi-Fi con acceso a Internet,** ya que esta conexión es necesaria para que el dispositivo pueda comunicarse con la plataforma de gestión.

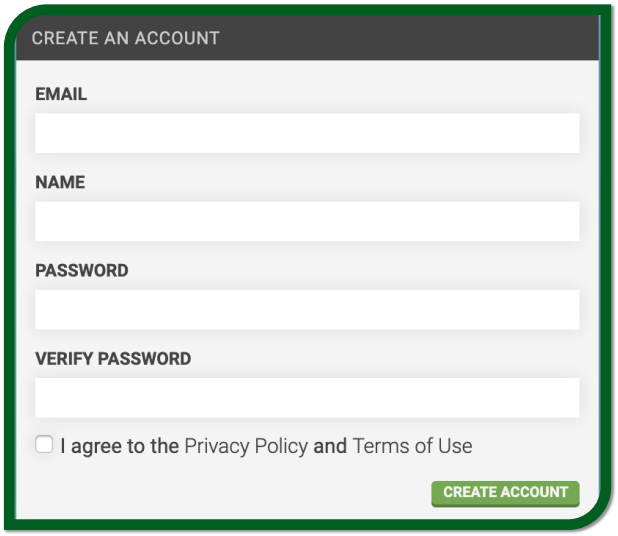




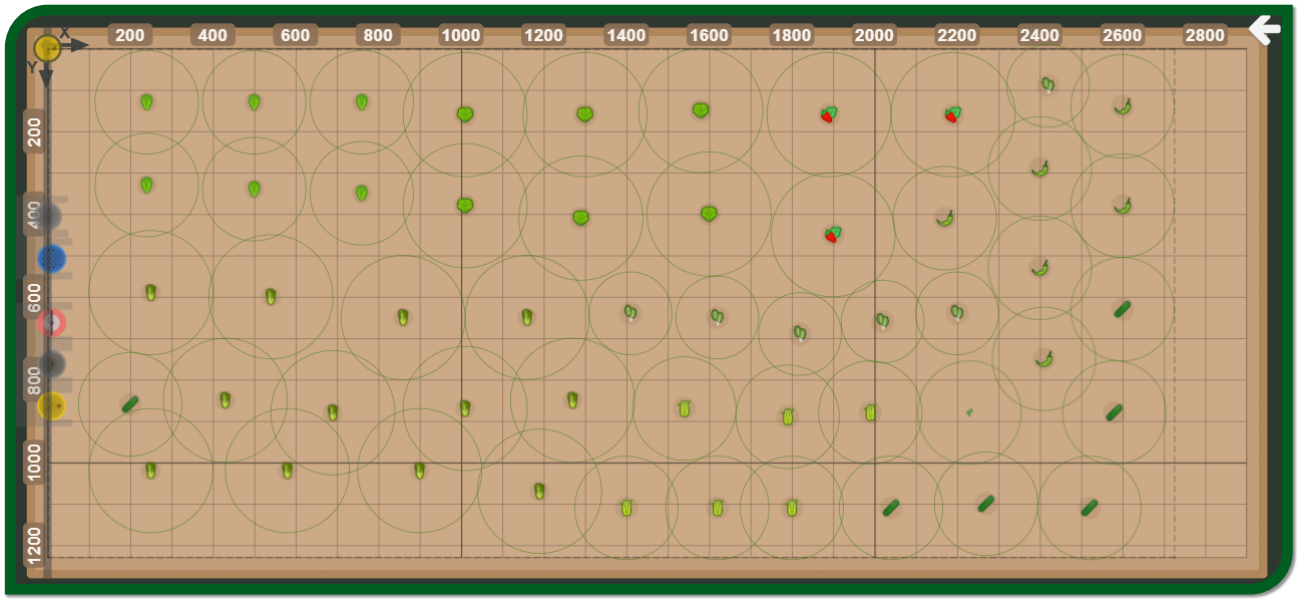
Todos estos pasos están detallados en la propia página del Farmbot. **(Farmbot Os)**

A continuación, el usuario debe acceder desde un ordenador o dispositivo con navegador a la **plataforma web de FarmBot,** donde podrá **crear una cuenta o iniciar sesión** y vincular el equipo a su perfil.

Pasos para crear una cuenta en Farm.bot



Una vez completada la conexión a la red y la asociación del dispositivo, el sistema queda preparado para ser gestionado desde la interfaz web. A partir de ese momento, la plataforma permite realizar los primeros ajustes de configuración, comprobar el estado del equipo y acceder a las funciones básicas de control.

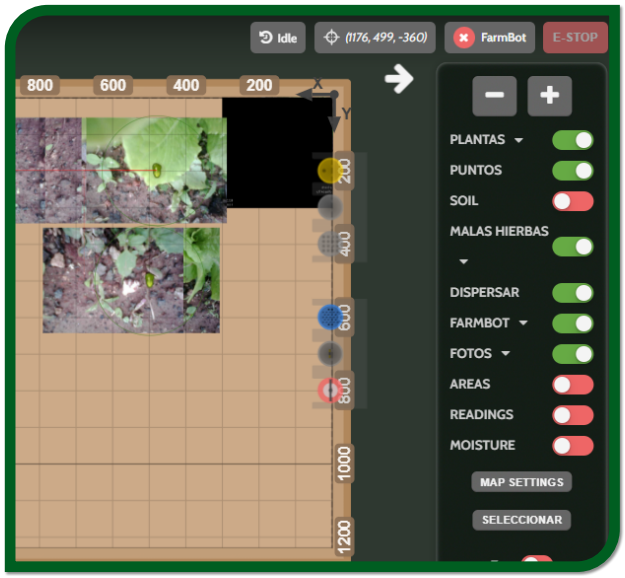


b | Software y entorno de control

La plataforma de control de FarmBot se basa en la aplicación web en la nube accesible desde **my.farmbot.io** (también conocida como **FarmBot Web App**). Esta interfaz, compatible con cualquier sistema operativo a través de un navegador, permite **configurar, supervisar y controlar remotamente** el FarmBot Genesis 1.7 desde un ordenador, una tableta o un teléfono móvil.



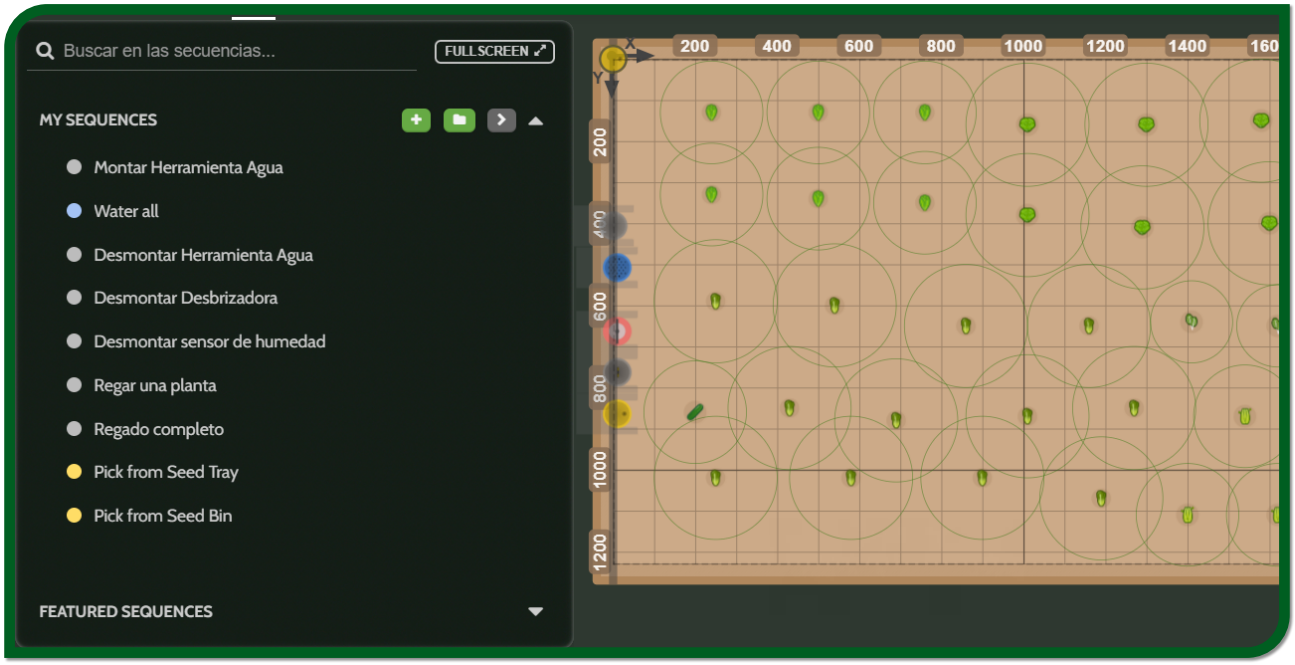
Desde la web app, el usuario puede **visualizar el estado del dispositivo en tiempo real,** consultar su posición, acceder a avisos y registros de actividad, y actuar directamente sobre el sistema mediante controles manuales. Por ejemplo, es posible mover el robot en los ejes X, Y y Z, accionar periféricos como la bomba de agua o realizar una parada de emergencia en remoto. En la plataforma se visualiza tú terreno y permite **organizar digitalmente el huerto,** definiendo la disposición de las plantas sobre un plano virtual y registrando información asociada al cultivo.



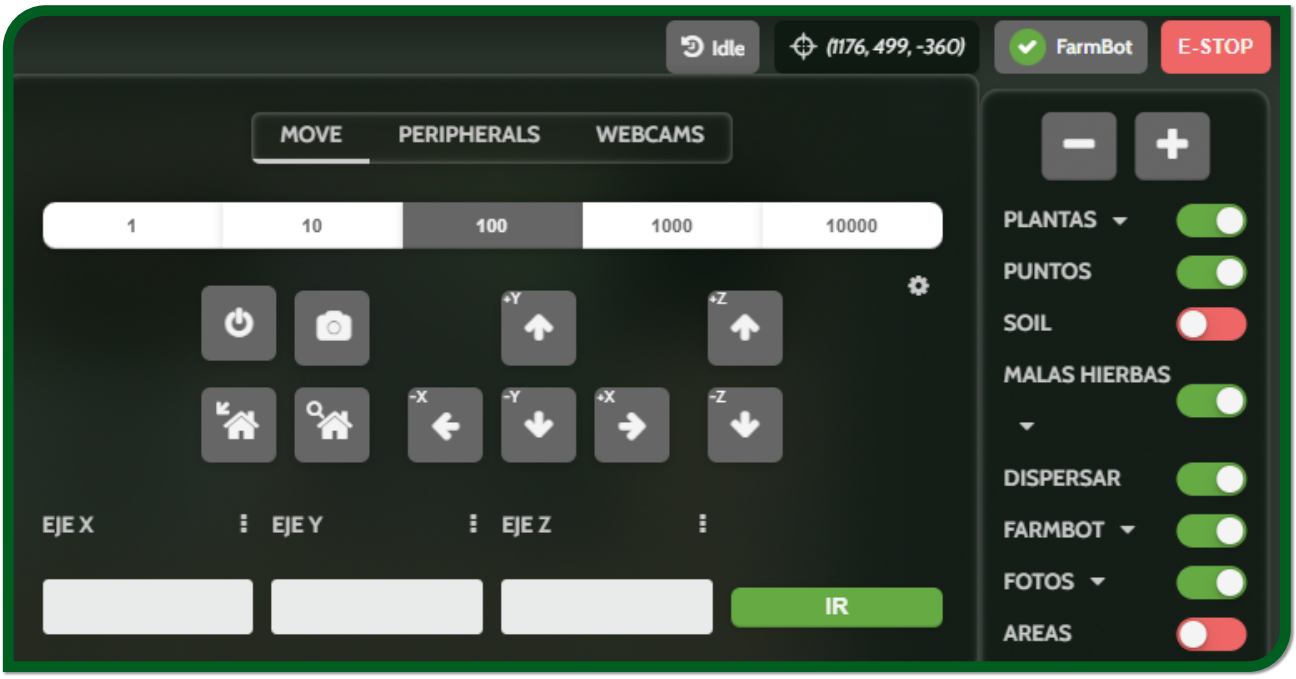
Al tratarse de una aplicación en la nube, no requiere instalación local y su uso depende de que el sistema disponga de **conexión a Internet.** La sincronización entre el dispositivo físico y la plataforma es continua, de modo que los cambios realizados por el usuario en la interfaz —como modificar una secuencia, añadir una planta o ajustar un parámetro— se transmiten automáticamente al FarmBot cuando se guardan.

Del mismo modo, los datos generados por el equipo, como lecturas de sensores, imágenes, avisos o registros de ejecución se envían al servidor y quedan disponibles para su consulta desde la propia plataforma.

Además, **my.farmbot.io** incorpora un **entorno gráfico de programación,** que permite crear, editar y reutilizar secuencias automatizadas de trabajo. Mediante este editor visual, el usuario puede combinar acciones como mover motores, activar válvulas, leer sensores, establecer esperas o enviar mensajes, construyendo rutinas adaptadas a las necesidades del cultivo.



La aplicación muestra indicadores de estado (conexión, posición actual, estado de la bomba de riego, etc.) y permite realizar paradas de emergencia (E-Stop) en remoto. Además, la plataforma ofrece un entorno gráfico para la programación de secuencias de acciones personalizadas.



Al ser una plataforma visual, es posible diseñar secuencias de riego, seiembra o plantado personalizadas, por ejemplo, que incluya mover el cabezal al punto deseado, accionar el inyector de semillas, y luego regar esa posición, todo encadenado de forma lógica. Las secuencias se pueden guardar, editar y reutilizar, ofreciendo gran flexibilidad en la personalización de tareas agrícolas automatizadas. FarmBot OS sincroniza estas instrucciones desde la nube y luego las ejecuta en el dispositivo físico.

c | Configuración de rutinas (riego, siembra, sensores, etc.)

La configuración de rutinas automatizadas en FarmBot Genesis 1.7 se realiza mediante la creación de secuencias y su programación en calendarios de tareas. En la web app, el usuario construye secuencias paso a paso (como se describió en el apartado anterior) para cada actividad: riego, siembra, detección de malezas, medición de sensores, etc.

Cada secuencia encadena comandos básicos. Por ejemplo, una secuencia de riego típica podría contener:

1. **Mover el FarmBot** a la posición de una planta.
2. **Activar el periférico de riego** (abrir la electroválvula) usando el comando Write Pin
3. **Esperar X segundos** para aplicar agua
4. **Desactivar el periférico de riego** (cerrar válvula)

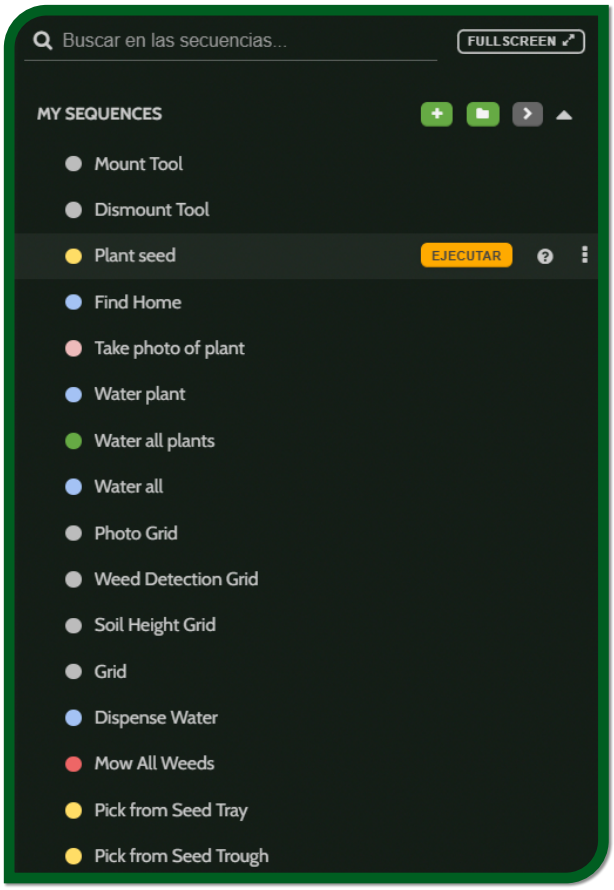
De igual modo, una secuencia de siembra usaría movimientos precisos para tomar una semilla del contenedor, trasladarla al punto designado en la parcela, insertarla en el suelo mediante el inyector de semillas, y regar inmediatamente después.

Todas estas rutinas se configuran gráficamente arrastrando bloques: movimiento absoluto o relativo, lectura de pines (sensores), control de periféricos, esperas temporizadas, fotos con la cámara, etc.

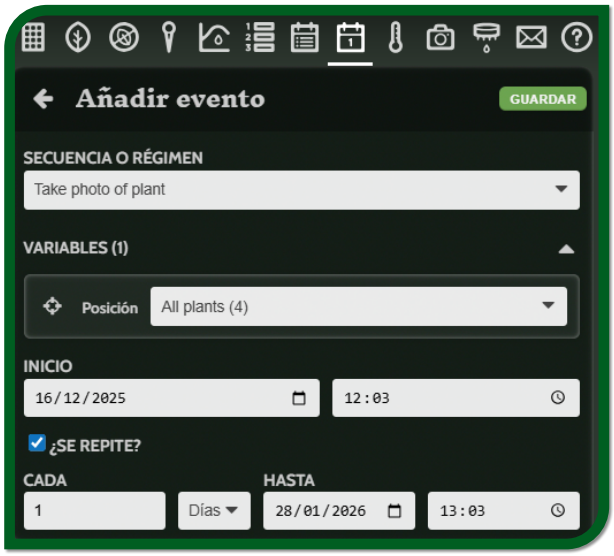
Además, el editor de secuencias permite introducir lógica condicional: existe un bloque que evalúa una condición y, en función de si es verdadera o falsa, ejecuta una sub-secuencia u otra. Esto habilita **farming inteligente** basado en condiciones; por ejemplo, se puede comprobar si un sensor de humedad indica suelo seco y sólo entonces proceder a regar, evitando riegos innecesarios.

Del mismo modo, se podrían usar condiciones para detectar errores (si un movimiento no alcanzó su destino, etc.) o para diversificar acciones según la lectura de un sensor.

Una vez creadas las secuencias, FarmBot ofrece herramientas para programar su ejecución automática. La plataforma dispone de dos niveles: Eventos y Regímenes. Los Farm Events (eventos programados) permiten agendar la ejecución de una secuencia determinada en un momento específico (fecha y hora) o con repetición periódica. Por ejemplo, el usuario puede programar que la secuencia de riego diario se ejecute todos los días a las 7:00 AM, o que una secuencia de captura de fotos ocurra cada lunes por la tarde.

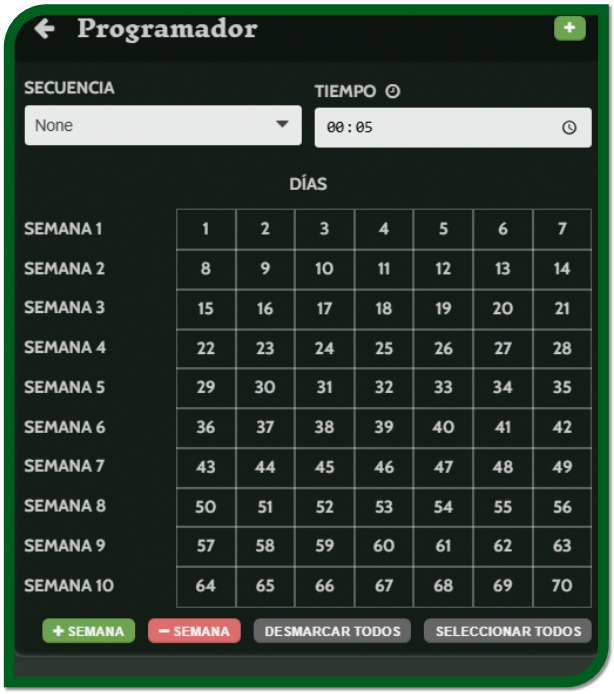






Para configuraciones más complejas ligadas al ciclo de vida de las plantas, existen los Regímenes (Regimens), que son conjuntos predefinidos de eventos relativos al día de inicio de un cultivo. Un "regimen" actúa como una "receta" de cuidados. Luego, al asignar ese régimen a distintas fechas de inicio, el sistema genera automáticamente todos los eventos en el calendario correspondientes a cada lote de plantas. Esto simplifica la gestión escalonada de cultivos.

En cuanto a la detección y uso de sensores, las rutinas pueden incorporar pasos para medir sensores y actuar en consecuencia. Por ejemplo, una secuencia de inspección podría mover la cámara sobre el huerto y tomar fotografías periódicamente para monitoreo.



6. SISTEMA DE SENSORIZACIÓN Y TOMA DE DATOS

a | Tipos de sensores utilizados

El FarmBot Genesis v1.7 puede integrar distintos sensores para recoger información del cultivo y del entorno, tanto propios del ecosistema FarmBot como otros sensores estándar compatibles con las entradas analógicas y digitales del sistema. Entre los más habituales se encuentran los **sensores de humedad del suelo,** que permiten conocer si la tierra necesita riego; los **sensores de temperatura,** útiles para controlar las condiciones ambientales; los **sensores de humedad ambiental,** que ayudan a conocer el estado general del entorno; y los **sensores de luz,** que permiten medir el nivel de iluminación. Además, el sistema puede incorporar **otros dispositivos compatibles** y una **cámara,** que facilita el seguimiento visual del cultivo y la revisión de imágenes.

Sensor de:	Tipo	Magnitud de medida	Conexión	Uso	Ej. aplicación
Humedad del suelo	Sensor resistivo o capacitivo (más	Porcentaje de humedad del suelo (%).	Entrada analógica del Farmduino.	Determinar cuándo el suelo está seco. Activar riego automático mediante lógica condicional en secuencias.	Si la humedad baja del 30%, se ejecuta una secuencia de riego.
Temperatura (ambiente o suelo)	Digital (ej. DS18B20) o integrado en sensores ambientales.	Temperatura en °C.	Entrada digital o bus de datos.	Monitorizar condiciones ambientales. Relacionar temperatura con evaporación del agua o estrés térmico.	Ajustar frecuencia de riego en días calurosos.
Humedad ambiental	Sensor combinado temperatura-humedad (ej. DHT11 / DHT22).	Humedad relativa del aire (%).	Entrada digital.	Evaluar condiciones climáticas del entorno. Apoyar decisiones sobre riego o ventilación (invernaderos).	Ajustar el riego o mejorar la ventilación cuando la humedad es demasiado baja o alta.
Luz / luminosidad	LDR (fotorresistencia) o sensor de luminosidad digital.	Nivel de iluminación (lux o valor relativo)	Entrada analógica o digital.	Control del crecimiento vegetal. Activación de luces de cultivo en entornos cerrados.	Si la luminosidad cae por debajo de un umbral, activar iluminación auxiliar.

- **Otros sensores compatibles**
  - Sensor de nivel de agua: Control del depósito de riego.
  - Sensor de pH (opcional): Análisis de calidad del suelo o agua.
  - Cámara integrada: No es un sensor clásico, pero permite análisis visual del cultivo (estado de plantas, detección de malas hierbas).

b | Adquisición y transmisión de datos

La toma de datos se realiza a través de los sensores conectados al sistema. Cuando se solicita una lectura, el FarmBot recoge el valor del sensor y lo muestra en la plataforma de control. Estas lecturas pueden hacerse manualmente desde el panel de sensores o incorporarse dentro de una secuencia automatizada. En el caso de sensores digitales, el resultado suele ser un valor simple; en sensores analógicos, la lectura se expresa en una escala numérica que después puede interpretarse según el tipo de sensor utilizado.

Los datos obtenidos pueden utilizarse de varias formas: para consulta directa del usuario, para registrarlos en la plataforma o para desencadenar acciones automáticas. Así, una lectura de humedad puede emplearse para decidir si se riega, una imagen puede servir para comprobar el estado del cultivo, y una lectura fuera de lo esperado puede ayudar a detectar incidencias.

La adquisición y transmisión de datos en FarmBot se realiza mediante una arquitectura distribuida, combinando electrónica local y servicios en la nube.

Adquisición de datos (lectura de sensores)		
Lectura física	El sensor (humedad, temperatura, luz, etc.) envía una señal analógica o digital.	El Farmduino (microcontrolador) lee esa señal a través de sus pines
Conversión del dato	Si es analógico, el Farmduino convierte la señal en un valor digital (ADC).	El firmware traduce ese valor a una magnitud interpretable (porcentaje, °C, etc.).
Solicitud desde FarmBot OS	La Raspberry Pi 4 (FarmBot OS) solicita la lectura mediante un comando tipo Read Pin.	El Farmduino responde con el valor del sensor.

Transmisión interna de datos (FarmBot)	
Canal	Comunicación serie USB (UART sobre USB).
Ruta	Sensor → Farmduino → Raspberry Pi (FarmBot OS).
Función	Control en tiempo real de sensores y actuadores.

Transmisión interna de datos (FarmBot)	
Envío a la plataforma web	FarmBot OS transmite los datos al servidor de FarmBot en la nube. Se utilizan protocolos de mensajería en tiempo real: • AMQP / MQTT (a través de RabbitMQ). • WebSockets para visualización instantánea en la web.
Visualización y almacenamiento	Los datos se muestran en: • Panel de sensores. • Logs de eventos. • Mapas del huerto. • Gráficas (por ejemplo, en Grafana, como en vuestra simulación). Quedan almacenados para análisis posterior.
Uso del dato (automatización)	Los valores recibidos pueden: • Activar condiciones lógicas (IF / ELSE). • Desencadenar secuencias automáticas (riego, alertas). • Generar avisos en tiempo real al usuario.

Ejemplo completo

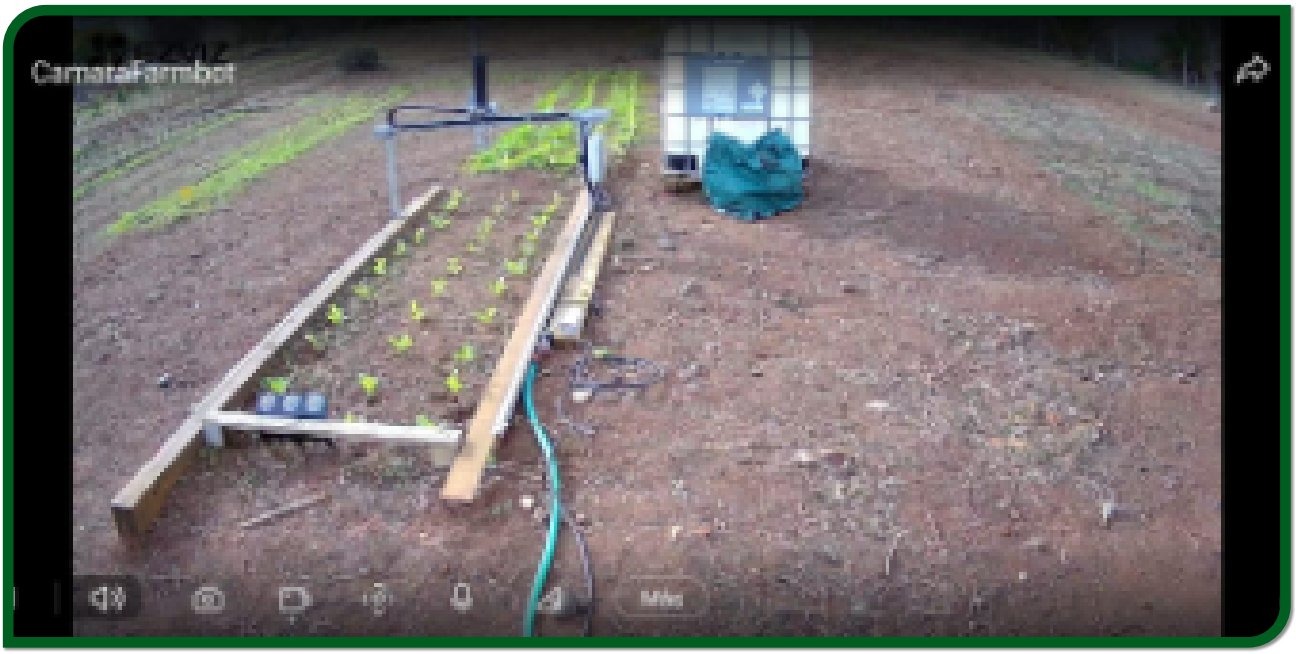
Sensor de humedad → lectura 25% → envío a la nube → comparación con umbral → ejecución automática de riego → nuevo dato enviado (35%).

c | Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son los mecanismos que permiten que las distintas partes del sistema intercambien información. En el caso del FarmBot, sirven para que la plataforma web, la Raspberry Pi y la placa controladora puedan enviarse órdenes y datos entre sí. software.farm.bot

De forma sencilla, el funcionamiento es el siguiente: el usuario da una orden desde la plataforma web, esa orden llega al FarmBot a través de internet, la Raspberry Pi la recibe y la transmite a la placa controladora, que es la encargada de mover los motores, leer sensores o activar periféricos. A su vez, el robot devuelve información sobre su estado, la ejecución de tareas o las lecturas recogidas, y esa información se muestra de nuevo en la plataforma. software.farm.bot

Para que esta comunicación funcione correctamente, es necesario **contar con una conexión a internet estable,** ya que de ella dependen la sincronización con la plataforma, el envío de órdenes y la recepción de datos. También resulta conveniente disponer de algún sistema de seguimiento visual, como una cámara, que permita comprobar a distancia si el robot está ejecutando correctamente las acciones programadas. A esto se suma la propia información que devuelve el sistema, como estados, avisos, registros o lecturas de sensores, que también permite verificar si el funcionamiento es el esperado.



7. VISUALIZACIÓN DE DATOS EN LA PLATAFORMA

La plataforma de FarmBot permite visualizar de forma sencilla información relacionada tanto con el **cultivo** como con el **funcionamiento del robot.** Esto facilita el seguimiento de las tareas programadas, la supervisión del estado general del sistema y la detección de posibles incidencias.

Entre los datos e informaciones que pueden visualizarse en la plataforma se encuentran:

- **La distribución del huerto**
- **La posición del FarmBot**
- **Las plantas registradas**
- **Las fotografías tomadas**
- **Las lecturas de sensores**
- **El estado del sistema**
- **Los registros de actividad**
- **Los avisos o alertas generados durante el funcionamiento.**

Toda esta información permite comprobar si las tareas se han ejecutado correctamente y tomar decisiones relacionadas con el riego, la siembra, el mantenimiento o la revisión del estado del cultivo.

En el anexo de esta guía puede consultar este procedimiento de visualización que llevamos a cabo mediante un entorno complementario de visualización con Grafana para el proyecto AgroSOS.

8. MANTENIMIENTO Y RESOLUCIÓN DE INCIDENCIAS

El correcto funcionamiento del FarmBot y el éxito del cultivo automatizado dependen en gran medida de un **mantenimiento periódico,** tanto del sistema tecnológico como del propio huerto.

a | Plan de mantenimiento preventivo

I. Mantenimiento electrónico y mecánico

A nivel electrónico, es importante comprobar periódicamente:

- El estado del cableado, evitando cables sueltos, dañados o expuestos a la humedad.
- Las conexiones de motores, sensores y actuadores en la controladora.
- El correcto cierre de la caja electrónica, especialmente en exteriores para evitar daños ocasionados por el clima.
- El funcionamiento de sensores y la conectividad con el brazo.
- Es recomendable instalar un filtro de agua antes de la electroválvula y limpiar periódicamente la boquilla de riego, asegurando que no hay obstrucciones.

Desde el punto de vista mecánico, se recomienda:

- Revisar la tensión de las correas y el estado de poleas y guías.
- Los finales de carrera, verificando que responden correctamente y que se pueda mover la estructura del robot.
- Limpiar los raíles y zonas de deslizamiento para evitar acumulación de polvo, tierra o piedras.
- Comprobar que los movimientos de los ejes X, Y y Z son suaves y sin bloqueos.
- Verificar el correcto acoplamiento de las herramientas en el cabezal, que no haya tierra en el acople del brazo.

Estas tareas ayudan a prevenir errores de posicionamiento, atascos o fallos durante la ejecución automática de tareas.

II. Mantenimiento del cultivo

Con el FarmBot se automatizan muchos procesos del trabajo agrícola, pero es necesaria la supervisión del equipo.

Entre las tareas de mantenimiento del cultivo se encuentran:

- Supervisión del tipo de cultivo según la estación del año.
- Revisión visual periódica del estado de las plantas.
- Comprobación de que la siembra se ha realizado correctamente.
- Ajuste del riego según la etapa de crecimiento del cultivo y las condiciones climáticas.
- Retirada manual de malas hierbas no detectadas o retiradas por el sistema (weeder).

- Sustitución de plantas que no hayan germinado correctamente.

Desde los centros, se enfoca cómo un aprendizaje de que la automatización no sustituye la labor humana, sino que es una herramienta que ayuda en todas las áreas.

III. Cuidado del suelo

El suelo es un elemento fundamental para el éxito del cultivo. Por ello, es recomendable:

- Aunque no es necesario arar de forma profunda, ya que el sistema trabaja en superficie, si es recomendable mantener la tierra suelta y aireada antes de iniciar cada ciclo de cultivo.
- Retirar piedras, raíces o restos que puedan dificultar la siembra o el movimiento de las herramientas.
- Añadir materia orgánica o compost cuando sea necesario.

Un suelo bien preparado facilita tanto el trabajo del FarmBot como el crecimiento de las plantas.

b | Diagnóstico de errores comunes

Durante el uso del FarmBot pueden aparecer pequeñas incidencias que forman parte del aprendizaje:

- **Errores de movimiento:** suelen estar relacionados con correas flojas, guías sucias o problemas de calibración, pero puede deberse al mal uso de la máquina.
- **Fallos de riego:** pueden deberse a obstrucciones en la boquilla o a problemas en la electroválvula.
- **Herramientas que no se acoplan correctamente:** normalmente causados por suciedad o desajustes en el cabezal.
- **Problemas en el cultivo:** como falta de germinación o crecimiento irregular, generalmente relacionados con el suelo, el riego o la elección del cultivo.

Estas incidencias deben abordarse de forma guiada, fomentando la observación, el análisis y la búsqueda de soluciones.

c | Buenas prácticas operativas

Cuando se trabaja con sistemas electrónicos, aún con señales eléctricas de baja tensión, hay que tomar ciertas precauciones, especialmente en un entorno dónde hay agua. Por eso es fundamental:

- Mantener las conexiones eléctricas protegidas.
- Evitar empalmes al aire libre sin protección.
- Revisar periódicamente el aislamiento y el estado de los cables, tanto de alimentación cómo los cables de la controladora.
- Desconectar el sistema eléctrico antes de manipular el riego.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La experiencia desarrollada ha permitido comprobar que un cultivo automatizado puede convertirse en una herramienta de gran valor dentro de la Formación Profesional, no solo por su componente tecnológico, sino también por su capacidad para dar respuesta a retos reales del sector agrario.

La automatización aplicada al cultivo ha permitido trabajar cuestiones relacionadas con la sostenibilidad, la optimización de recursos, la modernización de procesos y la incorporación de nuevas tecnologías en un contexto educativo cercano a la realidad profesional.

a | Impacto del modelo

I. Impacto técnico

Desde el punto de vista técnico, el proyecto ha permitido integrar en una misma experiencia el desarrollo del propio cultivo, el montaje del sistema FarmBot, su alimentación eléctrica, la conectividad, la programación y la visualización de datos.

Todo ello ha ayudado al alumnado a comprender que la automatización del cultivo no depende únicamente del robot, sino del conjunto de especialistas y elementos que hacen posible su funcionamiento y su aplicación real en un entorno agrario, acercando así una visión más completa de lo que supone la incorporación de tecnologías propias de la industria 4.0.

II. Impacto educativo

Desde el punto de vista educativo, la experiencia ha favorecido un aprendizaje práctico, interdisciplinar y vinculado a situaciones reales. El proyecto ha permitido trabajar contenidos de distintas áreas de forma coordinada, conectando conocimientos agrarios, tecnológicos y de automatización dentro de una misma experiencia aplicada.

Además, ha facilitado que el alumnado comprenda de una forma más cercana cómo pueden colaborar distintos perfiles profesionales en el desarrollo de una solución real, entendiendo que la innovación en el sector agrario requiere tanto conocimientos técnicos como capacidad de coordinación, planificación y resolución de problemas. En este sentido, la experiencia ha contribuido a mostrar una imagen más innovadora, tecnológica y atractiva del sector agrario, acercándolo a nuevos perfiles profesionales y poniendo en valor las posibilidades que ofrece la Formación Profesional para dar respuesta a los retos actuales del sector.

b | Replicabilidad en otros centros o proyectos

La experiencia desarrollada demuestra que este tipo de propuestas puede adaptarse a otros centros educativos, siempre que exista una planificación adecuada y una organización realista de los recursos disponibles. Su valor no reside únicamente en reproducir una instalación concreta, sino en aplicar una metodología basada en el aprendizaje práctico, la colaboración entre distintas áreas y el desarrollo de soluciones reales.

En este sentido, esta guía pretende servir como un recurso útil y transferible, que permita a otros centros tomar esta experiencia como referencia y adaptarla a sus propias necesidades, recursos y posibilidades.

10. ANEXOS

I. Recomendaciones agroecológicas

- **Criterios de selección de cultivo**
- **Altura reducida (< 40–50 cm).**
- **Sistema radicular superficial.**
- **Ciclo corto o medio.**
- **Poca competencia entre plantas.**

Tabla de cultivos hortícolas propuestas

Cultivo	Tipo de cultivo	Ciclo aproximado	Marco de plantación (cm)	Profundidad de siembra	Observaciones
Lechuga	Hoja	45–70 días	25 × 25 / 30 × 30	0,5–1 cm	Ideal para automatización completa
Espinaca	Hoja	40–60 días	20 × 20	1–2 cm	Tolera bien climas suaves
Rúcula	Hoja	30–45 días	15 × 15	0,5–1 cm	Muy rápida, ideal para rotaciones
Canónigos	Hoja	40–60 días	10 × 10 / 15 × 15	0,5 cm	Apto para siembras densas
Acelga baby	Hoja	50–70 días	25 × 25	2–3 cm	Versión joven de bajo porte
Rábano	Raíz	25–35 días	10 × 10	1–2 cm	Excelente para proyectos cortos
Zanahoria baby	Raíz	60–80 días	10 × 15	0,5–1 cm	Requiere suelo bien afinado
Remolacha baby	Raíz	55–70 días	15 × 20	2–3 cm	Se puede aprovechar hoja y raíz

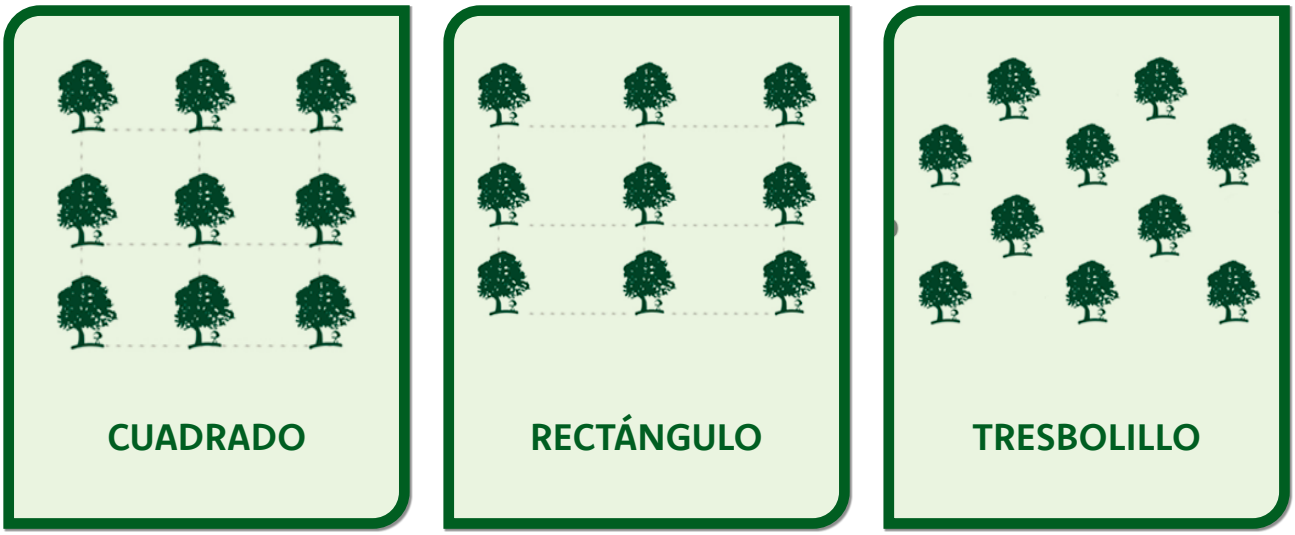
Tabla de aromáticas propuestas

Planta aromática	Ciclo	Marco de plantación (cm)	Profundidad de siembra	Observaciones
Albahaca	Anual	25 × 25	0,5 cm	Sensible al frío
Cilantro	Anual	20 × 20	1–2 cm	Espigado rápido con calor
Perejil	Bianual	20 × 20	1–2 cm	Germinación lenta
Cebollino	Perenne	20 × 20	0,5–1 cm	Muy resistente
Eneldo	Anual	20 × 25	1–2 cm	Atrae fauna auxiliar
Tomillo rastrero	Perenne	30 × 30	0,3–0,5 cm	Poco riego
Orégano	Perenne	30 × 30	0,5 cm	Ideal para bordes

Recomendaciones de manejo con FarmBot

- **Agrupar cultivos por necesidades hídricas para optimizar el riego automatizado.**
- **Programar siembras escalonadas (especialmente hojas y rábanos) para cosechas continuas.**
- **Usar aromáticas como:**
  - **Bordes del bancal.**
  - **Barrera natural frente a plagas.**
- **Mantener marcos regulares para facilitar el deshierbe automatizado.**

Esquemas generales de marco de plantación



Planificación temporal del cultivo (ejemplo: lechuga)

Semana 1: Preparación del terreno e instalación del FarmBot

Semana 2: Siembra automatizada

Semanas 3-4: Emergencia y riegos controlados

Semanas 5-6: Crecimiento vegetativo y deshierbe

Semanas 7-8: Engorde y control final

Semana 9: Recolección

Esta planificación puede adaptarse a otros cultivos de ciclo corto y utilizarse como herramienta de seguimiento y evaluación. Además de la lechuga, FarmBot es muy adecuado para cultivos de bajo porte, raíces poco profundas y marcos regulares, lo que permite una siembra y riego muy precisos.

Ciclo: corto, ideal para proyectos educativos.

Ventajas

- Crecimiento rápido.
- Bajo mantenimiento.
- Fácil observación de resultados.

Siembra

- Siembra directa automatizada con FarmBot.
- Profundidad aproximada: 0,5–1 cm.
- Programación precisa desde la interfaz.

Riego

- Riego automatizado, ajustado a:
  - Condiciones climáticas.
  - Humedad del suelo.

Mantenimiento

- Cultivo de bajo mantenimiento.
- Deshierbe puntual (manual o automatizado).
- Uso de métodos ecológicos para el control de plagas.
- Buen comportamiento en cultivo ecológico.

Recolección

- Recolección manual cuando l el cultivo alcanza el tamaño comercial.

En el proyecto AgroSOS, la visualización de datos se planteó mediante un **entorno complementario de visualización con Grafana.** Esta decisión se tomó porque el proyecto incluía, además del cultivo automatizado, la toma de datos de un tractor agrícola que fue electrificado y sensorizado, por lo que en nuestro proyecto resultaba más cómodo reunir toda la información en un mismo entorno de consulta y seguimiento.

En este espacio complementario se trabajó con datos ficticios, es decir, datos no obtenidos directamente del FarmBot, pero diseñados para representar las principales variables que el sistema monitorizará en una fase de funcionamiento real. Estos datos simulados se enviaron a una base de datos y se representaron posteriormente en paneles y gráficos, lo que permitió comprobar de forma visual cómo podrían recogerse, almacenarse y mostrarse las distintas variables del cultivo.

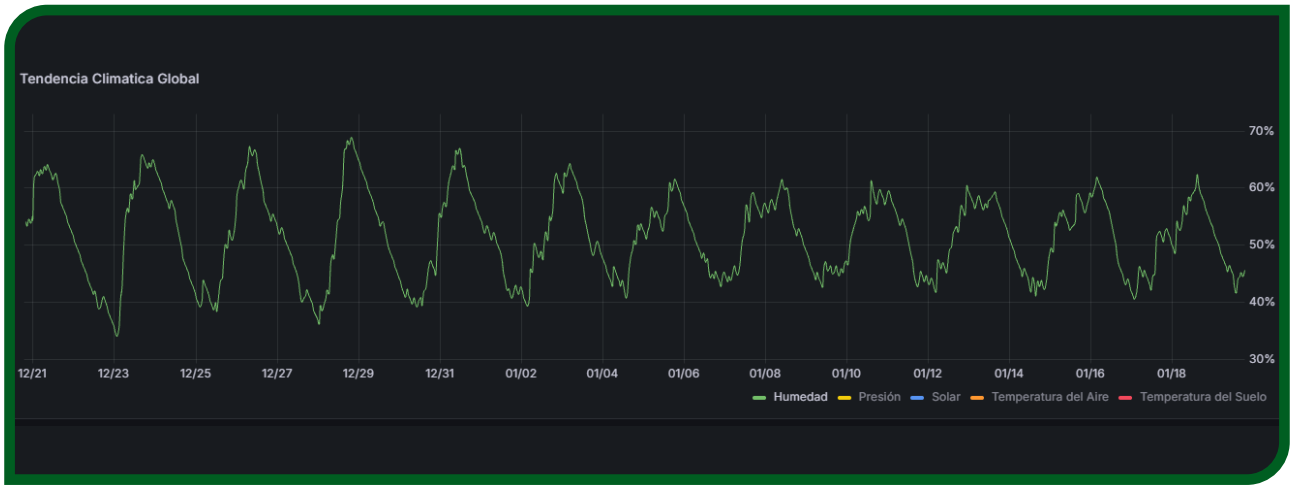
Gracias a esta simulación, fue posible verificar la viabilidad del sistema de monitorización, comprobar el funcionamiento conjunto de la generación de datos, su almacenamiento y su visualización, e identificar posibles mejoras antes de trabajar con datos reales. Además, la estructura de los datos simulados se diseñó siguiendo la lógica de la **REST API de FarmBot,** lo que facilitaría una futura adaptación de los datos reales del sistema a este mismo entorno de visualización.

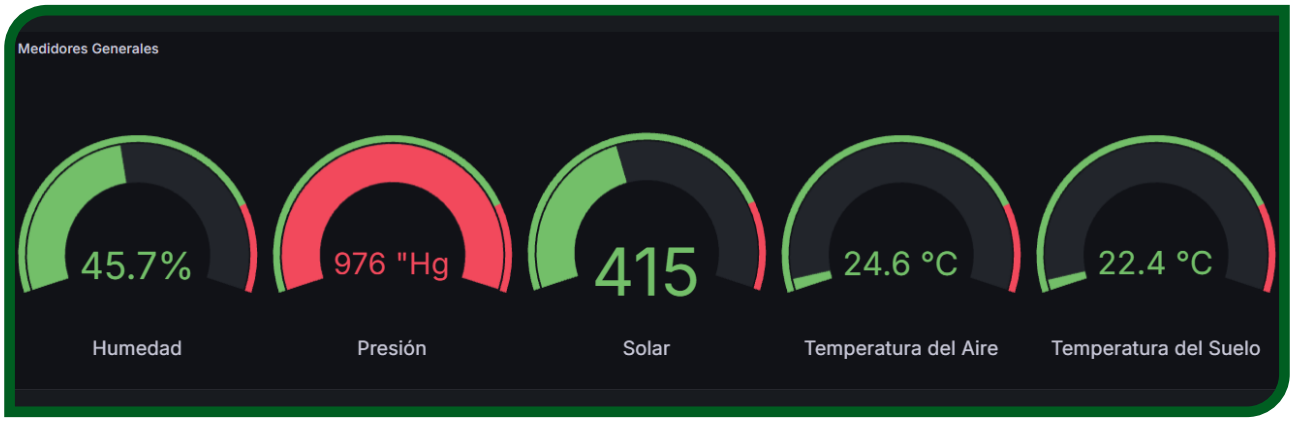
En la siguiente tabla se muestran los datos ficticios que se utilizaron para el desarrollo del proyecto:

Parámetro	Unidad	Rango Óptimo (Zona Verde)	Rango Crítico (Alertas)	Acción Sugerida (FarmBot)
Humedad del Suelo (Volumétrica)	%	20% - 35%	< 20% (Muy seco) > 45% (Saturado)	< 20%: Activar Riego. > 35%: Detener Riego.
Temperatura Aire	ºC	18°C - 28°C	< 10°C (Frenazo) > 35°C (Estrés)	> 35°C: Riego ligero para refrescar. < 5°C: Enviar alerta de helada.
Temperatura Suelo	ºC	18°C - 24°C	< 15°C (No germina)	Si es baja, no plantar semillas nuevas (esperar a mediodía).
Irradiancia Solar	W/m2	> 600 (Día soleado)	< 200 (Día nublado)	Usar para confirmar si "es de día" antes de regar.
Presión Atmosférica (Relativa*)	hPa	1010 - 1020	< 1005 (Baja presión)	Caída brusca: Cancelar riego (probabilidad de lluvia).

A continuación, se muestran a modo de ejemplo algunas de las visualizaciones de datos:







Tabla

Fecha	Valor	Sensor	Planta	Unidad
01/19/2026 6:05:01 pm	51.5	Humedad	Planta 01	%
01/19/2026 6:05:01 pm	980	Presión	Planta 01	hPa
01/19/2026 6:05:01 pm	24.7	Temperatura del Aire	Planta 01	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	418	Solar	Planta 02	W/m2
01/19/2026 6:05:01 pm	30	Humedad	Planta 04	%
01/19/2026 6:05:01 pm	22.5	Temperatura del Suelo	Planta 06	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	24.7	Temperatura del Aire	Planta 12	°C

‹ 1 2 3 4 5 6 7 ··· 1892 › 1 - 7 of 13241 rows

Tabla

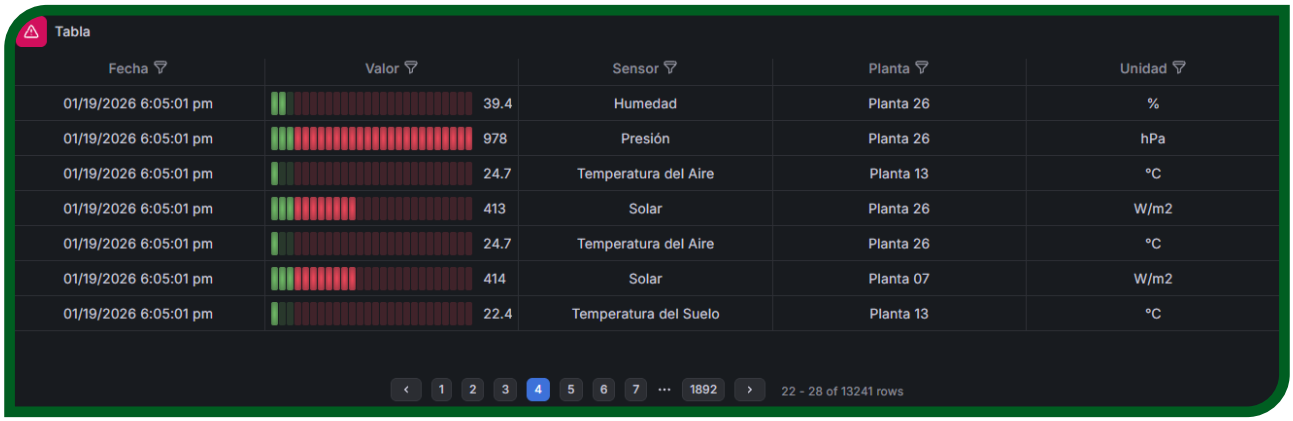
Fecha	Valor	Sensor	Planta	Unidad
01/19/2026 6:05:01 pm	416	Solar	Planta 24	W/m2
01/19/2026 6:05:01 pm	24.6	Temperatura del Aire	Planta 24	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	22.5	Temperatura del Suelo	Planta 12	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	22.5	Temperatura del Suelo	Planta 24	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	43	Humedad	Planta 25	%
01/19/2026 6:05:01 pm	42.2	Humedad	Planta 07	%
01/19/2026 6:05:01 pm	31.2	Humedad	Planta 13	%

‹ 1 2 3 4 5 6 7 ··· 1892 › 8 - 14 of 13241 rows

Tabla

Fecha	Valor	Sensor	Planta	Unidad
01/19/2026 6:05:01 pm	973	Presión	Planta 25	hPa
01/19/2026 6:05:01 pm	416	Solar	Planta 25	W/m2
01/19/2026 6:05:01 pm	978	Presión	Planta 13	hPa
01/19/2026 6:05:01 pm	24.7	Temperatura del Aire	Planta 25	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	22.5	Temperatura del Suelo	Planta 25	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	972	Presión	Planta 07	hPa
01/19/2026 6:05:01 pm	417	Solar	Planta 13	W/m2

‹ 1 2 3 4 5 6 7 ··· 1892 › 15 - 21 of 13241 rows


Tabla

Fecha	Valor	Sensor	Planta	Unidad
01/19/2026 6:05:01 pm	39.4	Humedad	Planta 26	%
01/19/2026 6:05:01 pm	978	Presión	Planta 26	hPa
01/19/2026 6:05:01 pm	24.7	Temperatura del Aire	Planta 13	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	413	Solar	Planta 26	W/m2
01/19/2026 6:05:01 pm	24.7	Temperatura del Aire	Planta 26	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	414	Solar	Planta 07	W/m2
01/19/2026 6:05:01 pm	22.4	Temperatura del Suelo	Planta 13	°C

‹ 1 2 3 4 5 6 7 ··· 1892 › 22 - 28 of 13241 rows


Tabla

Fecha	Valor	Sensor	Planta	Unidad
01/19/2026 6:05:01 pm	22.3	Temperatura del Suelo	Planta 26	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	29	Humedad	Planta 14	%
01/19/2026 6:05:01 pm	42.3	Humedad	Planta 27	%
01/19/2026 6:05:01 pm	24.5	Temperatura del Aire	Planta 02	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	970	Presión	Planta 04	hPa
01/19/2026 6:05:01 pm	24.5	Temperatura del Aire	Planta 07	°C
01/19/2026 6:05:01 pm	978	Presión	Planta 14	hPa

‹ 1 2 3 4 5 6 7 ··· 1892 › 29 - 35 of 13241 rows

b | Ejemplo de interpretación de datos

A continuación, se presenta un caso práctico que permite entender de forma sencilla cómo el FarmBot puede interpretar un dato recogido por un sensor y actuar automáticamente en función de él.

Situación

En una zona del huerto hay plantadas lechugas y, en un día caluroso, la humedad del suelo comienza a descender. El sistema ha sido configurado para que, si la humedad baja por debajo de un determinado valor, se active automáticamente el riego en esa zona.

Dato detectado

A las 15:00, el sensor de humedad del suelo registra un valor del 25 %, cuando el umbral mínimo establecido es del 30 %. Esta lectura queda registrada en el sistema y permite identificar que el terreno se encuentra por debajo del nivel considerado adecuado.

Interpretación y decisión

A partir de ese dato, el FarmBot compara el valor detectado con el umbral definido. Como la humedad medida es inferior a la programada, el sistema interpreta que es necesario regar y activa la secuencia correspondiente.

Acción automatizada

Una vez tomada la decisión, el FarmBot se desplaza hasta la zona afectada y pone en marcha el riego. Para ello, activa la bomba de agua y la electroválvula durante el tiempo previsto en la programación. Finalizado ese tiempo, el sistema detiene el riego de forma automática.

Comprobación posterior

Si la secuencia está configurada para ello, el sistema puede volver a medir la humedad del suelo después del riego. Por ejemplo, si tras la acción el sensor registra un valor del 35 %, puede comprobarse que el riego ha sido suficiente para devolver la humedad a un nivel adecuado.

Registro y seguimiento

Durante todo el proceso, el sistema guarda la información generada y la muestra en la plataforma: la lectura detectada, la acción ejecutada y, en su caso, la nueva lectura obtenida después del riego. Esto permite al usuario revisar posteriormente lo ocurrido y comprobar si la respuesta automática fue la adecuada.

Interpretación del ejemplo

Este caso muestra de forma sencilla cómo un dato recogido por un sensor puede convertirse en una acción concreta sobre el cultivo. En este ejemplo, una situación de baja humedad desencadena un riego automático, lo que permite corregir el problema sin necesidad de intervención inmediata por parte del usuario.

11. BIBLIOGRAFÍA

https://farm.bot/

https://docs.farm.bot/

Participa en la mejora continua de esta guía

Este documento es una primera versión (V1.0) y, como todo proyecto de innovación, está concebido para evolucionar.

Invitamos a centros de FP y profesionales a colaborar en su mejora. Si tienes sugerencias, has realizado adaptaciones técnicas o quieres compartir tus resultados, por favor contáctanos en: agrosos2023@gmail.com

Tu experiencia nos ayudará a que este recurso sea cada vez más útil para la Formación Profesional y el sector agrario.

AGROSOS

