

Universidad de Valladolid
Escuela de ingenierías industriales



Universidad de Valladolid

Grado en ingeniería eléctrica

Curso 2024/2025

**Monitorización de sembradora agrícola de siembra
directa**

Alberto Real Rodríguez

Tutor: Moisés Luis San Martín Ojeda

Agradecimientos.

Un agradecimiento a todas las personas que me han ayudado a que sea posible esto, a mi tutor Moisés, a mi familia, a mi novia, a mis amigos, ... En especial a mi abuelo Carlos.

Resumen.

En este trabajo de fin de grado se va a tratar de los problemas que tiene un agricultor con las sembradoras convencionales, para ellos se va a modernizar una sembradora en la que se va a monitorizar todos sus parámetros como la profundidad, la dosis de semilla, la temperatura, la humedad y los fallos de siembra.

El más importante será el último, que es lo principal para la realización del trabajo, ya que si no se tienen los sensores que se van a integrar el trabajador tendría que bajarse y hacerlo manualmente, tendría que mirar si esta obstruido algún tubo y comprobar si está haciendo una mala siembra.

El parámetro de la dosis de semilla en tiempo real es también bastante interesante, ya que se puede comprobar si se ha hecho una buena calibración de la máquina viendo en todo momento los kilos que están saliendo por el distribuidor. En consecuencia, conociendo la anchura de la máquina y la velocidad se pueden saber los kilogramos por hectárea.

Palabras clave:

Sembradora.

Semillas.

Raspberry.

Control remoto.

Labview.

Abstract.

This final degree project will address the problems farmers face with conventional seeders. To achieve this, a seeder will be modernized to monitor all parameters, such as depth, seed rate, temperature, humidity, and seeding errors.

The last one will be the most important, as it is essential for carrying out the project. Without the integrated sensors, the worker would have to get out and do it manually. They would have to check if any tubes were clogged and determine if they were planting incorrectly.

The real-time seed rate parameter is also quite interesting, as it allows you to verify proper calibration of the machine by constantly monitoring the kilograms coming out of the distributor. Consequently, knowing the machine's width and speed, you can determine the kilograms per hectare.

Key words:

Seeder.

Seeds.

Raspberry.

Remote control.

Labview.

Índice

1. Justificación y objetivos.....	11
2. Introducción	12
2.1. Partes de la sembradora.	13
2.2. Problemas de la siembra.....	19
2.3. Raspberry.	20
2.4. LabVIEW	21
3. Desarrollo del trabajo.....	24
3.1 Elección de sensores	25
3.2 Programación de la Raspberry	27
3.2.1. Medición humedad y temperatura	31
3.2.2. Medición profundidad.....	31
3.2.3. Cantidad de semilla.....	33
3.2.4. Explicación programación	35
3.3. Programación web.	36
3.4 Presupuesto	43
3.5 Manual de usuario	43
4. Conclusiones.....	46
5. Bibliografía	47

Índice de imágenes.

Ilustración 1: Partes sembradora fuente {1}	12
Ilustración 2: Tolva sembradora Fuente {1}	13
Ilustración 3: Turbina sembradora fuente {8}.....	14
Ilustración 4: Tubos sembradora fuente {9}	15
Ilustración 5: Botas sembradora 1 fuente {1}	16
Ilustración 6: Botas sembradora 2 fuente {1}	17
Ilustración 7: Topes profundidad sembradora fuente {1}.....	18
Ilustración 8: Cultivo en hileras fuente {Elaboración propia}	19
Ilustración 9: Raspberry fuente {10}	20
Ilustración 10: Interfaz gráfica LabVIEW fuente {Elaboración propia}.....	21
Ilustración 11: Sensor botas fuente {Elaboración propia}	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 12: Conexión raspberry fuente {Elaboración propia}.....	27
Ilustración 13: Figura 2 fuente {Elaboración propia}	29
Ilustración 14: Figura 1 fuente {Elaboración propia}	29
Ilustración 15: Front Panel fuente {Elaboración propia}.....	30
Ilustración 16: Block diagram fuente {Elaboración propia}	30
Ilustración 17: Conexión codificador digital fuente {11}.....	32
Ilustración 18: Programación 1 fuente {Elaboración propia}.....	33
Ilustración 19: Programación 2 fuente {Elaboración propia}.....	35
Ilustración 20: Conexión raspberry PI 4 fuente { }	36
Ilustración 21: Figura 3 fuente {Elaboración propia}	39
Ilustración 22: Figura 4 fuente {Elaboración propia}	39
Ilustración 23: Figura 5 fuente {Elaboración propia}	39
Ilustración 24: Figura 6 fuente {Elaboración propia}	40
Ilustración 25: Figura 7 fuente {Elaboración propia}	40
Ilustración 26: : Figura 8 fuente {Elaboración propia}	41
Ilustración 27: Figura 9 fuente {Elaboración propia}	41
Ilustración 28: Figura 10 fuente {Elaboración propia}	42

1. Justificación y objetivos

Este proyecto se ha realizado debido a los problemas que tiene el agricultor a la hora de la siembra, ya que no había ningún tipo de monitorización de la máquina.

Los principales objetivos de este trabajo de fin de grado son los siguientes:

- Se va a buscar una herramienta con la que se puedan visualizar los parámetros más importantes de la máquina en tiempo real.
- Se va a encontrar una solución para el problema que surge a la hora de sembrar debido a factores externos como la humedad o el tapado de botas, que derivan en una siembra irregular.
- Se pretende crear un sistema para mejorar estos problemas a partir de dispositivos de bajo coste, ya que comercialmente sí que hay algún dispositivo que se encarga de ello, pero con un coste muy elevado, y por ello no es accesible para la mayoría de los agricultores.

2. Introducción

Soy estudiante de ingeniería eléctrica en la universidad de Valladolid y, además, también soy agricultor, por ello escogí este tema para el trabajo de fin de grado. Mi propósito era elaborar un proyecto donde pudiera combinar mis estudios y mi trabajo actual, de forma que pudiera aplicar mis conocimientos adquiridos en la carrera y mejorar mi desempeño laboral.

Mediante este TFG se quiere poner en práctica el diseño de un dispositivo para monitorizar los parámetros necesarios para la siembra. Este tema ha sido elegido para buscar la solución a uno de los problemas que se tiene en la época de sembrar. El problema que se va a tratar es el tapado de botas de la sembradora, el cual será explicado con detalle más adelante. Existen algunos sistemas que solucionan estos problemas, pero son vendidos por comerciales a un coste muy elevado y por ello muchos de los agricultores no se los pueden permitir. Se quiere conseguir un dispositivo con un sistema que pueda adecuarse a los ingresos del pequeño agricultor.

Lo que se quiere hacer principalmente es poder visualizar en todo momento los parámetros importantes de la sembradora con dispositivos comerciales de bajo coste.

La sembradora que se va a utilizar es una de tipo neumático, en concreto será una Sola Vesta. En la siguiente imagen se pueden ver todas sus partes, las cuales se van a detallar a continuación.



Ilustración 1: Partes sembradora fuente [1]

Los distribuidores (dosificadores de semilla) son dos motores eléctricos que giran a unas revoluciones determinadas dependiendo de la materia prima que se lleve en las tolvas. Lo que hacen es soltar determinados kilogramos por hectárea, usando un distribuidor para la semilla y otro diferente para el abono.

El aire que impulsa la turbina es llevado mediante dos tubos de gran sección a los distribuidores donde se inyectan las materias primas. Estos dos tubos se unen en lo que se conoce como 'Cabezal distribuidor', después se distribuyen en diversos tubos de menor sección que van a los brazos de siembra. Estos van clavados al suelo e inyectan tanto la semilla como el abono.

2.1. Partes de la sembradora.

Las partes principales son las que se exponen a continuación.

Tolva de almacenamiento: La sembradora neumática comienza con un tanque o tolva donde se almacenan las semillas. Este tanque puede tener una capacidad variable, dependiendo del modelo de la sembradora. La tolva está diseñada para facilitar la carga de semillas y asegurar que se mantengan en condiciones óptimas.

En este caso, la tolva de la sembradora está dividida en dos partes de diferente tamaño, un 60/40 donde en una parte va la semilla y en la otra el abono. De esta forma se reducen los costes al introducirlo en la línea de siembra, ya que la cantidad de abono introducida es menor por implantarlo en el sitio exacto. En la imagen 1 se puede ver el tamaño de los dos compartimentos.



Ilustración 2: Tolva sembradora Fuente {1}

Sistema de aire comprimido (Turbina): En la parte inferior de la tolva hay un sistema que genera aire comprimido, habitualmente mediante un ventilador. Este aire es crucial, ya que se utiliza para mover las semillas desde la tolva hasta los tubos de siembra. El ventilador crea una corriente de aire que succiona las semillas y las transporta. En la imagen 2 se puede ver la turbina que es de color gris.

En la actualidad, este tipo de sistemas llegan presurizados, es decir, están totalmente sellados y de esa forma se necesita menos fuerza de la turbina para mover las semillas hasta el distribuidor.

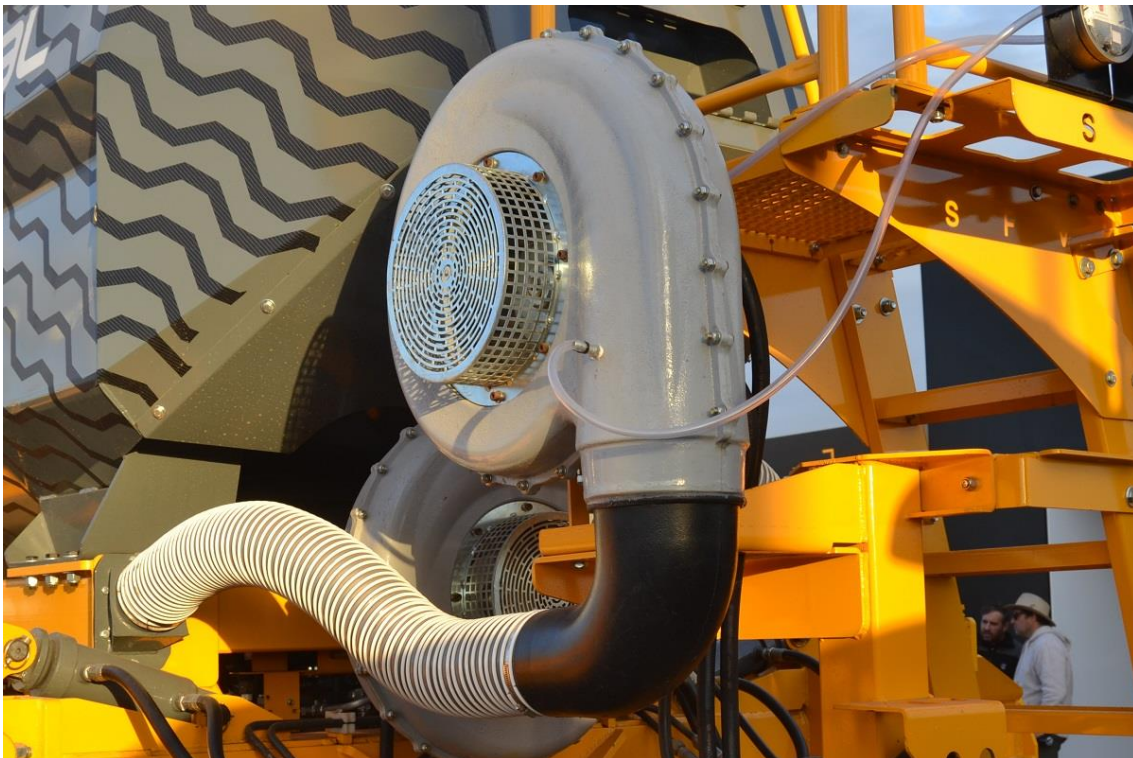


Ilustración 3: Turbina sembradora fuente {8}

Transporte de semillas: A medida que el aire comprimido fluye, las semillas son arrastradas a través de un sistema de tubos como en el de la imagen 3. Estos tubos están diseñados para minimizar el daño a las semillas y asegurar que lleguen al lugar correcto. La presión del aire también ayuda a mantener las semillas en movimiento, evitando que se acumulen o se atasquen. Estos tubos se tienen que revisar a menudo, ya que las semillas van produciendo desgaste a su paso y se pueden perforar las paredes formando orificios por donde se pueden escapar las semillas o el aire.



Ilustración 4: Tubos sembradora fuente {9}

Distribución uniforme: Una de las ventajas de las sembradoras neumáticas es su capacidad para distribuir las semillas de manera uniforme. A medida que las semillas se transportan por los tubos, se utilizan mecanismos de control que aseguran que cada semilla se separe adecuadamente de las demás. Esto es fundamental para evitar la competencia entre plantas y asegurar un crecimiento óptimo.

Esto se puede hacer por distribuidores mecánicos o eléctricos, en el mecánico con una manivela se van regulando los kilos y se quedan fijados.

Con los eléctricos el operador puede ir variando la cantidad en lo que necesite en todo momento en tiempo real, en el caso de la sola vesta los distribuidores son electrónicos y se pueden ver en la imagen 4.



Imagen 4: Distribuidores sembradora fuente {1}

Siembra en el suelo: Cuando las semillas llegan al final de los tubos, son depositadas en el suelo a través de una serie de dispositivos de siembra, como discos o cuchillas. Estos dispositivos abren surcos en el suelo y colocan las semillas a la profundidad adecuada. La profundidad de siembra es importante, ya que afecta la germinación y el desarrollo de las plantas.

En las imágenes 5 y 6 se pueden ver los diferentes tipos que hay.



Ilustración 5: Botas sembradora 1 fuente {1}

En la imagen 5 tenemos los tipos que se llaman de reja en el que hay varias opciones diferentes, como puede ser la golondrina y la tradicional.

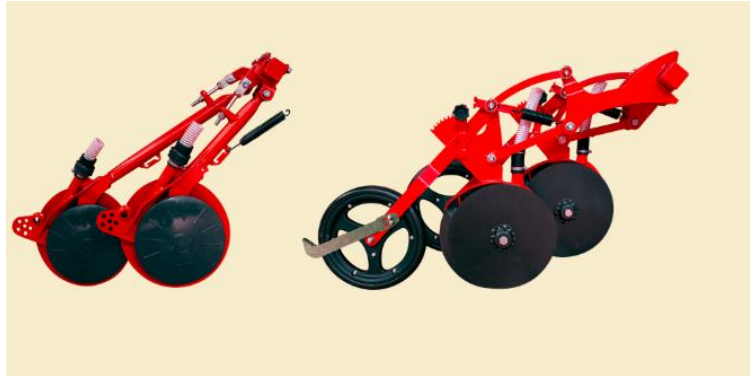


Ilustración 6: Botas sembradora 2 fuente {1}

En la imagen 6 se pueden ver las sembradoras de discos, donde uno lleva ruedas tapadoras y el otro no.

Dependiendo en la zona en la que estemos, lo pedregosa que sea la tierra o la broza de la zona se elegirá la sembradora con un tipo de bota u otro.

Control de profundidad y presión: Muchas sembradoras neumáticas cuentan con sistemas ajustables que permiten al operador controlar la profundidad de siembra y la presión del aire. Esto es esencial para adaptarse a diferentes tipos de suelo y condiciones de cultivo. Un buen control de la profundidad asegura que las semillas estén en contacto con la humedad del suelo, lo que favorece la germinación.

El sistema de la sembradora que se está utilizando en este dossier es el de la imagen 7, en el que se van añadiendo o quitando chapas dependiendo de la profundidad requerida. Estas chapas limitan el pistón hidráulico.



Ilustración 7: Topes profundidad sembradora fuente {1}

Monitoreo y ajustes: Algunas sembradoras modernas están equipadas con tecnología de monitoreo que permite al operador observar el flujo de semillas y hacer ajustes en tiempo real. Esto ayuda a optimizar el proceso de siembra y a garantizar que se logren los mejores resultados posibles.

En este caso, la sembradora lleva ciertas funciones, pero no todas. Por ello lo que se va a diseñar es el monitoreo al completo de forma más o menos barata en relación a los costes que puede haber en un sistema comercial.

2.2. Problemas de la siembra

El problema principal que tiene el agricultor es que la bota se tapa total o parcialmente con barro o alguna otra materia. La bota es parte que va clavada al suelo al final del brazo de siembra. Cuando la bota se obstruye se produce una falta en la tierra ya que por ese tubo no se está inyectando nada al suelo. Como esto no se puede ver de manera visual es probable que pase el tiempo sin que el agricultor pueda darse cuenta para poder corregirlo.

Al nacer faltaría un surco como los que se puede apreciar en la imagen 9.



Ilustración 8: Cultivo en hileras fuente {Elaboración propia}

Para ello lo que se va a hacer es desarrollar un sistema que detecte el fallo y lo muestre en la cabina del tractor, de forma que el agricultor pueda bajarse y solucionar el fallo.

Se va a intentar hacer con un fotosensor que vaya marcado el goteo de semillas, y si el tiempo del goteo disminuye es que ha bajado el flujo de aire porque tiene alguna obstrucción. Se necesita disponer de 38 sensores como este ya que es el número de brazos de siembra de este caso en particular.

Se tiene que buscar una manera de conseguir la conexión y que marque el fallo por tramos ya que no se va a encontrar un dispositivo con tantas entradas de sensores.

Además de esto, se va a monitorizar la temperatura, la humedad y la profundidad a la que enterramos la semilla. Este último parámetro es muy importante ya que tiene que ir en la cota correcta. En el caso contrario si la semilla se entierra demasiado hondo podría no nacer y si se entierra cerca de la superficie podría quedar al aire libre, lo que también sería malo. Se va a monitorizar a través de un sensor de posición que es un

codificador, ya que la raspberry no dispone de entradas analógicas y no se puede utilizar un potenciómetro convencional.

Para la realización del proyecto se han elegido dispositivos de bajo coste como es la raspberry, la cual se va a programar con el programa Labview.

2.3. Raspberry.

Se ha elegido la raspberry por ser un dispositivo que puede funcionar de forma autónoma, ya que tiene un programa ejecutable. La raspberry podría ser utilizada como un computador aparte de para lo que se va a usar en este proyecto.

En este proyecto todos los sensores serán conectados a la raspberry.

Las ventajas principales que podemos encontrar por las que se ha elegido para este proyecto son su bajo coste, la conexión wifi, el control remoto, la fácil programación, la conexión monitor, el sistema operativo Linux, etc.

El mayor inconveniente que se ha encontrado es que no dispone de entradas ni salidas analógicas.

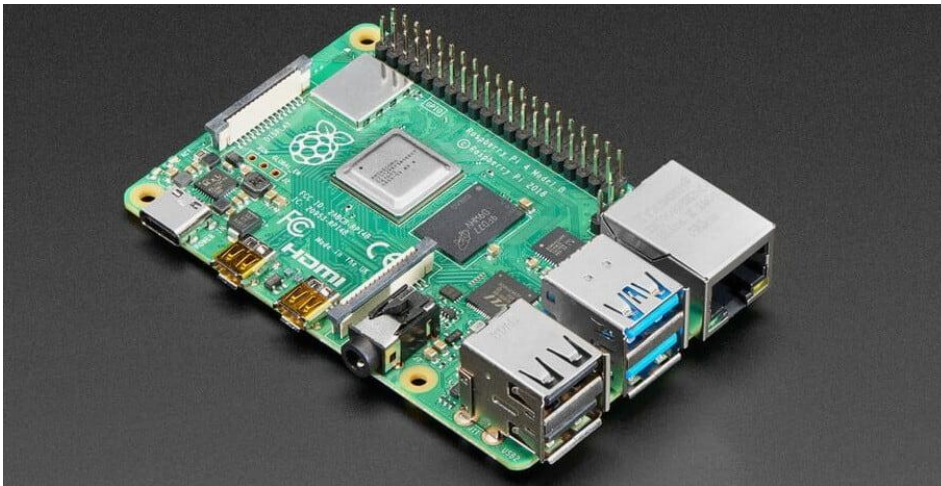


Ilustración 9: Raspberry fuente {10}

2.4. LabVIEW

Este programa ha sido elegido por la gran cantidad de funciones que ofrece, además de su facilidad de uso, ya que cuenta con una interfaz gráfica muy intuitiva. Se va a explicar su funcionamiento a continuación.

¿Qué es LabVIEW?

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un entorno de desarrollo gráfico creado por National Instruments. Se utiliza principalmente para la adquisición de datos, el control de instrumentos y la automatización de pruebas. Su interfaz gráfica permite a los usuarios crear aplicaciones mediante la conexión de bloques funcionales, lo que facilita la programación sin necesidad de escribir código de texto.

Interfaz Gráfica:

LabVIEW utiliza un enfoque de programación visual conocido como "programación gráfica". Los usuarios crean "instrumentos virtuales" (VIs) que consisten en un diagrama de bloques (donde se implementa la lógica) y un panel frontal (donde se diseñan las interfaces de usuario). Esta estructura permite una visualización clara de la lógica del programa y facilita la depuración.

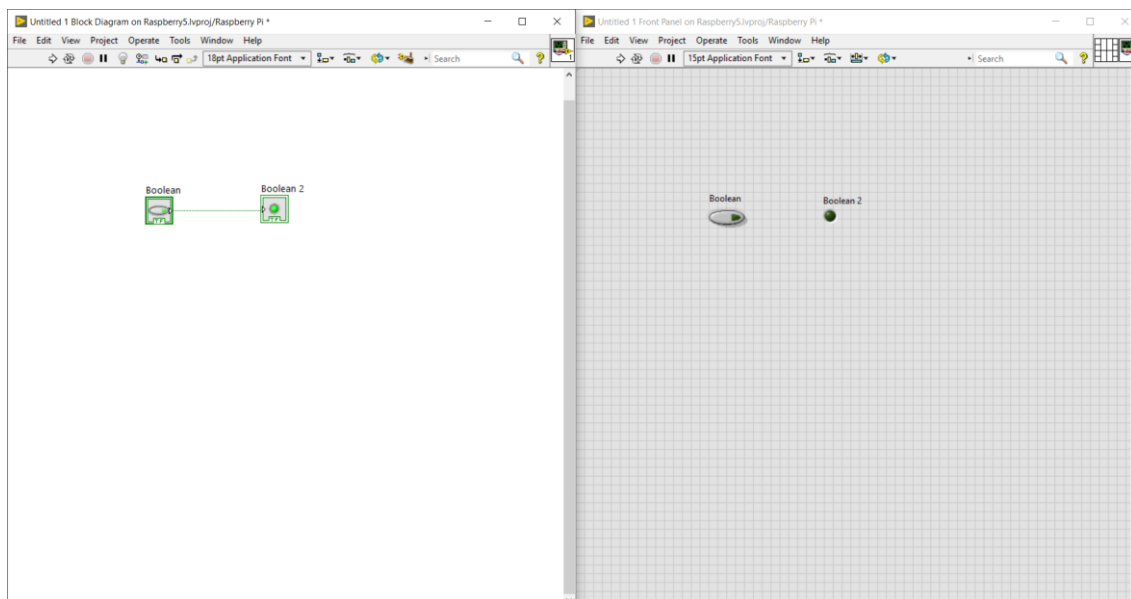


Ilustración 10: Interfaz gráfica LabVIEW fuente {Elaboración propia}

Componentes Clave:

- Panel Frontal: Es la interfaz de usuario donde se pueden agregar controles (como botones, deslizadores y gráficos) y visualizaciones (como indicadores y gráficos).
- Diagrama de Bloques: Es donde se implementa la lógica del programa. Los bloques representan funciones, estructuras de control y conexiones de datos.
- Controles e Indicadores: Los controles permiten la entrada de datos, mientras que los indicadores muestran los resultados de las operaciones.

Funcionalidades:

- Adquisición de Datos: LabVIEW permite la conexión a una amplia variedad de hardware para la adquisición de datos, como sensores y dispositivos de medición.
- Control de Instrumentos: Se puede utilizar para controlar instrumentos de laboratorio y equipos de prueba, facilitando la automatización de experimentos.
- Análisis de Datos: LabVIEW incluye herramientas para el análisis y procesamiento de datos, lo que permite realizar cálculos complejos y visualizaciones gráficas.

Aplicaciones:

LabVIEW se utiliza en diversas industrias, incluyendo:

- Automatización de Pruebas: Para realizar pruebas automatizadas en productos electrónicos y mecánicos.
- Investigación y Desarrollo: En laboratorios para la recopilación y análisis de datos experimentales.
- Control de Procesos: En la industria para monitorear y controlar procesos de fabricación.

Ventajas:

- Facilidad de Uso: Su interfaz gráfica permite a los usuarios sin experiencia en programación desarrollar aplicaciones rápidamente.

- Integración de Hardware: LabVIEW es compatible con una amplia gama de hardware, lo que facilita la adquisición de datos y el control de instrumentos.

- Flexibilidad: Permite la creación de aplicaciones personalizadas adaptadas a necesidades específicas.

Inconvenientes:

- Costo: LabVIEW puede ser costoso, especialmente para pequeñas empresas o proyectos individuales.

- Curva de Aprendizaje: Aunque es más accesible que la programación tradicional, los nuevos usuarios pueden necesitar tiempo para familiarizarse con el entorno y sus funcionalidades.

Conclusión:

LabVIEW es una herramienta poderosa y versátil para la adquisición de datos y el control de instrumentos. Su enfoque de programación gráfica lo hace accesible para una amplia gama de usuarios, desde ingenieros hasta investigadores. A medida que la tecnología avanza, LabVIEW continúa evolucionando, ofreciendo nuevas funcionalidades y mejoras que lo mantienen relevante en el campo de la ingeniería y la automatización.

Con las dos herramientas anteriores de programa y el dispositivo de bajo coste queremos registrar los parámetros de la sembradora y hacer un programa para cuando algo no esté funcionando correctamente.

3. Desarrollo del trabajo

Dentro de este capítulo se van a tener varios apartados que son los objetivos que queremos conseguir en este trabajo.

- Elección de sensores.
- Programación de la Raspberry.
- Programación WEB.
- Presupuesto.
- Manual de usuario.

3.1 Elección de sensores

Esta ha sido la parte más complicada del trabajo y sobre la que más se ha tenido que investigar ya que los sensores que utilizan las maquinas habitualmente son especiales y bastante caros, por lo que fue difícil encontrar unos que se adaptarán al objetivo del bajo coste.

Se averiguó que lo que se utiliza son sensores de flujo que miden el caudal del aire. No fue posible encontrar ninguno comercial a bajo coste. Estos tipos de sensores tienen un precio muy elevado.

Finalmente se optó por sensores de proximidad que pueden detectar si hay algún objeto cerca.

Como por el interior de los tubos de la sembradora están pasando semillas continuamente, el sensor se va encendiendo y apagando de forma consecutiva, ya que no es siempre el mismo objeto el que pasa por el sensor. Por ende, si se quedara encendido de forma permanente es que se ha formado un tapón y por lo tanto de ese tubo no sale semilla.

También se optó por el uso de los sensores de infrarrojos.

Puesto que todos estos sensores son de muy bajo coste, entre el uno y cinco euros. Lo que se hizo fue comprar sensores de diversos tipos en la página de la bibliografía {6}.

Una vez recibidos los sensores se fueron probando uno a uno. Adaptando de forma provisional cada sensor en un tubo de referencia, se fue introduciendo la semilla a mano y tapando el conducto. De esta forma se consiguió comparar el funcionamiento de los sensores y encontrar el que mejor se adaptaba a este proyecto. El sensor elegido fue el ljc118a3.



Ilustración 11: Sensor botas fuente {Elaboración propia}

La detección de estos fallos es muy importante para hacer una buena siembra y que no baje el nivel de producción.

Para adaptar estos sensores se va a escoger un tubo al que se le hará un taladro y se le va a soldar otro tubo roscado en el que irá introducido el sensor, muy parecido a lo de la imagen 12.



Ilustración 12: Adaptación sensor

Esto se podría hacer por cada bota individualmente, pero aparece el inconveniente del número de entradas, ya que no disponemos de un número tan alto como tubos tiene la sembradora. Para ello se va a dividir la sembradora en los 9 tramos que tiene. Los sensores de cada bota en cada tramo irán conectados en serie, así si falla cualquiera de las botas de ese tramo aparecerá el fallo en el monitor.

De esta forma también se consigue reducir considerablemente el cableado, ya que solo debemos llevar las 9 entradas a la raspberry.

Con el sensor se está midiendo constantemente si pasa semilla o no. Esto va a dar unos pulsos, y con ello mediante temporizadores registraremos el fallo cuando el sensor nos marque 4 segundos seguidos. Este fallo se registrará en la raspberry y es necesario resetearlo para poder eliminarlo.

La conexión de los sensores es la que se ve en la imagen 11, se puede apreciar que están conectados como se describe en este apartado. Además se incluye la conexión de un led de fallo y el codificador rotativo.

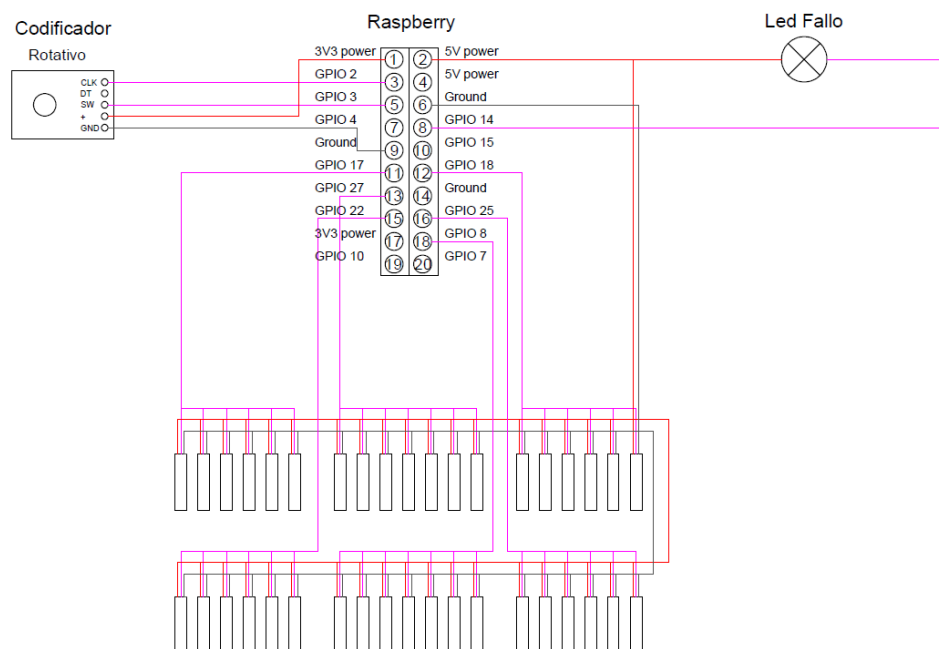


Ilustración 13: Conexión sensores raspberry fuente {Elaboración propia}

3.2 Programación de la Raspberry

La programación es la parte más complicada de este proyecto. A pesar de ello, es la más importante para poder llevarlo a cabo. Esta programación se hará mediante el programa de LabVIEW con una raspberry.

En primer lugar, se van a detallar los pasos del proceso.

1. Lo primero es disponer de una Raspberry PI modelo 4B en este caso la de 4Gb, ésta ha de venir con una tarjeta SD donde se tiene que introducir el sistema operativo.

2. Se tiene que buscar el sistema operativo para instalar en la raspberry. Es necesario instalar un sistema más antiguo que los que hay actualmente, ya que, sino no se nos va a conectar la raspberry. Fue complicado dar con esta solución a los problemas que surgieron ya que todo estaba correctamente y el dispositivo no se conectaba con labview.

SE introdujo una versión antigua descargando la imagen de un enlace web y grabando la tarjeta SD con Balena Etcher.

3. Una vez instalado se tiene que conectar la raspberry a un monitor con un ratón y un teclado. Se necesita tener conexión a una red y mirar su IP, puesto que más adelante es necesario conocerla. Se tiene que activar el protocolo SSH que va a permitir usar la raspberry de forma remota. Sin este protocolo sería imposible conectarse desde el programa LabVIEW.

4. Hay que instalar Labview Community Edición 2020 y con la biblioteca LINX que es lo que va a permitir la conexión con la raspberry desde el programa. Este se puede instalar desde VI Package Manager.

5. Una vez realizado todo lo anterior se debe entrar a LabVIEW y después pinchar en la pestaña Tools de la librería superior, después se debe clicar en Markerhub, se abrirá un desplegable en el que se debe hacer clic sobre la opción Linx, que a su vez abrirá otro desplegable donde se debe hacer clic en Linx Tarjet Configurati3n y se abrirá una nueva ventana. En ella se debe introducir la IP de la raspberry, el usuario y la contraseña por defecto o el que se haya puesto al inicializar el sistema operativo. Este proceso se puede seguir de manera visual en las imágenes 15 y 16.

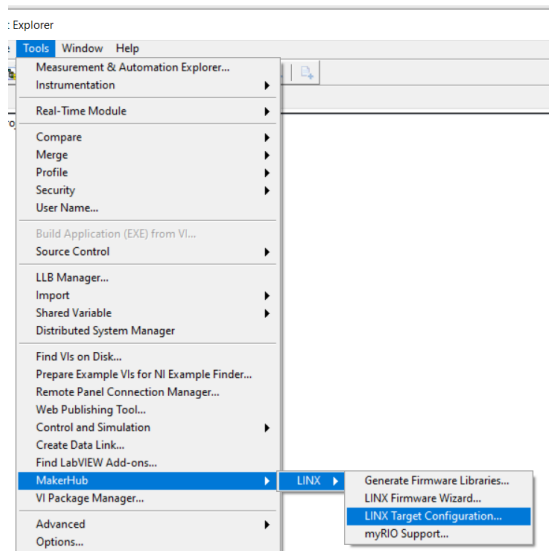


Ilustración 15: Figura 1 fuente {Elaboración propia}

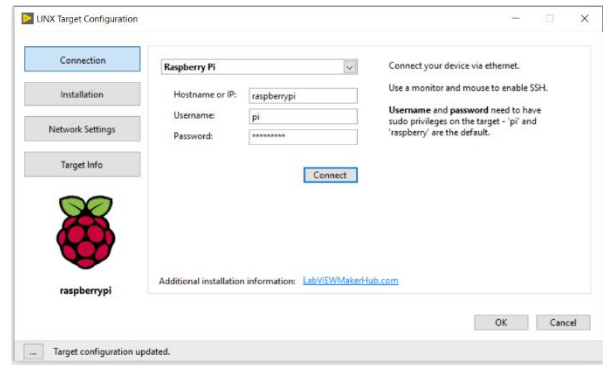


Ilustración 14: Figura 2 fuente {Elaboración propia}

Se debe hacer clic en conectar y si todo está correctamente aplicado, saldrá el símbolo de una frambuesa a la izquierda como se ve en la imagen 14.

6. Una vez llegado a este punto se puede empezar a hacer la programación de VI dentro de la raspberry.

Como este apartado es bastante extenso se va a detallar de forma considerable.

Para inicializarse un poco con el programa se debe saber que lo esencial es conocer las dos ventanas principales.

- Front Panel: Es la ventana visual en la que se colocan todos los interruptores, pulsadores, luces led, etc. Es como la puerta de un armario industrial donde se encuentran todos los mandos.

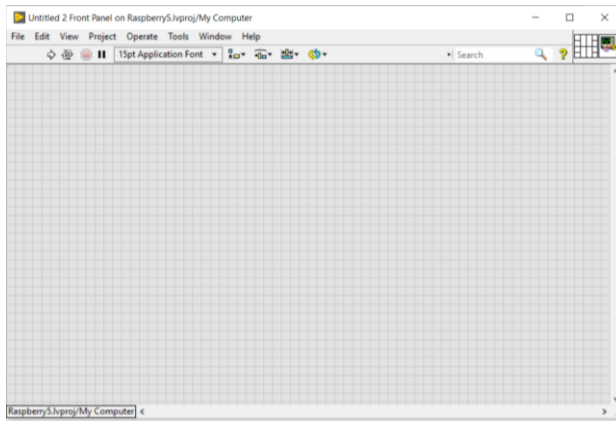


Ilustración 16: Front Panel fuente {Elaboración propia}

- **Block Diagram:** Es la ventana en la que se encuentra toda la parte de programación, pero hay que tener en cuenta que es en lenguaje booleano por lo que si se tiene otro tipo de lenguaje hay que convertirle al booleano.

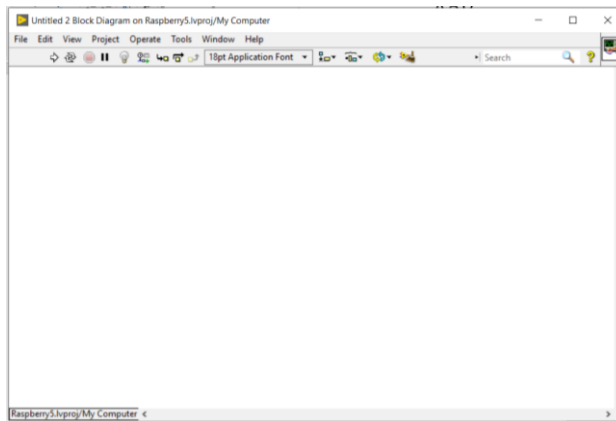


Ilustración 17: Block diagram fuente {Elaboración propia}

Una vez definidos estos dos conceptos es hora de empezar a programar.

- Es necesario saber el número de entradas y salidas, conociendo esto se va a crear una estructura while loop que está en la opción Estructuras dentro de la pestaña de las funciones.
- Se va a poner todo lo que va a hacer falta para conectar la raspberry a LabVIEW, esto se encuentra en la pestaña Función -> Markerhub -> Linx
- A cada entrada o salida se le tiene que asignar el pin que va a llevar. Esto se hará dando el valor del número cableado a la patilla de DI Channel.

Con todo lo anterior realizado ya se puede programar como si no hubiera nada exterior conectado, teniendo en cuenta los pines de entradas y salidas. Se va a tomar una entrada como si fuera un pulsador y una salida como si fuera un led.

Abrimos el Front Panel en el que vamos a crear una interfaz gráfica que es lo que se va a ver en todo momento de nuestra máquina.

- Se hace un dibujo de la sembradora, donde la parte triangular es la tolva que es donde se almacena la semilla.
- Debajo de esta se han puesto los tramos que en realidad son leds cuadrados que se pondrán de color rojo si detecta un fallo en el tramo y se quedarán verdes si no hay fallo alguno.
- Se pondrán también los medidores de humedad, temperatura y profundidad.
- Hará falta un botón de reset para resetar los fallos y uno de STOP para parar el programa.
- Se va a añadir también un indicador numérico en el que veremos los kilos de semilla por hectárea en todo momento.

Con todo lo anterior ya podemos volver a la ventana Block diagram.

3.2.1. Medición humedad y temperatura

Ambas mediciones se harán mediante un sensor de tipo digital, ya que la raspberry no dispone de entradas analógicas, se indicará con un medidor en pantalla.

Se medirá con el sensor DHT11, ya que tiene integrado un sensor de humedad y otro de temperatura.

3.2.2. Medición profundidad

Para este apartado se tiene un gran inconveniente y es que la profundidad se medirá con el potenciómetro conectado a la barra que indicará siempre su posición.

Los potenciómetros son de tipo analógico o digital. En los de tipo analógico se debe convertir esta señal en digital por medio de un circuito integrado. En los de tipo digital como el que se va a usar en este proyecto no hace falta hacer ninguna conversión.

La opción elegida es la de potenciómetro digital también conocido como codificador rotativo. El modelo que se va a usar es el HW-040, este sensor dispone de las siguientes conexiones.

- CLK "Reloj"
- DT "Reset"
- SW "Switch"
- Positivo 3,3V
- Masa

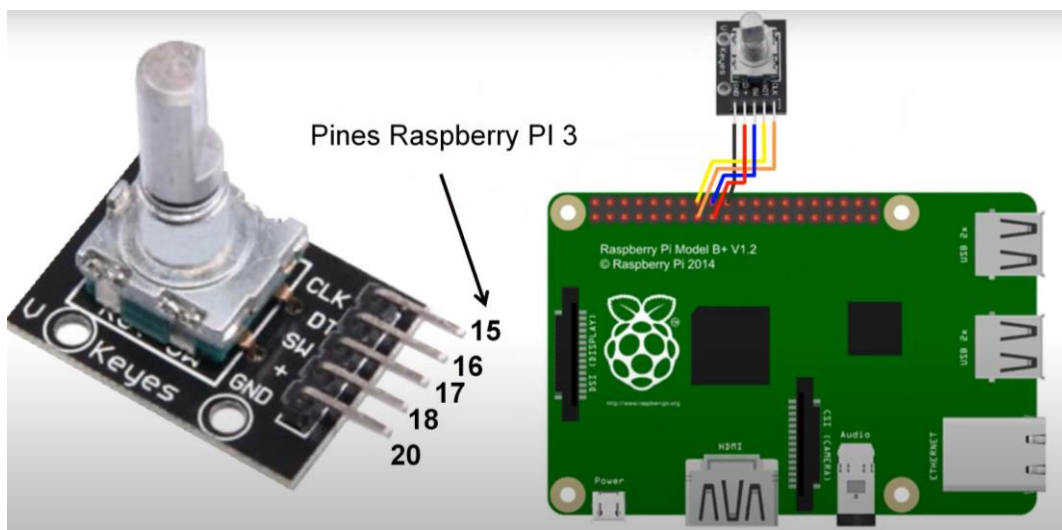


Ilustración 18: Conexión codificador digital fuente {11}

Para usar este dispositivo se ha tenido que hacer un programa como el que se puede ver en la imagen 18, de esta forma ya se puede saber en qué posición está el tren de siembra de la máquina.

El programa de la imagen 18 funciona haciendo comparaciones y así varía el número, para ponerle a 0 se daría a Reset y empezaría a contar desde ese punto.

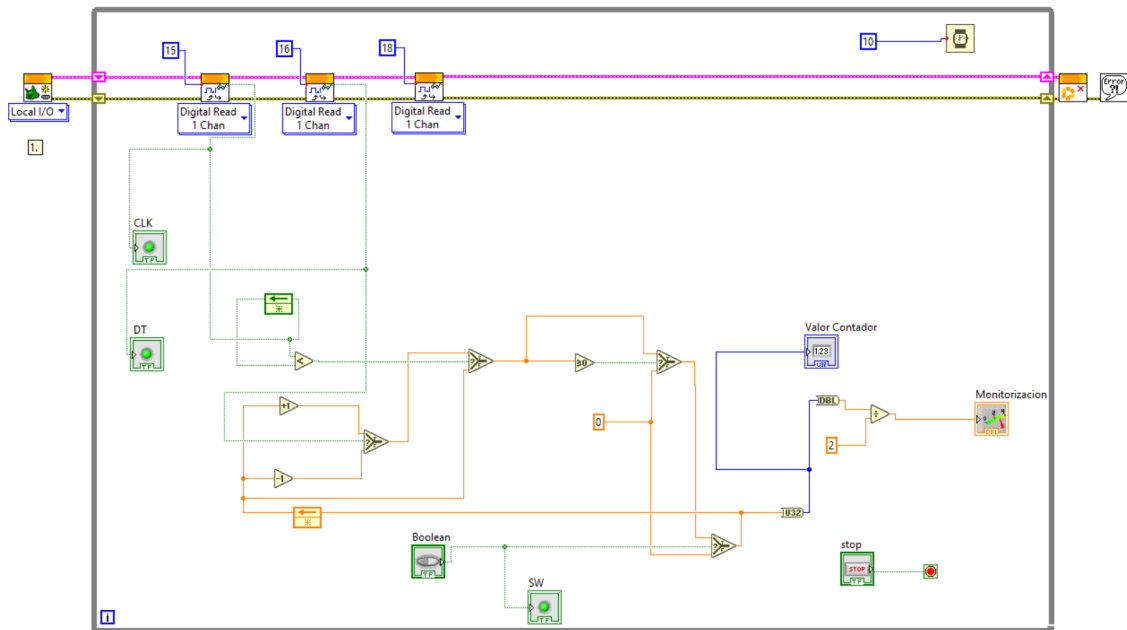


Ilustración 19: Programación 1 fuente {Elaboración propia}

Este codificador tendrá una varilla que va a ir conectada mecánicamente y esta irá siempre leyendo el terreno, lo que indicará en todo momento la profundidad a la que se lleva el tren de siembra. Esto es importantísimo en la nascencia ya que la semilla tiene que en la profundidad justa ya que no podría nacer si se entierra demasiado o incluso podría perderse parte de la semilla por dejarla destapada.

En este caso haremos uso de un sensor únicamente, pero podríamos usar varios para ser más precisos.

3.2.3. Cantidad de semilla.

Un aspecto fundamental en el mundo de la agricultura y de la siembra es la cantidad de semilla que se echa por hectárea en cada parcela, ya que dependiendo de los cultivos puede haber un gran abanico de cantidades como se puede ver en el caso del trigo y de la colza, donde en el trigo ronda los 220 kg/Ha y en la colza unos 5 kg/Ha.

La monitorización de esto lleva varios parámetros como la velocidad del distribuidor, el ancho del apero (sembradora) y la velocidad de avance.

Para esta monitorización se debe saber que el distribuidor va controlado por un motor que va conectado al isobus de la máquina.

En este motor se tiene un sensor inductivo para saber a qué revoluciones por segundo está funcionando. El distribuidor lleva internamente unos rodillos con los que variando y por donde puede entrar más o menos cantidad de semilla, en este caso irán siempre los mismos para los cultivos que tenemos en esta explotación.

La cuenta se ha hecho midiendo los kilogramos por revolución que saca el distribuidor, para ser más exactos lo que se hace es dar bastantes vueltas y meter en un saco toda la semilla sacada con las vueltas contadas.

Sabiendo la densidad del producto lo que se hace es calcular el volumen de semilla que se tiene en cada revolución, así cuando se cambie de producto lo único que se tiene que hacer es introducir el peso específico en el programa, de esta forma no se tiene que volver a pesar nada.

En este caso con la máquina cargada de trigo se calcula que es 0.2 kg por cada revolución del distribuidor y el peso específico de este es 0.8 kg/cm^3 , que dividiendo el peso da un volumen de 0.25 cm^3 .

Ahora se tiene que tener en cuenta que la máquina tiene un ancho de 7.6 metros, y también se debe tener en cuenta el parámetro de la velocidad que todavía no sabemos cómo se va a medir.

Ya se tienen todos los parámetros a través de los cuales se realizarán unas cuentas matemáticas para saber la cantidad de semilla instantáneamente. La máquina nos dará un error si se desvía de la cantidad que se ha introducido, independientemente del número de kilos.

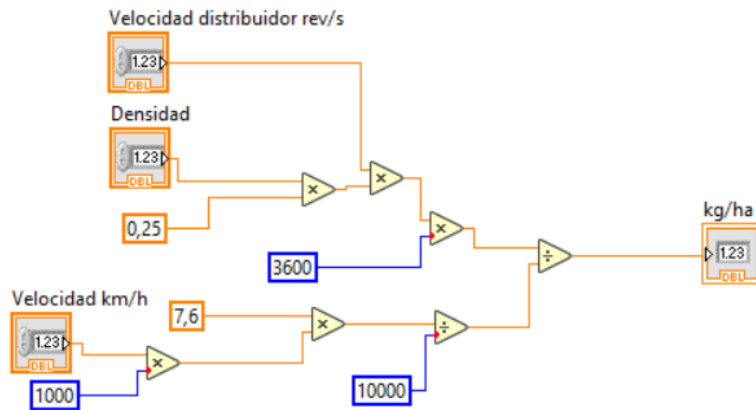


Ilustración 20: Programación 2 fuente {Elaboración propia}

3.2.4. Explicación programación

La programación comienza en el Front panel donde se va a hacer una interfaz visual que va a ser la que se vea en todo momento, donde se coloca un dibujo de la sembradora.

Todos los leds también se ponen y estarán ordenados según se llevan en la máquina. En total se tienen 6 que corresponden con 6 tramos que se encenderán en color rojo con la detección de algún fallo.

Se colocan también los botones de stop y reset y los indicadores de las variables de temperatura, humedad, profundidad, dosis de siembra, etc., que pueden ser gráficos o numéricos.

Con esto ya se puede ir al otro panel en el que habrán salido todos los diagramas de bloques.

Se creará una estructura while loop en la que se meterá todo dentro para que siempre se ejecute el programa.

Se van a poner todas las entradas y salidas que se tiene en la raspberry y cada una con el número al que pertenezca como se puede ver en la imagen 21.

RASPBERRY PI 4

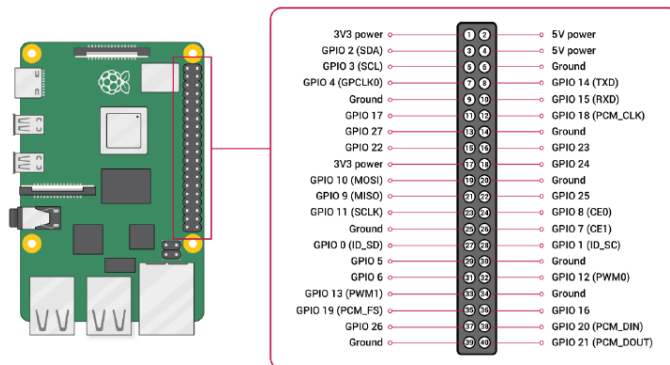


Ilustración 21: Conexión raspberry PI 4 fuente { }

Cada salida de los sensores estará conectada a un temporizador que, si esta más de 4 segundos marca un fallo encendiéndose una luz led, y este se quedará encendido, aunque deje de marcar el sensor. Esto se consigue mediante una realimentación y para que se apague hay un botón de reset que funcionara para todos los leds.

Después se conectarían las demás entradas y salidas a sus correspondientes indicadores, como por ejemplo el de la profundidad.

3.3. Programación web.

Lo que se va a hacer es un programa para ejecutar vía navegador desde el teléfono móvil o Tablet de un agricultor, para monitorizar el funcionamiento del sistema y controlar las variables de la sembradora.

Primero se va a hacer una pequeña introducción del control remoto y de todos los beneficios que tiene.

Conectividad a Internet:

- Dispositivo IoT: La máquina industrial está equipada con un dispositivo de Internet de las Cosas (IoT) que le permite conectarse a Internet. Este dispositivo puede ser un controlador programable (PLC) con capacidades de red, un módulo de comunicación o un gateway IoT.
- Red: La máquina se conecta a una red local (LAN) que, a su vez, tiene acceso a Internet. Esto puede hacerse a través de Wi-Fi, Ethernet o redes móviles (4G/5G).

Interfaz de Control:

- **Aplicación o Plataforma Web:** Para controlar la máquina, se utiliza una aplicación o una plataforma web que permite a los usuarios enviar comandos y recibir información. Esta interfaz puede ser accesible desde computadoras, tabletas o teléfonos inteligentes.
- **Autenticación:** Para garantizar la seguridad, los usuarios deben autenticarse en la plataforma, lo que puede incluir el uso de contraseñas, autenticación de dos factores, etc.

Comunicación Bidireccional:

- **Envío de Comandos:** Desde la interfaz de control, los usuarios pueden enviar comandos a la máquina, como iniciar o detener operaciones, ajustar configuraciones, o monitorear el estado de la máquina.
- **Recepción de Datos:** La máquina envía datos de vuelta a la interfaz, como información sobre su estado, rendimiento, alertas de mantenimiento, y otros parámetros operativos. Esto permite a los operadores tomar decisiones informadas.

Protocolos de Comunicación:

- **Protocolos:** La comunicación entre la máquina y la interfaz se realiza a través de protocolos estándar como MQTT, HTTP/HTTPS, o WebSocket. Estos protocolos permiten la transmisión eficiente de datos y comandos.
- **API:** Muchas plataformas ofrecen APIs (Interfaces de Programación de Aplicaciones) que permiten integrar la máquina con otros sistemas o aplicaciones.

Monitoreo y Control Remoto:

- **Supervisión en Tiempo Real:** Los operadores pueden monitorear el estado de la máquina en tiempo real, lo que les permite detectar problemas antes de que se conviertan en fallas graves.
- **Control Remoto:** Los usuarios pueden controlar la máquina desde cualquier lugar del mundo, siempre que tengan acceso a Internet. Esto es especialmente útil

para empresas con múltiples ubicaciones o para técnicos que necesitan realizar ajustes sin estar físicamente presentes.

Seguridad:

- **Ciberseguridad:** Dado que las máquinas están conectadas a Internet, es crucial implementar medidas de seguridad para protegerlas de accesos no autorizados. Esto incluye firewalls, encriptación de datos, y actualizaciones regulares de software.
- **Monitoreo de Seguridad:** Algunas plataformas también ofrecen monitoreo de seguridad para detectar y responder a amenazas en tiempo real.

Beneficios:

- **Eficiencia:** El control remoto permite a las empresas optimizar sus operaciones, reducir tiempos de inactividad y mejorar la eficiencia general.
- **Acceso a Datos:** La recopilación de datos en tiempo real permite un análisis más profundo y la toma de decisiones basada en datos.

En resumen, el control remoto de una máquina industrial a través de Internet implica la integración de dispositivos IoT, plataformas de control, y protocolos de comunicación, lo que permite a los operadores gestionar y monitorear las máquinas de manera eficiente y segura desde cualquier lugar.

Configuración del control remoto.

Esta programación no es realmente complicada, pero hay que tener mucho cuidado a la hora de programar todas las variables ya que como se ponga un espacio de más en alguna no funcionará nada.

Web service.

Esto se hace pulsando encima de las raspberry, dentro del web service se necesite crear dos VI, uno de lectura y otro de escritura. El de escritura se pone en POST.

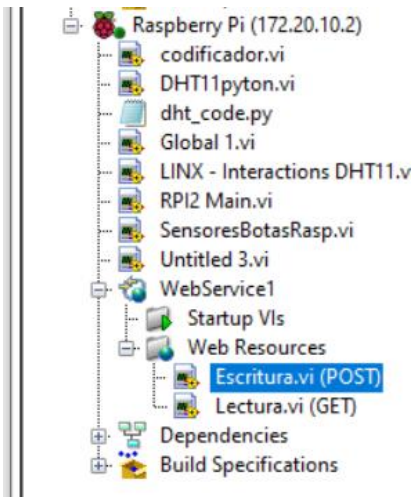


Ilustración 22: Figura 3 fuente {Elaboración propia}

Se tienen que crear las variables de memoria global, que son todas las entradas y salidas que se quiere ver o controlar desde el control remoto. Dentro del VI de la variable global se crean y queda como se puede ver en la imagen 23.

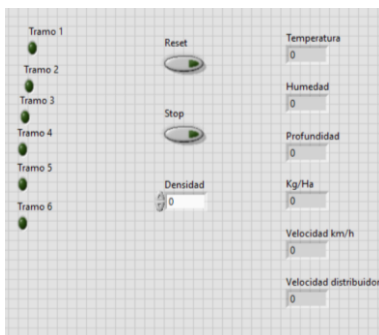


Ilustración 23: Figura 4 fuente {Elaboración propia}

Cada una de ellas se tiene que conectar al lado de sus variables. Como en la imagen 24 se conectan al mismo cable, ya que son salidas y no hay que poner ninguna puerta lógica, si fueran entradas sí que haría falta.

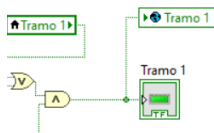


Ilustración 24: Figura 5 fuente {Elaboración propia}

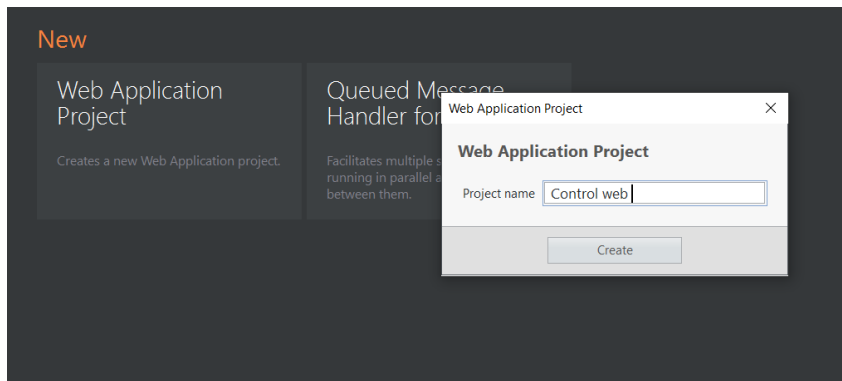


Ilustración 27: : Figura 8 fuente {Elaboración propia}

Se abrirá una página cuando haya sido creado en la que se deben añadir todos los controladores e indicadores.

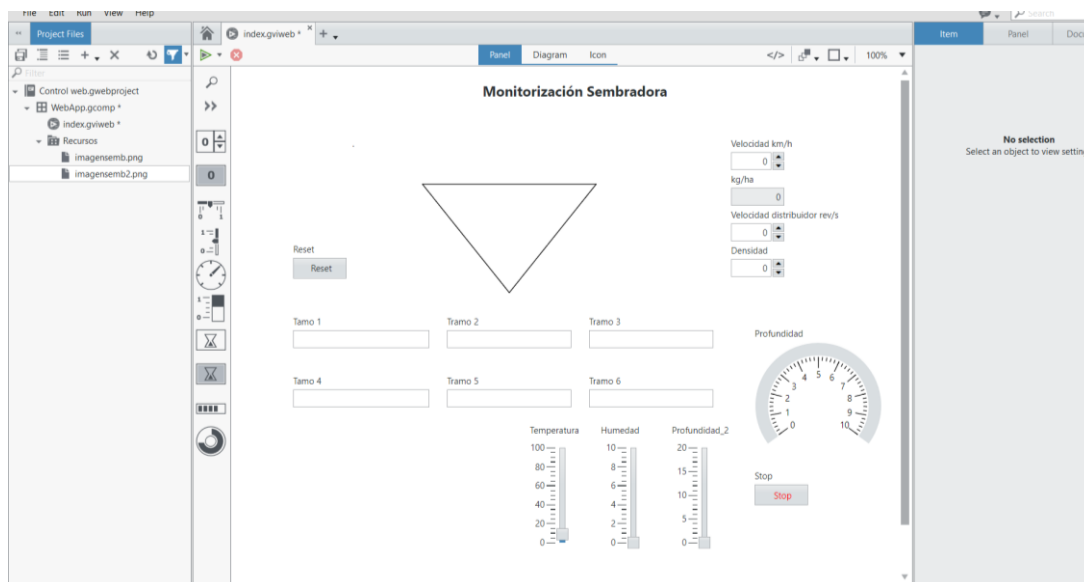


Ilustración 28: Figura 9 fuente {Elaboración propia}

Todo lo anterior que se ve en la imagen 28 se va añadiendo igual que el en el LabVIEW ya que tiene dos paneles.

Esto será lo que salga en la página web. Se ha intentado hacer de forma similar a lo del LabVIEW.

En la pestaña de Diagram se tiene que programar todo para que funcione como en la imagen 28.

3.4 Presupuesto

	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
Raspberry	1	50	50
Sensores	9	3,10	27,9
Cableado (m)	30	1,05	31,5
Codificador	1	3,52	3,52
Cajas estancas	1	2,99	2,99
Ratón	1	7	7
Teclado	1	11	11
Mano obra (h)	20	15	300
Desarrollo (h)	100	15	1500
Sensor DTH11	1	2,69	2,69
Lector tarjeta	1	15	15
			1951,6

3.5 Manual de usuario

Vamos a realizar un pequeño manual de usuario de cómo sería su instalación

1. Preparación de la Raspberry.

Empezaremos introduciendo el sistema operativo necesario que le tenemos en un archivo, activaremos el protocolo SSH y la conectaremos a una pantalla para crear el usuario y contraseña, y introduciremos el wifi para conseguir la IP también se puede hacer por cable.

Todos estos pasos se encuentran en el apartado 3.2.

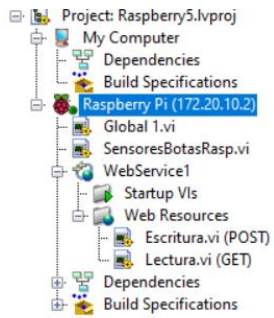
2. Instalación del programa.

Nos conectaremos mediante la IP a la raspberry e introduciremos todos los programas que tenemos creado.

Lo primero que hay que hacer es un proyecto y ya seguir con los pasos.

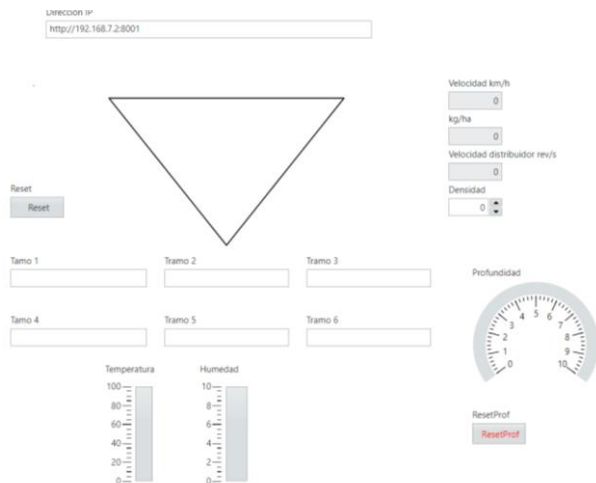
Estos programas son el SensoresBotasRasp y el Global 1 también hay que meter los del Webservice. Este lleva dos programas que son el de escritura y el de lectura, no olvidarse que el primero va en POST y el segundo en GET.

Nos tendría que quedar como la siguiente imagen.



También se instalará el programa en el GWeb metiendo la IP.

La IP se mete en el cajetín superior que se ve en la imagen con ello ya se podría crear la página web.



3. Colocación de los sensores.

Colocaremos todos los sensores en los tubos de la máquina, los de los tramos que vayan juntos se conectaran en serie. Hay que conectar las alimentaciones de todos y llevar todas las señales a la raspberry. Estos sensores se conectan como los de la imagen 13.

La conexión del sensor al cableado se hará con conectores M8x1 con 4 pines para si alguna se estropeará hacer rápidamente su cambio. Tendremos machos y hembras en el cableado de la maquina todos los empalmes estarán metidos en una caja de conexiones protegida contra la humedad.

Los sensores son de 3 hilos, con lo cual llevan 3 colores el color marrón va al positivo, el azul al negativo y el negro a la señal de la raspberry.



4. Calibración.

Hay que calibrar todas las distancias de los sensores eso se hace poniendo la maquina en funcionamiento y alejando o acercando los sensores para que marquen correctamente.

El sensor de profundidad hay que calibrarle dando al botón de reset, se hará poniendo la máquina en un lugar plano con las dos alas extendidos y apoyando todo. Ese es la medida del 0.

5. Comprobación funcionamiento.

Probaremos todo el funcionamiento poniendo la maquina a trabajar y haciendo que marque un fallo adrede para comprobarlo.

4. Conclusiones.

En este proyecto lo realmente interesante es que se va a poder probar en la vida real y se podrá comprobar su funcionamiento.

El objetivo número uno era el de buscar una herramienta en la que se pudieran ver todos los parámetros en tiempo real. Esto se ha conseguido con la implementación de los sensores en la máquina y con la conexión de un móvil o tableta al servidor se pueden ver en todo momento.

El objetivo número dos era el de solucionar la problemática de la siembra. Este también se ha cumplido ya que con los sensores fotoeléctricos se ve en todo momento si el flujo de semilla en el tubo se ha cortado o no, dando un aviso con una luz roja en pantalla la cual no se borrará hasta que no se resetee.

El tercer objetivo era el de hacer todo esto con un presupuesto reducido, el cual también se ha conseguido, ya que todos los elementos han sido de bajo coste.

En este último apartado se ha hecho un presupuesto de todos nuestros gastos para poder compararlo con el presupuesto pedido a una empresa para la misma sembradora

El presupuesto de este proyecto es el que se puede encontrar en el apartado 3.4 anterior y es de 1951,6 € y el presupuesto solicitado a una empresa es de 3800 €. Como se puede ver el presupuesto de este proyecto es aproximadamente la mitad del que te puede dar una empresa, sin incluir la reducción de horas de trabajo, que supondría una rebaja en el desarrollo de más versiones.

El tercer objetivo estaría también cumplido como se ha comprobado. Ya que se puede ahorrar bastante a la hora de modernizar una sembradora agrícola de forma casera en vez de la forma comercial.

También si se rompiera alguno de los elementos tendría muy fácil solución además de barata ya que son materiales muy accesibles y de fácil adquisición por internet.

5. Bibliografía

1. <https://solagrupo.com/es/p/sembradoras-neumaticas/vesta-13-14>
"Fecha de consulta (16/05/2025)"
2. <https://www.ni.com/es.html> "Fecha de consulta (16/05/2025)"
3. <https://aulamoisan.uva.es/> "Fecha de consulta (16/05/2025)"
4. <https://www.raspberrypi.com/> "Fecha de consulta (16/05/2025)"
5. https://es.wikipedia.org/wiki/Codificador_rotatorio
"Fecha de consulta (16/05/2025)"
6. <https://es.aliexpress.com/> "Fecha de consulta (16/05/2025)"
7. <https://i-xeed.com/> "Fecha de consulta (16/05/2025)"
8. <https://maquinac.com/2023/02/turbinas-para-sembradoras-que-se-viene/>
"Fecha de consulta (16/05/2025)"
9. <https://m.media-amazon.com/images/I/71kiVo+RbjL.AC.SX679.jpg>
"Fecha de consulta (16/05/2025)"
10. <https://i.ebayimg.com/images/g/Z3gAAOSweDFgVpui/s-l1600.webp>
"Fecha de consulta (16/05/2025)"
11. <https://www.youtube.com/watch?v=rlGs9cNgjr8>
"Fecha de consulta (16/05/2025)"

