

PLANTHY

A smart care for a healthy plant



PLANTHY
A smart care for a healthy plant

Alejandro Vargas Pérez
Victor Loureiro Sancho
Manuel Cintero Romera
Alonso Espasandín Hernán
Giorgia Baron
Francesco Inchingolo

May 15, 2019

Contents

1	Introducción al Sistema Planthy	3
1.1	Qué es Planthy?	3
2	Arquitectura general del sistema	5
3	La importancia del NDVI: El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	7
3.1	Utilidad del NDVI en la monitorización vegetal	7
3.2	Rango de valores del NDVI	9
3.3	NDVI en mapas de colores	11
3.4	El método de medida con la cámara	12
4	Sensores y dispositivos utilizados	14
4.1	Arduino	14
4.2	Raspberry Pi	15
4.3	Sensor de humedad y temperatura	16
4.4	Sensor de luz	17
4.5	Cámara	19
4.6	Pantalla	20
5	Utilizando Planthy	22
5.1	Interfaz grafica	22
6	Implementaciones futuras	27
6.1	Bomba de agua	27
6.2	Sensor de humedad del suelo	27
6.3	Estructura de la maceta	28
6.4	Aplicación móvil	29
7	Links	30

1 Introducción al Sistema Planthy

1.1 Qué es Planthy?

Planthy es un sistema autónomo para el cuidado de las plantas.



Figure 1: Planthy

El sistema presenta las siguientes características:

- Control en tiempo real y monitorización del estado de salud para todo tipo de plantas verdes
- Esencial en ambientes con vegetación en mal estado
- Numerosas posibilidades de expansión de sensores y software según el tipo de entorno
- Fácil de usar
- No requiere ningún dispositivo wearable adicional
- Tiene un coste medio

El Sistema Planthy ofrece una herramienta útil y eficiente para cuidar la salud de las plantas. Haciendo uso de sensores de temperatura, humedad y luz, y de una cámara que capta el IR, permite la monitorización continua del estado fisiológico de la planta, pudiendo observar en tiempo real diversos

parámetros de la planta, además de un historial de dichos parámetros, de forma que puedes conocer de manera precisa el estado de salud de tu planta y así saber cuáles son sus necesidades.

Lo que hace diferente a Planthy de otros sistemas de monitorización vegetal es que proporciona el cálculo directo y en tiempo real del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index), a través de la captura y procesado de la imagen de la planta por medio de una cámara de IR. El sistema aplica la función NDVI a dicha imagen de entrada y, a continuación, utiliza un mapa de color para mostrar el resultado a través de una pantalla. Dependiendo del valor adquirido por el índice NDVI, el usuario podrá obtener de manera muy sencilla e inmediata información sobre el posible estado patológico de la planta, garantizando cuanto antes un tratamiento precoz y preventivo.

2 Arquitectura general del sistema

Para el desarrollo de este proyecto se han utilizado los siguientes elementos:

- Sensor de humedad y temperatura DHT11
- Sensor de luz TSL2591
- Placa de arduino NANO
- Raspberry Pi
- Pantalla Táctil
- PiNoir Cámara V2

La conexión esquematizada del sistema es la siguiente:

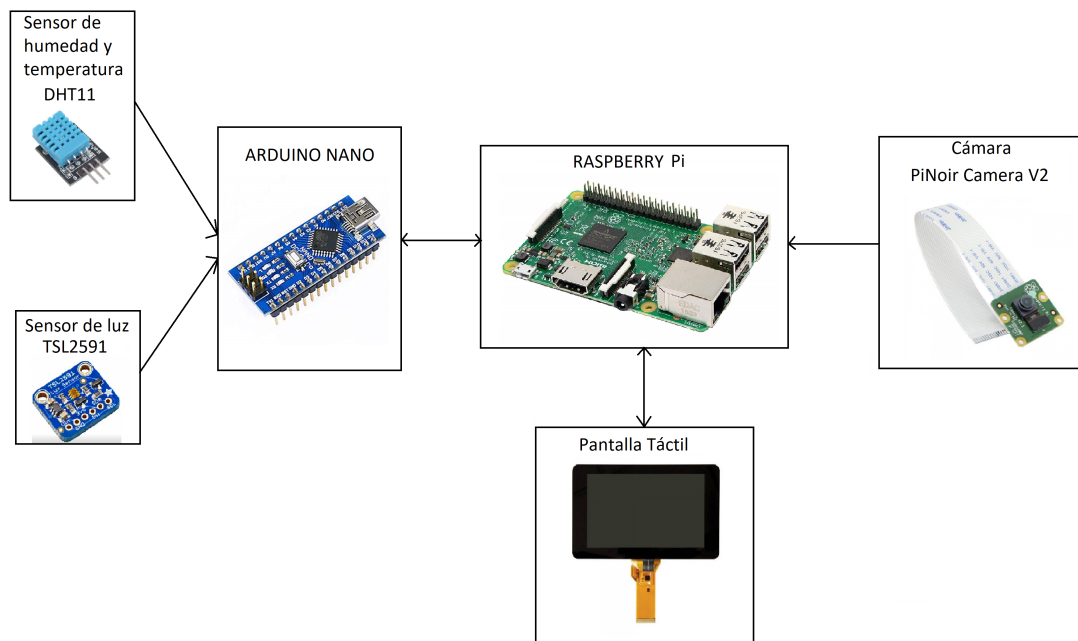


Figure 2: Arquitectura hardware del sistema

La función del sensor DHT11, es obtener los niveles de temperatura y humedad del ambiente.

El TSL2591 es el encargado de captar los niveles de luz. Ambos sensores se conectan a la placa de Arduino que está enlazada con la Raspberry Pi mediante una relación Master-Slave.

La Raspberry recibe simultáneamente las imágenes adquiridas por la PiNoir V2, extrayendo periódicamente los valores del índice NDVI, a través del análisis de los valores RGB junto con un algoritmo programado en la Raspberry.

El usuario podrá interactuar fácilmente con el sistema a través de una sencilla interfaz por medio de la pantalla táctil, pudiendo así consultar todos los datos tomados por los sensores.

La interfaz presentará varios menús, dando al usuario la posibilidad de navegar a través de distintas vistas, divididas en las siguientes secciones: ABOUT, HISTORIAL, SENSORES y CÁMARA, todas ellas presentes en la pantalla principal.

Cada elemento mencionado, así como las instrucciones para el uso correcto de la interfaz, serán descritos con más en detalle en los siguientes apartados.

3 La importancia del NDVI: El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

3.1 Utilidad del NDVI en la monitorización vegetal

Lo que más diferencia Planthy de los demás sistemas para la monitorización de las plantas es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés (Normalized Difference Vegetation Index).

El NDVI es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

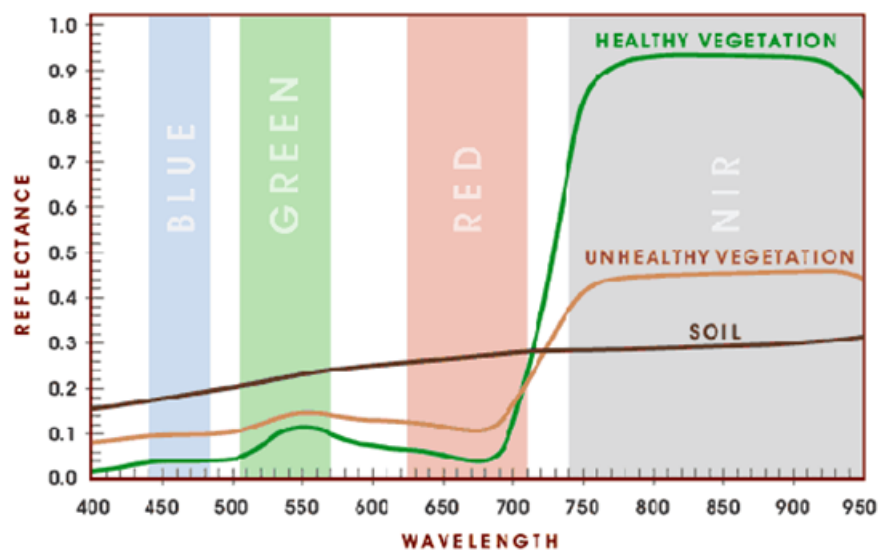


Figure 3: Diferencia entre los valores de reflectancia espectral entre una vegetación sana y una sometida a estrés hídrico.

Podemos observar en la imagen superior que en la banda infrarroja es donde podemos apreciar una mayor reflectancia de la luz, y es por esto por lo que el cálculo del NDVI se centra en dicha banda.

Para el cálculo del NDVI es necesaria además, la información que se encuentra en las bandas roja o azul de ese espectro electromagnético, combinadas según la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{VIS})}{(\text{NIR} + \text{VIS})}$$

Es decir, mediante la diferencia entre la reflectancia de las bandas infrarrojo cercano (NIR, Near Infrared Region) y visible (VIS, Visible Region, correspondiente a rojo o azul) dividido por la suma de estas dos bandas de reflectancia.

El NDVI se basa en el hecho de que las plantas verdes absorben la radiación solar en la región espectral de la radiación fotosintéticamente activa (PAR, Photosynthetically Active Radiation, con longitud de onda de 400-700 nm), que utilizan como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis. Al mismo tiempo, las células vegetales también han evolucionado de manera tal de emitir la radiación solar en la región espectral del infrarrojo cercano (que lleva aproximadamente la mitad del total de la energía solar entrante), puesto que la energía fotónica correspondiente (de 0.7 a 1.1 microm de longitud de onda) no es suficiente para la síntesis de moléculas orgánicas.

Por lo tanto, las plantas verdes aparecen relativamente oscuras en el PAR y relativamente brillantes en el infrarrojo cercano, por lo que una fuerte absorción de la planta en este último rango, resultaría en su sobrecalentamiento y dañaría los tejidos vegetales.

Por eso, resulta esencial la constante monitorización de la salud de la planta mediante el cálculo del NDVI: una planta saludable tiene una alta absorción en las longitudes de onda próximas al color azul y al color rojo. En cambio, refleja el verde y, especialmente, refleja mucho infrarrojo (NIR), detectable a través de un filtro especial:

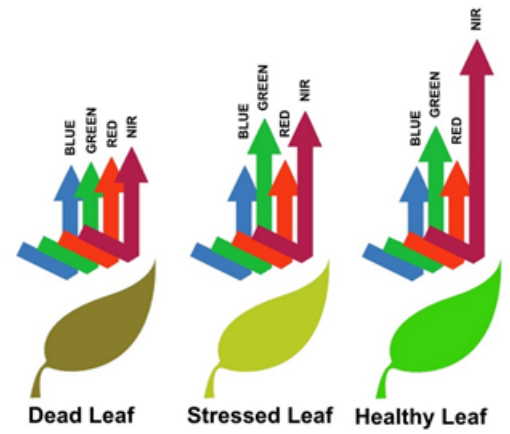


Figure 4: Diferencia entre la emisión espectral de una planta seca, estresada y sana. En particular, destaca la fuerte emisión en la región infrarroja en la hoja sana en relación a las demás.

3.2 Rango de valores del NDVI

Por su definición, el índice NDVI toma valores pertenecientes a un rango determinado: de cada valor es posible extraer información útil sobre las condiciones de salud de la planta, para asegurar el correcto aporte de nutrientes, agua y luz.

Generalmente, al índice se suele asociar una escala cromática que se usa para identificar rápidamente áreas de estrés de vegetación de las áreas vegetales vitales. Normalmente, los valores del NDVI van de +1 a -1. Los valores positivos representan una vegetación saludable, dada la mayor emisión espectral en la banda infrarroja, mientras que los valores negativos corresponden a áreas con vegetación muerta, terreno o áreas urbanas. Por lo tanto, los valores de NDVI muy bajos próximos a cero señalan un posible estrés nutricional, hídrico o bien un ataque de parásito, así que la planta puede ser tratada preventivamente. Dichos valores son resumidos en la siguiente tabla:

NDVI	INTERPRETACIÓN
0 – 0.1	Suelo
0.1 – 0.2	Cobertura vegetal casi ausente, arena, piedras, nieve
0.2 – 0.3	Cobertura vegetal muy baja, arbustos, pradera
0.3 – 0.4	Cobertura vegetal muy baja y vitalidad baja o Cobertura vegetal muy baja y vitalidad alta
0.4 – 0.5	Cobertura vegetal medio-baja y vitalidad baja o Cobertura vegetal baja y vitalidad alta
0.5 – 0.6	Cobertura vegetal media y vitalidad baja o Cobertura vegetal medio-baja y vitalidad alta
0.6 – 0.7	Cobertura vegetal medio-alta y vitalidad baja o Cobertura vegetal media y vitalidad alta
0.7 – 0.8	Cobertura vegetal alta, vitalidad alta
0.8 – 0.9	Cobertura vegetal alta, vitalidad muy alta
0.9 – 1	Cobertura vegetal total, vitalidad muy alta

Figure 5: Rango numérico del índice NDVI. En general, valores positivos de 0.5 a 0.8 indican una vegetación sana, mientras que valores negativos proceden de reflectancia por parte de áreas no vitales (nubes, nieve, áreas urbanas, agua, arena), por lo tanto no se consideran en el caso de monitorización vegetal.

Teniendo en cuenta que el filtro no es ideal, la reducida calidad de la cámara y las condiciones ambientales y de luz no óptimas, hacen que el NDVI nunca alcance el máximo de 1, sino que se queda aproximadamente en 0.8 para una vegetación visiblemente sana. Por lo tanto, es importante destacar que el sistema Planthy proporciona valores óptimos si la planta monitorizada está expuesta directamente a la luz solar.

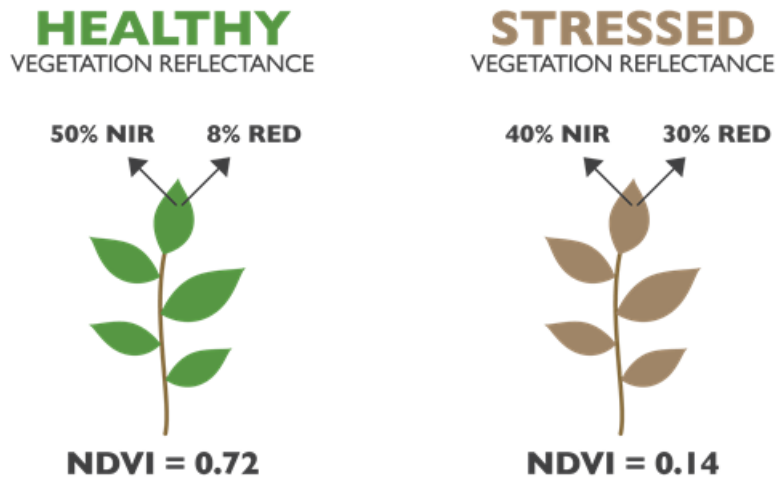


Figure 6: Diferencia de NDVI entre una planta sana y una planta sometida a estrés.

3.3 NDVI en mapas de colores

Se utiliza una cámara sensible a la radiación en la banda visible e infrarroja que toma fotos de la planta en examen (el periodo de activación puede ser establecido por el usuario). Es posible calcular al mismo tiempo los valores de reflectancia en ambas bandas y por lo tanto extraer el índice NDVI en cada zona de la imagen. Sucesivamente, el algoritmo convierte los valores numéricos en un mapa de colores, utilizando la siguiente escala cromática:



Figure 7: Correspondencia entre valores de NDVI (-1:1) y escala cromática.

Dado que valores positivos de NDVI derivan de una vegetación vital, el color rojo indicará una planta sana, mientras que colores más fríos serán índices de posible estrés vegetal.

3.4 El método de medida con la cámara

Para obtener las imágenes de la planta, el sistema Planthy emplea una cámara PiNoir, dotada de un filtro azul externo.

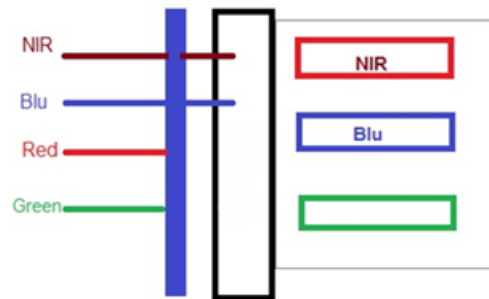


Figure 8: Esquema del módulo de la cámara PiNoir utilizada en el sistema.

Gracias al empleo de este filtro, sólo las radiaciones luminosas reflejadas por la planta y pertenecientes a las regiones espectrales infrarroja y azul (componente visible), son captadas por la cámara, permitiendo el cálculo del NDVI según la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{BLUE}}{\text{NIR} + \text{BLUE}}$$

En particular, el uso del azul como componente visible garantiza una mejor discriminación de las longitudes de onda, puesto que su localización en el espectro está bien diferenciada de la relativa a la banda infrarroja. Un ejemplo de lo que puede proporcionar Planthy puede ser observado en la siguiente imagen. El mapa de colores muestra claramente la diferencia de vitalidad de las hojas analizadas, ofreciendo al usuario una inmediata y efectiva representación gráfica que ofrece información visual sobre la salud de la planta.

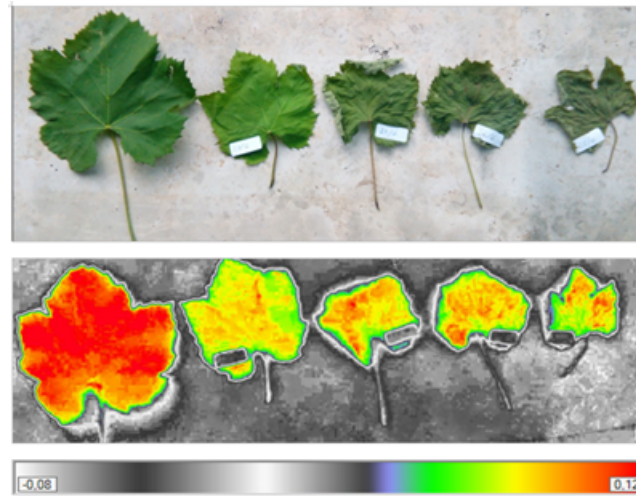


Figure 9: Análisis del mapa de colores de NDVI.

Como se ve en figura 9, de cinco hojas caracterizadas por distintos estados de salud. La primera acaba de ser arrancada del árbol y por eso se presenta como la más roja, mientras que la última a la derecha fue separada cuatro días antes y muestra solo residuos de vitalidad (manchas rojas).

Sin embargo, el sistema Planthy emplea la escala cromática al revés: una vegetación sana y vital aparecerá con tonalidades amarillas y verdes, mientras que plantas con baja vitalidad estarán caracterizadas por colores tendientes al rojo. La elección de esta escala cromática se debe al hecho de que el usuario está acostumbrado a asociar el rojo a una situación de alarma, y se han modificado de forma que la interpretación del valor del NDVI sea más fácil e inmediata.

4 Sensores y dispositivos utilizados

A continuación se muestran los sensores y dispositivos que el sistema utiliza, así cómo saber interpretar los valores que dichos sensores captan. Se indican también los valores ideales, para que la planta presente una buena salud.

4.1 Arduino

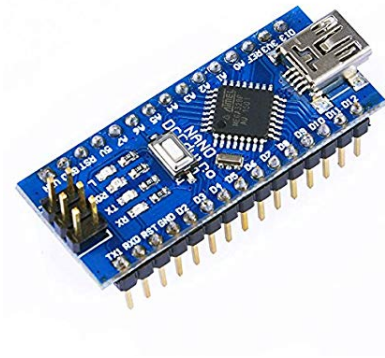


Figure 10: Arduino Nano

Se encarga del procesamiento de los datos recogidos por los sensores de temperatura, humedad y luz, y se comunica con la RaspberryPi, que será quien demande la medida de dichos parámetros al interactuar con la pantalla del sistema.

Presenta las siguientes características:

- Bajo coste (3 euros)
- Bajo consumo de energía (30mA)
- Once entradas analógicas: lo que significa, que se pueden insertar más sensores para controlar la salud de la planta, a parte de los que incorpora el sistema de serie.
- Voltaje de funcionamiento 5V
- Programable con Arduino IDE

4.2 Raspberry Pi

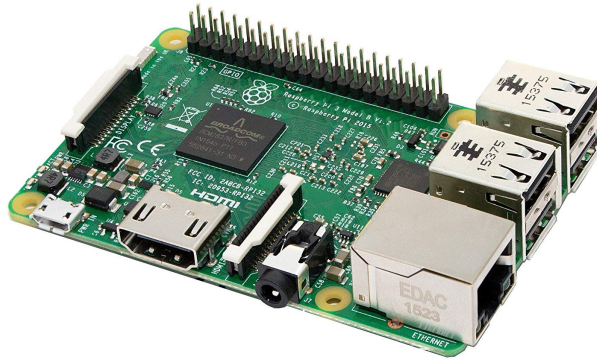


Figure 11: Raspberry Pi

Se encarga de establecer la comunicación con el Arduino para así obtener la información de los sensores y así poder mostrarla por la pantalla, que estará conectada a la placa, además de la cámara PiNoir.

Contiene un software basado en el lenguaje Processing, que lleva a cabo la creación del entorno gráfico contenido en la pantalla, además de controlar la forma en la que se interactúa con ella. Además, contiene el software que realiza el tratamiento de la imagen percibida por la cámara y el cálculo en tiempo real del índice NDVI.

- Mayor coste (mas de 30 euros)
- Consumo de energía moderado (cerca 260mA en modo inactivo)
- RAM 512 MB
- Memoria micro sd

4.3 Sensor de humedad y temperatura

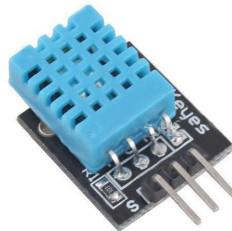


Figure 12: Sensor de humedad y temperatura DHT11

Este sensor obtiene las mediciones de temperatura y humedad ambiente en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) y en porcentaje de humedad (%), respectivamente. Tiene las siguientes características:

- Detecta la temperatura del aire, del cuerpo humano o plantas.
- Medición de baja tensión y alta precisión
- Proporciona una salida de tensión que es linealmente proporcional a la temperatura captada.
- Funciona con una tensión entre 2,7V y 5,5V
- A0 es el pin que suministra una salida de señal analógica
- Proporciona precisiones típicas de ± 2 grados $^{\circ}\text{C}$ en un rango de -40 $^{\circ}\text{C}$ a 125 $^{\circ}\text{C}$

El porcentaje idóneo de humedad variará en función de las etapas de crecimiento de la planta, pero sus valores siempre estarán en torno a los 40-70 %. Mientras que la temperatura deberá estar en torno al rango de 17 a 31 $^{\circ}\text{C}$.

4.4 Sensor de luz



Figure 13: Sensor de luz TSL2591

Este sensor se encarga de recibir la cantidad de luz que incide en la planta en unidades de iluminancia (lux). Presenta las siguientes características:

- Coste medio (a partir de 6 euros).
- Rango de detección desde 188 uLux hasta 88.000 Lux.
- Presenta diodos infrarrojos y de espectro completo, lo que significa que puede medir por separado la luz infrarroja y la luz visible.
- Consumo bajo aproximadamente 0.4mA
- Rango de temperatura de funcionamiento (-30°C a 80°C)
- Dimensiones: 19 mm x 16 mm x 1 mm / .75 "x .63" x .04 "
- Peso: 1.1 g

Algunos valores de referencia con los que comparar la salida de nuestro sensor de luz se muestran en la figura 14.

Illuminance	Example
120,000 lux	Brightest sunlight
111,000 lux	Bright sunlight
109,870 lux	AM 1.5 global solar spectrum sunlight
20,000 lux	Shade illuminated by entire clear blue sky, midday
1,000 - 2,000 lux	Typical overcast day, midday
<200 lux	Extreme of thickest storm clouds, midday
400 lux	Sunrise or sunset on a clear day (ambient illumination)
40 lux	Fully overcast, sunset/sunrise
<1 lux	Extreme of thickest storm clouds, sunset/rise

Figure 14: Correspondencia entre valores de lux y ejemplos.

Por tanto, en el sensor se obtendrán valores típicos en torno a 1,000 - 2,000 lux, que corresponden con situaciones nubosas durante el día, ya que en nuestras mediciones, nuestro sistema se encontraba en un entorno interior, donde no incide directamente la luz del sol. Para un entorno exterior, con suficiente luz, nuestro sensor percibe valores superiores a 30,000 lux.

La cantidad de luz necesaria para una correcta salud de la planta, depende del tipo de hoja, pero normalmente, los valores típicos ideales oscilan en el rango de 20,000 a 50,000 lux.

4.5 Cámara



Figure 15: Cámara PiNoir Camera V2

- Coste elevado (desde 30 euros).
- Resolución: 8-megapixels.
- Conexión con la Raspberry Pi a través del pin 15.
- Rango de temperatura de funcionamiento (-20^o a 60^o).
- Sensor de imagen Sony IMX 219 PQ CMOS. Se trata de un sensor de imagen en un módulo de enfoque fijo con IR.
- Tamaño de la lente 1/4".
- Dimensiones 23.86 x 25 x 9mm.
- Peso 3g.

NOTA: La cámara Pi NoIR es sensible a la radiación infrarroja de onda corta (alrededor de 880nm) y requiere iluminación IR para ver en la oscuridad.

4.6 Pantalla

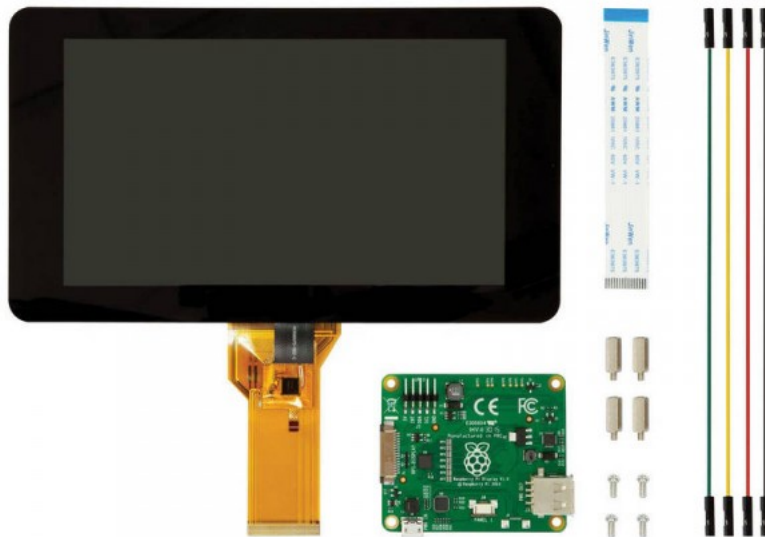


Figure 16: Pantalla Táctil

- Coste elevado (a partir de 80 euros).
- Pantalla RGB 800 x 480 a 60 fps.
- Color de 24 bits.
- No presenta interferencias electrónicas.
- Configuración de la pantalla táctil: La pantalla LCD ya está montada en una placa de conversión de display que dispone de un conector FDC de 15 vías. El conector se conecta a su Raspberry Pi mediante el conector de display (DSI) solo.

- Alimentación de la pantalla táctil:
 - Fuente de alimentación uUSB independiente (al menos de 500mA)
 - Conectando una fuente de alimentación Pi (8226373) al conector "PWR IN" del display y conectando un conector uUSB desde el conector "PWR OUT" a Raspberry Pi.
 - Conexiones de puente GPIO

NOTA: El software de desarrollo de la pantalla táctil Kivy está disponible en: <http://kivy.org/docs/installation/installation-rpi.html>

5 Utilizando Planthy

5.1 Interfaz grafica



Figure 17: Pantalla de bienvenida de la interfaz.

La imagen mostrada corresponde con un screenshot de la pantalla de bienvenida de la interfaz de Planthy. Desde esta pantalla, el usuario podrá navegar por las distintas vistas (ABOUT, HISTORIAL, SENSORES, CAMARA)

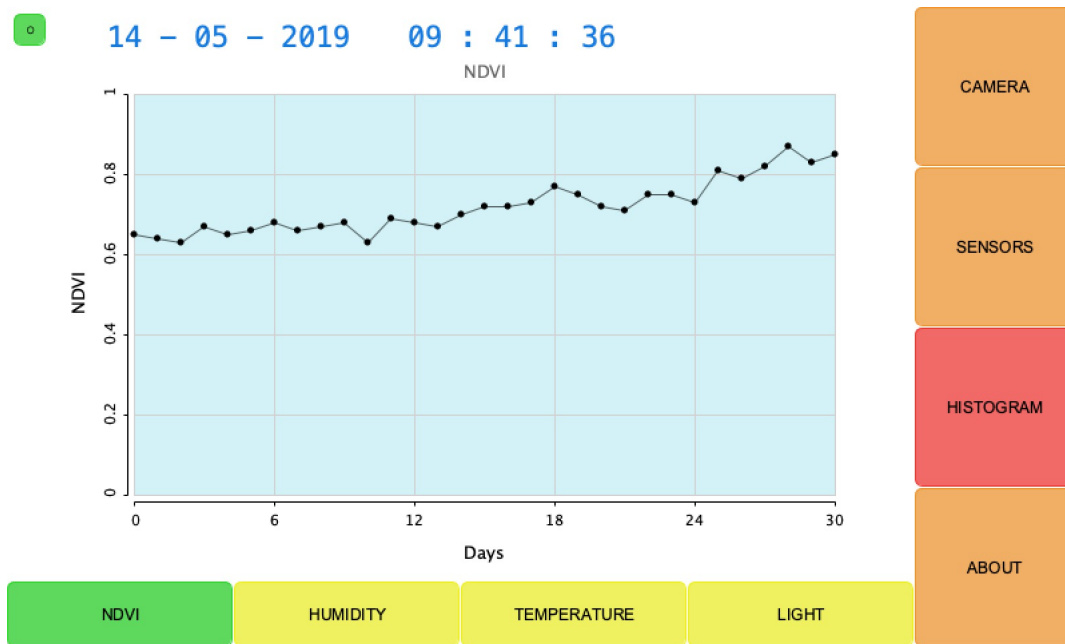


Figure 18: Historial de NDVI

Haciendo clic en el botón de HISTOGRAM, el usuario accederá a la vista mostrada en la imagen superior. Desde esta vista, el usuario puede obtener información de los distintos sensores (HUMIDITY, TEMPERATURE Y LIGHT) presionando sobre sus correspondientes botones en la parte inferior de la pantalla. Una vez que ha presionado el botón del sensor que se quiere consultar (figura 22), donde se puede consultar los datos desde el último mes, hasta las últimas 24 horas (figuras 19). También se le da la posibilidad de consultar los valores del NDVI(figura 18).

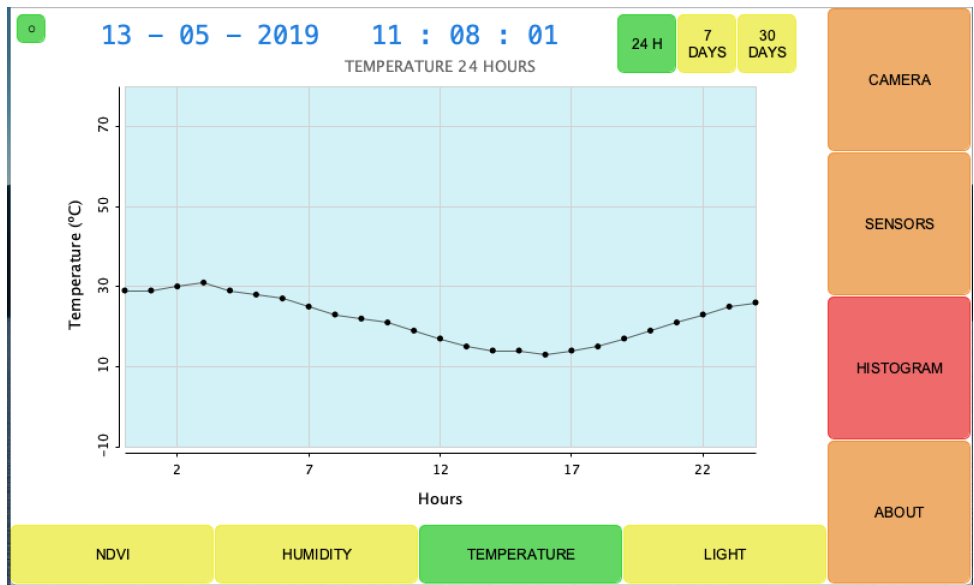


Figure 19: Historial de la temperatura

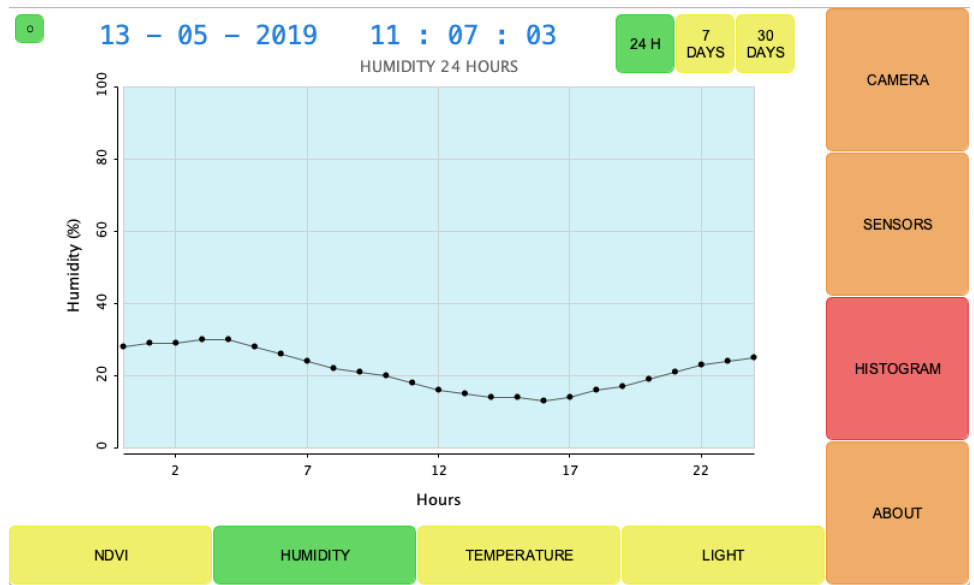


Figure 20: Historial de la humedad

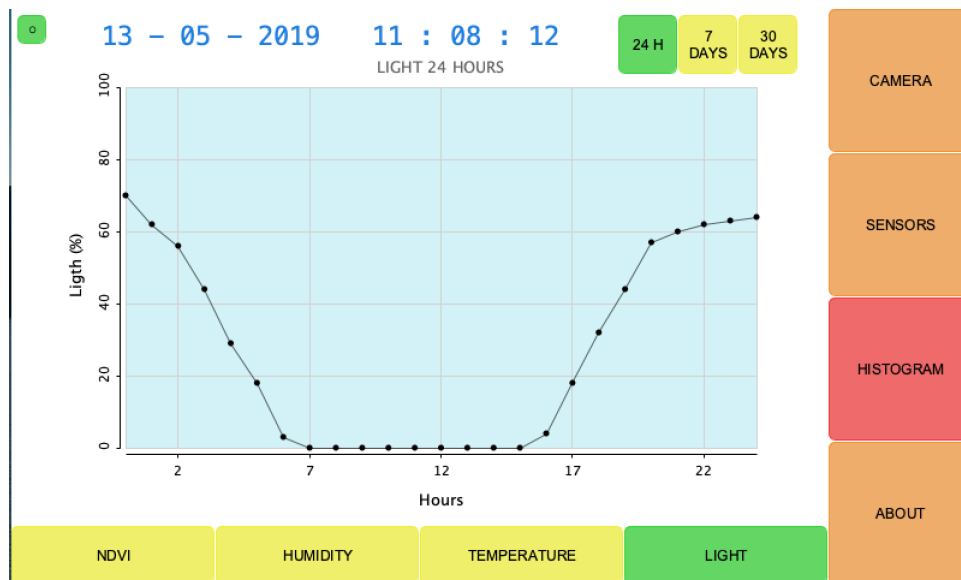


Figure 21: Historial de los valore de luz

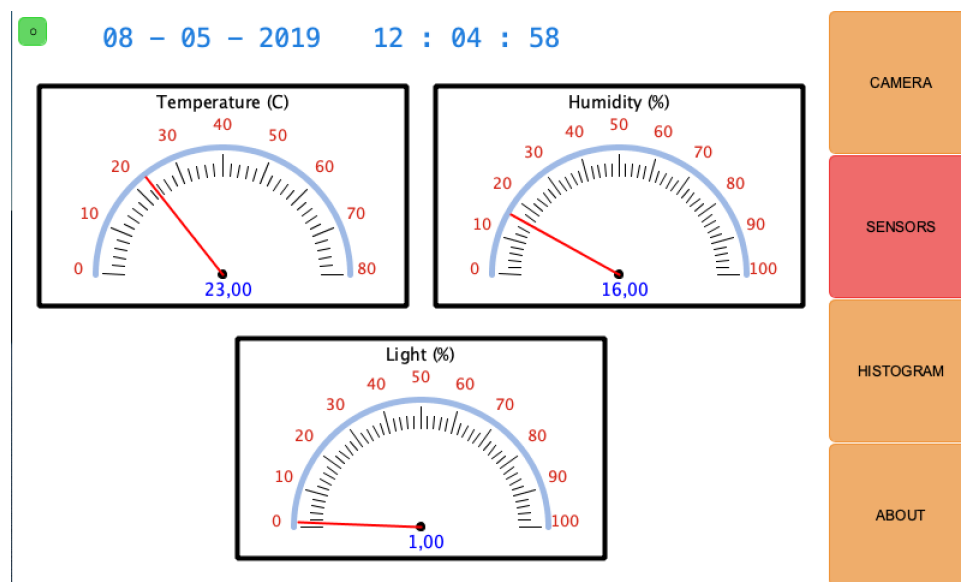


Figure 22: Vista de los sensores

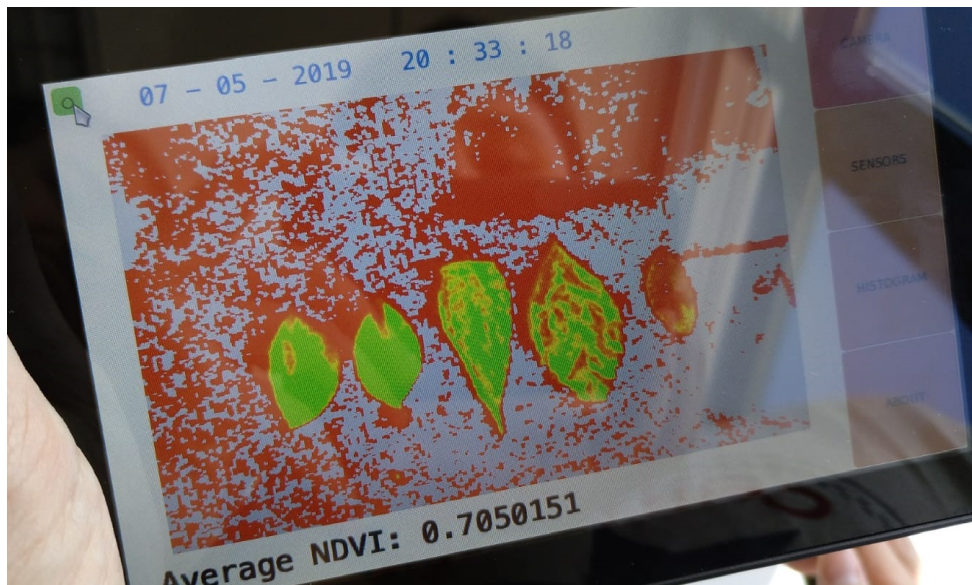


Figure 23: Activación de la cámara



Figure 24: Créditos

6 Implementaciones futuras

Se muestra a continuación una serie de posibles implementaciones, para mejorar el funcionamiento del sistema y automatizarlo todo lo que se pueda. Tenga en cuenta que el sistema Planthy, tal como está diseñado, puede controlar la salud de una planta. Este aspecto se puede mejorar fácilmente aumentando el número de plantas monitorizadas. Considere, por ejemplo, un invernadero donde hay cientos de plantas: dado que el sistema Planthy es escalable, aumentando el número de sensores, no sería un problema monitorizar todas las plantas.

6.1 Bomba de agua

El fin de implementar una bomba de agua es únicamente automatizar el riego, de tal forma que cuando los sensores de humedad incorporados en Planthy, tengan un rango demasiado bajos como para preocuparnos, dicha bomba se activará proporcionando agua a la planta. Para dicha implementación se propone la siguiente bomba de agua:



Figure 25: Bomba de agua

6.2 Sensor de humedad del suelo

Otro sensor con el que sería posible equipar el sistema Planthy, es el relativo a la humedad de la tierra (Figura 27). Podría ser interesante evaluar el estado de salud de una planta considerando la condición de humedad de la tierra en la que se encuentra la planta.



Figure 26: Sensor de humedad del suelo

6.3 Estructura de la maceta

Con el fin de mantener la cámara y la pantalla táctil estable, se propone la implementación de una estructura, para dar conformidad y que los cálculos así sean más exactos. Se muestra a continuación un prototipo de lo ideado:

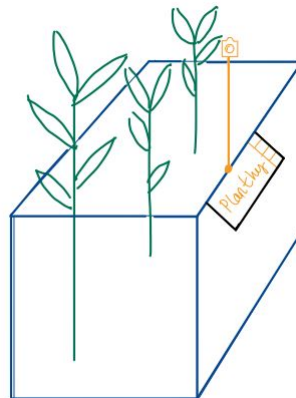


Figure 27: Prototipo

Se trata de un prototipo sencillo en donde la pantalla iría incrustada en una de las paredes de la estructura y de donde saldría la cámara que presentaría una visión global de todas las plantas para el análisis de datos.

6.4 Aplicación móvil

Por último, sería posible remplazar la pantalla táctil por una aplicación móvil, que avise al usuario con antelación sobre posibles valores anómalos, para que esté atento. Esta solución reduciría mucho los costes para la implementación del prototipo, ya que supondría emplear directamente el móvil del usuario evitando la introducción de la pantalla en el sistema.

7 Links

<https://www.instructables.com/id/DIY-Smart-Plant-pot/>

<https://www.instructables.com/id/Smart-Plant/>

<https://www.agromatica.es/indices-de-vegetacion/>

<https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>

<http://physicsopenlab.org/2017/01/30/ndvi-index/>

<https://publiclab.org/wiki/near-infrared-camera>

<https://www.richardmudhar.com/blog/2015/07/using-near-ir-to-look-for-photosynthesis-and-plant-health-with-ndvi/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Daylight>

List of Figures

1	Planthy	3
2	Arquitectura hardware del sistema	5
3	Diferencia entre los valores de reflectancia espectral entre una vegetación sana y una sometida a estrés hídrico.	7
4	Diferencia entre la emisión espectral de una planta seca, estresada y sana. En particular, destaca la fuerte emisión en la región infrarroja en la hoja sana en relación a las demás. . . .	9
5	Rango numérico del índice NDVI. En general, valores positivos de 0.5 a 0.8 indican una vegetación sana, mientras que valores negativos proceden de reflectancia por parte de áreas no vitales (nubes, nieve, áreas urbanas, agua, arena), por lo tanto no se consideran en el caso de monitorización vegetal.	10
6	Diferencia de NDVI entre una planta sana y una planta sometida a estrés.	11
7	Correspondencia entre valores de NDVI (-1:1) y escala cromática.	11
8	Esquema del módulo de la cámara PiNoir utilizada en el sistema.	12
9	Análisis del mapa de colores de NDVI.	13
10	Arduino Nano	14
11	Raspberry Pi	15
12	Sensor de humedad y temperatura DHT11	16
13	Sensor de luz TSL2591	17
14	Correspondencia entre valores de lux y ejemplos.	18
15	Cámara PiNoir Camera V2	19
16	Pantalla Táctil	20
17	Pantalla de bienvenida de la interfaz.	22
18	Historial de NDVI	23
19	Historial de la temperatura	24
20	Historial de la humedad	24
21	Historial de los valores de luz	25
22	Vista de los sensores	25
23	Activación de la cámara	26
24	Créditos	26
25	Bomba de agua	27
26	Sensor de humedad del suelo	28
27	Prototipo	28