|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 252233-FITOSMART: PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE FITOMONITORIZACIÓN DE CULTIVO HIDROPÓNICO UTILIZANDO CÓMPUTO SENSIBLE AL CONTEXTO Y TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL  (Tercera Etapa) | | Programa de Estímulos a la Innovación  2018 |
| **AN\_R7\_EspReq\_PrototipoFitotron** | *Este documento muestra la estructura del Fitotrón que es la implementación y construcción del invernado para el cultivo adecuado de las plantas mediante la utilización de los módulos de adquisición de datos.* | |

CONTENIDO

[I. INTRODUCCIÓN 1](#_Toc519340015)

[II. Funcionalidad 1](#_Toc519340016)

[III. Modulos del fitotron 2](#_Toc519340017)

[A. Módulo Concentrador y Procesador 2](#_Toc519340018)

[B. Módulo Control Nivel 2](#_Toc519340019)

[C. Módulo Monitoreo Ambiente 2](#_Toc519340020)

[D. Módulo Monitoreo Nutriente 2](#_Toc519340021)

[E. Recomendaciones de la instalación en el Fitotrón 3](#_Toc519340022)

[IV. INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO 4](#_Toc519340023)

[V. Confiabiliad 5](#_Toc519340024)

[VI. Eficiencia 6](#_Toc519340025)

[VII. Desempeño 6](#_Toc519340026)

[VIII. Mantenimeinto 6](#_Toc519340027)

[IX. Restricciones de diseño y construcción 6](#_Toc519340028)

[X. Legales y reglamentos 6](#_Toc519340029)

# INTRODUCCIÓN

En este documento se tiene como objetivo mostrar la recopilación de los requisitos que se necesitan, ya sean funcionales o no funcionales, e identificar cada componente electrónico necesario para construir el Fitotrón. El prototipo está conformado por un módulo maestro denominado como Módulo Concentrador y Procesador, el cual a su vez cuenta con 3 módulos clientes para monitorear y/o controlar las variables a considerar dentro del Fitotrón; Estos módulos son: Módulo Control Nivel, Módulo Monitoreo Ambiente y Módulo Monitoreo Nutriente. Las variables a considerar por estos módulos son: Temperatura ambiental, temperatura de la solución nutritiva, temperatura interna, humedad, iluminación, altitud, presión atmosférica, conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno (pH) y dióxido de carbono (CO2); además de tener actuadores para controlar las bombas o dispositivos de 127Vca. La medición de tales variables se realiza a través de dispositivos electrónicos como sensores, componentes pasivos y desarrollando tarjetas electrónicas que serán base para tarjetas ya existentes como NodeMCU y Raspberry Pi 3.

También se explica detalladamente la implementación estructural del invernadero hidropónico, usando tubos de PVC, entre otros artículos necesarios para ubicar correctamente las plantas, así como la bomba para crear el flujo del líquido y entre otros parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del Fitotrón; todo esto a fin de alcanzar el objetivo del proyecto “**FitoSmart: Plataforma tecnológica de Fitomonitorización de cultivo hidropónico utilizando Cómputo Sensible al Contexto y técnicas de Inteligencia Artificial.**”.

# Funcionalidad

La elaboración e implementación del Fitotrón ofrece un registro de las variables almacenadas en un servidor denominado plataforma web “Fito Smart”, desde la cual se podrá tener acceso a los datos obtenidos. La obtención de esos datos es a través de un protocolo de comunicación entre el módulo servidor del Fitotrón y sus módulos clientes. Las variables consideradas para analizar sus datos son:

* Temperatura ambiental (°C).
* Temperatura de la solución nutritiva (°C).
* Temperatura interna (°C).
* Humedad (%).
* Altitud (m).
* Presión atmosférica (hPa).
* Iluminación (lúmenes).
* Conductividad eléctrica (S).
* Potencial de hidrogeno (pH).
* Dióxido de carbono (ppm).
* Nivel de solución nutritiva (cm).
* Distancia/nivel del cultivo al suelo (cm).

Además de peticiones de usuario para ciertos ajustes:

* Control On/Off para las bombas.
* Control On/Off para 127Vca.

# Modulos del fitotron

El Fitotrón cuenta con 4 módulos, siendo uno de ellos el módulo servidor y los 3 restantes los clientes. Abajo se enlistan las tareas de cada módulo a fin de monitorear las variables necesarias dentro del Fitotrón.

## **Módulo Concentrador y Procesador**

Este módulo es el servidor, construido a partir de una Raspberry Pi 3, básicamente sus principales funciones son:

* Recibir datos de las variables medidas por los módulos clientes.
* Enviar instrucciones a los módulos que contengan actuadores.
* Enviar la información recibida de los módulos clientes a la plataforma web *Fito Smart*.
* Recibir las instrucciones desde la plataforma web *Fito Smart*.

## **Módulo Control Nivel**

Este módulo cliente tiene una comunicación Wi-Fi con el módulo servidor, a fin de realizar el intercambio de datos. Para poder realizar esa conexión, este módulo está construido a partir de un NodeMCU; este elemento cuenta con un dispositivo que le permite establecer conexiones mediante Wi-Fi. Las tareas de este módulo son:

* Medición del nivel de la solución nutritiva en los 3 contenedores (cm).
* Encendido y apagado de las 3 bombas.

## **Módulo Monitoreo Ambiente**

Este módulo cliente está construido en base a un NodeMCU, teniendo así una conexión Wi-Fi con el servidor. Existen 3 Módulos Monitoreo Ambiente. Las tareas de este módulo son las siguientes:

* Medición de la temperatura ambiental (°C).
* Medición de la temperatura de la solución nutritiva (°C).
* Medición de humedad relativa (%).
* Medición de iluminación, lúmenes (lx).
* Medición de altitud (sobre nivel del mar) (m).
* Medición de presión atmosférica (hPa).
* Medición de temperatura interna (°C).
* Medición de altura/nivel del cultivo (cm).
* Control On/Off para 127Vca.

## **Módulo Monitoreo Nutriente**

Este módulo cliente también tiene una comunicación Wi-Fi usando un NodeMCU. Sus tareas son:

* Medición del potencial de hidrógeno de la solución nutritiva (pH).
* Medición de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva (mS/cm).
* Medición del dióxido de carbono dentro del invernadero (CO2) (ppm).
* Medición de la temperatura de la solución nutritiva (°C), para compensación por temperatura.
* Control On/Off para 127Vca.

## **Recomendaciones de la instalación en el Fitotrón**

Algunas características importantes en el entorno del Fitotrón se describen en la Tabla I, donde se muestran algunas tareas necesarias para la organización de la estructura de los componentes electrónicos, así como los materiales de construcción para el invernadero.

Tabla Características de los parámetros esperados en el Fitotrón.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Identificador** | **Descripción del requisito** | **Prioridad (Alta, Mediana, Baja)** |
| RQFEP001 | Monitorear la temperatura ambiental dentro del Fitotrón. El valor ideal de temperatura se determina según el tipo de planta que se cultive. | Alta |
| RQFEP002 | Monitorear la temperatura de la solución nutritiva. | Alta |
| RQFEP003 | Monitorear la humedad relativa en la cámara, ya que las plantas saludables transpiran grandes cantidades de agua en forma de humedad relativa y en niveles muy altos puede afectar en la salud de los cultivos con enfermedades. | Alta |
| RQFEP004 | Monitorear la iluminación dentro de la cámara, pues esta afecta mucho en el desarrollo del cultivo. | Alta |
| RQFEP005 | Monitorear la altura del cultivo, ya que a mayor distancia, menor cantidad de lúmenes estará recibiendo la planta. | Alta |
| RQFEP006 | Monitorear la altitud sobre el nivel del mar. | Alta |
| RQFEP007 | Monitorear la presión atmosférica. | Alta |
| RQFEP008 | Monitorear la temperatura interna. | Alta |
| RQFEP009 | Tener controles On/Off disponibles para 127Vca. | Mediana |
| RQFEP010 | Monitorear la conductividad eléctrica *(CE)* de la solución nutritiva*.* Ya que esta sirve como un estimador de la concentración de sales disueltas en el agua, evaluando la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Esto es fundamental pues las raíces utilizan estas cargas para tomar los elementos. | Alta |
| RQFEP011 | Monitorear el pH de la solución nutritiva. El pH se define como la concentración de *iones de Hidrogeno (H+)* los cuales determinan el grado de acidez, basicidad y alcalinidad de una solución. El pH en la hidroponía está directamente relacionado con la solución nutritiva, es decir tiene disponibles los elementos facilitando su absorción  evitando el estrés o desgaste al cultivo. | Alta |
| RQFEP012 | Monitorear el dióxido de carbono (CO2) dentro de la cámara del Fitotrón. El dióxido de carbono es uno de los elementos necesarios para mantener vivas a las plantas. En la fotosíntesis, las plantas usan CO2 para convertirlo en carbohidratos, liberando oxígeno en el proceso. | Alta |
| RQFEP013 | Controlar el flujo de la solución nutritiva mediante el encendido y apagado de las bombas, teniendo un control para cada bomba pero logrando también un control en conjunto cuando se requiera. | Alta |
| RQFEP014 | Monitorear el nivel de la solución nutritiva en cada recipiente. | Alta |
| RQFEP015 | Las especificaciones y lineamientos de carácter técnico para las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, con el objetivo de ofrecer condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:   * Las descargas eléctricas * Los efectos térmicos de calentamientos. * Los picos de corrientes y voltajes en la línea de suministro eléctrico. * Las corrientes de falla a tierra. * Las sobretensiones. | Alta |
| RQFEP016 | Sistema de riego hidropónico *NFT (Nutrient Film Technique)* que, traducido al español significa "la técnica de la película de nutriente", es el sistema hidropónico recirculante más usado para la producción de cultivos en el mundo. En el cual existe un ahorro significativo en solución nutritiva y en agua, acelera y facilita el tiempo de cosecha. | Alta |
| RQFEP017 | Distribución de plantas en “vectores de cultivo”. Siendo en total 270 plantas, estas se encontrarán organizadas en vectores cada uno conteniendo 45 plantas, teniendo un total de 6 vectores de cultivo y agrupados en pares. | Alta |

# INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

Una interfaz gráfica de usuario (GUI), es necesaria para facilitar la interacción del usuario con los valores de los sensores localizados en el Fitotrón. A través de una app gráfica, el usuario puede acceder a la información almacenada correspondiente a los parámetros, seleccionando el botón indicado según la variable deseada.

**Módulo de cómputo sensible al contexto (CSC)**

Usando una pantalla táctil de 3.5 pulgadas se logra observar los parámetros de los diferentes sensores, siendo esta pantalla un módulo de la Raspberry Pi 3. Se creó una interfaz mediante la librería tkinter con lo cual, el usuario puede monitorear las variables como se observa en la Fig.2. con el uso de la interfaz mediante el módulo CSC.

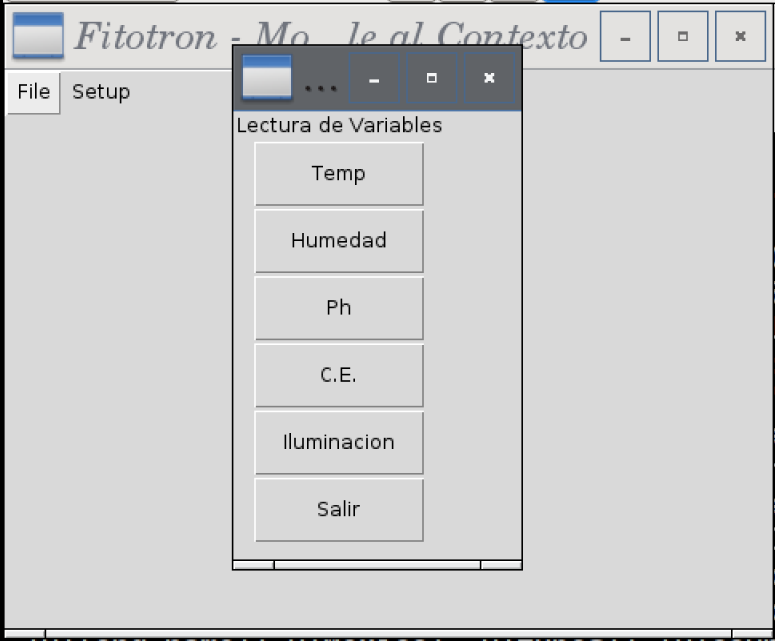


Fig. 2 interfaz requerida para la adquisición de variables

Con esta aplicación solo se pueden observar los datos, pero usando la app del módulo de adquisición de imágenes, estos ya almacenados se mandan a la plataforma FitoSmart para su posterior procesamiento de imágenes y análisis de datos para obtención de un grafica de interpretación del crecimiento del cultivo de lechugas ubicadas en el Fitotrón. En la Tabla 2, se muestran los requerimientos para la interfaz gráfica.

Tabla II Requerimientos de la interfaz de usuario

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Identificador** | **Descripción del requisito** | **Prioridad (Alta, Mediana, Baja)** |
| RQFEP001 | El Módulo concentrado y Procesador tendrá acceso a internet, para poder enviar la información obtenida a la plataforma FitoSmart. | Alta |
| RQFEP002 | La utilización de una pantalla táctil de 3.5 pulgadas es esencial para la comunicación del usuario con las opciones permitidas en el módulo de computo sensible al contexto (CSC). | Alta |
| RQFEP003 | Los parámetros de los sensores obtenidos se mostraran al usuario sin importar el tipo de estos ya que se enviaran y se clasificaran según sus condiciones de software desarrollados por los ingeniero de la empresa Kubeet S. de R.L de C.V. | Media |
| RQFEP004 | La apariencia de la interfaz puede variar por ajustes estéticos desarrollados por la empresa con l finalidad de presentar los resultados de una manera más accesible. | Media |

# Confiabiliad

La construcción de este sistema de control conformado por los módulos servidor y clientes, y su modo de comunicación e intercambio de datos, facilitará la obtención o control de los parámetros que se mencionaron previamente. Todo ello con el objetivo de lograr enviar esa información a la plataforma Fito Smart.

Los módulos que conforman al Fitotrón, estarán adaptados en gabinetes hechos a la medida para proteger a las tarjetas de factores que puedan deteriorarlas, como los niveles de humedad, temperatura y posibles salpicaduras de agua que se producirán dentro de la cámara del Fitotrón. A su vez, las conexiones físicas que existan, ya sea para alimentación de los módulos o comunicación, deberán estar protegidos contra posibles chorros de agua directa e indirectamente, a fin de evitar el deterioro por oxidación o daños por cortocircuito.

# Eficiencia

El Fitotrón será capaz de ofrecer al usuario la información necesaria del cultivo monitoreado en el interior de la cámara, a través de una interfaz de usuario facilitando el acceso a cada variable ambiental con su respectiva unidad de medición. También el usuario podrá controlar ciertos aspectos del Fitotrón, como el flujo de la solución nutritiva para poder tener un ambiente controlado y favorable para el cultivo.

# Desempeño

El desempeño del Fitotrón está asociado a la cantidad de plantas en el interior de la cámara, ya que, si se tiene una cantidad mayor de plantas, los valores de las variables del ambiente se verán afectados y los niveles programados de las variables se tendrán que ajustar, para poder soportar un número mayor de plantas. En este caso, el diseño del Fitotrón albergará un total de 270 plantas en el interior del invernadero, teniendo éste un área determinada de 3 x 10 metros. Esas plantas estarán distribuidas en “vectores de cultivo”, cada uno de 9 metros de longitud conteniendo 45 plantas y agrupados en pares, siendo en total 6 vectores de cultivo.

# Mantenimeinto

La construcción del Fitotrón permite tener fácil acceso a los componentes electrónicos y sensores, para lograr un reemplazo fácil y sencillo, al punto de que el usuario con ayuda del manual pueda realizar la sustitución de algunos componentes si es que llegara a ser necesario.

# Restricciones de diseño y construcción

Las variables de las cuáles se hace medición dentro del Fitotrón, pueden verse afectadas por las condiciones ambientales del exterior. Esta es una de las restricciones de la construcción del Fitotrón, pero tomado en cuenta para poder mejorarse en una siguiente etapa, la cual consistirá en cubrir las paredes de la cámara con un material especial para poder aislar las diferentes condiciones climáticas ya sean externas o internas; una opción que podría lograr esto, es usar láminas de poliuretano, colocándolas en las paredes de la cámara del Fitotrón.

# Legales y reglamentos

La construcción del prototipo del Fitotrón, estará apegado a las actividades marcadas en documentos anteriores, a fin de lograr un producto de calidad. Cabe mencionar que las herramientas y componentes de hardware y software utilizados para el desarrollo del Fitotrón son de código abierto. A continuación, se enlistan:

* Sistema Operativo Linux (distribución Raspbian para Raspberry).
* Lenguaje de Programación Python.
* Entorno de programación IDE Arduino.
* Lenguaje de programación C y C++.
* Librerías específicas para el correcto funcionamiento de los sensores.
* Red de área local.
* El Fitotrón será desarrollado por la empresa KUBEET, S. DE R.L. DE C.V.