

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL DE CÓRDOBA

Cátedra de Proyecto Final

Tesis de Grado

“Carpeta de campo.”

Castro, Franco	67432
Cussa, Mayco	66871
Navarro, Facundo	63809
Nobile, Jonathan	69325

Docentes:
Ing. Encina, Lucas
Ing. Galleguillo, Juan Cayetano del Corazón
Ing. Gaydou, David

29 de junio de 2021

Índice

1. Mayo 2021	2
2. Junio 2021	4
3. Julio 2021	8
4. Protocolo de calibración	8
4.1. Elementos necesarios	8
4.2. Procedimiento	9
4.2.1. Preparación de la muestra	9
4.2.2. Secado	10
4.2.3. Calibración	11
4.2.4. Sub-muestra	14
4.2.5. Cálculo y resultados	14
4.3. Cálculos	15
5. Enlaces de interés.	16

1. Mayo 2021

Lunes 24/05/21

- Reunion para ver estrategias Agiles, Scrum.

Martes 25/05/21

- Prueba Micropython en ESP32. **Descartado**, falta de soporte. Pudimos cargar los ejemplos de los programas basicis (blinky, leer puerto serie, i2c scan), pero vemos que hay pocas librerias desarrolladas para upython y upip.
 - uPython.
 - Tutorial uPython en ESP32.
 - Tutorial uPython en ESP8266.
- Se investiga sobre sensores usados en la industria
 - Algunos de los mas usados son los de 'Meter Enviroment'
 - Los modelos de la línea TEROS y ECH20 serían los mas adecuados para nuestra aplicación.
 - Su costo va desde los USD 80 a USD 200.

Miércoles 26/05/21

- Prueba Libreria de sensor SHT (SHT-Esp32) en Heltec Lora ESP32 v2, **no funciona** en esta placa.
- Prueba Libreria de sensor SHT (SHT-Esp32) en placa Arduino Uno, **funciona correctamente**.
 - Libreria SHT1x-ESP
- Prueba MQTT entre Heltec Lora-ESP32 y Raspberry pi 3b+ (funciona)
- Se busca información en general sobre mediciones de humedad, protocolos de calibración y tipos de sensores. Se encuentran dos documentos que describen los pasos correctos para la instalación de sensores y señalan diversos métodos de calibración.
 - Webinario: Soil Moisture 201: Water Content Measurements, Methods, and Applications

Jueves 27/05/21

- Prueba Libreria de sensor SHT (SHT-Esp32) en NodeMCUv1 basado en ESP8266, **funciona correctamente**.
 - Libreria SHT1x-ESP
- Prueba MQTT entre Heltec Lora-ESP32 y Raspberry pi 3b+ con envió de datos, fallas en puerto de com 1883
- Se buscan fórmulas que nos permitan comprobar el correcto funcionamiento del sensor. Se encuentran muchas formas de medir la humedad, por lo que vamos a tener que probarlas respecto de nuestro sensor para ver cuál se adapta mejor.
- Se encuentra un seminario sobre mediciones de humedad en suelo.

Viernes 28/05/21

- Determinación de sensor SHT30 compra para actualizar el SHT11
- **Compra 2 Sensores SHT30, MUX I2C TCA9548a**

Sábado 29/05/21 y Domingo 30/05/21

- Día Libre.

Lunes 31/05/21

- Reunión para organizar la semana, hasta que vengan los sensores vamos a avanzar en el web server y en los procedimientos de calibración para los sensores.
- Prueba de MQTT + ESP32 (**Andando!**)
 - ESP8266, node-red, MQTT
 - Node-RED y RPi
 - MQTT, ESP8266, RPi

2. Junio 2021

Martes 01/06/21

- MQTT ESP32 y Raspberry Pi 3B+ en script "Python"
 - Tutorial MQTT ESP8266 + Raspberry pi

Miércoles 02/06/21

- Prueba de servidor publico, web server nginx, DDNS publico de **No-IP**, se abrieron los puertos del router 80 y se asigno una ip fija (192.168.1.100) a la RPi.
 - Pagina de prueba
- Se buscan materiales necesarios para calibración de sensores.

Jueves 03/06/21

- Prueba de framework Flask, en conjunto con el Web Server Nginx, y como herramienta de deployment Gunicorn, ya que por si solo flask sirve para ejecutar de forma local y no está orientado a usuarios multiples.
 - Nginx + Flask + Gunicorn
 - Nginx + Flask + Gunicorn
 - Nginx + Flask + Gunicorn
- Prueba de comunicacion MQTT desde la ESP a la Rpi3 e intentamos presentar esa información a través de flask a una pagina web local en html.
 - MQTT + Esp32 + Http + WebSockets
 - Instalación de Flask

Viernes 04/06/21

- Dia Libre.

Sábado 05/06/21

- Dia Libre.

Domingo 06/06/21

- Dia Libre.

Lunes 07/06/21

- Pruebas de servidores libres usando SQLite HTML HTTP
- Se comienza el proceso de pruebas para la calibración de sensores.
 - Se definen los volúmenes a ensayar.
 - Se desarrolla un código de prueba.
 - Se comprueba el funcionamiento de los sensores.

Martes 08/06/21

- Envío de sensor de humedad/temperatura sht3x por parte de proveedor
- Pruebas de servidores, alternativas y variantes

Miércoles 09/06/21

- Cambio de enfoque prueba enviando datos (sensor de distancia HC-SR04) por MQTT desde ESP32 a raspberry y desde raspberry a servidor Thinkspeak.com (exitoso)
- Se consigue una balanza para realizar pruebas basadas en el método directo gravimétrico para mediciones de humedad de suelo.

Jueves 10/06/21

- Actualización de códigos en plataformas y organización de documentos.

Viernes 11/06/21

- Reunión nuevos avances y propuesta de primer visado para la fecha 2/7/21

Sábado 12/06/21

- Día libre

Domingo 13/06/21

- Día libre

Lunes 14/06/21

- Llega el producto "teclado matricial 4x4 de Membrana", Know how, Optimización de GPIO y adquisición de datos.
- Se realizan mediciones de valores extremos del sensor para trazar la curva de respuesta.
 - Se emplea balanza para pesar tierra para lecturas cercanas a 100 % de humedad.
 - Se la seca en horno por 4 horas.
 - Se deja enfriar por 2 horas.
 - Se mide humedad para corroborar valores cercanos a 0 %.
 - Se pesa nuevamente para ver el peso de agua evaporado.

Martes 15/06/21

- Diseño 3D de soporte para teclado en gabinete.

Miércoles 16/06/21

- Se realizan nuevas mediciones para la calibración de sensores con el fin de eliminar errores en el proceso.

Jueves 17/06/21

- Se continua el proceso de calibración, incorporando el riego para observar valores intermedios en la escala de medición.

Viernes 18/06/21

- Llega pantalla de 7 pulgadas para display de gabinete.

Sábado 19/06/21

- Reunión para evaluar avances y verificar pendientes para primer visado.
- Se comprueba correcto funcionamiento de la pantalla.

Domingo 20/06/21

- Día libre

Lunes 21/06/21

- Primera aproximación de posible firmware final, con entorno de desarrollo InfluxDB, Telegraf y Grafana.
 - Tutorial Grafana RPi 3B+.

Martes 22/06/21

- Prueba de botón en Grafana, para comunicación HTTP POST.
 - Botón Grafana - Plugin Oficial.

Miércoles 23/06/21

- Montaje de servidor nodejs para recibir los comandos POST.
 - Servidor nodejs.
- Problema de comunicación por seguridad CORS (Intercambio de Recursos de Origen Cruzado).
 - CORS Mozilla.

Jueves 24/06/21

- Analisis y estudio de migrar el sistema a Home Assistant.
 - Instalación Home Assistant Raspberry Pi.

Viernes 25/06/21

- Instalación de Home Assistant Core. Se probó la instalación en Docker pero el arranque demoraba, 5 minutos aproximadamente.
 - Instalación Home Assistant Raspberry Pi.
- Instalación de herramientas gráficas y chrome para inicializar Home Assistant desde el browser.

- Modo kiosko en Chrome.
- RPi Web Browser en modo Kiosko.

Sabado 26/06/21

- Reunión para integrar teclado con el resto del sistema. Programación de teclado para que capte eventos y se comporte como un teclado real.
 - Raspberry Pi GPIO Matrix Keyboard.
 - Raspberry Pi: USB Keypad Via evdev.

Domingo 27/06/21

- Día libre

Lunes 28/06/21**Martes 29/06/21****Miércoles 30/06/21**

3. Julio 2021

Jueves 01/07/21

Viernes 02/07/21

4. Protocolo de calibración

En esta sección daremos un paso a paso del proceso a seguir para poder comprobar la correcta calibración de un sensor de humedad de suelo.

4.1. Elementos necesarios

Para realizar la calibración necesitaremos:

- Recipiente graduado o de volumen conocido: Debe ser lo suficientemente grande para almacenar la muestra de tierra deseada con el nivel de compactación y densidad requerida, teniendo espacio también para el sensor. También se recomienda que el recipiente sea relativamente rígido y permita un fácil acceso a la superficie del suelo a medir. Es muy importante poder saber el volumen del recipiente, ya que esto nos permite calcular el contenido volumétrico de agua.
- Recipientes para secado en horno.
- Tierra de características conocidas: Se recomienda no usar tierra con mucha composición orgánica, ya que la misma suele volatilizarse al hornearla, generando grandes errores de medición.
- Sensor de humedad a verificar: El proceso a realizar es válido para todos los sensores de tipo capacitivo, por lo que la calibración puede aplicarse a otros sensores que se usen en el mismo tipo de suelo.
- Balanza: Se necesita que tenga capacidad para pesar hasta 5 kilos y una resolución de al menos 1 gramo.
- Balanza de precisión: Se necesita que tenga una resolución de al menos 0.1 gramo.
- Horno o dispositivo para secar la muestra: Cualquier horno capaz de mantener 105 o 110 °C sirve.
- Pulverizador a gatillo: Se empleará para una distribución uniforme de agua sobre la muestra.
- Sistema de adquisición de datos.
- Tutor para insertar sensor: Un dispositivo con punta, de diámetro similar al sensor, que se usará para clavar en la tierra y hacer espacio para la posterior instalación.



Figura 1: Materiales utilizados.

4.2. Procedimiento

4.2.1. Preparación de la muestra

1. Pesarse el recipiente (limpio y seco) donde se almacenará la muestra.
2. Debemos obtener la muestra a sensar. Para ello tenemos dos opciones, siendo la primera tomarla directamente del suelo a analizar, empleando un recipiente/sacabocados de volumen conocido; o bien colocando la tierra de propiedades conocidas en un recipiente y compactándola hasta alcanzar la densidad requerida.
3. Tomar una sub muestra de 10 gramos usando una cuchara o herramienta similar y colocarlo en un recipiente para secado.
4. Pesarse la sub muestra + recipiente (de peso conocido) $M_{wet+recipB}$ y taparla para evitar la pérdida de humedad. Guardarla para su posterior secado.
5. Anotar el peso (M_{wet}) y volumen (V_{soil}) de la muestra principal.
6. Remover objetos grandes que puedan alterar las mediciones, como ser piedras, siempre y cuando no alteren la naturaleza de la muestra.
7. En caso de ser suelos muy arcillosos o finos, tomar una medición de la altura que ocupa dentro del recipiente, ya que posteriormente su volumen puede cambiar al agregarle agua, por lo que sabiendo la altura se puede llegar a calcular una corrección.



Figura 2: Pesaje del recipiente.

4.2.2. Secado

1. Hornear la muestra principal a 110°C hasta lograr que esté completamente seca, variando el tiempo según el peso de muestra. Es recomendable esparcir la tierra en finas capas sobre una bandeja para lograr un secado mas rápido y uniforme.
2. Sacar del horno y dejar enfriar por 2 horas.
3. Pesar el suelo seco para obtener M_{dry} .
4. Calcular la densidad aparente del suelo con la ecuación 6.



Figura 3: Secado de tierra en horno.

4.2.3. Calibración

1. Colocar la tierra seca en el contenedor para calibración, respetando la densidad y compactación necesaria. Para esto se recomienda ir depositando de a finas capas y compactándolas poco a poco.
2. Introducir el sensor en la muestra, teniendo mucho cuidado de que no queden holguras con aire. Es muy importante que tenga un contacto pleno con la muestra para obtener mediciones acertadas. Se recomienda usar un tutor para hacer el hueco donde tiene que entrar el sensor. Este tiene que quedar completamente dentro de la tierra. Evitar colocarlo en un agujero usado por otro sensor anteriormente.
3. Conectar el sensor al dispositivo de adquisición y anotar los valores RAW obtenidos.
4. Retirar el sensor.
5. Regar la tierra siguiendo una proporción de 1ml de agua por cada 10 ml de tierra, lo que aumentará en un 10 % el contenido de agua volumétrico (V_{WC}). Regar lo mas pareja posible la superficie.
6. Cuidadosamente mezclar la tierra con una cuchara o herramienta similar hasta lograr una consistencia y humedad homogénea.
7. Repetir los pasos de 2 a 6 hasta lograr la saturación de la tierra, proceso que puede llevar entre 4 y 6 lecturas, con una demora en la adquisición de una hora para cada una.
8. Es importante destacar que la densidad y compactación de suelo debe mantenerse a lo largo de la prueba, logrando esto asegurándonos de que el volumen de la muestra se mantenga constante sin importar el contenido de agua agregada.



Figura 4: Recipiente con tierra a medir.



Figura 5: Volumen de tierra a medir.



Figura 6: Tutor para preparación de suelo.

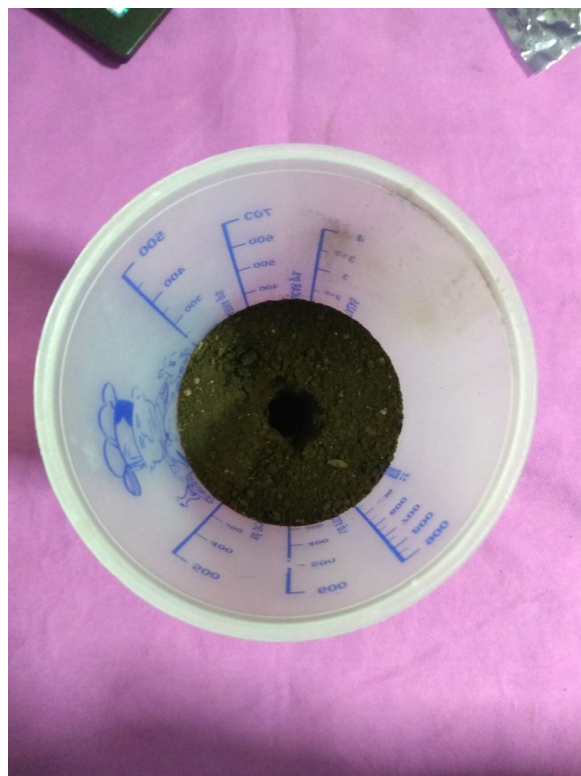


Figura 7: Hueco para la inserción del sensor.

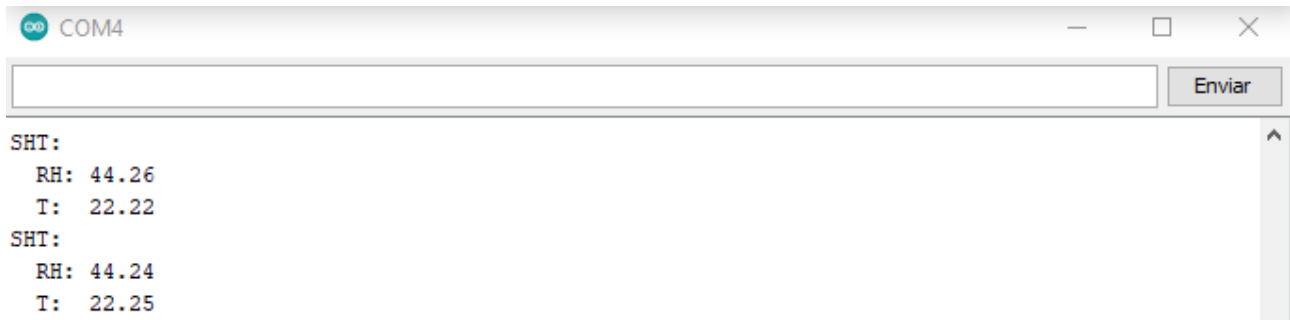


Figura 8: Captura de algunas mediciones tomadas.

4.2.4. Sub-muestra

1. Secar la sub-muestra de 10 gramos obtenida al principio, colocándola en el horno a 105 °C por 24 horas, duplicándose ese tiempo si se trata de tierra con alto componente orgánico, siendo necesario en esos casos usar una temperatura de 65 °C.
2. Sacar del horno y dejar enfriar por 2 horas.
3. Pesar el suelo seco para obtener $M_{dry+recipB}$.

4.2.5. Cálculo y resultados

1. Todas las mediciones obtenidas, sean de peso, volumen o humedad y colocarlas en la tabla de excel para tal fin.
2. Interpretar el gráfico de la recta de respuesta del sensor y compararlo con el del datasheet para verificar la correlación.

	ID Suelo:	Suelo cultivos azafrán, Gráfico A, Profundidad 0 a 15 cm					
	Volumen de suelo (cm ³)	4477					
	Peso del contenedor (g)	326,3					
	Peso de suelo seco (g)	5537,8					
	Densidad aparente (g cm ⁻³)	1,24					
	Modelo de sensor	SHT30					

Pesos de Suelo + Contenedor		wet wt	Agua wt	w	θ	Mediciones del sensor	
						Sensor 1	Sensor 2
Puntos	g	g	g	g g ⁻¹	m ³ m ⁻³	RAW	RAW
Seco	5903,9	5577,6	39,75	0,0072	0,0089	1917,5	1911,1
Punto 2	6342,6	6016,3	478,45	0,0864	0,1069	2071,9	2049,1
Punto 3	6792,1	6465,8	927,95	0,1676	0,2073	2264,2	2256,8
Punto 4	7232,4	6906,1	1368,25	0,2471	0,3056	2575,8	2622,4
Punto 5	7515,2	7188,9	1651,05	0,2981	0,3688	2781,9	2781,5

Cálculo de Contenido Gravimétrico de Agua para la sub-muestra seca		
	Valores	Unidades
Suelo Húmedo + Recipiente	30,3498	g
Suelo Seco + Recipiente	30,1488	g
Peso del Recipiente	1,9485	g
Contenido gravimétrico de agua, w	0,007127584	g g ⁻¹

Figura 9: Planilla de excel usada para cálculos.

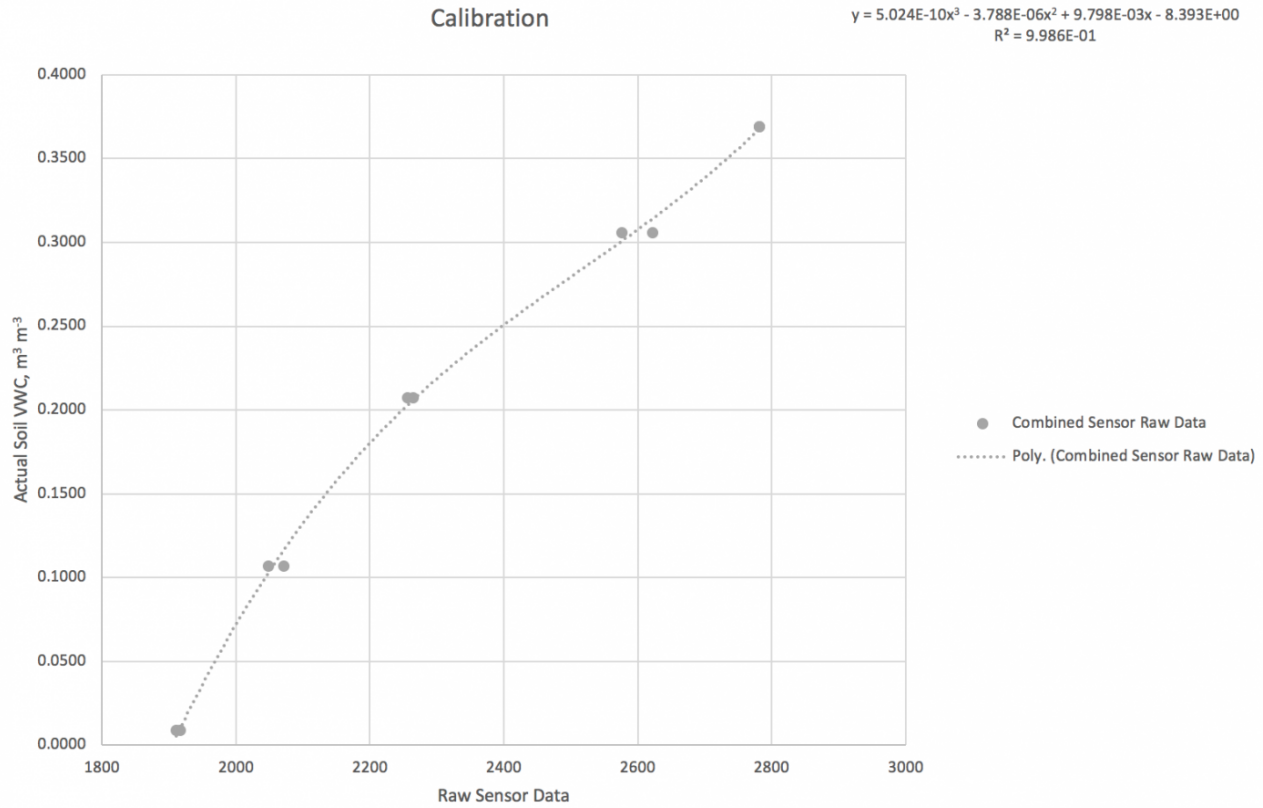


Figura 10: Curva de respuesta del sensor.

4.3. Cálculos

El contenido volumétrico del agua se define como el volumen de agua por volumen de suelo, donde θ representa el contenido volumétrico de agua, medido en $\frac{cm^3}{cm^3}$.

Otros conceptos que usaremos en este proceso son el volumen de agua, representado con V_W y medido en cm^3 , y volumen total, que en este caso hace referencia a la capacidad total del contenedor usado para tomar la muestra, representado por V_T y medido en cm^3 .

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} \quad (1)$$

Para calcular el volumen de agua, primero es necesario encontrar la cantidad inicial de agua en nuestra muestra, que se calcula restando el peso total del agua de la muestra, obtenida al multiplicar el peso de la muestra secada por el contenido gravimétrico de agua que se encontró a partir de la sub-muestra de la sección 3.2.4.

$$m_{soil,sample} = m_{soil,sub-sample} - (m_{soil,sub-sample} \cdot w) \quad (2)$$

Donde $m_{soil,sub-sample}$ es la masa de suelo con la que comenzamos y w el contenido gravimétrico de agua calculado a partir de la sub-muestra.

$$w = \frac{m_{soil,sub-sample} - m_{soil,sample}}{m_{soil,sample}} \quad (3)$$

Luego, para encontrar V_w para cada punto de calibración, hay que restar el peso del contenedor y el de $m_{soil,sample}$ del peso total de la muestra.

$$m_w = m_{total} - m_{soil,sample} \quad (4)$$

$$V_w = \frac{m_w}{\rho_w} \quad (5)$$

Dónde m_w es la masa de agua, m_{total} es la masa de suelo húmedo medida en gramos, $m_{soil,sample}$ es la masa de la muestra secada en horno y ρ es la densidad de agua considerada como $\frac{1gr}{cm^3}$.

Si usamos V_t , podemos calcular el contenido volumétrico de agua y la densidad aparente del suelo mediante la ecuación 1, estando esta última definida como la densidad de suelo seco, representada como ρ_b y medida en $\frac{g}{cm^3}$.

$$\rho_b = \frac{m_{dry}}{V_{soil}} \quad (6)$$

Todo lo anterior, en conjunto con la tabla de excel que se encuentra adjunta, permiten realizar la verificación de calibración de nuestro sensor, siendo esto apreciable en el gráfico presente en esta última, el cual usa la herramienta de tendencia para interconectar las mediciones obtenidas y obtener la respuesta de nuestro sensor, la cual puede ser lineal, variando en casos donde la tierra presente un alto contenido de materia orgánica.

5. Enlaces de interés.

- “Azafrán Mediterráneo” página principal
- ”Meter Enviroment” página principal