



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA.

TEMA:

“CALIBRACIÓN DEL CENIRRÓMETRO CON LA BANDEJA DE
EVAPORACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL CAMPUS
LODANA”.

**PREVIO AL TÍTULO DE:
INGENIERA HIDRÁULICA.**

AUTORA:

YERLY MARÍA RODRIGUEZ MENDOZA.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. JESÚS ENRIQUE CHAVARRÍA PÁRRAGA, M.SC.

DICIEMBRE, 2022

PORTOVIEJO, ECUADOR

CERTIFICACIÓN.

Ing. Jesús Enrique Chavarria Párraga, M.Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

En mi calidad de director de tesis certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la carrera Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. Jesús Enrique Chavarria Párraga, M.Sc

C.I: 130827219-2

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Manabí.

(f) _____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M.Sc

Primer lector

(f) _____

Ing. Fabián Rodrigo Espinales, Mg.

Segundo Lector

(f) _____

Ing. Juan Fernando Quiroz Alonzo, Mg

Tercer Lector

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.

Este manuscrito no contiene ningún tipo de materia que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

.....

Yerly María Rodríguez Mendoza.

C.I 1316113735

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

.....

Yerly María Rodríguez Mendoza.

C.I 1316113735

DEDICATORIA.

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios quien ha sido mi guía, me ha dado fuerzas durante este proceso y me ha permitido cumplir una meta más en mi vida.

A mi padre ROMMER RUIZDAEL RODRIGUEZ PONCE por ser bastón fundamental en mi vida y mi carrera universitaria, por haber creído en mí y apoyarme en todo este proceso que con la bendición de Dios llega a su fin, por hacerme ver que cada esfuerzo siempre trae su recompensa y que las cosas buenas tardan, pero llegan, por su esfuerzo y sacrificio diario para sacarme adelante y ayudarme a cumplir cada una de las metas en mi vida.

A mi madre GLADYS MIREYA MENDOZA LOOR que así mismo ha sido mi apoyo durante todo este proceso, una mujer que me ha enseñado tantos valores en la vida, y la cual admiro y aprecio por todo el trabajo y esfuerzo constante que realiza a diario, por ser esa persona incondicional, no dejarme hacer nunca, y por hacerme entender que a pesar de cualquier obstáculo que se presente en la vida siempre se puede Salir adelante con el apoyo de las personas correctas.

A mi abuelita ELVIA ASUNCION PONCE PONCE que a pesar de ya no estar presente físicamente conmigo sé que espuriamente está apoyándome en cada decisión y paso que doy en mi vida, siempre le voy a estar agradecida con todo el esfuerzo que hizo por mí y todo el apoyo que me brindó.

A mis hermanos JOSE FABIAN y MARIO JOSE RODRIGUEZ MENDOZA. quienes también han sido parte de cada una de mis etapas, me han apoyado y brindado sus conocimientos desde el primero momento.

Yerly María Rodríguez Mendoza.

AGRADECIMIENTO.

Inicialmente quiero agradecerle a Dios, por darme salud y vida y ser mi luz en todo este camino, a mis padres por su apoyo en todo momento y no dejarme nunca sola, a mis hermanos, a cuñadas, a mi novio, y cada una de las personas que han confiado en mí y fueron parte de este proceso, a mis amigos quienes me brindaron su apoyo, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí por abrirme las puertas de su institución y poder culminar mi carrera universitaria en la misma, aquellos docentes quienes fueron clave y pieza fundamental en este trayecto estudiantil, me siento agradecida por sus enseñanzas, consejos y por compartir sus conocimientos conmigo los cuales marcaran una nueva etapa en mi vida personal y profesional, al ing. JESÚS ENRIQUE CHAVARRIA PÁRRAGA por compartirme sus conocimientos y por su apoyo brindado durante este proceso de titulación.

Yerly María Rodríguez Mendoza.

Tabla de contenido

CERTIFICACIÓN.....	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	III
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	IV
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
ÁREA DE ESTUDIO.....	4
Localidad.....	4
Información Climatológica.....	5
MATERIALES.....	5
Materiales de campo.....	5
Materiales de oficina.....	5
MÉTODOS.....	6
CARACTERÍSTICAS DE EXPERIMENTACIÓN.....	9
PROCEDIMIENTO.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13

Conocer la evapotranspiración de la zona, mediante métodos indirectos Penman	
Monteith y cubeta.	13
Identificar las propiedades del suelo a trabajar.	14
Definir el modelo de calibración.....	15
Conclusiones.....	17
Literatura Citada	18
ANEXOS	21

Tabla 1 Datos ETo con el método de la cubeta evaporimétrica y Penman Monteith	13
Tabla 2 Datos generales de la estación meteorológica La Teodomira-UTM-Lodana	
mes de julio 2022	21
Tabla 3 Datos generales de la estación meteorológica La Teodomira-UTM-Lodana	
mes de agosto 2022	22
Tabla 4 Datos generales de la estación meteorológica La Teodomira-UTM-Lodana	
mes de agosto 2022	23
Tabla 5 Evaporación diaria cenirrómetro.....	24
Tabla 6 Evaporación diaria cenirrómetro.....	25
Tabla 7 Evaporación diaria acumulada y datos de humedad.....	26
Tabla 8 Evaporación diaria acumulada y datos de humedad.....	27
Tabla 9 Evaporación de referencia.	28
Tabla 10 Datos de evaporación y de humedad.....	30
Tabla 11 Datos de evaporación y de humedad	31

Ilustración 1 Área de estudio - Campus UTM Lodana	4
Ilustración 2 Método Penman Monteith FAO56.....	6
Ilustración 3 Método de la cubeta evaporimétrica	7
Ilustración 4 Data Logger Em5b	8
Ilustración 5 Sensor ECH20 EC-5.....	9
Ilustración 6 Relación de la humedad del suelo con los desniveles del agua.	15
Ilustración 7 Datos de la estación meteorológica	32
Ilustración 8 Preparación del terreno	32
Ilustración 9 Terreno preparado con los tachos alrededor de la bandeja tipo A	33
Ilustración 10 Tacho con tierra listo con el data logger instalado.....	33
Ilustración 11 Muestra del programa ECHO20 Utility.....	34

Resumen

En esta investigación cuantitativa se calculó la evaporación de la estación climatológica La Teodomira, perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología en Manabí, y se realizó un ajuste entre el cenirrómetro y la bandeja de evaporación, conocida como tina de clase “A”, considerando que la evaporación es una variable climatológica de gran importancia en estudios hidrológicos. Por tanto, este estudio de alcance correlacional, experimental de campo fue desarrollado entre julio y agosto de 2022, tomando datos diarios de la tina estándar y del cenirrómetro, relacionándolos con la evaporación de la zona. Los métodos utilizados para estimar la evapotranspiración de referencia (ET_o) fueron *Penman-Monteith FAO56* y la cubeta evaporimétrica. Se trabajó con un suelo franco arcilloso con ayuda de un *data logger Em5b*. Los resultados determinan que la humedad del suelo a saturación corresponde a 0,455 m³/m³; capacidad de campo 0,35m³/m³; y punto de marchitez 0,12 m³/m³, mostrando un modelo de regresión lineal que responde a la ecuación $y=-0,002x$ con un coeficiente (R²) de 0,9655. Estos resultados son fiables debido a su similitud con los obtenidos mediante los métodos indirectos de *Penman Monteith FAO56* (2,54 mm/día) en julio y (3,08 mm/día) en agosto; y cubeta evaporimétrica (2,28 mm/día) en julio y (2,80 mm/día) en agosto, con una diferencia mínima de 0,26 mm/día en julio. En el modelo de calibración del cenirrómetro, se recomienda conocer sólo la evaporación del agua, siempre y cuando este volumen sea igual al del suelo.

Palabras clave: ET_o, evaporación, *Penman Monteith FAO56*, cubeta evaporimétrica, cenirrómetro

Abstract

This quantitative research study estimated the evaporation rate from *La Teodomira* weather station at the National Institute of Meteorology and Hydrology in Manabí, and it made adjustments between the cenirrometer tank and the class A evaporation pan, given that evaporation is a key climate factor in hydrological studies. Consequently, this correlational and experimental field research study was carried out from July to August 2022, by taking daily data from the standard evaporation pan and the cenirrometer tank and relating them to the rate of evaporation of the surface area. The methods used to compute reference evapotranspiration (ET_o) were the FAO-56 Penman-Monteith equation and the evaporimeter cuvette. Clay loam soil was used along with the Em5b analog data logger. The findings reveal that saturation soil moisture corresponds to 0.455 m³/m³; field capacity 0.35m³/m³; and permanent wilting point 0.12 m³/m³, showing a linear regression model given by the equation $y=-0.002 x$ with the coefficient of determination (R²) of 0.9655. These findings are reliable because of their similarity with those obtained by the indirect methods of FAO-56 Penman-Monteith (2.54 mm/day) in July and (3.08 mm/day) in August; and evaporimeter cuvette (2.28 mm/day) in July and (2.80 mm/ day) in August, with a minimum difference of 0.26 mm/day in July. When using the cenirrometer calibration methodology, knowing exclusively the evaporation rate of water is recommended, provided that volume is equal to that of the soil.

Keywords: ET_o, evaporation, FAO-56 Penman-Monteith, evaporimeter cuvette, cenirrometer

INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos más comunes para poder realizar un manejo adecuado del agua en la agricultura es la programación de riego, que determina el tiempo y cantidad de agua que se debe aportar al cultivo en cada riego, y puede gestionarse en base a criterios agronómicos de distintos tipos de estudios (maximizando el beneficio económico, la producción total de la explotación agrícola, etc.) Aplicar esta técnica requiere de un amplio conocimiento de los factores que rigen los diversos procesos implicados. (Otero y otros, 2017)

Existen diversos métodos de programación de riego, uno de ellos consiste en realizar un equilibrio entre la humedad del suelo y la pérdida de agua a través de las hojas de las plantas, en los procesos de transpiración y evaporación del agua en la superficie del suelo. Por lo general para este método se requiere de diversos factores como el tipo de suelo, la evaporación real y su capacidad de retención de agua. (Sela, 2018)

Una herramienta considerada una alternativa para la determinación de necesidades de riego y programación por plantas y cultivos es el cenirrómetro desarrollado por el centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia (Ceñicaña). Básicamente consiste en un recipiente de plástico con un diámetro de 26 a 30 cm y una altura de 35 a 40 cm donde se integra la relación entre las plantas, el suelo y la atmosfera. (Torres & Cruz, 1997).

El cenirrómetro permite visualmente la programación de los riegos por balance hídrico. Fue desarrollada en base a un modelo conceptual que consideraba al suelo como un reservorio de agua con una capacidad máxima de almacenamiento cuando alcanza la capacidad de campo y un límite inferior cuando el agua disponible se agota rápidamente. (Barreno, 2017).

Se considera la capacidad de almacenamiento de agua de un suelo determinado por su punto de marchitez y capacidad de campo constante. También se debe determinar la composición estructural y el contenido de las sustancias orgánicas para poder obtener de manera indirecta las constantes físicas de la capacidad de campo. (Luna, 2019).

En la provincia de Guayas, Ecuador, se llevó a cabo un ensayo sobre la productividad del cacao con riego por goteo y micro aspersión para evaluar los parámetros hidráulicos y agronómicos del sistema de riego y así poder implementar las técnicas de estandarización adecuada haciendo uso de la bandeja de evaporación conjunto con el cenirrómetro. Con base en la investigación realizada, se determinó que el riego por goteo con el 80% de las áreas de riego previstas dio un mayor rendimiento (44 qq/ha/año) en comparación con los sistemas de micro-aspersión (37 qq/ha/año) (Oroche, 2021).

Tanto la evaporación como la evapotranspiración juegan un papel crucial en la gestión del agua en una amplia gama de actividades humanas y, por lo tanto, existe una gran necesidad de obtener estimaciones precisas. Esta necesidad conduce a estudios que ofrecen nuevos métodos de estimación o comparación ya utilizados en aplicaciones de ingeniería hidrológica. (Dlouhá & Dubovský, 2021).

La evaporación es el proceso el cual es agua líquida llega a convertirse en vapor de agua y se elimina de la superficie de evaporación. El agua cumple con su fase de evaporación en varios tipos de superficies, como ríos, vegetación humedad, lagos y suelos. Se requiere de energía para que las moléculas de agua cambien de estado líquido a estado gaseoso. La luz solar directa y la temperatura del aire es la que proporciona esta energía. (Hernández, 2008).

En el suelo la evaporación se considera el proceso por el cual el agua y el calor son transportados entre el suelo y la atmosfera. Este se considera un proceso influenciado por las propiedades del suelo y sus condiciones atmosféricas. (Encalada, 2018). En cuanto a condiciones atmosféricas podemos mencionar la temperatura, la humedad relativa, la radiación y la velocidad del viento. La evaporación se considera un fenómeno de interés y es estudiado en diversos campos como la agronomía, la hidrología, la meteorología, la climatología, la oceanografía y el medio ambiente. (Brutsaert, 1982).

(Viera & Amaya, 2019) En ausencia de limitación de agua, la tasa de evapotranspiración en la superficie de referencia es denominada evapotranspiración de los cultivos de referencia y se la conoce como E_{To} . Las mediciones o estimaciones de E_{To} pueden ser comparadas en diversos lugares en distintas épocas del año. Sin embargo, Mendoza, y otros, (2019) mencionan que la evapotranspiración es una de las principales pérdidas de agua en regiones. Por este motivo se considera importante realizar su estimación para los balances hídricos.

Con la bandeja de evaporación tipo A se va a tratar de medir la evaporación del agua, que es representada tanto por la máxima cantidad de agua que logra evaporarse como por la máxima cantidad de agua que se puede perder de una planta, a este concepto se lo conoce como (evapotranspiración). (Gaibor, 2017).

Con esta breve introducción, la presente investigación tiene objetivo general determinar la calibración del cenirómetro con la bandeja de evaporación de la estación meteorológica del campus Lodana, mientras que los objetivos específicos son: Conocer la evapotranspiración de la zona mediante los métodos indirectos Penman – Monteith y Cubeta; identificar las propiedades del suelo a trabajar y definir el modelo de calibración.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Localidad

Esta investigación se realiza en el Cantón Santa Ana en los predios de la estación meteorológica de la Teodomira la cual se encuentra en la extensión instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí ubicada en la parroquia Lodana, se encuentra situada geográficamente entre las coordenadas referenciales de latitud $01^{\circ}09.51''$ S y longitud $80^{\circ}23.24''$ O a una elevación de 0060 MSNM. (Manabi, 2017).

Ilustración 1 Área de estudio - Campus UTM Lodana



Tomada por: Google Earth.

Información Climatológica

El clima se considera tropical con las estaciones bien diferenciadas entre verano e invierno; Tiene una temperatura anual promedio de 26 °C y una temperatura máxima que ha llegado hasta los 37 °C y su temperatura mínima ha logrado alcanzar los 14°C. Sin embargo, su variación de temperatura diaria puede llegar hasta los 10 °C. (GAD, 2022).

MATERIALES

Materiales de campo

- Tachos;
- Tina;
- Taladro;
- Broca;
- Malla metal galvanizado;
- Bandeja de evaporación y
- Pallet.

Materiales de oficina

- Impresora;
- Libreta;
- Esfero;
- Data Logger
- ECH20 Utility y
- Laptop.

MÉTODOS

En esta investigación se utilizarán los métodos de Penman – Monteith y cubeta evaporimétrica.

Penman-Monteith es el método usado para el cálculo de la evapotranspiración.

Ilustración 2 Método Penman Monteith FAO56

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

(Palomares Romero y otros, 2019)

Donde:

- ET_o = evapotranspiración de referencia (mm/día)
- R_n = radiación solar neta sobre la superficie del cultivo ($MJ/m^2 \cdot día$)
- G = flujo de calor utilizado en el calentamiento del suelo ($MJ/m^2 \cdot día$)
- T = promedio diario de la temperatura del aire medio a 2 m de altura ($^{\circ}C$)
- u_2 = velocidad del viento medio a 2 m de altura (m/s)
- e_s = representa la presión de vapor del aire saturado con agua (KPa)
- e_a = representa la presión de vapor actual (KPa)
- $e_s - e_a$ = es el déficit de saturación de vapor de agua
- Δ = inclinación de la curva de presión de vapor en función de la temperatura del aire ($KPa/^{\circ}C$)
- γ = constante psicométrica ($KPa/^{\circ}C$)

El método de Penman-Monteith es aceptado globalmente para estimar el ETo es recomendado por la FAO. (Canción, 2018)

Este método es utilizado en zonas donde se dispone de datos meteorológicos: temperatura, humedad, viento y radiación. Es el más exacto de los que utilizan formulas empíricas para poder predecir las necesidades hídricas de los cultivos. (Crespo, 2018).

Penman-Monteith es considerado el método estándar de todos los métodos juntos para poder estimar la evapotranspiración (ET). Este método hace uso de términos como la resistencia aerodinámica del follaje para relacionar la altura de los instrumentos meteorológicos con la altura del cultivo. (López, 2007).

(Acuña, 2020) el método de la bandeja de evaporación mide la evapotranspiración potencial de referencia a través de la siguiente ecuación:

Ilustración 3 Método de la cubeta evaporimétrica

$$ET_o = K_p * E_p$$

Donde:

- ETo= evapotranspiración potencial de referencia (mm/día)
- Kp= coeficiente de la cubeta
- Ep= evaporación de la cubeta (mm/día)

El plato o bandeja de evaporación clase A utilizado es un recipiente galvanizado con un diámetro de 120,7 cm y una altura de 25,4 cm. La bandeja debe colocarse sobre base de madera que a su vez descansa; sobre el terreno procurando que el fondo de la bandeja quede por encima del nivel del suelo con una distancia de 10 a 15 cm. El agua limpia que se coloca debe reponerse de vez en cuando para poder mantener el nivel adecuado del agua. (Gaibor, 2017).

Otro de los métodos a utilizar para realizar esta investigación es el uso del Datalogger Em5b y un sensor ECH20 EC-5 el cual está diseñado para determinar el contenido volumétrico del agua en el suelo de una manera más precisa y con ayuda del software ECH20 Utility se pretende obtener dichos valores.

Ilustración 4 Data Logger Em5b



Ilustración 5 Sensor ECH20 EC-5



CARACTERÍSTICAS DE EXPERIMENTACIÓN

Para el funcionamiento del tanque evaporimétrico clase A y del cenirrómetro se utilizaron cuatro recipientes color blanco, con dimensiones de 30 cm de diámetro en la parte superior y 40 cm de altura.

Estos recipientes deben ser ubicados sobre una plataforma de al menos 10 cm de altura y deben ser protegidos para así evitar el ingreso de animales.

PROCEDIMIENTO

- Se realizó un reconocimiento del área en donde se iba a llevar a cabo el trabajo investigativo, debido a que el terreno no se encontraba en óptimas condiciones, se procedió a limpiar el área, una vez culminada la limpieza se adaptó la bandeja de evaporación tipo A.
- Una vez realizado este proceso se llegó a definir que se iban a necesitar 4 recipientes blancos de 20 litros c/u. teniendo en consideración que 3 de los recipientes iban a ser utilizados para medir la evaporación y el recipiente restante iba a ser utilizado para el método del cenirrómetro.
- Teniendo en claro la investigación a realizar se procedió a preparar los materiales que iban a ser utilizados, es decir, se colocaron las bases de madera (pallet) en cuatro puntos específicos alrededor de la bandeja de evaporación tipo A y se nivelaron.
- Al estar listas las bases de madera (pallet) sobre cada una de ellas se colocaron y se llenaron con 20 litros cada uno de los tres recipientes que iban a ser utilizados para medir la evaporación diaria del agua.
- Con ayuda de un taladro y una broca de 2 mm se le realizaron perforaciones al recipiente que se utilizó para realizar el método del cenirrómetro, en la base de madera donde iba a estar ubicado el cenirrómetro antes de colocar el recipiente con una muestra tierra se colocó una tina con agua, la cual tenía la finalidad de ser absorbida para que el suelo pueda llegar a su punto de saturación.
- Se introdujo el sensor humedad en el recipiente lleno de tierra, luego de esto se instaló el software ECH20 Utility con el cual mediante un cable conectado a la computadora y a un

Datalogger se podría descargar la información que proporcionaba el sensor ubicado en el recipiente.

- Los datos proporcionados por el sensor de humedad fueron descargados cada 13 días mediante el software ECH20 Utility y con esta información ir realizando un análisis de la humedad del suelo.
- Sin embargo, para la toma de datos de la evaporación diaria se utilizó una regla de 30 cm para tener un valor específico de cuantos centímetros se evaporaban en cada recipiente por día.
- Una vez culminada la toma de datos diaria se realizó un análisis de cada uno de ellos y una comparación con los datos de la bandeja de evaporación de la estación. Teniendo todos los datos necesarios se pudieron aplicar las ecuaciones de Penman Monteith FAO56 y Cubeta evaporimétrica.
- Aplicando estas fórmulas se pudo obtener el ETo y realizar una comparación de cada método.
- Para el estudio de suelo se realizó una pequeña excavación de 20 cm aproximadamente y se tomó una muestra la cual fue llevada al laboratorio; esta muestra de suelo fue pasada por el tamiz #40 donde se retuvo aproximadamente el 33% lo que vendría siendo las arenas y al ver que pasaba más del 50% de la muestra se pasó por el tamiz #200
- Una vez realizada la práctica para conocer la textura del suelo, se pudo percibir que al humedecer la muestra que había pasado por el tamiz #200 y frotarla entre los dedos se tuvo una percepción del suelo y al notar que no era ni suave ni áspera, es decir que se trataba de un suelo franco - arcilloso.

- Para realizar el procedimiento de capacidad de campo se recolecto una muestra del suelo y se la colocó en un tacho de 2 litros el cual se encontraba con pequeños agujeros en su interior, una vez lleno el tacho con tierra se procedió a colocar el sensor de humedad que nos ayudaría a encontrar el valor de capacidad de campo. el tacho de 2 litros se encontraba reposando sobre una tina llena de agua para cumplir con su función de riego por capilaridad.
- Para el punto de marchitez se pudo observar que con el pasar de los días y la evaporación diaria, la humedad del suelo se fue consumiendo y mediante el sensor de humedad y el software ECH20 Utility se pudo obtener también el punto de marchitez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Conocer la evapotranspiración de la zona, mediante métodos indirectos Penman Monteith y cubeta.

Tabla 1 Datos ETo con el método de la cubeta evaporimétrica y Penman Monteith

MES	ETO CUBETA	ETO PENMAN
	(mm/día)	(mm/día)
Julio	2.28	2.54
Agosto	2.80	3.08

Dentro de la investigación y aplicación de los métodos Penman Monteith FAO56 y Cubeta Estándar se pudo constatar la evapotranspiración de referencia (ETo), por lo consiguiente en la tabla N°1 se presentan los datos de ETo de cada uno de los métodos anteriormente mencionados.

En vista a todos los datos obtenidos de ETo se realizó una comparación entre los métodos indirectos tanto de Penman Monteith FAO56 como el de la cubeta evaporimétrica, con los cuales se obtuvo una variación de datos con una diferencia máxima de 0.28 mm/día cuando Penman Monteith FAO56 da un valor de ETo de 3.08 mm/día y la cubeta evaporimétrica 2.80 mm/día, y con una diferencia mínima de 0.26 mm/día se obtuvo un dato de ETo en Penman Monteith FAO56 de 2.54 mm/día y 2.28 mm/día en la cubeta evaporimétrica para los meses correspondientes. Existe diferencias entre la evapotranspiración de los meses de julio y agosto estimada por métodos indirectos, eso se debió a que factores climáticos como las horas sol y la evaporación fueron mayores durante el mes de agosto.

(Aguilera, 2018). Menciona que se considera necesario estimar los cálculos de las evapotranspiraciones entre los diferentes métodos existente, la ecuación de Penman – Monteith

FAO56 es la más recomendada como el método estándar para el cálculo de ETo. Esta ecuación requiere contar con información de temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento.

Los resultados de esta investigación contrastan con lo manifestado por Vera & Vera, (2020) donde indican que la evapotranspiración de referencia para Chone en el mes de agosto del año 2019 fue 2.30 mm/día por el método de Penman Monteith FAO56 y por el método de la cubeta evaporimétrica la evapotranspiración de referencia fue 2.62 mm/día.

Identificar las propiedades del suelo a trabajar.

Con el fin de conocer las propiedades hidro - físicas del suelo se realizó un estudio del mismo, donde se obtuvieron los datos de capacidad de campo, saturación del suelo y punto de marchitez. Según las partículas de suelo que había en el lugar donde se tomó la muestra se pudo determinar que el suelo tiene una clase textural franco – arcillosa, el cual se considera favorable para el desarrollo y crecimiento de los cultivos.

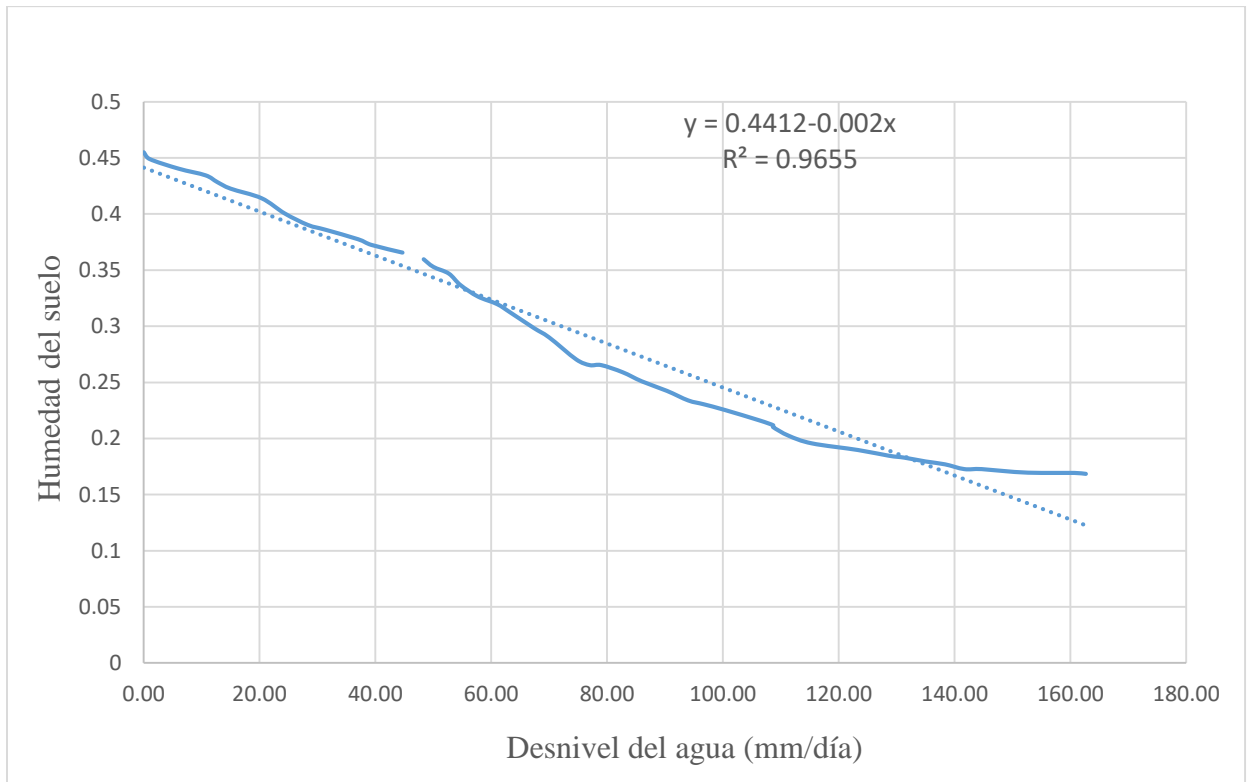
La humedad del suelo a capacidad de campo es de $0.35 \text{ m}^3/\text{m}^3$ con un potencial matricial de -33 KPa, mientras que su punto de marchitez permanente es de $0.12 \text{ m}^3/\text{m}^3$ y su potencial matricial -1500 KPa, da una diferencia de tan solo $0.22 \text{ m}^3/\text{m}^3$, el valor de saturación del suelo $0.455 \text{ m}^3/\text{m}^3$, por ende, el agua disponible para la planta en el suelo estudiado es considerablemente buena.

El estudio realizado concuerda con lo dicho por Ciancaglini, 2016. Quien indica que los suelos franco-arcillosos cuando están secos se consideran firmes y duros, mientras que cuando se encuentran húmedos es un suelo maleable y se podría formar una cinta de hasta 5 cm.

Los resultados de esta investigación contrastan con lo manifestado por Medina & Moreira, (2018) donde determinaron la capacidad de campo del suelo utilizando las placas porosas arrojando como resultado $0.41 \text{ m}^3/\text{m}^3$ y un valor de punto de marchitez de $0.22 \text{ m}^3/\text{m}^3$.

Definir el modelo de calibración.

Ilustración 6 Relación de la humedad del suelo con los desniveles del agua.



En la ecuación lineal representada en la **ilustración 6** se muestra el valor del desnivel y se conoce indirectamente el valor de humedad perdida, estos datos tienen una variación entre 0.455 el máximo y 0.168 el mínimo teniendo como resultado un valor de $R^2 = 0.9655$ el cual se considera favorable. La variable dependiente “y” corresponde a los valores de humedad del suelo y la variable independiente “x” corresponde a los valores de los desniveles de agua acumulados; -0.002 es un coeficiente que ajusta la relación del desnivel del agua con la humedad del suelo y 0.4412 representa el valor inicial de la humedad del suelo.

Al obtener un valor de humedad volumétrica $\theta=0.35 \text{ m}^3/\text{m}^3$ tenemos una altura de 47.67 mm, y con el valor de $0.12 \text{ m}^3/\text{m}^3$ llegamos a una altura de 161,03 mm. En un total de 49 días se pudo notar que el suelo llegó a su punto de marchitez permanente.

Los modelos de regresión permiten explicar las variables de interés en función a un conjunto determinado de variables que guardan relación con esta; para el caso de la humedad del suelo las variables meteorológicas que tienen más relación son la precipitación diaria acumulada, la humedad relativa y la velocidad del viento. (Palominos y otros, 2021)

Conclusiones

- Al contrastar los datos de evaporación (ETo) entre los métodos indirectos utilizados Penman Monteith FAO56 y Cubeta Evaporimétrica, se mostraron registros bastante aproximados, por lo tanto, podemos indicar que los estudios realizados en los métodos utilizados son lo bastante confiables, y pueden ser empleados como una opción para poder obtener el (ETo) en zonas de estudio donde la información meteorológica brindada por el INAMHI sea escasa.
- A partir del análisis realizado se tuvo como resultado que el suelo a trabajar era de tipo franco arcilloso, después de su respectivo estudio se obtuvieron datos de saturación = $0.455 \text{ m}^3/\text{m}^3$, capacidad de campo = $0.35 \text{ m}^3/\text{m}^3$ y punto de marchitez = $0.12 \text{ m}^3/\text{m}^3$; este tipo de suelo posee características de retención y movimiento del agua adecuadas para el desarrollo de los cultivos.
- El modelo con el cual se calibro la humedad del suelo en función a la evaporación del agua de un recipiente que tenía el control mostró un buen desempeño, se puede tener confiabilidad con solo conocer la evaporación del agua, siempre y cuando el volumen del agua sea igual al del suelo.

Literatura Citada

- Acuña, M. R. (2020). *“Calibración de las formulas empíricas de evapotranspiración de referencia, respecto a la evaporación del tanque tipo A, en la estación de Purhuay-Huari, periodo 2014-2018”*. Huaraz.
- Aguilera, R. B. (2018). Calibración de la ecuación de hargreaves para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) en el Oasis Norte de Mendoza, Argentina . *Biblioteca digital*.
- Barreno, K. R. (2017). *Informe final de diagnóstico, investigación y servicios prestados en el departamento de ingeniería agrícola, ingenio trinidad, corporación San Diego, masagua, escuintla, Guatemala, C.A.* Guatemala.
- Brutsaert, W. (1982). *Evaporación en la atmósfera*. Springer Dordrecht.
- Cación, A. L. (28 de Septiembre de 2018). Desempeño de 12 métodos de estimación de evapotranspiración de referencia en comparación con el método Penman-Monteith y las posibles influencias en el noreste de China. *Royal Meteorological Society*, págs. 83-96.
- Ciancaglini, I. A. (2016). *Análisis textural del suelo*.
- Crespo, C. C. (2018). *“Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de algodón pima*. Perú.
- Dlouhá, D., & Dubovský, V. (2021). Calibración óptima de modelos de evaporación frente a la ecuación de Penman-Monteith. *Agua*.
- Encalada, D. (2018). *Análisis Numérico y experimental de la evaporación en la interfase suelo-atmósfera*. Barcelona.

- GAD. (2022). *Santa Ana Gad Municipal*. <https://santaana.gob.ec/ciudad/>
- Gaibor, L. R. (2017). “*Efecto del riego por aspersión para la optimización del rendimiento en el cultivo del cacao (Theobroma cacao) variedad CCN-51 en época seca, en el cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos*”. Quevedo.
- Hernández, J. M. (2008). *Evapotranspiración Penman-Monteith*.
- López, J. E. (2007). *Método de Penman-Monteith*.
- Luna, F. C. (2019). Método de cenirómetro como alternativa de programación de riego por aspersión en el cultivo de cacao. *Acta agronómica*.
- Manabi, U. T. (2017). *Universidad Tecnica de Manabi Lodana* . <http://utm.edu.ec/sa/?p=4842>
- Medina, D. L., & Moreira, G. N. (2018). *Estimación de las propiedades hidrofísicas del suelo de las comunidades "a Carmela, a Lopez, a Manchuria y la Alianza" del sitio "Mosquito" utilizando métodos directos e indirectos*. Chone.
- Mendoza, C., Ojeda, W., Sifuentes, E., Quevedo, A., Flores, H., Ramírez, C., & Ascencio., R. (2019). *Estimación de la evapotranspiración de referencia mediante atmómetro con fines de calendarización de riego*. México.
- Oroche, J. L. (2021). “*Efecto de dos sistemas de fertilización (por goteo y edáfica) sobre el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) Clon ccn51 en la localidad del milagro, distrito de irazola, región ucayali*”. Perú.
- Otero, Á., Montoya, F., & García, C. (2017). *Programación de riego*. Uruguay.
- Palomares Romero, J., Trezza, R., & Araque, Y. (2019). Métodos Penman modificado, Radiación, Blaney-Criddle y Hargreaves-Samani en relación al método FAO-Penman-

- Monteith, bajo condiciones del municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. *Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC)*, 83-93.
- Palominos, T., Villatoro, M., Alvarado, A., Victor, C., & Paguada, D. (2021). Estimación de la humedad del suelo mediante regresiones lineales múltiples en Llano Brenes, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 21.
- Sela, G. (2018). Programación de riego. *Cropaia*.
- Torres, J., & Cruz, R. (1997). *El Cenirrómetro: Un programador visual de riegos*. Colombia: In Memorias del IV Congreso colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar.
- Vera, B. G., & Vera, A. Y. (2020). *Estimación de las necesidades hídricas de los cultivos de pasto king grasss morado (Pennisetum purpureum y Pennisetum typhoides) y pasto cuba CT (Pennisetum sp) a partir de la curva coeficiente de los cultivos utilizando el lisímetro de drenaje en época s. Chone*.
- Viera, J. C., & Amaya, L. A. (2019). *Cálculo de los requerimientos hídricos para el cultivo de caña de azucar y ajuste del Kc utilizando imágenes satelitales sentinel-2 en el distrito de Cayaltí, Lambayeque*. Perú.

ANEXOS

Anexo N°1 Tablas

Tabla 2 Datos generales de la estación meteorológica La Teodomira-UTM-Lodana mes de julio 2022

REPORTE MENSUAL DEL MES DE JULIO DEL 2022						
Día	T.Max	T.Min	V.V	Heliofania	Evaporación	HR
14 Julio 2022	31.7	20.8	1	6.5	4.32	82
15 Julio 2022	29.5	19.4	1	1.8	4.33	88
16 Julio 2022	28	20	1	0.1	2.9	96
17 Julio 2022	29.5	20.4	2	0.4	1.32	87
18 Julio 2022	31.5	21.2	2	3.6	3.56	84
19 Julio 2022	31	21.2	2	3.2	4.1	83
20 Julio 2022	32.5	18	2	5.4	4.1	80
21 Julio 2022	28.7	18.9	2	1.5	3.2	89
22 Julio 2022	31	20.8	2	7.3	4.8	81
23 Julio 2022	26.5	20.6	2	0	4	85
24 Julio 2022	30.5	20.4	2	1.4	1.94	81
25 Julio 2022	32	20.9	2	4.2	4.46	78
26 Julio 2022	34	20.2	2	6.8	4.1	83
27 Julio 2022	30	20.8	3	2.8	3.02	88
28 Julio 2022	31.3	21.2	3	3.4	3.34	87
29 Julio 2022	28	21.6	1	0.6	2.74	87
30 Julio 2022	28.2	20.2	3	0.9	3.5	88
31 Julio 2022	30.5	20.6	2	2.1	1.88	86

Tabla 3 Datos generales de la estación meteorológica La Teodomira-UTM-Lodana mes de agosto 2022

REPORTE MENSUAL DEL MES DE AGOSTO DEL 2022						
Día	T.Max	T.Min	V.V	Heliofania	Evaporación	HR
1 Agosto 2022	30.5	21.1	3	2.3	3.26	82
2 Agosto 2022	29.8	19.4	2	2.5	2.86	85
3 Agosto 2022	28	20.7	2	0.6	2.26	83
4 Agosto 2022	31.1	21.1	3	3.9	4.12	86
5 Agosto 2022	28.6	21.8	1	0.1	3.72	87
6 Agosto 2022	33	21.2	2	1.2	4	83
7 Agosto 2022	28	21.2	3	6.3	1.52	86
8 Agosto 2022	27.5	20.4	1	0	1.98	89
9 Agosto 2022	31.1	21.4	1	4.6	4.56	83
10 Agosto 2022	30.2	20.8	1	3	4.13	81
11 Agosto 2022	32	20.8	2	4.4	5.07	80
12 Agosto 2022	30.8	21	2	2.3	4.3	82
13 Agosto 2022	28.5	20	1	0.1	2.6	83
14 Agosto 2022	32	19	2	5.3	3.5	81
15 Agosto 2022	34.5	20	3	8	4.5	77
16 Agosto 2022	29	21	2	2.1	3.5	89
17 Agosto 2022	26	20.2	1	0	2.6	88
18 Agosto 2022	29.2	21	2	1.3	2.5	86
19 Agosto 2022	33	19	2	8.1	3.7	83
20 Agosto 2022	32.5	19.2	2	8.5	5.3	78
21 Agosto 2022	33.5	19	2	8.1	5.9	82
22 Agosto 2022	30	20.6	2	3.5	3.32	79
23 Agosto 2022	30.6	21.6	1	4.6	4.28	81
24 Agosto 2022	30.6	21.8	2	1.9	3.32	81
25 Agosto 2022	30.3	20.9	2	1	3.33	78
26 Agosto 2022	30.4	20.1	1	2.2	5.38	84

Tabla 4 Datos generales de la estación meteorológica La Teodomira-UTM-Lodana mes de agosto 2022

REPORTE MENSUAL DEL MES DE AGOSTO DEL 2022						
Día	T.Max	T.Min	V.V	Heliofania	Evaporación	HR
27 Agosto 2022	32.5	21.2	2	5.5	5	82
28 Agosto 2022	32.1	20.5	2	6.2	3.2	81
29 Agosto 2022	32.5	21.4	2	3.2	4.85	82
30 Agosto 2022	30.2	20.8	1	1.2	3.18	83
31 Agosto 2022	30	20.9	2	1.9	3.8	82

Tabla 5 Evaporación diaria cenirrómetro.

DATOS DIARIOS DE EVAPORACIÓN DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2022				
(mm/día)				
Fecha	Tacho 1	Tacho 2	Tacho 3	Promedio
	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día
14 Julio 2022	2	1	0	1.00
15 Julio 2022	4	6	5	5.00
16 Julio 2022	4	6	4	4.67
17 Julio 2022	2	2	2	2.00
18 Julio 2022	3	0	4	2.33
19 Julio 2022	5	6	5	5.33
20 Julio 2022	3	4	5	4.00
21 Julio 2022	4	4	4	4.00
22 Julio 2022	3	3	3	3.00
23 Julio 2022	5	6	6	5.67
24 Julio 2022	4	2	1	2.33
25 Julio 2022	5	6	5	5.33
26 Julio 2022	4	2	6	4.00
27 Julio 2022	-6	-4	-8	-6.00
28 Julio 2022	1	1	3	1.67
29 Julio 2022	4	4	4	4.00
30 Julio 2022	1	2	2	1.67
31 Julio 2022	3	2	3	2.67
1 Agosto 2022	2	1	3	2.00
2 Agosto 2022	2	3	4	3.00
3 Agosto 2022	4	3	3	3.33
4 Agosto 2022	2	3	2	2.33
5 Agosto 2022	4	3	5	4.00
6 Agosto 2022	2	2	4	2.67
7 Agosto 2022	4	6	4	4.67

Tabla 6 Evaporación diaria cenirrómetro.

DATOS DIARIOS DE EVAPORACIÓN DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2022				
(mm/día)				
Fecha	Tacho 1	Tacho 2	Tacho 3	Promedio
	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día
8 Agosto 2022	3	2	2	2.33
9 Agosto 2022	3	2	1	2.00
10 Agosto 2022	3	5	3	3.67
11 Agosto 2022	3	3	4	3.33
12 Agosto 2022	3	4	6	4.33
13 Agosto 2022	5	3	3	3.67
14 Agosto 2022	3	3	2	2.67
15 Agosto 2022	4	3	4	3.67
16 Agosto 2022	5	6	7	6.00
17 Agosto 2022	3	2	2	2.33
18 Agosto 2022	0	0	0	0.00
19 Agosto 2022	3	2	3	2.67
20 Agosto 2022	4	4	4	4.00
21 Agosto 2022	8	8	8	8.00
22 Agosto 2022	5	6	5	5.33
23 Agosto 2022	2	2	4	2.67
24 Agosto 2022	5	3	3	3.67
25 Agosto 2022	3	3	4	3.33
26 Agosto 2022	3	4	3	3.33
27 Agosto 2022	3	3	3	3.00
28 Agosto 2022	5	4	8	5.67
29 Agosto 2022	5	5	4	4.67
30 Agosto 2022	7	6	4	5.67
31 Agosto 2022	2	1	3	2.00

Tabla 7 Evaporación diaria acumulada y datos de humedad.

DATOS DIARIOS PROMEDIO DE EVAPORACIÓN Y HUMEDAD DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2022					
Fecha	Tacho 1	Tacho 2	Tacho 3	Prom.	Tacho tierra
	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	m3/m3
14 Julio 2022	2	1	0	1.00	0.449
15 Julio 2022	6	7	5	6.00	0.440
16 Julio 2022	10	13	9	10.67	0.434
17 Julio 2022	12	15	11	12.67	0.428
18 Julio 2022	15	15	15	15.00	0.423
19 Julio 2022	20	21	20	20.33	0.414
20 Julio 2022	23	25	25	24.33	0.400
21 Julio 2022	27	29	29	28.33	0.390
22 Julio 2022	30	32	32	31.33	0.386
23 Julio 2022	35	38	38	37.00	0.377
24 Julio 2022	39	40	39	39.33	0.372
25 Julio 2022	44	46	44	44.67	0.366
26 Julio 2022	48	48	50	48.67	
27 Julio 2022	42	44	42	42.67	
28 Julio 2022	43	45	45	44.33	
29 Julio 2022	47	49	49	48.33	0.360
30 Julio 2022	48	51	51	50.00	0.353
31 Julio 2022	51	53	54	52.67	0.347
1 Agosto 2022	53	54	57	54.67	0.337
2 Agosto 2022	55	57	61	57.67	0.326
3 Agosto 2022	59	60	64	61.00	0.320
4 Agosto 2022	61	63	66	63.33	0.312
5 Agosto 2022	65	66	71	67.33	0.298
6 Agosto 2022	67	68	75	70.00	0.290
7 Agosto 2022	71	74	79	74.67	0.270

Tabla 8 Evaporación diaria acumulada y datos de humedad.

DATOS DIARIOS PROMEDIO DE EVAPORACIÓN Y HUMEDAD DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2022					
Fecha	Tacho 1	Tacho 2	Tacho 3	Prom.	Tacho tierra
	mm/día	mm/día	mm/día	mm/día	m3/m3
8 Agosto 2022	74	76	81	77.00	0.265
9 Agosto 2022	77	78	82	79.00	0.265
10 Agosto 2022	80	83	85	82.67	0.259
11 Agosto 2022	83	86	89	86.00	0.251
12 Agosto 2022	86	90	95	90.33	0.242
13 Agosto 2022	91	93	98	94.00	0.234
14 Agosto 2022	94	96	100	96.67	0.230
15 Agosto 2022	98	99	104	100.33	0.225
16 Agosto 2022	103	105	111	106.33	0.216
17 Agosto 2022	106	107	113	108.67	0.212
18 Agosto 2022	106	107	113	108.67	0.210
19 Agosto 2022	109	109	116	111.33	0.202
20 Agosto 2022	113	113	120	115.33	0.196
21 Agosto 2022	121	121	128	123.33	0.190
22 Agosto 2022	126	127	133	128.67	0.185
23 Agosto 2022	128	129	137	131.33	0.183
24 Agosto 2022	133	132	140	135.00	0.179
25 Agosto 2022	136	135	144	138.33	0.177
26 Agosto 2022	139	139	147	141.67	0.173
27 Agosto 2022	142	142	150	144.67	0.173
28 Agosto 2022	147	146	158	150.33	0.170
29 Agosto 2022	152	151	162	155.00	0.169
30 Agosto 2022	159	157	166	160.67	0.169
31 Agosto 2022	161	158	169	162.67	0.168

Tabla 9 Evaporación de referencia.

FECHA	CENIRROMETRO
	(mm/día)
14 Julio 2022	1.00
15 Julio 2022	5.00
16 Julio 2022	4.67
17 Julio 2022	2.00
18 Julio 2022	2.33
19 Julio 2022	5.33
20 Julio 2022	4.00
21 Julio 2022	4.00
22 Julio 2022	3.00
23 Julio 2022	5.67
24 Julio 2022	2.33
25 Julio 2022	5.33
26 Julio 2022	4.00
27 Julio 2022	-6.00
28 Julio 2022	1.67
29 Julio 2022	4.00
30 Julio 2022	1.67
31 Julio 2022	2.67
1 Agosto 2022	2.00
2 Agosto 2022	3.00
3 Agosto 2022	3.33
4 Agosto 2022	2.33
5 Agosto 2022	4.00
6 Agosto 2022	2.67
7 Agosto 2022	4.67
8 Agosto 2022	2.33
9 Agosto 2022	2.00

FECHA	CENIRROMETRO
	(mm/dia)
10 Agosto 2022	3.67
11 Agosto 2022	3.33
12 Agosto 2022	4.33
13 Agosto 2022	3.67
14 Agosto 2022	2.67
15 Agosto 2022	3.67
16 Agosto 2022	6.00
17 Agosto 2022	2.33
18 Agosto 2022	0.00
19 Agosto 2022	2.67
20 Agosto 2022	4.00
21 Agosto 2022	8.00
22 Agosto 2022	5.33
23 Agosto 2022	2.67
24 Agosto 2022	3.67
25 Agosto 2022	3.33
26 Agosto 2022	3.33
27 Agosto 2022	3.00
28 Agosto 2022	5.67
29 Agosto 2022	4.67
30 Agosto 2022	5.67
31 Agosto 2022	2.00
PROMEDIO	3.32

Tabla 10 Datos de evaporación y de humedad

DATOS DIARIOS DE EVAPORACIÓN Y HUMEDAD DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2022				
Fecha	Tacho 1	Tacho 2	Tacho 3	Tacho tierra
	mm/día	mm/día	mm/día	m3/m3
14 Julio 2022	2	1	0	0.449
15 Julio 2022	4	6	5	0.440
16 Julio 2022	4	6	4	0.434
17 Julio 2022	2	2	2	0.428
18 Julio 2022	3	0	4	0.423
19 Julio 2022	5	6	5	0.414
20 Julio 2022	3	4	5	0.400
21 Julio 2022	4	4	4	0.390
22 Julio 2022	3	3	3	0.386
23 Julio 2022	5	6	6	0.377
24 Julio 2022	4	2	1	0.372
25 Julio 2022	5	6	5	0.366
26 Julio 2022	4	2	6	
27 Julio 2022	-6	-4	-8	
28 Julio 2022	1	1	3	
29 Julio 2022	4	4	4	0.360
30 Julio 2022	1	2	2	0.353
31 Julio 2022	3	2	3	0.347
1 Agosto 2022	2	1	3	0.337
2 Agosto 2022	2	3	4	0.326
3 Agosto 2022	4	3	3	0.320
4 Agosto 2022	2	3	2	0.312
5 Agosto 2022	4	3	5	0.298
6 Agosto 2022	2	2	4	0.290
7 Agosto 2022	4	6	4	0.270

Tabla 11 Datos de evaporación y de humedad

DATOS DIARIOS DE EVAPORACIÓN Y HUMEDAD DEL MES DE JULIO Y AGOSTO DEL 2022				
Fecha	Tacho 1	Tacho 2	Tacho 3	Tacho tierra
	mm/día	mm/día	mm/día	m3/m3
8 Agosto 2022	3	2	2	0.265
9 Agosto 2022	3	2	1	0.265
10 Agosto 2022	3	5	3	0.259
11 Agosto 2022	3	3	4	0.251
12 Agosto 2022	3	4	6	0.242
13 Agosto 2022	5	3	3	0.234
14 Agosto 2022	3	3	2	0.230
15 Agosto 2022	4	3	4	0.225
16 Agosto 2022	5	6	7	0.216
17 Agosto 2022	3	2	2	0.212
18 Agosto 2022	0	0	0	0.210
19 Agosto 2022	3	2	3	0.202
20 Agosto 2022	4	4	4	0.196
21 Agosto 2022	8	8	8	0.190
22 Agosto 2022	5	6	5	0.185
23 Agosto 2022	2	2	4	0.183
24 Agosto 2022	5	3	3	0.179
25 Agosto 2022	3	3	4	0.177
26 Agosto 2022	3	4	3	0.173
27 Agosto 2022	3	3	3	0.173
28 Agosto 2022	5	4	8	0.170
29 Agosto 2022	5	5	4	0.169
30 Agosto 2022	7	6	4	0.169
31 Agosto 2022	2	1	3	0.168

Anexo N°2 Fotografías.

Ilustración 7 Datos de la estación meteorológica



Ilustración 8 Preparación del terreno



Ilustración 9 Terreno preparado con los tachos alrededor de la bandeja tipo A



Ilustración 10 Tacho con tierra listo con el data logger instalado



Ilustración 11 Muestra del programa ECHO20 Utility

