

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Diseño, construcción e implementación de nuevo currículo para el programa *Enciéndete* de FUNDEGUA”

Trabajo de graduación presentado por

María Cecilia Pacheco Mazariegos

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala

2023

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Diseño, construcción e implementación de nuevo currículo para el programa *Enciéndete* de FUNDEGUA”

Trabajo de graduación presentado por

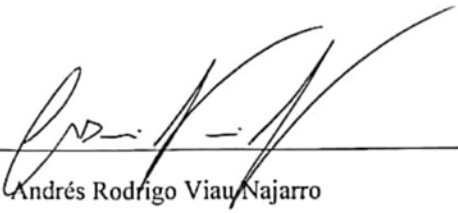
María Cecilia Pacheco Mazariegos

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Mecánica Industrial

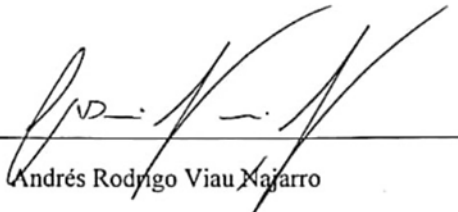
Guatemala


2023

Vo. Bo.:

(f) 
Andrés Rodrigo Viau Najarro
(Asesor)

Tribunal examinador:

(f) 
Andrés Rodrigo Viau Najarro
(Asesor)

(f) 
Víctor Hugo Ayerdi
(Primer examinador de terna)

(f) 
Rony Herrarte
(Segundo examinador de terna)

Fecha de aprobación: Guatemala 5 de enero 2023

PREFACIO

Conocer FUNDEGUA me fue posible por medio de la Universidad del Valle de Guatemala donde se direccionaron horas de extensión y horas de beca para apoyar su proyecto *Enciéndete*. Las horas de extensión y de beca, son horas que dedica el estudiante comprometido a avances y mejoras por causas especificadas para el desarrollo de los guatemaltecos, donde implementa conocimientos y apoya con lo que ha aprendido en los cursos ya tomados. FUNDEGUA se introdujo a la educación con la iniciativa de poder desarrollar las habilidades de Ciencia Tecnología Ingeniería y Matemática (CTIM) en estudiantes de diversificado y otros niveles. Entender su metodología y forma de trabajar y la manera en que apoyan a los guatemaltecos y su educación fue el inicio del por qué se eligió este trabajo de graduación.

Como ciudadana guatemalteca considero es necesario mejorar muchos aspectos en nuestras comunidades, debemos apoyarnos entre nosotros con lo que sabemos hacer. En Guatemala una necesidad enorme es el acceso a una buena educación, nutrición y recursos indispensables como el agua o la luz. Con este proyecto se buscó abarcar todas estas áreas para apoyar a las comunidades más vulnerables del país, integrando las habilidades y valores desarrollados tanto en la universidad, como personalmente.

Agradezco a Dios, mi familia, a mi novio, a mis maestros y compañeros, y a FUNDEGUA, por apoyarme, guiarme y formarme para enfrentar problemáticas e impartir soluciones que beneficien a todos.

CONTENIDO

PREFACIO.....	ii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO	5
V. METODOLOGÍA	31
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES.....	64
VIII. BIBLIOGRAFÍA	64
IX. ANEXOS	66
X. GLOSARIO	69

LISTA DE CUADROS

1. Sistemas de filtrado utilizados usualmente en la irrigación por goteo.....	11
2. Tipos de inyección en fertilizantes más comúnmente utilizados.....	12
3. Relación de emisores comunes y el tipo de suelo.....	14
4. Pérdida de agua por transpiración de una planta en un solo período de crecimiento.....	19
5. Características para el método del sentir.....	22
6. Riego requerido en diferentes tipos de cultivo.....	27
7. Proyectos propuestos y su valoración.....	32
8. Características requeridas para reingeniería.....	38
9. Módulos de ensamblaje.....	43
10. Clasificación para submódulos.....	44
11. Temperaturas registradas.....	66
12. Datos para análisis	66

LISTA DE FIGURAS

1. ¿Cómo encienden?.....	5
2. Ciclo hidrológico por medio del riego por goteo.....	7
3. Objetivo 15 de la ONU en cifras.....	8
4. Esquema de un sistema de riego presurizado.....	15
5. Descripción de partes del irrigador seleccionado.....	17
6. Ciclo del flujo de movimiento del agua en el riego.....	18
7. Estimación de la humedad del suelo por sensación y apariencia.....	21
8. Evapotranspiración Potencial Promedio Anual de la República de Guatemala...24	
9. Forma que adopta el curso del agua según el tipo de suelo.....	25
10. Tipos de raíz.....	26
11. Disposición de experimento para conocer la distribución de un riego uniforme..28	
12. Irrigador solar, Opción 1.....	39
13. Irrigador solar, Opción 2.....	39
14. Boceto de reingeniería del irrigador solar.....	40
15. Medidas para diseño 3D.....	46
16. Ensamble de prototipo, gotero e irrigador.....	47
17. Presión de aire.....	67
18. Visualización de manual de ensamble.....	54
19. Plano de agujero en plancha de madera de 2m y ensamble piezas.....	55
20. Agujero en bandeja de gotero didáctico.....	56
21. Colocación de teflón en roscas.....	56
22. Cortes de tubería PVC y ensamble de gotero didáctico.....	57
23. Ensamble de acople.....	57
24. Distribuidor.....	58
25. Ensamble de sistema.....	63
26. Medidas para diseño 3D.....	63
27. Ensamble de prototipo, gotero e irrigador.....	64
28. Visualización de currículo irrigación.....	68
29. Diseño de irrigador por goteo solar para el currículo irrigación de <i>Enciéndete</i>	69
30. Planos creados para cortes y agujeros.....	70
31. Cotización de proyecto.....	71
32. Manufactura de prototipo.....	72
33. Prototipo.....	72
34. Contenido para FUNDEGUA.....	73
35. Lluvia de ideas en nube de palabras.....	83
36. Lluvia de ideas en estrella.....	83

RESUMEN

Este trabajo muestra la metodología que se siguió para diseñar, construir e implementar los conceptos básicos para un currículo *Enciéndete* de FUNDEGUA. Este currículo por medio de la metodología CTIM comprende e inspira a una solución para problemáticas básicas que afectan a la familia y comunidad del usuario. En esta ocasión, el usuario se trata del estudiante de diversificado en las escuelas de comunidades vulnerables de Guatemala. Se realizó una lluvia de ideas de distintos diseños y FUNDEGUA aprobó el trabajado. La problemática en la que se enfocó el diseño aborda el área de agricultura y agua.

El diseño se basa en un producto innovador que fue centrado en el usuario. El producto diseñado a manera de prototipo fue un irrigador por goteo solar que funciona por medio de presiones y temperaturas utilizando la energía solar como principal factor de diferencial de presión. Está compuesto también, de una serie de sifones para trasladar el fluido (agua).

Se diseñó un juego de piezas en 3D, un juego de planos, y los instructivos de materiales y ensamble del producto innovador como una guía que permitiera la facilidad de la construcción o ensamble de este. Adicional se realizó una cotización de materiales, para que este pudiese ser replicado y a manera de justificar el bajo costo de inversión para realizarlo.

Finalmente, se investigó maneras de conocer los cultivos y sugerencias de su manutención para enseñarle a los estudiantes. Se realizó una guía de aprendizaje centrada en la metodología de FUNDEGUA, con ejercicios prácticos y ejemplos con el fin de que pudiesen comprender lo básico de cultivos y de la mecánica del fluido en el prototipo.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los cambios climáticos drásticos afectan la flora y su curso natural. La mayoría de los cultivos en Guatemala son dependientes de la lluvia y una gran cantidad de cultivos que utilizan riego artificial, consumen vastas cantidades de agua. El riego por goteo es una gran alternativa, ofrece mucha más eficiencia respecto al consumo de agua y su focalización de riego permite que el agua utilizada sea la mínima necesaria para las raíces de los cultivos, como también permite menor evaporación de la misma. El riego por goteo aplica a la mayoría de los cultivos guatemaltecos entre los cuales están maíz, frijol, tomate, cebolla, remolacha y rábano.

FUNDEGUA es una fundación que promueve ayuda culturalmente sensible, impulsada por la investigación. Utiliza un programa llamado *Enciéndete*, el cual lidera el cambio en comunidades por medio de niños guatemaltecos por medio de ciencia, ingeniería e innovación, enseñando los conceptos básicos de CTIM bajo la metodología de *design thinking*.

Enciéndete se basa en un currículo con contenidos teóricos y prácticos de ciencia, ingeniería y matemática para comprender una problemática específica, e impulsar ideas en los niños para adaptar soluciones en sus comunidades por medio de la creación de un producto innovador.

El presente trabajo consiste en la creación de un currículo *Enciéndete* de agricultura y agua para la fundación FUNDEGUA, donde como principal producto innovador se creó un irrigador por goteo solar. Este irrigador es fácil de crear, fácil de mantener y de un bajo costo. Ofrece una alternativa que puede ser modificada según las necesidades del estudiante o usuario y las características del terreno donde desee colocarse.

II. OBJETIVOS

A. General

Crear un currículo nuevo de enseñanza en la fase de planificación que apoye las actividades CTIM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) del programa *Enciéndete* de FUNDEGUA.

B. Específicos

1. Diseñar el prototipo de un producto innovador para la irrigación por goteo que promueva la enseñanza de las actividades CTIM.
2. Realizar el juego de planos correspondiente al ensamble del diseño 3D del prototipo para garantizar su replicación posterior.
3. Manufacturar un prototipo funcional con materiales reutilizados, reciclados o accesibles en las comunidades guatemaltecas con un presupuesto que no sobrepase los Q1,000.00
4. Crear el manual del currículo de *Enciéndete* con los respectivos requisitos de FUNDEGUA e información educativa pertinente.

III. JUSTIFICACIÓN

Según el censo registrado en el INE del 2018, se confirmó que en Guatemala existe un 20.47% de población sin ningún nivel de escolaridad y que solo 805,77 estudiantes de educación básica y 422,134 estudiantes diversificado estuvieron inscritos. Del total de inscritos, 388,828 estudiantes estaban entre los 15 a 19 años. El nivel de deserción de estudiantes respecto del 2018 al 2019 fue de 6.95% a 7.33% en el nivel básico y de 5.96% a 6.76% en diversificado, siendo la mayor causa de deserción en el estudio el impedimento económico, y otras causas como la falta de escuelas/institutos cercanos o porque sus padres o encargados no se los permiten. (INE,2018) El problema del acceso a una educación de calidad afecta grandemente el desarrollo de los guatemaltecos, por ende, el del país. No se ha logrado llegar a educar de una manera integral, equitativa, o amplia ni se han implementado los suficientes recursos para poder hacerlo. Tampoco, se ha logrado incentivar de manera correcta a los jóvenes para que culminen sus estudios.

Este proyecto se trabajó para FUNDEGUA, un centro de investigación aplicada para el desarrollo sostenible, donde desean resaltar las fortalezas de Guatemala y crear propuestas de desarrollo innovadoras como medio catalizador que genere cambios duraderos en el país. Confían en que la mejor manera de ayudar es creando proyectos de desarrollo culturalmente apropiados y sostenibles donde los mismos sean respaldados por la investigación y con ello ayudar en la formación de vínculos entre guatemaltecos de todas clases sociales, edades y etnias. Para lograrlo facilitan el programa de currículos *Enciéndete*. Este tiene como finalidad ser un conjunto de currículos, basados en el proceso de diseño centrado en el usuario, que empodera a jóvenes de entre 15 a 19 años, desde sus escuelas, con conocimientos científicos para pensar críticamente sobre las necesidades de su comunidad y diseñar soluciones innovadoras para abordarlas.

Este proyecto es importante porque se reconoce el impacto de *Enciéndete* tanto en los estudiantes participantes, así como en las comunidades de estos. Los estudiantes, empoderados con los nuevos conocimientos, han logrado implementar soluciones variadas con lo aprendido y con ello promover su desarrollo. Adicionalmente, el proyecto es necesario porque se difumina la educación de una manera más inclusiva y porque al ampliar los conocimientos que se enseñan por medio de una escalabilidad del programa, se abordarán mayores soluciones a problemáticas en Guatemala. Con lo mismo, se apoya y promueve su desarrollo.

La escalabilidad del programa *Enciéndete* buscó abarcar un tema distinto de los actuales. El tema elegido colabora con la agricultura por medio de un producto innovador que procura, además, una mejor nutrición para los participantes y sus familiares. La misión educativa del mismo tiene por objetivo transmitir conceptos básicos como sistemas de riego eficientes a través de la metodología CTIM y posteriormente facilidad para

que el producto innovador pudiese ser utilizado y replicado. Con estos conocimientos los estudiantes serán capaces de diseñar y construir un sistema de riego por goteo accesible a su situación y procurar cuidar de un cultivo de pequeña escala para obtener beneficios económicos o alimenticios de manera sostenible, trabajar en equipo, ser inclusivos, así como por último ser capaces de transmitir a más generaciones lo que aprendieron.

IV. MARCO TEÓRICO

A. FUNDEGUA Y EL PROGRAMA ENCIÉNDETE

FUNDEGUA es una incubadora de investigación dedicada a fomentar el desarrollo sostenible de Guatemala al promover proyectos de desarrollo innovadores que destacan las fortalezas del país y catalizan un cambio duradero. La misión de FUNDEGUA es cerrar la brecha entre datos y programas de desarrollo social, cultivando un ecosistema de investigación dinámico, interrelacionado y ético. Para ello facilita el programa Enciéndete que empodera a jóvenes transmitiendo conocimientos científicos para diseñar productos innovadores que responden a necesidades comunitarias para abordarlas. Enciéndete, además, tiene como brecha de desarrollo la falta de oportunidades en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (CTIM) en escuelas de bajos recursos de Guatemala.

Uno de sus pilares es el diseño centrado en el ser humano, en donde los individuos para quienes se diseña son el centro de pensamiento y acción a través del proceso de ingeniería. Teniendo como objetivo promover el pensamiento crítico y la creatividad para encontrar soluciones, como también fomentar una cultura de proactividad en donde se usen materiales disponibles y accesibles para abordar las necesidades. Lograr un impacto continuo de empoderamiento en CTIM en los estudiantes participantes es el fin del programa.

El programa está diseñado en conjunto con la Fundación Paiz y lo que se realiza en el currículo de *Enciéndete* es armar el equipo estratégico, determinar a los beneficiarios, definir las necesidades de las comunidades, aumentar la visibilidad de los programas de desarrollo e intervenir con diseños estudiados creando planes de monitoreo y evaluación.

La Figura 1 muestra una secuencia de actividades que se realizan para implementar un *Enciéndete*, donde se puede observar que se selecciona detalladamente, y con base en una investigación, el público objetivo al que se dirigirá el *Enciéndete*. También, se establece la necesidad a abarcar para proporcionar soluciones por medio de la educación de calidad.

Figura 1. ¿Cómo encienden?



Fuente: FUNDEGUA

Enciéndete ha sido implementado en el Instituto Nuestra Señora del Socorro (INSS) de San Andrés Semetabaj, Guatemala y de Antigua Guatemala. También, en el Instituto Mixto Intercultural Santiago en Antigua Guatemala. Cuenta con el apoyo del club “Desarrolla” de la Universidad de Duke, quienes facilitan colaboración entre la comunidad de la Universidad de Duke y América Latina y con el apoyo de distintas entidades guatemaltecas como la Universidad del Valle de Guatemala. Además, se asociaron con la Sociedad de Ingenieros Hispanos Profesionales (SHPE) de la Universidad de Michigan en Ann Arbor para escalar el programa *Enciéndete* a otras escuelas y crear clubes estudiantiles promoviendo la sostenibilidad de este.

Actualmente los currículos de *Enciéndete* que existen son el de “Falta de luz” donde realizan linternas, el de “Contaminación de agua” donde realizan microscopios y filtros de agua, y actualmente de modo virtual el de “Querido come galletas: Coronavirus” donde los niños aprenden información útil del virus y cómo enfrentarlo durante cuarentena en la pandemia de COVID-19.

B. ACTIVIDADES CTIM

Las actividades CTIM se describen por cada una de sus competencias. El CTIM involucra desarrollar y aplicar pensamiento y visión matemática para resolver problemas de la vida cotidiana. Esta competencia une el resto. El CTIM es la premisa de la ingeniería, los estudiantes utilizan la ciencia y tecnología, observan, experimentan, identifican cuestiones y sacan conclusiones con base en pruebas.

Las actividades CTIM aplican conocimiento y procesos de investigación para comprender mejor y actuar ante el mundo que nos rodea.

(Erasmus+, 2022)

C. IRRIGACIÓN POR GOTEO

Este tipo de riego es un sistema donde el agua se conduce y distribuye en conductos cerrados (tuberías o líneas de goteo) que requieren presión. Estas tuberías tienen goteros que emiten un flujo controlado de agua, la que se aplica uniforme y directamente. Permite regar de 1 a 2 veces diariamente, todos o algunos días, según el tipo de suelo y el cultivo lo requiera. (Netafim, 2020)

Consiste en una fuente de abastecimiento de agua, la cabeza principal, tuberías de conducción (principales y terciarias), cabezales de campo, y laterales de riego con emisores.

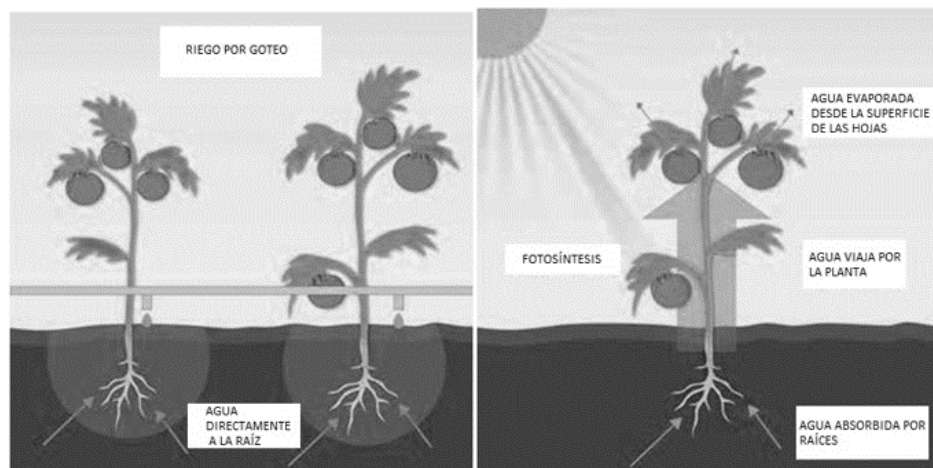
El riego por goteo no aplica agua al campo entero, como en los sistemas de riego tradicionales, por aspersión o inundación; la aplica a la zona radicular de la planta directamente en dosis medidas y frecuentes.

(Sela Guy, s.f.)

Es el sistema de suministro de agua y nutrientes más eficiente en los cultivos. Se enfoca en la capacidad específica del suelo para absorber agua. La zona de la raíz se mantiene a niveles óptimos de humedad, lo que permite mayores rendimientos. Con esto se evita entre un 15% a 30% de la evaporación del agua, por lo que este tipo de riego aumenta hasta un 30% dicha capacidad de absorción. También, contribuye a que exista una mejor relación aire-agua en el suelo mejorando la eficiencia respecto a los nutrientes naturales. (Itongadol, 2019)

La Figura 2 muestra el ciclo hidrológico en una planta, se observa que el agua llega más directamente a las raíces para ser absorbida y aprovechada por la planta.

Figura 2. Ciclo hidrológico por medio del riego por goteo



Fuente: GFA

1. EL PAPEL DEL AGUA DE RIEGO

El agua de riego promueve la actividad biológica y química del suelo, y la mineralización durante los períodos secos. En lugares estacionalmente secos, extiende artificialmente el período de tiempo de la actividad biológica del suelo y la liberación de nutrientes, creando condiciones de crecimiento óptimas para los cultivos.

Además, en todas las plantas, ayuda a que exista la fotosíntesis, proporciona rigidez a su estructura y regula su temperatura por medio de la evapotranspiración. Por último, reduce el estrés de las plantas, con lo que se vuelven resistentes a las plagas y enfermedades mejorando la calidad de los cultivos.

(Casfs, s.f.)

2. IMPORTANCIA

Guatemala tiene un amplio potencial de riego. Actualmente, sólo el 29% de las áreas agrícolas con muy alta y alta necesidad de riego cuentan con agua.

Con el riego, los campesinos y agricultores pueden multiplicar su producción y sus ingresos en comparación con la agricultura dependiente de lluvia (de secano). Por ello, el acceso al riego es un elemento esencial de las estrategias de combate a la inseguridad alimentaria y la pobreza rural, y de las políticas de aumento de la producción y la productividad agrícola. (López Elmer, *et al.* 2016)

Es muy importante hacer conciencia sobre la necesidad de los sistemas de riego eficientes y que contemplen el cuidado del agua. La ONU en su explicación del objetivo 15 que habla de la vida de ecosistemas terrestres demuestra sus esfuerzos por crear dicha conciencia y dice:

<< La vida humana depende de la tierra tanto como del océano para su sustento y subsistencia. La flora provee el 80% de la alimentación humana y la agricultura representa un recurso económico y un medio de desarrollo importante. A su vez, los bosques cubren el 30% de la superficie terrestre, proveen hábitats cruciales a millones de especies y son fuente importante de aire limpio y agua. Además, son fundamentales para combatir el cambio climático. Cada año se pierden 13 millones de hectáreas de bosques, mientras que la degradación persistente de las tierras secas ha llevado a la desertificación de 3.600 millones de hectáreas, afectando desproporcionadamente a las comunidades pobres. [...] Se deben tomar medidas urgentes para reducir la pérdida de hábitats naturales y biodiversidad que forman parte de nuestro patrimonio común y apoyar la seguridad alimentaria y del agua a nivel mundial, la mitigación y adaptación al cambio climático, y la paz y la seguridad.>>

En la Figura 3 podemos observar datos más específicos de hechos actuales que se dan en el mundo, de los que la ONU propone hay que buscar solución.

Figura 3. Objetivo 15 de la ONU en cifras



Fuente: ONU

Además, mencionan que el 52% de la tierra que se usa para la agricultura se ve afectada por la degradación del suelo. Hasta el 33% de la tierra cultivable del mundo se está perdiendo a un ritmo que supera el proceso natural de reposición del suelo. La reposición natural del suelo demora alrededor de 500 años para crear solo 2.5 cm de la capa superior del suelo. Si se tienen 12 millones de hectáreas perdidas cada año por sequía y desertificación, que es una pérdida de alrededor de 20 millones de toneladas de grano potencial, el 74% de las personas pobres en el mundo se ven directamente afectadas.

Muchas empresas se han preocupado por mejorar y promover el cuidado del agua y la implementación de tecnologías para mejorar la nutrición de los más vulnerables. Un gran ejemplo es la empresa Netafim dado a su compromiso con el cuidado de los recursos. Han logrado regar alrededor de 10 millones de hectáreas de tierra y produjeron más de 150 mil millones de goteros para más de dos millones de agricultores.

En 2007, Agrovale, productor brasileño de azúcar, etanol y bioenergía, trabajó con Netafim y aumentaron el rendimiento de caña hasta 140 toneladas a pesar de la escasez crónica de agua y tierra.

Estos datos indican la importancia y el potencial que se tendría para aplicar soluciones en Guatemala. Potencial que beneficiaría a todos, no solo con una mejor alimentación sino con fuentes económicas, cuidado del agua, entre otras ventajas.

(Itongadol, 2019)

3. IMPACTO EN LA SIEMBRA DE CONSUMO PROPIO

Guatemala tiene 3.7 millones de hectáreas (*ha*) de superficie con potencial para agricultura. Donde en poco más de 1 millón de hectáreas se cultivan maíz y frijol, que son la base alimentaria del país. Cultivos que en su mayoría no utilizan el riego, dependiendo únicamente de las lluvias.

En comparación con los producidos con riego de exportación, como la caña de azúcar que ocupa el tercer lugar en productividad en el ranking mundial. Guatemala ocupa el puesto 18 y 15 en productividad de estos granos respectivamente según el análisis de la ONU para la FAO (*Food and Agriculture Organization*). Se puede notar entonces, que la diferencia de puestos en el ranking se debe a la poca prioridad de los cultivos para consumo propio respecto de los de exportación. Además, se puede notar la vulnerabilidad en la seguridad alimentaria a nivel país donde los cultivos dependen de factores climáticos. Por otra parte, los cultivos de exportación ocuparon 71% del total de áreas irrigadas y utilizaron 69% del volumen de agua para riego en 2003, pero los cultivos de pequeño y mediano riego no se aprovechan al máximo por el limitado acceso por parte de los productores a créditos, asistencia técnica y otros factores. Casi 50,000 *ha* ocupan riego artesanal, sistemas de mini riego y unidades de riego construidas por el Estado que son manejadas con baja eficiencia, sin sostenibilidad ambiental y escasa vinculación a cadenas de valor.

El censo nacional agropecuario del 2003 nos muestra que el área regada en el país se divide en un 30% por el método de inundación, un 54% por el método de aspersión y únicamente un 6% por el método de riego por goteo. Tomando en cuenta que al método por inundación se le atribuye un 50% de eficiencia general, al de aspersión un 75% y al riego por goteo un 95%. Es notorio que en Guatemala aún está presente el desafío de la implementación de mejoras para la gestión del riego.

El potencial de ampliar el riego es grande. Se tiene como principal factor crítico la disponibilidad del agua, pero esta misma es positiva y favorable a nivel nacional. Estudios del MAGA, indican que, al comparar la demanda y oferta del agua para riego en el mes más seco, existió un amplio excedente en las tres vertientes del país. Por lo tanto, es posible incorporar nuevas áreas de riego para mejorar la disponibilidad de alimentos en la agricultura familiar. Incluso es posible en zonas de alto déficit hídrico y suelos de ladera, utilizando un manejo de agua adecuado junto con métodos de conservación y mejora de suelos, como lo es el riego por goteo. En Guatemala en estos casos se cultiva por riego por goteo mango de clase agrológica IV y V, además de tomate.

El riego permite incrementar la producción de alimentos y la oferta alimenticia a nivel comunitario. Puede así mejorar el consumo a nivel del hogar, como también ampliar y diversificar los patrones de cultivo y producir cultivos de mayor valor.

En términos de mejoras en los rendimientos y los ingresos, se estima un incremento promedio de rendimientos de 12 hortalizas bajo riego, que es un 150% en comparación de los que no utilizan riego. El incremento promedio en los ingresos con estas mismas hortalizas es de 286%.

El Departamento de Riego del MAGA estima que una hectárea bajo riego genera 648 jornales al año, dos puestos fijos de trabajo, seis beneficiarios directos y doce beneficiarios indirectos.

Pero también se tiene que tomar en cuenta que debe ser un riego eficiente con el uso del agua. Según la Constitución de la República en el artículo 97 de medio ambiente y equilibrio ecológico todos los que disfrutamos de los mismos debemos cuidarlos. El artículo dice:

<<El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y el agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.>>

Además, el aprovechamiento del agua sin cuidado de las zonas de recarga hídrica sin manejo de los cursos ni de las fuentes de agua, y sin pago por su uso, está agotando los caudales superficiales y las aguas subterráneas. Los usuarios del mini riego, del riego empresarial de gran escala y de las unidades de riego construidas por el Estado reportan descensos anuales alarmantes en los caudales y en los niveles freáticos por la deforestación de las zonas de recarga hídrica, la variabilidad climática y el sobreuso. (López Elmer, *et al.* 2016)

Por lo que esto da aun así más importancia a la implementación del riego por goteo dada a su eficiencia en el consumo de agua, para el cultivo de alimentos de la canasta básica de consumo propio.

El riego por goteo se adapta a cualquier pendiente cultivable y es adecuado para la mayoría de los suelos. A diferencia del riego por goteo comercial, los sistemas simples hechos para consumo propio son económicos y efectivos. (sswm.info, s.f.)

4. EQUIPO Y SECCIONES

a. Cabeza principal. Son los elementos que conforman la mayor parte de la instalación del sistema.

Proveen de presión y caudal, filtran el agua, permiten la inyección de fertilizantes y nutrientes, como también, medir volúmenes y presiones, entre otras especificaciones como el funcionamiento automatizado.

b. Equipo de bombeo.

Usualmente se utiliza de 1 a 2 bombas centrífugas abastecidas por energía eléctrica. Pero depende, tanto la cantidad de bombas como el tipo de bomba, de la presión requerida para vencer los diferenciales de altura en el terreno que se desea irrigar y las pérdidas de carga del sistema.

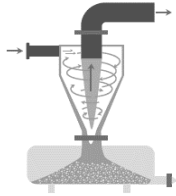
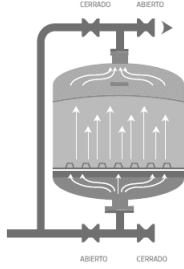
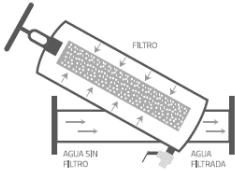
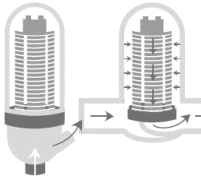
c. Sistema de filtrado.

Dada a la desventaja de la obstrucción de goteros por minerales en suspensión, materias orgánicas, o precipitados contenidos en el agua de abastecimiento, se utiliza distintos filtros. Pueden ser rejillas o decantadores.

La selección de los filtros depende del agua a utilizar y qué tan limpia pueda estar (sedimentos, sustancias orgánicas contenidas, etc.) Los más comunes son hidrociclones, filtros de grava y filtros de malla y anillas. El primero se recomienda para arenas, el segundo para limos y arcillas o sustancias orgánicas, y los

últimos para todos los escenarios; respectivamente. En el Cuadro 1 podemos observar algunas características propias de cada filtro posible a utilizar.

Cuadro 1. Sistemas de filtrado utilizados usualmente en la irrigación por goteo.

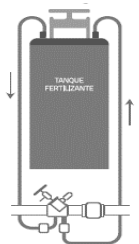
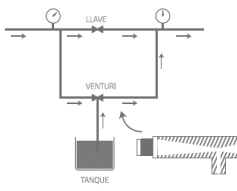
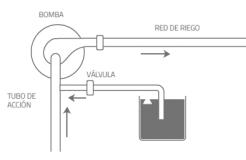
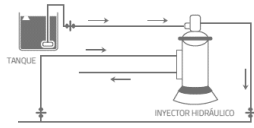
Hidrociclón	Filtro de grava	Filtro de malla	Filtro de anillas
<p>Separa gravilla y arena. Se decantan y depositan en un recipiente. Consigue separar el 98% de partículas superiores a 100 micrones.</p>	<p>Son tanques que contienen arena o grava tamizada como agente filtrante. Retienen sustancias orgánicas o partículas empleando todo el espesor de la arena.</p>	<p>Carcasa que aloja un cartucho con malla de distintos diámetros. El tamaño del diámetro se determina por el número de aberturas por pulgada lineal. Usualmente de 110-106 micrones.</p>	<p>Su conjunto filtrante está constituido por discos con ranuras, superpuestos, formando conductos para el paso del agua. Retienen gran cantidad de sedimentos.</p>
			

Fuente: Liotta Mario, *et al.* San Juan, Argentina.

d. Unidad de fertilización.

Se encarga de la inyección de fertilizantes. Se divide en el depósito de almacenamiento y en el sistema de inyección y fertilización. El primero consiste en tanques de polietileno, fibra de vidrio o fibrocemento (materiales resistentes a corrosión), con tamaño según las necesidades del sistema. Usualmente de 200-1000 *lt*. El segundo se compone de un tanque de fertilización, un inyector Venturi, y bombas hidráulicas. En el Cuadro 2 tenemos un conjunto de características de los sistemas comúnmente utilizados para la unidad de fertilización, se puede ver que mecánicamente son muy variados, pero cumplen la misma función.

Cuadro 2. Tipos de inyección en fertilizantes más comúnmente utilizados

Tanque de fertilización	Inyector Venturi	Inyección directa por bomba	Bombas hidráulicas
<p>Se conecta a la tubería con una entrada que se extiende hacia el fondo para proporcionar una mezcla. La concentración del fertilizante disminuye a medida que circula agua.</p>	<p>El sistema tiene forma de T y contiene un estrechamiento que acelera la velocidad del fluido (agua) provocando la presión necesaria para la succión del fertilizante, inyectándolo a la tubería. La presión mínima requerida es de 15 mca y representa una pérdida de carga del 20% por lo que es necesario añadir una bomba adicional al sistema.</p>	<p>Se conecta un tubo proveniente del tanque fertilizador al tubo de succión, antes del ingreso a la bomba. Se utiliza una válvula esférica para regular la velocidad de inyección. La solución tiende a corroer la bomba.</p>	<p>Utilizan energía hidráulica para mover sus mecanismos sin pérdidas de carga. Consiste en un sistema de émbolo con un motor hidráulico que succiona e inyecta la solución. El mantenimiento de estas es de alto costo.</p>
			

Fuente: Liotta Mario, *et al.* San Juan, Argentina.

e. Sistema de control y medición.

Los aparatos de control y medición más utilizados son manómetros, caudalímetros, y controladores de riego. Los primeros se utilizan para medir la presión tanto en el cabezal como en el campo. Los segundos, miden el caudal instantáneo y el volumen escurrido. Usualmente se utilizan en el cabezal en la salida de los filtros. El último, permite la automatización del riego. Este ofrece distintas ventajas como mejorar el control

de frecuencia y lámina de riego, controlar fallas o averías, almacenar datos, o programar retro lavados y fertilización. Se instalan en el cabezal de riego y funcionan con válvulas solenoides.

f. Tuberías de conducción.

El material más utilizado para las tuberías es el PVC (cloruro de polivinilo) y de polietileno. Se utilizan diámetros mayores a los 50 mm (pueden ser de 50, 63, 75, 90, 110 y 160 mm) en líneas de distribución primarias, secundarias y terciarias.

g. Cabezales de campo.

Se trata de válvulas para suministro de agua a las unidades de riego. Se instalan en el campo y pueden ser de tipo esféricas para operación manual o hidráulicas. Deben cumplir con un caudal uniforme, poca sensibilidad a presión y obturaciones, poca pérdida de carga, y resistencia a productos químicos y al ambiente.

h. Laterales de riego.

Son las tuberías en las hileras de plantas. Se encuentran entre 16-20 mm de diámetro según el caudal de distribución y la longitud del riego. Normalmente son de polietileno de baja densidad.

i. Emisores.

Son los dispositivos que controlan la salida de agua desde los laterales de riego. Se clasifican en emisores de bajo y alto caudal. Los primeros pueden ser los goteros o cintas, con un caudal de máximo 16 lt/h. Los segundos, son difusores y micro aspersores con un caudal de 16-200 lt/h.

Se pueden clasificar como:

De largo conducto. Son tubos de diámetros pequeños y de gran longitud con un exponente de descarga de 0.75 - 1. Actualmente ya no es utilizado como gotero, sino como elemento de conducción, ya que son de régimen laminar.

De laberinto. El recorrido del agua es en forma de laberinto, dado a esto su nombre. El agua recorre en forma tortuosa y pierde presión. Es poco sensible a las obstrucciones y los cambios de temperatura y presión, y comprende un exponente de descarga de 0.45 - 0.55. Son de régimen turbulento.

De orificio. El agua se descarga en uno o varios orificios de diámetro pequeño, tiene un exponente de descarga de 0.5 aproximadamente. Se obstruye fácilmente dado al tamaño del diámetro del orificio, pero es poco sensible a los cambios de temperatura y presión. Se consideran de régimen turbulento.

De remolino o tipo Vortex. Es un emisor que contiene una cámara circular donde se produce un remolino que en su centro localiza el punto de emisión. Es decir, el agua al ingresar en la cámara de forma tangencial provoca un movimiento en espiral que provoca una pérdida de carga y luego sale en forma de gota. El exponente de descarga está entre 0.4 - 0.5, y su diámetro es mayor a los otros por la pérdida de carga extra

que origina, lo que lo aventaja ya que no tiene riesgos de obstrucción. Son poco sensibles a la temperatura y presión. Se consideran de régimen turbulento.

Autocompensante. Mantienen el mismo caudal, aunque varíe la presión. El mecanismo consiste en una membrana de silicona que funciona tipo diafragma y se deforma al existir una diferencia de presión del agua antes y después, modificando así el conducto de paso permitiendo un caudal constante. Se utiliza frecuentemente en terrenos con pendientes pronunciadas, ondulados, o longitudes extensas. Se consideran de régimen turbulento. El efecto autocompensante se consigue a ciertas presiones que se deben indicar en la especificación del fabricante.

(Gestiriego, 2016)

En el Cuadro 3 se puede observar recomendaciones para la selección del tipo de emisor según el suelo que se desea irrigar. Por ejemplo, para el suelo arcilloso pesado se recomienda un emisor de bajo flujo, para los arenosos un emisor más variado y para la textura media de compensación. También se dan los gpm recomendados como una guía para el tipo de cultivo que se requiera regar.

Cuadro 3. Relación de emisores comunes y el tipo de suelo

Tipo de suelo	Emisor	Recomendación
Arcilloso pesado	0.5 gph	Para plantas individuales, emisores de 0.5 gph. Utilizar emisores de bajo flujo como el “Woodpecker”, o el “Pinch Drip”. Si el cultivo es en hileras, utilizar un emisor de tubo, o cintas de goteo de bajo flujo. Programas de riego frecuente pero lento.
Arenoso	1.0 gph	Regar con mayor frecuencia Utilizar emisores como el “Woodpecker” de 2 o 5 gph con un espacio de emisor más cercano. Si el cultivo es en hileras a escala comercial, utilizar cinta de goteo con una distancia de 8-4 pulgadas entre ellas. Para macizos de flores: Utilizar rociadores ajustables como “Spectrum” o Micro Jets, pueden adaptarse al tamaño del área. Utilizar rociadores “MiniJet” no ajustables para mayor rapidez y fácil instalación, como para una uniformidad de humedad. Programas cortos de horario de riego.
Textura media	0.6 gph	Para macizos de flores: Utilizar mini rociadores “Ein Dor”, proporcionan cobertura uniforme en áreas de 5-3 pulgadas de diámetro. Perforar emisores individuales de compensación de presión cerca de cada planta.

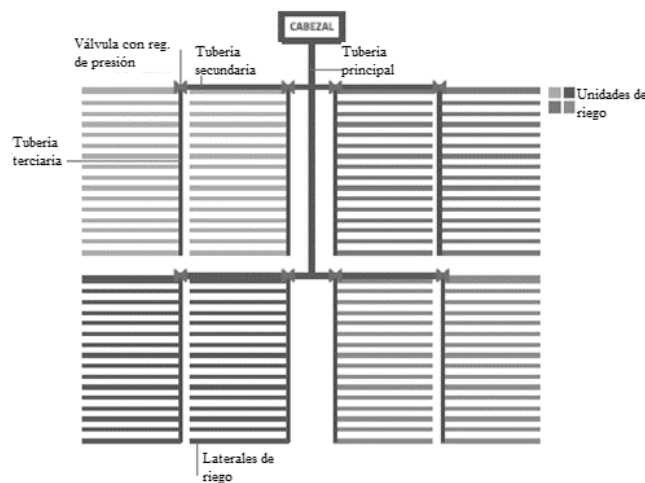
Fuente: Liotta Mario, *et al.* San Juan, Argentina.

Los sectores que conforman más ampliamente el sistema de riego por goteo son la subunidad de riego, la unidad de riego y la operación de riego. El primero es el área regada con una válvula o cabezal de campo. El segundo refiere a la superficie que se riega simultáneamente tomando un conjunto de subunidades de riego. El último se refiere a la superficie que se riega simultáneamente en el conjunto de unidades de riego.

(Liotta, 2015)

En la Figura 4 se muestra un ejemplo del conjunto de sistemas de riego por goteo visto en planta, se puede observar una configuración con varios laterales de riego en dos columnas de tubería. Siendo un sistema con tubería principal, secundaria y terciaria. Cabe mencionar que las configuraciones pueden cambiar según el tipo de cultivo y el terreno que se quiere regar.

Figura 4. Esquema de un sistema de riego presurizado



Fuente: Liotta Mario, *et al.* San Juan, Argentina.

5. CULTIVOS

Los cultivos que pueden crecer con el riego por goteo son maíz, soya o caña de azúcar, hortalizas, tomate, mango, árboles frutales, entre otros. Abarcan casi todos los cultivos de verduras. Pueden crecer en suelo o hidroponía. Pueden ser construidos en terrenos planos o con topografía complicada, solo se debe elegir el sistema adecuado para el cultivo y para las condiciones del campo.

6. DEMANDA

En Guatemala actualmente existe un área de 29,189 km cuadrados amenazada por sequía, donde se encuentran 123 municipios en las áreas de 19 departamentos, sin contar a Izabal, Alta Verapaz y Sololá.

El país clasifica las áreas como: regiones semiáridas y subhúmedas, que son las que tienen muy alta y alta necesidad de riego; siendo aproximadamente 929,000 *ha* u 8.6% de superficie nacional, y 2,179,000 *ha* o

20.1% de superficie nacional respectivamente. Regiones de media y baja necesidad de riego, que son un 43.5 % y 278% de superficie nacional, 4,715,000 *ha* y 3,016,000 *ha* respectivamente.

Deben regarse prioritariamente las que pretenden usarse para agricultura. Siendo un total de 236,243 *ha* de la región de muy alta necesidad y 316,083 *ha* de la región de alta necesidad de riego. Por lo que se evidencia que hay un gran potencial de implementación del riego por goteo para las áreas de muy alta necesidad y alta necesidad de riego. En cuanto a eficiencia de riego la mejor opción para incluso cuidar el medio ambiente por el recurso de agua necesario es el riego por goteo. (López Elmer, et al. 2016)

7. VENTAJAS

El riego por goteo es el método más eficiente de riego. Proporciona una eficiencia de uso de agua del 95%-100% comparado con sistemas de aspersión (80%-85%) e inundación (60%-70%). La eficiencia se ve relacionada con la efectividad del sistema por rendimientos del cultivo y rentabilidad para el productor.

Incrementa los rendimientos del cultivo ahorrando recursos como agua, fertilizantes, energía, y mano de obra. El retorno sobre la inversión ocurre en menor tiempo lo que lleva a mayores ganancias para los productores. Es un enfoque de la agricultura que apoya a los productores a generar mayores rendimientos y calidad utilizando menos recursos. (Netafim, 2020)

Otras ventajas que se puede mencionar son la eliminación de la escorrentía superficial, un nivel constante en la humedad del suelo, gran flexibilidad en la aplicación de fertilizantes, la prevención del crecimiento de malezas y enfermedades de las plantas y una fácil integración en sistemas de fertiirrigación y automatización. (Sela Guy, s.f.)

La irrigación por goteo permite una reducción considerable en el impacto de las sequías y el cambio climático en la producción de alimentos. Además, se previene que se contaminen aguas subterráneas y afluentes superficiales por fertilizantes, agroquímicos y lixiviación. Contribuye a la reducción de la pobreza y migración a ciudades. (Netafim, 2020)

8. INCONVENIENTES

Si el sistema de riego está bien diseñado y gestionado se da un mejor manejo de la salinidad en el suelo y se puede lograr menor contenido de sales en el suelo comparando con otros métodos de irrigación. Sin embargo, las sales en sistemas de riego por goteo tienden a acumularse en los márgenes del bulbo húmedo. Las sales que se acumulan pueden ser lavadas por lluvia y causar un choque salino a las plantas.

La acumulación de sales puede causar impedimentos en la germinación de nuevas semillas y dañar las plantas jóvenes ya plantadas. (Infoagro, 2019)

Pero a pesar de ello riego por goteo provoca menores niveles de erosión, compactación y salinización de los suelos que los sistemas por inundación y surcos. (López Elmer, et al. 2016)

D. IRRIGACIÓN POR GOTEO SOLAR

El rol de la irrigación por goteo solar para pequeñas superficies es poner a disposición del agricultor con limitantes, el uso óptimo del agua para un aprovechamiento de la tierra disponible, implementar una agricultura innovadora y tecnificada autosostenible, sin utilizar energía eléctrica más que la energía que proporciona el Sol. La intención es permitir producir de manera rentable, ya sea para consumo propio, como también, para poder vender lo producido. Además, permitirles a los agricultores depender en menor cantidad de las lluvias o el clima según la estación. (Rodas Héctor, Cisneros Patricia, 2000)

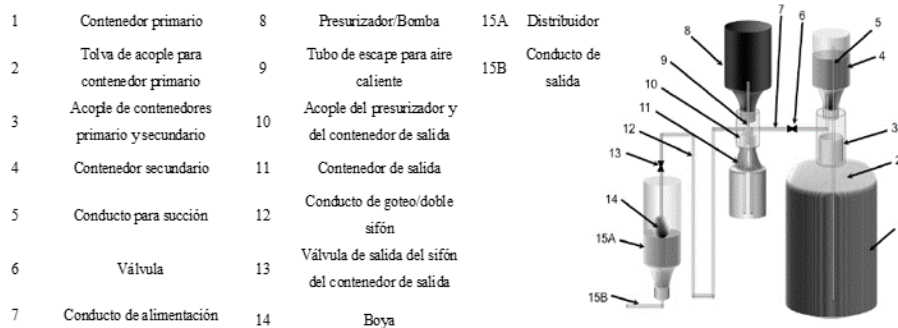
Es un concepto moderno e innovador que se ha propuesto debido a los problemas que se presentan en Guatemala como la poca consideración al cuidado del agua, o la falta de apoyo económico por medio de bancos para que las personas de escasos recursos puedan implementar sistemas de riego en sus hogares.

Para este tipo de irrigación modificado, se aplican casi todos los componentes que constituyen un sistema de irrigación por goteo descritos anteriormente. Pero adaptados a la realidad guatemalteca, tanto en recursos de las personas que lo quieran replicar, como del espacio disponible que tienen para cultivar en las áreas rurales vulnerables.

DISEÑO PRELIMINAR SELECCIONADO Y EXPLICACIÓN DEL CONCEPTO BASE

La Figura 5 muestra un ejemplo de esta adaptación mencionada anteriormente. Se observa que existen pocos elementos en el sistema principal, y dependiendo del tipo de cultivo y el terreno a regar serán las extensiones de tubería con los goteros respectivos.

Figura 5. Descripción de partes del irrigador seleccionado



Fuente: Washington Luiz de Barros Melo

Este irrigador utiliza la luz solar para comenzar el proceso de cebado en una tubería que funciona como sifón, así proporciona agua por goteo de manera controlada y económica para plantas ya sea de jardines, como de otros ambientes. Se basa en el proceso físico llamado termo hidrodinámica. El aire dentro del contenedor negro se expande por el calor absorbido del Sol y se ejerce presión. El tubo (9) permite el paso del aire caliente, empujando el agua desde el interior del contenedor de salida. Si también hay agua en el

presurizador, será empujada hacia el contenedor de salida. Esta agua tenderá a fluir a través de los conductos (7) y (12). A través del conducto (7), el agua va hacia el contenedor secundario y se bloquea, mientras que a través del conducto (12) el agua llega a la salida en forma de gotas o flujo. (Washington Barros, 2014) En general, el irrigador solar está compuesto por sifones que realizan funciones específicas, impulsado por la presión de aire caliente. Cabe mencionar que este diseño es muy flexible respecto a los materiales que se pueden utilizar para su construcción. En este caso se utilizaría esta idea, modificada, para realizar un prototipo que cumpla con los objetivos para en un futuro que se puedan regar pequeños cultivos o huertos en las comunidades de Guatemala. (De Barros Washington, 2016).

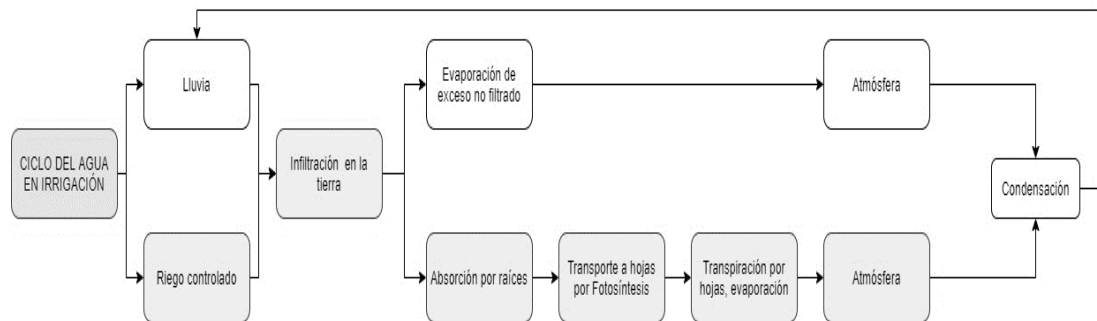
E. PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA IRRIGACIÓN

1. EL CICLO DEL AGUA

El agua para riego puede obtenerse de lagos, ríos, pozos cercanos o embalses, fuentes tratadas de aguas residuales, aguas desalinizadas o de drenaje. Se lleva a la tierra por medio de tuberías, mangueras y zanjas.

¿Qué sucede al regar? Como se muestra en la Figura 6, se repone el almacenamiento de agua del suelo en la zona de raíz de las plantas, que, por el Sol y la fotosíntesis, reciben la humedad del suelo con sus raíces. El agua moviliza los nutrientes por el tallo y las hojas. Ya en las hojas, se transpira de regreso a la atmósfera. Es importante resaltar, que sólo el agua absorbida por las raíces contribuye al crecimiento de las plantas. (Energypedia, 2018)

Figura 6. Ciclo del flujo de movimiento del agua en el riego



Fuente: Creación propia

La fotosíntesis se da cuando las plantas utilizan la energía solar, el agua del suelo y el dióxido de carbono atmosférico para producir su propio alimento. Básicamente, la energía solar como luz, es convertida en energía química. (Purves, 2009)

Es importante conocer el papel del agua en la fotosíntesis. El cloroplasto necesita dióxido de carbono tomado de la atmósfera (aire). El dióxido de carbono es absorbido por las plantas por medio de una solución húmeda (con agua), por difusión, ya que la membrana celular es casi impermeable a la forma gaseosa del

dióxido de carbono. Además, donde quiera que el agua sea expuesta al aire se evapora. Por lo que la relación entre la absorción de dióxido de carbono para la fotosíntesis y la pérdida de agua por transpiración en las plantas es muy estrecha. El agua es entonces, la fuente de oxígeno no liberado durante el proceso de la fotosíntesis.

Como se mencionó, en riego es muy importante conocer la transpiración de cada cultivo. En las plantas más del 90% del agua absorbida por las raíces se libera al aire como vapor de agua, en la transpiración. La parte de una planta como órgano principal de transpiración son las hojas. La transpiración es muy baja o nula durante la noche.

En el cuadro siguiente se puede notar la gran pérdida de agua que se da por transpiración en cultivos de patatas, trigo, tomate y maíz en su período de crecimiento. Podemos ver que se trata de cientos de litros de agua perdidos, con lo que se puede acreditar que el porcentaje de transpiración es bastante alto.

Cuadro 4. Pérdida de agua por transpiración de una planta en un solo período de crecimiento

Planta	Pérdida de agua (Litros)
Patata (<i>Solanum tuberosum</i>)	95
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	95
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	125
Maíz (<i>Zea mays</i>)	206

Fuente: J.F. Ferry, *Fundamentals of Plant Physiology*

Adicionalmente debemos tomar en consideración la absorción del agua por parte de los cultivos. Casi toda el agua que toman del suelo las plantas es absorbida por las partes más jóvenes de la raíz. El recorrido del agua en las raíces es de dos formas: apoplástica y simplástica. El recorrido apoplástico es cuando el agua se mueve por las paredes celulares de la planta y el simplástico es cuando lo hace de protoplasto a protoplasto. (Peter H. Raven, 1992)

El ascenso del agua absorbida por estas raíces se da por capilaridad. La capilaridad es un efecto de ascenso o descenso de un líquido, en un tubo de diámetro pequeño, insertado en un líquido. Cuando las moléculas semejantes sienten pocas fuerzas entre ellas (cohesión) y las fuerzas entre moléculas distintas (adhesión) son mayores, se asciende a lo largo de la superficie del tubo. En el caso contrario se descende.

Existe una relación inversamente proporcional con el radio del tubo, mientras más delgado es el tubo, más rápido es el ascenso. También existe una relación inversamente proporcional con la densidad del líquido, mientras más ligero más asciende. (Cengel, 2012)

Más específicamente en la plantas, las películas gruesas del agua en los poros del suelo se adelgazan y su energía de retención aumenta. Entonces, el empuje de la humedad en esa dirección se intensifica y el agua

se moviliza a las raíces. Qué tanto se mueva el agua depende de los gradientes de tensión y la conductividad de los poros del suelo. (Sierra Roberto, 2016)

Como otro factor que afecta a las plantas y se relaciona con el agua es la evaporación. Se da cuando se transforman un líquido a gas. En este contexto, se considera como la difusión de vapor de agua de la superficie a la atmósfera y varía según los escenarios como la naturaleza de la superficie de evaporación, presión de vapor, humedad relativa, viento, y energía solar.

Un factor importante que afecta la evaporación es el tipo de suelo, en los suelos livianos el movimiento capilar es rápido y por ello la evaporación intensa. Además, en el caso de riegos superficiales y frecuentes la evaporación es mayor comparando con los casos de un riego pesado y poco frecuente donde se aprovecha más el agua por cultivo, ya que el movimiento capilar es lento. Si la superficie del suelo es seca, la evaporación se da proporcional a la velocidad de llegada del agua a dicha superficie dado al movimiento capilar rápido. (Santiago Juan, *et al.*, 1985)

También existe la evapotranspiración donde las plantas toman agua del suelo a través de sus raíces, y usan una pequeña parte para su crecimiento desechando la cantidad restante por transpiración a la atmósfera. (Allen *et al.*, 1998)

Por último, la percolación, que se da al alcanzar el nivel de saturación de las capas superficiales del suelo y con la gravedad moviliza el exceso de agua más profundo en el suelo. (Gliessman, 2002)

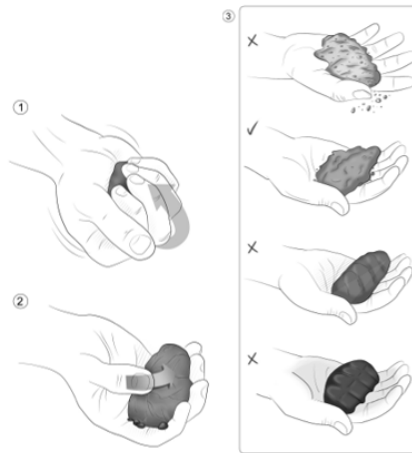
F. LA HUMEDAD DEL SUELO

Para conocer más específicamente cuándo regar y cuánto regar se propone lo siguiente:

a. Medición de la humedad del suelo por tacto.

Para medir la humedad del suelo por tacto se debe aprender a juzgar la humedad del suelo formando una bola, y "engarzando" la tierra. La Figura 7 muestra las maneras más simples y las erróneas de realizar esta práctica con el suelo. Se puede apreciar que es una manera muy accesible de realizar una medición de la humedad del suelo en cualquier cultivo de dimensiones reducidas.

Figura 7. Estimación de la humedad del suelo por sensación y apariencia



Fuente: Mayo José Miguel, UCSC Santa Cruz, CA

El método de "sentir" es utilizado en jardines y pequeños sistemas agrícolas como una forma de bajo costo y baja tecnología para evaluar las necesidades de riego en los cultivos. El enfoque de este método para el manejo del riego requiere un alto nivel de intuición y experiencia y un amplio conocimiento de los requisitos específicos de los distintos cultivos que se riegan. Si esto se domina puede ser una herramienta rápida para la toma de decisiones.

Se requiere estar más familiarizado con el tipo de suelo y los métodos apropiados para el mismo. Además, es necesario tomar en cuenta las necesidades de los cultivos, y el momento de la cosecha, así como las operaciones de manejo de malezas para determinar una aplicación de riego óptima en tiempo y tasa. En el Cuadro 5 se muestran algunas características básicas de los indicadores de humedad que se pueden observar y de los que se puede concluir con el método, por ejemplo, la apariencia física como el color del suelo más claro u oscuro, o su consistencia quebradiza o pastosa.

Cuadro 5. Características para el método del sentir

Nivel de humedad del suelo (% de capacidad del campo)	Grueso (arena)	Ligero (arena arcillosa, marga arenosa)	Medio (fino, arena suave, limo y marga)	Pesado (arcilla franca, arcilla)
0-25 % (No existe humedad en el suelo por lo que las plantas se marchitan.)	Seco, suelto, fluye a través de los dedos. No deja mancha o rastro en los dedos.	Seco, suelto, los terrones se trituran fácilmente y fluyen a través de los dedos. No deja mancha en los dedos.	Quebradizo, seco, en polvo, apenas mantendrá la forma. Puede dejar una ligera mancha o mancha cuando se trabaja con las manos o los dedos.	Duro y agrietado. Por lo general, demasiado rígido o difícil de trabajar. Puede dejar una ligera mancha.
25-50% (Existe la humedad, pero en niveles bajos.)	Parece seco y no conservará la forma cuando se aprieta en la mano.	Parece seco y puede tender a formar un yeso cuando se aprieta en la mano, pero rara vez se mantendrá unido.	Puede formarse una bola débil bajo presión, pero aún se desmorona. El color es pálido y sin humedad evidente.	Flexible, se puede formar una bola; pero generalmente se rompe o se desmorona. Puede dejar una ligera mancha.
50-75% (Existe la humedad en niveles de moderados a altos.)	El color se oscurece por una humedad obvia. El suelo puede pegarse volviéndose en un yeso o bola muy débil.	El color se oscurece por una humedad obvia. El suelo forma una bola débil bajo presión. Puede mancharse los dedos ligeramente.	El color se oscurece por una humedad obvia. Se puede formar una bola fácilmente. Los terrones son suaves con una sensación suave. Se manchará los dedos y tendrá una sensación resbaladiza cuando lo apriete.	El color se oscurece por una humedad obvia. Se forma una buena bola. Se tiene una sensación resbaladiza y se manchan los dedos.
75-100% (Nivel de humedad del suelo después del riego.)	Parece y se siente húmedo. El color es oscuro. Puede formar escayola o una bola débil. Dejará un contorno húmedo o una ligera mancha en la mano.	Parece y se siente húmedo. El color es oscuro. Se pueden ver formas hundidas y es posible hacer una bola. Mancha y dejará un contorno húmedo a mano.	Parece y se siente húmedo. El color es oscuro. Es un suave. Se puede formar una bola y formará una cinta cuando se exprime. Mancha y dejará un contorno húmedo a mano.	El color es oscuro. Parece húmedo; puede sentirse pegajoso. Mancha y dejará un contorno húmedo a mano. Se puede formar una buena pelota.

Fuente: USDA, Natural Resources Conservation Service

b. Programación del riego.

Para la programación del riego es común utilizar herramientas flexibles como la técnica del presupuesto de agua. El presupuesto de agua se basa como analogía de la administración en una cuenta de ahorro: el punto de partida es la capacidad del campo, y cuando se elimina el agua y el "saldo de ahorro" se agota, se reemplaza según requiera el cultivo.

La programación del riego utiliza los modelos existentes que analizan la temperatura y el uso de agua del cultivo para determinar las tasas de evapotranspiración y con ello determinar el tiempo de riego y las cantidades de agua necesarias. En algunos lugares ya están registrados datos de evapotranspiración de la región de interés. En la Figura 8 se aprecian las curvas de nivel con los datos constantes de evapotranspiración promedio al año de 2020, correspondiente a las distintas áreas de Guatemala. Se puede notar que por ejemplo en el área de Guatemala capital, pasan 5 isopletras de evapotranspiración distintas que indican 1600 *mm* y 1500 *mm* en el sur, 1400 *mm* en el suroeste y 1600 *mm* en el norte y noreste.

Cuando la evapotranspiración estacional excede la precipitación, se requiere riego para sostener los cultivos plantados. Una vez que se determina la tasa de evapotranspiración en su sector respectivo, este volumen estimado de agua puede ser reemplazado mediante el uso de sistemas de riego calibrados que entregan agua a una tasa y volumen conocidos.

Si se tiene la información anterior para un cultivo en dosel completo (en galones/semana) se estiman las tasas de suministro de agua (en galones/hora) del sistema de riego. Se procede luego, a calcular la cantidad de tiempo requerida para reemplazar el agua perdida. Este cálculo proporciona la cantidad total de horas necesarias para reemplazar el agua que se pierde por evapotranspiración. (Se debe calcular un 10% adicional para compensar las ineficiencias del sistema de entrega).

La frecuencia del riego debe corresponder al período de tiempo requerido en que se seca el suelo en la zona de la raíz del cultivo hasta aproximadamente el 50% de la capacidad de campo.

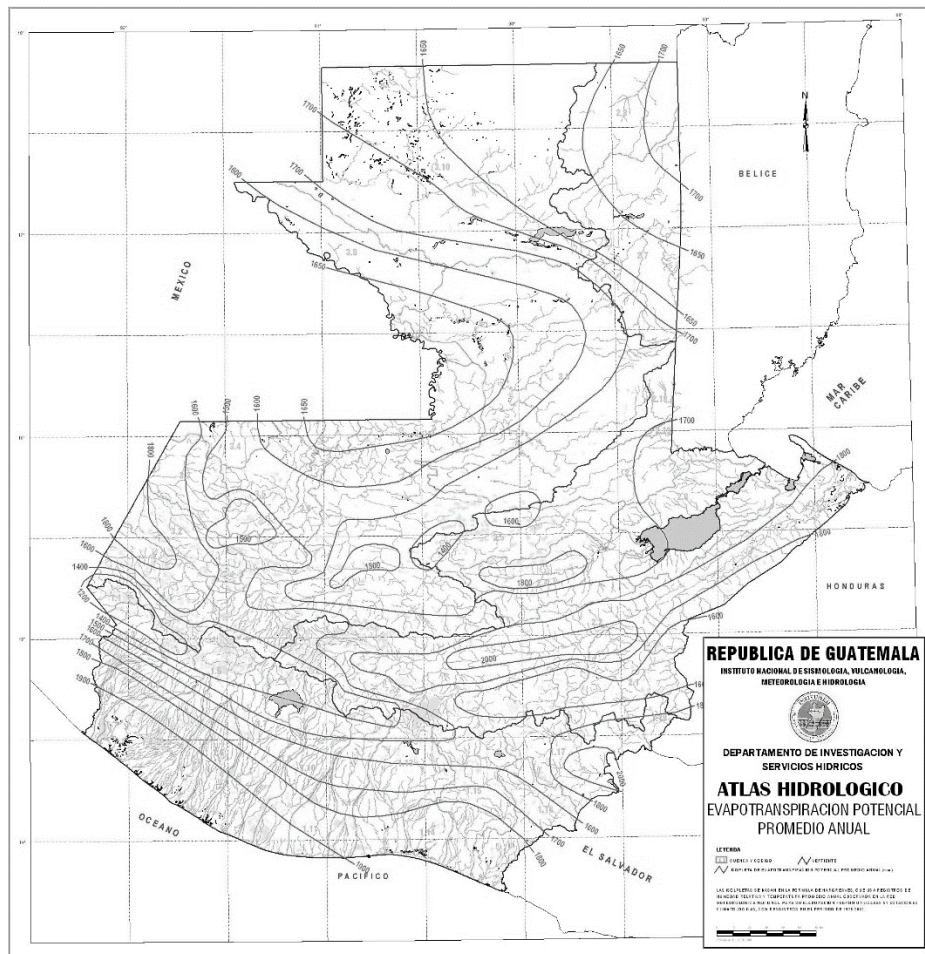
Los huertos establecidos con sistemas de raíces profundas son menos susceptibles al estrés hídrico, a menudo requieren menos frecuencia, pero grandes volúmenes de agua. Entonces, la cantidad estimada de agua perdida a través de evapotranspiración se debe ir reemplazado según sea necesario para mantener la salud del cultivo.

Una desventaja del enfoque de la programación del riego es la dificultad de aplicación para sistemas pequeños y diversos. Pero puede ser una herramienta eficaz para aumentar la eficiencia del uso del agua.

El Cuadro 6 adjunto en los anexos se muestra un ejemplo simple de los cálculos. Se puede notar que ejecutando un acre de riego por goteo de una sola línea con un espacio de emisor de 8 pulgadas durante 4.4

horas cada semana, se aplicarán 28,516 galones / acre (~ 1.05 pulgadas / acre), que es la cantidad de agua necesaria para reemplazar lo que se pierde a través de evapotranspiración.

Figura 8. Evapotranspiración Potencial Promedio Anual de la República de Guatemala



Fuente: INSIVUMEH. Atlas Hidrológico.

G. PATRONES CLIMÁTICOS, TIPOS DE SUELO Y TIPOS DE CULTIVO

Un cultivo puede verse estresado al mediodía, pero sabiendo que el clima se enfriará durante la noche y estará nublado por la mañana puede significar que el riego no es necesario en su inmediatez. Por lo tanto, observar los cultivos durante todo el día es importante.

Después de un período frío, el primer día caluroso puede provocar que las plantas se vean estresadas, pero pueden no necesitar riego.

Otros factores importantes para considerar son la temperatura del aire, la precipitación, la humedad, el viento y el tipo de suelo. Si la temperatura del aire aumenta, se aumenta la tasa de evapotranspiración. También, la precipitación en las áreas de lluvias regulares durante el verano excede la evapotranspiración, por lo que rara vez se requiere riego. Las demandas de riego se basan en las tasas de evapotranspiración. Cuando la evapotranspiración excede la precipitación, es requerido el riego. Luego, si la humedad aumenta, disminuye la tasa de evapotranspiración y si existen altas velocidades de viento, también aumenta la evapotranspiración. Por último, el tipo de suelo y los niveles de materia orgánica determinan qué tan alta es la retención de agua.

En la Figura 9 se puede observar las distintas formas en que el agua humedece el suelo. Los suelos arcillosos serían el tipo A, los suelos arenosos el tipo B y los mixtos el tipo C.

Los suelos arenosos drenan rápidamente y no retienen bien el agua. En este tipo de suelo agua viaja verticalmente hacia abajo

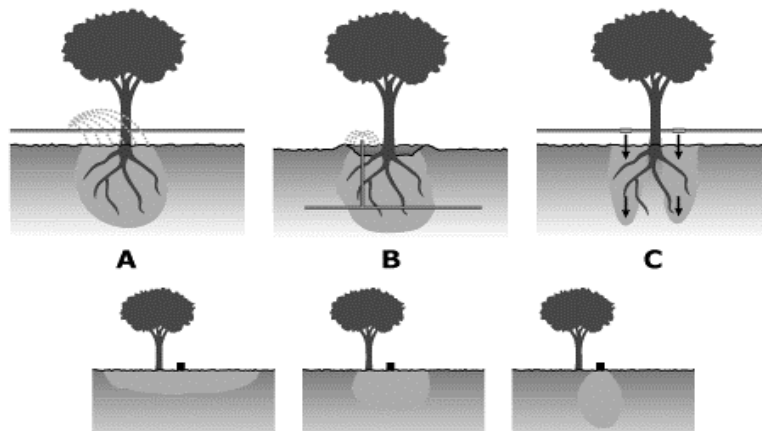
Los suelos limosos drenan lentamente y retienen bien el agua.

Los suelos arcillosos drenan muy lentamente y retienen el agua firmemente, son ricos en nutrientes, la humedad en ellos se extiende lateralmente, si están secos se agrietan, y las raíces de las plantas difícilmente los atraviesan.

Los suelos francos drenan bien y retienen bien el agua.

Los suelos agrícolas mejorados con materia orgánica (cultivos de cobertura, compost) mantienen bien sus propiedades de drenaje y retención de humedad.

Figura 9. Forma que adopta el curso del agua según el tipo de suelo



Fuente: WateReuse Foundation

Otras consideraciones, pero no menos importantes a tomar en cuenta son las siguientes: el tipo de cultivo y la etapa de desarrollo e historia natural del cultivo.

Respecto a la etapa de desarrollo e historia natural del cultivo, algunos cultivos se benefician de sufrir poco estrés hídrico a temprana edad en su ciclo de crecimiento (tomates, frijoles, pepinos y otras cucurbitáceas), o no necesitar riego hasta que comienzan a morir (papas). Otros, particularmente los cultivos de semillas pequeñas, como la lechuga y las zanahorias, requieren que los suelos se mantengan húmedos para germinar de manera efectiva.

Existen distintas características que identifican a los cultivos según sus necesidades.

- a. Los cultivos “amantes del agua” (como el apio) exigen menos fluctuación en los niveles de humedad del suelo.
- b. Los cultivos tolerantes a la sequía (como variedades de tomate, variedades de calabaza de invierno, amaranto, etc.) pueden requerir poca o ninguna irrigación.
- c. Período de maduración: El período de maduración se da antes de la cosecha, muchos cultivos (como la cebolla y ajo) requieren una reducción gradual del riego para favorecer la maduración.
- d. Las necesidades específicas de riego de los frutos de los árboles de hoja caduca son muy variables y dependen de una combinación de: la edad y el tamaño del árbol, el portainjerto y su suelo, y del clima.




Se debe dejar que el suelo se seque a no más de 6–8" de profundidad entre riegos y reemplazar el agua según las tasas locales de evapotranspiración para garantizar una alta calidad de la fruta.

- e. Humedad óptima para la cosecha: es fundamental mantener la turgencia completa para cultivos frondosos y cortar flores.

Particularmente si no van a entrar de inmediato en un refrigerador o recibir algún tipo de forma de hidrogeno enfriamiento, como se hace con Brassicas y cultivos similares. La Figura 10 muestra un código de identificación de los tipos de raíces en los cultivos según la profundidad que alcanzan en el suelo. En el Cuadro 7 se muestran algunos cultivos de vegetales con su símbolo representativo del tipo de su raíz y con algunos requerimientos clave de humedad del cultivo. Por ejemplo, el frijol que en Guatemala es una de las legumbres más consumidas crece rápido por lo que requiere bastante agua, pero si se sobrepasa la cantidad de agua es propensa a enfermedades ya que su raíz es de mediana profundidad.












(Casfs, *s.f.*)

Figura 10. Tipos de raíz

-  Raíz superficial de 6-24 pulgadas
-  Raíz de mediana profundidad de 24-40 pulgadas
-  Raíz profunda de más de 40 pulgadas

Fuente: Casfs

Cuadro 7. Riego requerido en diferentes tipos de cultivo

Vegetal/legumbre	Requerimiento	Raíz
Frijol fresco	Requiere bastante agua debido a su rápido crecimiento. Es vulnerable a enfermedades si se tiene agua por encima.	
Brócoli	Es común utilizar de 1-1½ pulgadas por semana. El agua adicional durante el desarrollo de la corona agregará volumen a la cosecha.	
Zanahoria	Necesita riego profundo hasta las etapas posteriores del desarrollo de la raíz, a partir de esa etapa el exceso de agua puede hacer que las raíces se agrieten. El agrietamiento también es causado por fluctuaciones demasiado grandes entre estados húmedos y secos.	
Cilantro	Se debe mantener húmedo.	
Maíz	La humedad adecuada es crítica hasta la formación y cosecha del grano. No se recomienda secar demasiado el maíz en la madurez; déjalo secar más bien en el tallo.	
Cebolla	Requieren un suministro constante de humedad; si están demasiado secas, las cebollas obtienen un fuerte sabor desagradable. Se debe evitar el agua en las hojas para minimizar el mildiu.	
Perejil	Es algo sediento.	
Papa	Requieren de humedad, especialmente durante el período de agrandamiento del tubérculo que comienza en la floración.	
Rábano	Necesita una humedad adecuada: el suelo seco da como resultado rábanos leñosos, resistentes y vulnerables a los escarabajos de pulgas. Los cambios en la humedad causan grietas.	
Espinaca	Mantener uniformemente húmedo para evitar el atornillado.	
Tomate	Cuando comienza la floración, se debe mantener la humedad del suelo un poco más seca. Los desequilibrios de humedad pueden conducir a la putrefacción del extremo de la flor y al agrietamiento de la fruta.	

(Casfs, s.f.)

H. MEDICIONES PARA EL RIEGO

El primer factor para tomar en cuenta para el riego adecuado es la uniformidad de distribución (*UD*). Se trata de una medida de qué tan uniformemente se aplica el agua al área que está siendo regada, expresado como un porcentaje. Cuanto mayor sea el porcentaje de *UD*, más uniforme será la aplicación.

Para los sistemas de riego por goteo el sistema se pone a presión, se recolecta agua durante un período de tiempo establecido (por ejemplo, 5 minutos) en contenedores poco profundos colocados debajo de los emisores, espaciados uniformemente a lo largo de las líneas de goteo en varias ubicaciones en el campo.

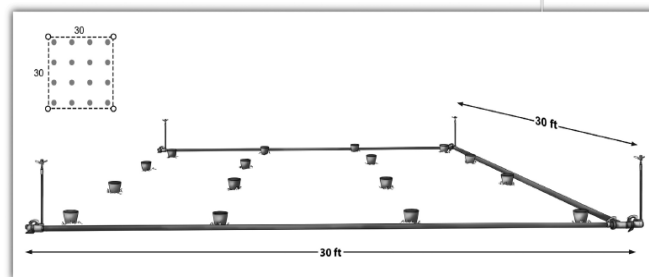
Se deben enterrar los contenedores a nivel de grado para que no creen ondulaciones que afecten la uniformidad de la distribución. Se debe asegurar que todos los contenedores estén debajo de los emisores durante el mismo período de tiempo. Posteriormente se debe medir y registrar el volumen de agua en cada recipiente.

El promedio del cuarto más bajo de las muestras recolectadas se divide entre el promedio de todas las muestras para obtener un porcentaje de distribución: el 80% o más se considera una uniformidad de distribución aceptable.

Al utilizar el método de "UD cuarto más bajo" para calcular la uniformidad de distribución., tenga en cuenta que el uso de un número de contenedores o puntos de datos, sean divisibles por cuatro para facilitar los cálculos.

La Figura 11 muestra una ejemplificación de la ubicación de los recipientes colectores para el cálculo de la uniformidad de distribución en el caso del riego común. Pero también esta disposición puede aplicarse al riego por goteo para los casos de estudio con la adaptación anteriormente mencionada. (Casfs, *s.f.*)

Figura 11. Disposición de experimento para conocer la distribución de un riego uniforme



Fuente: Mayo José Miguel, *USCS Santa Cruz, CA*

Segundo, se evalúa la cantidad de agua que necesita una planta como “Requisito de Agua de Cultivo” (En inglés Crop Water Requirement o CWR). En lugares soleados, calurosos, secos y ventosos, el CWR es mayor. Las especies de cultivo, la variedad y la fase de crecimiento determinan la cantidad de agua que necesitan las raíces para permitir que la planta crezca de manera óptima. Donde también influyen fuertemente el clima, el manejo y las condiciones ambientales del cultivo.

Los productores pueden reducir la necesidad de agua del cultivo a través del acolchado, cambiando la densidad de siembra o aplicando diferentes tecnologías de riego. El CWR de un cultivo es, por lo tanto, muy específico del sitio y varía día a día. Por lo que también requiere la recopilación de datos regionales. El CWR se expresa con mayor frecuencia en milímetros (*mm*) o metros cúbicos por hectárea (m^3 / ha). Normalmente

los cultivos requieren alrededor de 2 a 10 m^3 de agua por hectárea al día. Otras fuentes mencionan que se necesitan entre 40 y 80 litros por día por cada 100-200 plantas (Sswm, 2010).

Es importante tener en cuenta que el agua es un bien de precio (tarifas de agua, costos de bombeo) y un recurso escaso, esto para considerarse en las evaluaciones de viabilidad financiera y ecológica.

V. METODOLOGÍA

La clase de investigación seleccionada fue del tipo aplicada tecnológica, ya que buscó generar conocimientos que posteriormente pudieran ser puestos en práctica en el sector productivo, con el fin de que se impulsara un impacto positivo en la vida cotidiana de los participantes. (Significados.com, 2020) Este proyecto se trabajó con base en la metodología del proceso de diseño en ingeniería y su enfoque se dirigió a proporcionar una educación de calidad por medio de la aplicación de los conocimientos CTIM, para impactar de una manera práctica y transmitir y compartir los conocimientos entre los participantes y su entorno para solucionar problemáticas comunes para ellos.

Para lograr esto, primero, se investigó problemáticas que afectan a la mayoría de la población del país de Guatemala y se buscó un intermediario (FUNDEGUA) objetivo que pudiera compartir la solución de una manera sostenible, en una muestra considerablemente proactiva para la difusión. Previamente como un proyecto aparte, para realizar horas de extensión, en la Universidad del Valle de Guatemala, se propuso a FUNDEGUA tres productos innovadores para realizar el escalamiento del programa *Enciéndete*. Se acordó abordar la fase de planificación de un nuevo currículo.

Las ideas propuestas y su puntuación según FUNDEGUA dados sus requerimientos para el programa se muestran en el siguiente cuadro de decisión. Se utiliza una escala de 1 a 5, donde:

- 1: no cumple con el objetivo
- 2: no se puede adaptar al objetivo
- 3: se puede adaptar, pero con mucho trabajo al objetivo
- 4: cumple con lo básico
- 5: cumple con todas las expectativas

Adicional, a manera comparativa se agregó el producto seleccionado que muestra el mayor puntaje de manera comparativa.

Cuadro. 8 “Proyectos propuestos y su valoración”

Requerimientos	Opción 1 (Bomba de chorro)	Opción 2 (Bomba de agua manual)	Opción 3 (Batería de Bagdad)	Opción 4 (Irrigador por goteo Solar)
Busca solucionar una necesidad comunitaria diferente	2	3	1	5
La solución es innovadora	1	2	3	4
Utiliza diseño centrado en el ser humano	2	3	1	5
El costo de materiales por unidad viables	5	5	5	4
Duración del producto	2	5	4	5
Justificación	3	3	3	5
Rango de edad de usuario	3	4	3	5
Duración de la actividad	4	4	4	5
Conocimientos CTIM	4	4	4	5
TOTAL	26	33	28	43

Fuente: Creación propia

Se les propuso formalmente el problema a solucionar y la idea de solución del producto innovador seleccionado. A continuación, se detalla cómo se realizó este proceso.

A. PROPUESTA DE LA FASE DE PLANIFICACIÓN DEL NUEVO CURRÍCULO DE *ENCIÉNDETE*

Según los requerimientos de la fundación se trabajó de la siguiente manera la propuesta para el escalamiento del programa:

Necesidad comunitaria: para la necesidad comunitaria se tomó en cuenta las problemáticas que más afectan a la población guatemalteca, evitando redundar en las necesidades ya abordadas por el programa *Enciéndete* y buscando una necesidad nueva para el escalamiento del programa.

Se pensó en la agricultura familiar debido a la importancia de la nutrición y a la falta de recursos económicos para el auto sustento en las familias más vulnerables de Guatemala. Esta necesidad comunitaria se enfocó en las personas con poco acceso al mercado y la ciudad, a una instrucción básica para manejar sus bienes, y a la energía eléctrica y el agua.

Se concluyó, que, para poder abarcar lo mencionado anteriormente en un solo currículo, la mejor manera era introducir el tema de la irrigación de cultivos.

Solución innovadora: la solución para la irrigación de cultivos fue encontrar la manera más eficiente de irrigar como la más conveniente desde el punto de vista práctico. Según lo investigado, la mejor opción fue utilizar la irrigación por goteo ya que no requiere mucho mantenimiento, instrucción para implementarlo, ni recursos abundantes (agua, fertilizantes, nutrientes, tiempo, dinero).

Producto: el producto para la solución innovadora se basó en el diseño de un físico brasileño. Por medio de la reingeniería, se adaptó a las necesidades del proyecto. Se eligió este producto ya que según la investigación realizada cumplía con muchos aspectos importantes para la replicabilidad, utilidad y sencillez que se requería. El producto es un irrigador casi completamente autosostenible ya que utiliza poca agua (permitiendo así que las personas utilicen más agua para otros usos) y la energía solar para bombearla (no tendrán necesidad de instalar conexiones para energía eléctrica). Es muy versátil en cuanto a su configuración y a los materiales que lo componen. Su característica más importante es considerablemente accesible y de fácil construcción para nuestro público objetivo. Además, se añadió un accesorio didáctico para demostrar características del riego por goteo, con un gotero de laberinto.

Conocimientos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (CTIM): para la selección de los conocimientos a impartir en las lecciones correspondientes, se tomó en cuenta que abarcaran todas las ramas CTIM para proporcionar las herramientas necesarias para que posteriormente los usuarios pudieran no solo comprender y saber del tema, sino compartir lo que aprendieron con sus más cercanos. En la parte de ciencia se planificó incluir conceptos como presión en fluidos, estados del agua, y el ciclo del agua en las plantas. En el área de tecnología, conceptos básicos de irrigación y el cuidado de los cultivos. En el área de ingeniería, se incluyó conceptos como el principio de Bernoulli, tipos de flujo, energía y termodinámica involucrada, ventajas de los materiales utilizados, y cómo se moviliza el agua en el gotero de laberinto. Adicional, en el área de matemática los conceptos agregados fueron para la frecuencia de riego. Todos los conceptos van orientados a la irrigación por goteo, como al producto de la irrigación que son los cultivos. Se transmitió, con esto, una idea clara, simple y comprensiva de cómo pueden procurar un cultivo en sus hogares con estas herramientas ya sea para consumo propio o para tener una fuente de ingresos.

Materiales por unidad: los materiales fueron pensados y seleccionados cuidadosamente para asegurar que fueran accesibles tanto económicamente como fáciles de conseguir en las comunidades de Guatemala. Por esta razón se decidió utilizar algunos materiales de segundo uso (reutilizados) como botellas plásticas de sodas, botellas de vidrio oscuro y bidones de agua pura. Además, esta decisión logró transmitir e incentivar la importancia de utilizar los recursos cuidando el medio ambiente.

Para la estructura se pensó en utilizar madera de pino, ya que es bastante sólida, muy duradera y una de las más comunes en las comunidades. Así mismo se planteó un cuadro con distintas opciones de materiales que también pueden funcionar como alternativas para algunos elementos.

Los otros materiales utilizados fueron tuberías y uniones de PVC. Adicionalmente, mangueras comunes y de silicón. La tubería PVC y las mangueras de silicón, además de garantizar que son económicas y accesibles, tienen un factor de rugosidad adecuado para transportar líquidos, sin alterar significativamente su movimiento y dirección. Era necesario que la manguera fuera flexible para lograr el efecto de sifón en el sistema doblando la misma.

Otro factor importante que se consideró con estos materiales fue su bajo peso, para garantizar el transporte de estos para el ensamble en el lugar a regar.

De la misma manera, se vio una oportunidad de modificar la réplica del ensamble para las necesidades del usuario al utilizar esos materiales ya que son fáciles de cortar, y transformar. Un ejemplo para modificar la configuración estándar del modelo es colocar en paralelo varios sistemas para un terreno grande que se desee regar o utilizar recipientes con mayor capacidad para no tener que rellenar frecuentemente los mismos con agua. Finalmente, puede modificarse la configuración añadiendo elementos como embudos para adicionar nutrientes fácilmente al agua de irrigación y mejorar con ello el rendimiento de sus cultivos, entre otras alternativas.

Estos materiales se eligieron ya que son resistentes al exterior y pueden llegar a tener una vida útil bastante larga. Los bidones tienen una vida útil de hasta 1 año (SPplásticos, *s.f.*), el PVC una mayor a los 100 años (suministroslaronda, 2015), el silicón una de 30 meses (Mathiesen, *s.f.*), la madera de pino con un mantenimiento apropiado tiene una vida útil de hasta 100 años (ecohouses, *s.f.*) y las botellas PET una vida útil hasta de 500 años (coprocesamiento.org, 2019). De igual forma, se recomienda verificar el estado de los componentes, según cada material y su vida útil, a menudo especialmente para evitar fugas o desgaste por abrasión o alteraciones por cambios de temperatura o animales.

Teacher kit: para el *teacher kit* se tomó en cuenta las herramientas para transformar los materiales en el producto final. Debido a que este material fue diseñado para un adulto encargado de varios grupos de trabajo en la construcción y ensamble del producto innovador, se requirió una unidad de cada herramienta a utilizar para toda la lección.

Esto se pensó de esa manera para evitar gastos innecesarios y accidentes que pudiesen ocurrir por no conocer cómo utilizar las herramientas.

Costo aproximado por unidad: el costo aproximado por unidad se calculó con base en los precios unitarios en el mercado, haciendo de cuenta que se compró la versión más cara de cada material teniendo como meta gastar menos de Q1000.00 en el conjunto del sistema. No se tomó en cuenta en ese objetivo el costo de las herramientas, ya que se considera que las mismas serían una inversión para futuros proyectos en el programa

Enciéndete en FUNDEGUA. Sin embargo, el objetivo debe cumplirse para los participantes que lo quieran replicar para que estén enterados de su costo.

Finalmente, en la implementación del currículo, se consideró utilizar materiales de reúso o reciclados. Esto permitió un ahorro considerable en la inversión económica para realizar el proyecto. FUNDEGUA podría, a modo de alternativa, conseguir patrocinio en empresas para bajar costos en materiales (los que no son reutilizados o reciclados) y así garantizar una inversión mínima.

Duración de la actividad: la duración de la actividad se pensó por currículo. Según las lecciones y el tiempo de ensamble del producto final la duración calculada fue de 10 *h* distribuidas durante varios días (5 días aproximadamente). Este dato es el tiempo promedio que se tardan los usuarios en realizar currículos anteriores de *Enciéndete* por lo que se quería mantener la misma dinámica.

Duración del producto: los materiales seleccionados tienen una vida útil larga. Por lo que en conjunto se consideró que el producto duraría a un 100% por aproximadamente durante 1 año.

Rango de edades: el público o usuario al que se dirigió el proyecto fueron niños de entre 15 a 19 años, que van a la escuela siendo grupos de 60 a 80 niños por escuela. Por lo que se plantea la organización de grupos de entre 6 a 10 niños para ensamblar el producto innovador. Esto se organizó de esa manera para garantizar que los jóvenes objetivo puedan todos tener la oportunidad de aportar en el ensamble y las lecciones, para que aprendan a trabajar en grupo y a transmitir sus ideas y opiniones en grupos un poco más reducidos a los que están acostumbrados a trabajar. Debido a este rango de edades, el diseño fue adaptado a ser más simple y didáctico, garantizando con ello que pudiera ser moldeable a nuevas configuraciones, pero así mismo los niños sean capaces de ensamblarlo y replicarlo.

Justificación: este proyecto reconoció que el programa *Enciéndete* tiene un impacto positivo tanto en los estudiantes participantes, así como en las comunidades de estos. De esta manera, promueve el desarrollo de las comunidades más vulnerables de Guatemala. Por lo que abordar la necesidad de perfeccionarlo y prepararlo para su escalabilidad es muy importante para todos. FUNDEGUA maneja currículos *Enciéndete* para la rama del agua, luz y COVID 19. Los temas del currículo creado abordarían necesidades que aún no estaban cubiertas en FUNDEGUA, enfocándose en necesidades cruciales como procurar una nutrición balanceada sostenible o una fuente de ingreso, sin tener que invertir demasiado dadas las circunstancias de los participantes. El currículo *Enciéndete* creado abarca adicionalmente, el aprovechamiento de recursos como la tierra, el Sol y el agua y da pie a tratar ODS básicos, apoyando a los guatemaltecos.

Evidencia de funcionamiento: a manera de evidenciar y garantizar el funcionamiento del producto innovador se realizó un prototipo del que se sacaron conclusiones y recomendaciones para los futuros creadores.

Adjunto en los anexos puede encontrar la propuesta formal realizada para la fundación.

B. PLANIFICACIÓN DEL NUEVO CURRÍCULO ENCIÉNDETE

Se acordó abordar el programa *Enciéndete*, en la creación de la fase de planificación de un nuevo currículo. El entregable incluyó la creación y diseño del producto innovador como prototipo y los conceptos para las lecciones CTIM a impartir en las escuelas. Los conceptos los plantean en lecciones como sigue:

Lección 0: *Enciéndete* empodera. Esta lección tiene como objetivo transmitir el mensaje de qué es *Enciéndete* y su metodología. Se desarrollará en el tema de empoderamiento y diseño centrado en el ser humano.

Lección 1*: En esta lección se busca resaltar la importancia de la tecnología en la vida diaria, empoderar a los estudiantes a que ellos pueden aprender cómo funcionan los aparatos tecnológicos y usarlos para resolver necesidades diarias.

Lección 2*: En esta lección se introducirá a conocimientos básicos de CTIM necesarios para la creación del prototipo. El objetivo también es enseñar a detalle los componentes del prototipo.

Lección 3: Introducción al concepto de autoevaluación con el fin de motivarlos a pensar en sus planes a futuro y su rol como líderes en su comunidad. Identificación de la necesidad comunitaria y lluvia de ideas sobre posibles soluciones. Comienzo de construcción del prototipo.

Lección 4*: Construcción y decoración del prototipo.

Lección 5: Preparación de las presentaciones para el evento final.

*De todas estas, solamente las lecciones 1,2 y 4 fueron abarcados para FUNDEGUA

(FUNDEGUA, 2020)

C. DISEÑO DEL PRODUCTO INNOVADOR

CONCEPTO DE OPERACIONES PARA EL IRRIGADOR POR GOTEO (CONOPS REINGENIERÍA)

Se trabajó con la base del funcionamiento del diseño investigado con algunas variantes. Se utilizó la nueva configuración compacta donde no se necesitan algunos componentes obteniendo el mismo resultado. Adicional, se hizo un sistema de goteo en el que se demuestra el funcionamiento de un gotero de laberinto.

El funcionamiento base del prototipo en cuestión depende del movimiento de un fluido (agua de riego) desde el recipiente reservorio hasta la manguera de goteo o el gotero por medio de la energía solar, para irrigar un cultivo casero o pequeño.

Se realizó una lluvia de ideas y se investigó irrigadores existentes que cumplieran con las características requeridas para aplicar reingeniería. Las características principales que debía tener el irrigador se muestran en el cuadro próximo. Se calificó en un rango de 1 a 5, donde 1: no cumple para nada, 2: no se

puede adaptar, 3: se puede adaptar, pero con mucho trabajo, 4: sí cumple, y 5: encaja de manera excelente con lo requerido. A partir de ello se realizó un primer boceto y luego se comenzó a formar la idea.

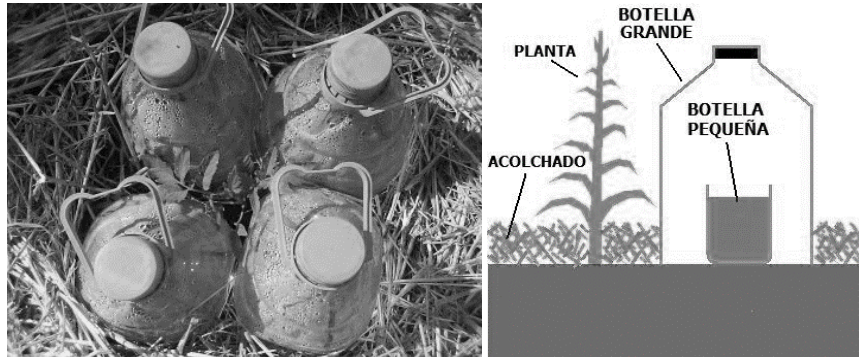
Cuadro. 8 Características requeridas para reingeniería

Característica	Opción 1	Opción 2
Flexibilidad/ variedad de materiales	3	5
Materiales accesibles económicamente	5	4
Materiales accesibles por geografía	5	5
Materiales accesibles por oferta de mercado	5	5
Simplicidad de construcción	5	4
Cantidad de herramientas requeridas por unidad	5	4
Durabilidad de materiales	3	5
Funcionamiento sin utilizar energía eléctrica	5	5
Funcionamiento autónomo	5	5
Facilidad de suministro de agua	3	5
Compacto	5	4
Ligero para movilidad o transporte	5	4
Diseño centrado en el usuario	4	4
Alcance por unidad en el usuario	2	5
TOTAL	64	69

Fuente: Creación propia

A continuación, puede observar cómo se ven las dos opciones que se evaluaron. La primera opción se descalificó por puntuación según los requerimientos, pero en especial porque se requería un acolchado y preparación de la tierra, como también, muchas unidades para un efecto duradero en un área muy reducida. Además, se requería rellenar de agua las unidades muy frecuentemente y sería tedioso y lento el proceso de llenado.

Figura12. Irrigador solar, opción 1



Fuente: sitiosolar, 2013

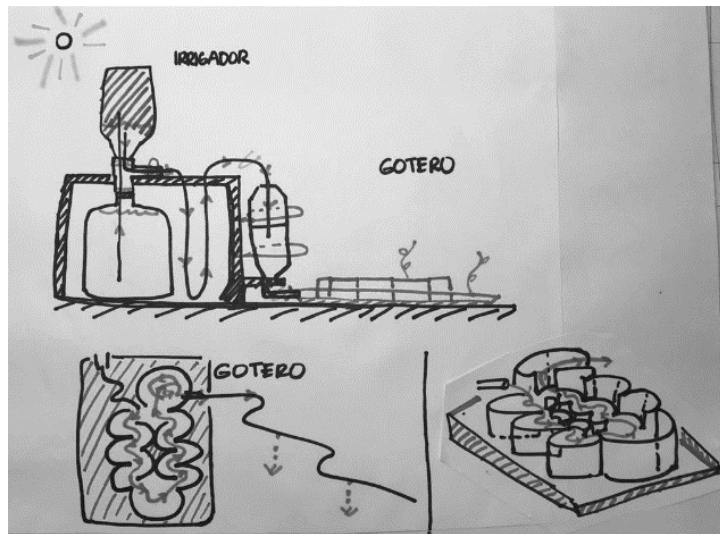
Figura 13. Irrigador solar, opción 2



Fuente: Embrapa

Tomada la decisión se prosiguió con realizar un boceto de la nueva configuración del irrigador seleccionado. Se puede observar en la Figura 13 que la idea fue reducir los componentes para realizar más compacto el sistema y añadir un gotero dinámico como los de laberinto a mayor escala.

Figura 14. Boceto de reingeniería del irrigador solar



Fuente: Creación propia

1. REQUISITOS DEL SISTEMA

a. SEGURIDAD

Un accidente ocurre por actos inseguros o por condiciones inseguras. El requisito de seguridad se pensó era indispensable para evitarlos durante la etapa de ensamble del prototipo. Con esto se tomó en cuenta que es necesario que exista la supervisión de un adulto si se desea que los participantes aprendan a utilizar las herramientas. Aquí los adultos que enseñen a utilizarlas deben estar capacitados y tener una previa experiencia utilizándolas. Se recomendó, además, que exista alguien presente que pueda velar por la persona en caso de emergencia.

Otro requisito indispensable fue el de tener a la mano los números de emergencia y un kit de primeros auxilios. Seguido, si se utilizaran herramientas con filo o altas revoluciones tendrían que ser utilizadas únicamente con Equipo de Protección Personal (EPP), como guantes, y lentes de seguridad. Añadiendo la salvedad de que las personas que las utilicen deben retirarse joyas, gorras, entre otros artículos que puedan enredarse o ser atrapados por las mismas, agrediendo al usuario o a las personas aledañas. Si la persona que utilizará las herramientas tiene el cabello largo, debe sujetárselo a manera que este tampoco pueda enredarse en alguna herramienta.

Por último, se consideró que el sistema debe estar posicionado de forma segura y que ningún componente se caiga y arruine, o que la persona ensamblando llegue a golpearse. Se debe asegurar los componentes a la estructura y la estructura al suelo, asegurando así mismo su estabilidad.

b. USUARIO

Los requisitos que se plantean para con el usuario son el alcance de riego, el traslado del sistema, y su mantenimiento.

Para el primero, el prototipo tiene un alcance de riego con una manguera de silicón de 0.5m de largo. Dado a que el largo del conductor depende del largo del cultivo, como de la distancia a la que se coloca el mismo del cultivo, esta medida es solo a manera de prototipado. Se recomienda que el dispositivo se coloque lo más cerca posible del riego, ya que a mayor distancia existe mayor pérdida de carga en los conductores y esto afectaría la frecuencia de salida del flujo de trabajo por pérdidas de presión y lo que se busca es un funcionamiento óptimo.

El irrigador se puede trasladar en un carretón, o en un vehículo. También puede ser trasladado por partes (desensamblado) o ensamblado, su peso vacío es de 10 lb lo que se considera viable para ser transportable por una sola persona.

El prototipo fue pensado para estar en un lugar con superficie plana, dado este no sea el caso se deberían realizar modificaciones en su estructura y/o materiales por componente, lo que podría variar su peso y dimensión.

Para el mantenimiento, se utilizó únicamente agua potable, lo que se recomienda para mantener en condiciones el sistema. Esto, porque los conductos pueden llegar a ser obstruidos con agentes contaminantes y evitar la circulación del fluido de trabajo. Adicional, estos agentes contaminantes, como sarro, entre otros, pueden llegar a acumularse en las paredes de tuberías del sistema o en las salidas del fluido, lo que cambiaría las condiciones de presión por componente y a nivel sistema. Las limpiezas de los contenedores del irrigador deben realizarse con agua y jabón con una frecuencia mensual. Los conductores deben ser reemplazados anualmente.

c. ETAPA DE USO

El usuario debe verificar el tipo de suelo que se desea irrigar, el tipo de cultivo y los patrones climáticos del lugar. Con ello puede decidir si agrega un sistema adicional para riego, o varias líneas con goteros, etc.

El usuario debe llevar un programa para riego que incluya cultivo/campo, día, hora, método de riego y comentarios.

El usuario debe colocar y asegurar el sistema de irrigación en el lugar a irrigar.

El usuario debe colocar y asegurar las tuberías del gotero en el área de cultivo con la configuración de líneas que desea, separadas según el método del riego uniforme.

Al acabarse el agua de cualquier recipiente el usuario debe rellenarlo y apuntar en su programa de riego el tiempo que tomó en acabarse y verificar cuánto tardó desde que lo llenó para manejar la frecuencia de llenado.

El usuario debe verificar la humedad del suelo según el método de “sentir” u otro método cada semana.

El usuario debe verificar el estado del cultivo: ¿cómo se ve físicamente? Para verificar si existe la hidratación correcta o no.

2. ENSAMBLE

Para el ensamble se realizó un instructivo adjunto en anexos que es claro, puntual, y en español donde se especifica los pasos a seguir. En la Figura a continuación puede observar algunas páginas del manual de ensamble.

Figura no.15 “Visualización de manual de ensamble”



Fuente: Creación propia.

Los requisitos para el ensamble incluyeron como primer paso que el usuario debe asegurarse de tener todos los materiales para el ensamble, como de tener disponibilidad de tiempo para el secado del pegamento de las etapas que lo requieren.

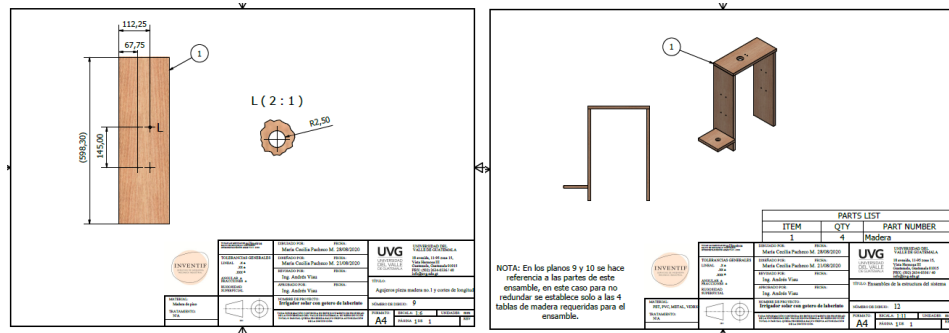
Seguido, el usuario debe contar con la supervisión de un adulto para realizar el ensamble y asegurarse de tener las herramientas necesarias y Equipo de Protección Personal (EPP) para este.

El ensamble se realizó por módulos, para facilitararlo. Esto con el fin de garantizar resultados, como también economizar tiempo.

Pasos por seguir para ensamblar:

- a. El presurizador es una botella de vidrio color ámbar de 750 ml. Si no tiene una botella color ámbar u obscura, se pinta la mitad de una botella de vidrio transparente de 750 ml de color negro y se deja secar aproximadamente una hora.
- b. Luego, se mide y corta la madera para la estructura de soporte. Se realizan los agujeros correspondientes, puede guiarse según página 7 y 8 de instructivo de ensamble y según plano 9, 10 y 12 anexados. La posición de los agujeros y las dimensiones de las piezas de madera pueden variar, si las dimensiones de los materiales a utilizar cambian respecto a las mostradas en este prototipo.

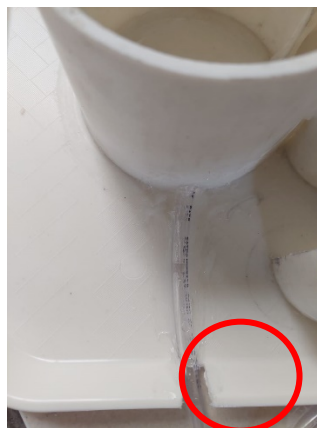
Figura no.16 Plano de agujero en plancha de madera de 2m y ensamble de piezas.



Fuente: Creación propia.

- c. Se mide y corta la tubería PVC, para obtener las piezas correspondientes para el gotero y los acoples. Se realizan los agujeros y cortes correspondientes como muestra el instructivo de ensamble en la página 10 y planos 5 y 6 anexados.
- d. Se corta la bandeja del gotero para dar paso a la manguera conductora como se muestra en la Figura no 17.

Figura no. 17 “Agujero en bandeja de gotero didáctico”



Fuente: Creación propia.

- e. Seguido, se coloca cinta de teflón en las roscas que corresponda como se muestra en la Figura no. 18

Figura no.18 “Colocación de teflón en roscas”



Fuente: Creación propia.

- f. Se dibuja la posición de las piezas de PVC que formarán el laberinto para pegarlas posteriormente. Se pega y se deja secar 1 día.

Figura no. 19 “Cortes de tubería PVC y ensamble de gotero didáctico”



Fuente: Creación propia.

- g. Seguido, se procede a realizar la primer parte del acople primario y se deja secar 1 día.

Figura no.20 “Ensamble de acople”



Fuente: Creación propia.

- h. Mientras tanto, se ensambla el distribuidor y se deja secar 1 día.

Figura no.21 “Distribuidor”



Fuente: Creación propia.

- i. Después, se ensambla la segunda parte del acople primario. En la Figura no.21 puede ver todo el ensamble.
- j. Luego, se ensambla la estructura de soporte.
- k. Seguido, se miden y cortan las mangueras conductoras.
- l. Luego, se utiliza el silicón sellador donde requiera para evitar fugas y mejorar la sujeción de partes.
- m. Por último, se ensambla todo el sistema y se ajustan las partes a la estructura de soporte.
- a. Módulos de ensamblaje

Para los módulos de ensamblaje del diseño se pensó en separarlos por estructura de soporte y componentes a manera de simplificar luego las instrucciones del ensamble y definir en grandes rasgos qué procedimiento realizar en cada uno para la creación del prototipo final y para ir cumpliendo con los objetivos. A continuación, en el Cuadro 9 se muestra la metodología a abarcar en cada módulo.

Cuadro 9. Módulos de ensamblaje

Módulo	Descripción
Módulo de diseño de la estructura de soporte	Se diseñó la estructura en base a las medidas de los componentes disponibles para el prototipo. Se hizo planos de cortes y agujeros que se requieran para la posterior réplica de esta. Se adaptó el diseño al material seleccionado. Y se tomó en cuenta que el terreno a instalar el mismo es un terreno plano. No se requirió mucha precisión para este diseño.
Módulo de elementos o partes del prototipo	Se seleccionó los elementos más necesarios para el funcionamiento según la versión anterior. Se realizó planos de cortes y agujeros según se requerían para el ensamble. Se requirió precisión a modo de ajustes sin juego para evitar fugas.
Módulo de construcción del sistema	Se listó los pasos a seguir y los materiales y herramientas requeridos para su ensamble. El ensamble final se mostró en un plano y el proceso para el ensamble en una guía de ensamble.

Fuente: Creación propia

b. Descripción de partes o elementos que lo conforman

Los elementos fueron seleccionados para una versión prototipo, y se complementó según la opción 1 mostrada en el cuadro de materiales en la planificación del currículo en anexos. Los cuadros a continuación describen los submódulos de la clasificación de componentes y la función de cada parte o elemento del prototipo.

Cuadro 10. Clasificación para submódulos

Submódulo	Descripción
Contenedores de agua	Se clasificó en este módulo el componente reservorio, el presurizador y el distribuidor.
Conductores de agua	Se clasificó aquí las mangueras del sistema.
Acoples	En este módulo se incluyeron las tapaderas de los contenedores y las piezas de PVC.
Válvulas	Solo se incluyeron las pinzas/ganchos para ropa.
Gotero	Aquí se clasificó tubería de PVC y la base plástica del mismo.
Estructura de soporte	Se incluyó la base de madera y los alambres de amarre.

Fuente: Creación propia

Se definió las partes de los submódulos, su razón de ser y su función en el sistema como sigue:

- a. Recipiente reservorio: en él se almacena el agua que servirá para el riego.

Se utilizó un bidón de agua pura para el mismo porque su volumen de almacenamiento es ideal para transportar 18.9 *lt* de agua diarios al cultivo. Esta cantidad de agua a primera vista se considera suficiente para cultivos pequeños y es un volumen apropiado para un prototipo. Adicionalmente, su tapadera es fácilmente removible para rellenarlo de agua nuevamente o añadirle nutrientes, no ocupa demasiado espacio (cabe dentro de los 3x3 *m* cuadrados), su material es resistente a exteriores, y es visible el nivel del agua dada su transparencia. Como otro factor a considerar se tomó en cuenta su precio en el mercado, y su accesibilidad a los mismos.

- b. Presurizador: es un contenedor de color oscuro que absorbe la luz solar y produce calor dentro de él por acción del Sol.

Se utilizó una botella de vidrio oscura. Era esencial que la botella fuese oscura, dada la naturaleza del uso que se le daría. La oscuridad proporciona una mayor absorción de la radiación solar y por consiguiente una mejor fuente de calor. Adicionalmente, la botella traía la rosca como mecanismo de sello lo que facilitaba el ensamble. Aunque es importante mencionar que no todas las botellas de este tipo son manufacturadas así. Otro

factor fue que no hubo necesidad de pintar la botella para el fin, por lo que se redujo el costo de pintura y brochas.

c. Distribuidor: es un contenedor que almacena y da salida al agua de irrigación para goteo.

Se utilizaron 2 botellas PET de 1.5 lt, sin embargo, no es de vital importancia la capacidad de estas, mientras estén en un rango de 1-3 lt y encajen una con la otra. Si son de menor capacidad podría existir saturación del fluido en el mismo o se tendría que colocar las válvulas abre/cierra y estar muy pendiente de abrirlas y cerrarlas para el movimiento del fluido. Se eligió este tipo de botellas ya que incluyen mecanismo de rosca para sellarlas con sus tapaderas, e incluso es posible adaptarles tapaderas PET con boquilla para evitar realizar agujeros para dar paso a los conductores. De igual manera, por su transparencia es posible verificar el nivel del fluido en ellas.

d. Mecanismo de succión: se da por uno de los conductores que no está cubierto de agua dentro del presurizador.

Se utilizó manguera de silicón con diámetro interno de 0.044 mm porque es muy flexible y por su transparencia para poder verificar el movimiento y lugar del fluido en el prototipo. Adicional, por su material liso es menor propenso a las pérdidas de carga.

e. Conductores: son mangueras que permiten la circulación de los fluidos de un lugar al otro en todo el sistema. Se utilizó la misma manguera de los mecanismos de succión de 0.044 mm de diámetro interno.

De igual manera y por la misma razón se utilizó manguera de silicón. Adicional, la manguera de silicón permite que existan menos pérdidas de carga dado su bajo coeficiente de fricción.

Acople primario: son una serie de piezas de PVC (unión con forma T de $\frac{3}{4}$ de pulgada, 2 tapones (*plugs*) con reducción de rosca de 1 a $\frac{3}{4}$ de pulgada, niple de $\frac{3}{4}$ de pulgada, tubo de 1 pulgada de diámetro) y la tapadera del presurizador. Este acople une los componentes principales del sistema.

Se eligió estas piezas por su facilidad de pegado, como de ensamble. Como se mencionó anteriormente, por su fácil acceso y precio. En este acople se requiere que no existan fugas por lo que la facilidad de pegado como la eficiencia del sellado se podían lograr con las piezas de PVC que están diseñadas para trabajar con fluidos.

f. Acople secundario: permite la unión de conductores y la parte superior del distribuidor.

Se utilizó una tapadera PET y la manguera de silicón.

g. Acople terciario: permite que exista una unión con el sistema y las mangueras de goteo en el cultivo.

Se utilizó una tapadera con boquilla PET y la manguera de silicón.

h. Válvulas: son pinzas de ropa que impiden la circulación de los fluidos en puntos específicos del sistema. No siempre son indispensables, únicamente si el cultivo ya no requiere riego o cuando llueve.

i. Goteros: permiten que el agua circule de manera lenta y frecuente en forma de gotas, proporcionándola al cultivo.

Se utilizó la manguera de silicón con agujeros.

j. Estructura y sujeción: permiten que el sistema se mantenga estable en su lugar y posición de trabajo.

Se utilizaron tablas de pino de 2 m por 40 cm, 3 m de alambre de amarre, 8 clavos de madera. Además, se utilizó pegamento epoxi y pegamento de PVC. De los pegamentos, puede comprar un bote de cada uno para poder compartirlo con los demás grupos de compañeros que ensamblarán su irrigador. Para los fines de la creación del prototipo inicial, no se utilizó el bote completo de pegamento.

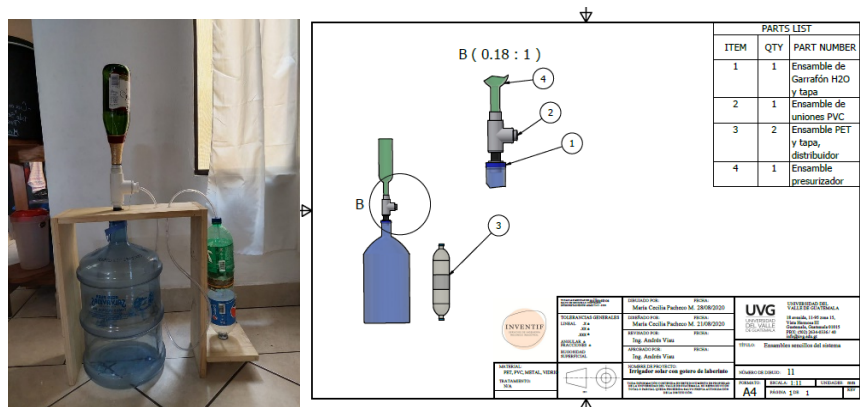
Estos fueron seleccionados según la primer versión de materiales, que puede observar en los anexos en la guía de materiales, y según las otras versiones en el cuadro de materiales adjunto en el archivo de la propuesta de proyecto.

3. PROTOTIPADO

a. DISEÑO

Para el diseño preliminar se realizó una representación de los componentes en 3D y un juego de planos por módulo para los cortes y agujeros correspondientes. Adjunto en anexos.

Figura no.22 “Ensamblajes de sistema”



Fuente: Creación propia.

Para los diseños se tomaron medidas de las piezas standard, con un calibrador vernier. Se muestran a continuación:

Figura no 23. “Medidas para diseño 3D”

MEDIDAS			MEDIDAS		
Pieza	Cantidad	Medida (mm)	Pieza	Cantidad	Medida (mm)
Niple de 3/4" PVC negro	1	Longitud	Tapadera Garrafón de H2O	1	Altura
		Largo sin rosca			D ext
		Din			D in
		Dext			Profundidad
		Hilos de rosca			Espesor
		Largo de rosca			
Reductor de 1-3/4" PVC	4	Longitud	PET Distribuidor	2	Altura
		Din			D ext
		Dext			Altura boquilla
		Din extensión			Din boquilla
		Dext extensión			Dext boquilla
		Ancho extensión			Espesor
		Profundidad de rosca de 3/4"			Longitud curvatura
		Hilos de rosca			
Plug 3/4" PVC 2	2	Longitud	Tapadera PET Distribuidor	2	Altura
		Dext			D ext
		Profundidad			D in
		D ext extensión			Espesor
		lados extensión			
		Ancho extensión			
		Largo de rosca de 3/4"			
Hilos de rosca					
Plug 3/4" PVC	2	Longitud	Presurizador	1	Altura
		Dext			D ext
		Profundidad			Altura boquilla
		Din extensión			Din boquilla
		Dext extensión			Dext boquilla
		Ancho extensión			Espesor
		Profundidad de rosca de 3/4"			Longitud curvatura
		Grosor de fondo			
		Hilos de rosca			
Unión T de 1" PVC	1	Longitud	Tapadera de presurizador	1	Altura
		Altura			D ext
		D in			D in
		D ext			Espesor
Garrafón de H2O	1	Altura	Tubo PVC 1"	1	Altura
		D ext			D in
		Altura boquilla			D ext
		Din boquilla			
		Dext boquilla			
		Espesor			
Longitud curvatura					
Madera	2		Tubo PVC 4"	2	Altura
					D in
					D ext
			Tubo PVC 2"	3	Altura
		D in			
		D ext			
		Grosor			
					largo
					ancho

Fuente: Creación propia.

b. MANUFACTURA Y ENSAMBLE

Como se mencionó anteriormente, se adjuntó un instructivo de ensamble creado para facilitar y garantizar la construcción del prototipo.

c. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL IRRIGADOR SOLAR

Cuando el Sol produce calor en el presurizador el aire en su interior se calienta. El presurizador tiene un color oscuro que es esencial, porque absorbe más luz lo que producirá mayor calor y agilizará el proceso de bombeo del fluido de trabajo. Ese aire caliente se expande y ejerce una presión que empuja el agua en el interior del presurizador logrando así mover el fluido hacia la manguera de circulación.

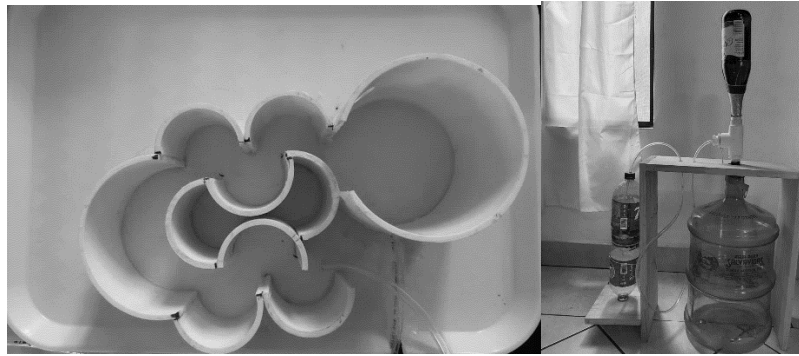
La otra manguera en el presurizador ayuda a que se realice el proceso de cebado como en una bomba. En el momento en que ocurre el flujo, aparece una baja presión dentro del presurizador y luego provoca la

succión del agua contenida en el recipiente reservorio de agua. Así se logra siempre tener agua en el presurizador, hasta que se vacía el recipiente reservorio.

El agua recorre un sifón que es una tubería en forma de U, hasta llegar al distribuidor. El agua del distribuidor se lleva por medio de una manguera al sistema de goteo.

En el sistema de goteo se tiene una forma de laberinto que permite que el agua tenga cierta turbulencia al pasar por las curvaturas y pierda presión evitando así que se dé la sedimentación y se logre un flujo controlado de gotas en el cultivo.

Figura no.24 “Ensamble de prototipo, gotero e irrigador”



Fuente: Creación propia

d. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PARA VALIDACIÓN

Se tomó la temperatura en el presurizador en distintas fases de tiempo, para conocer la presión del aire dentro de la botella. Adicional, con las mediciones de la cantidad de milímetros que bajó el nivel el bidón de agua, tomando como la medición promedio 0.62 mm, se encontró la velocidad de vaciado que fue de 0.11 m/s.

$$v_{prom} = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) \left(\frac{0.62}{1000} m\right)} = 0.11 \frac{m}{s}$$

También, se encontró los datos clave del sistema que son las pérdidas de presión, pérdidas de carga, y el caudal. Se muestra el procedimiento a continuación.

Las mediciones de temperatura se hicieron en el presurizador (la botella de vidrio color ámbar) (T1) y se tomaron datos del aproximado de temperatura ambiental (T2) en Antigua Guatemala en ese momento. Las temperaturas del presurizador fueron tomadas con un termómetro láser. La temperatura ambiental se tomo del reporte del clima en ese momento.

Cuadro no.11 “Temperaturas registradas”

T1 (°C) :	T2 (°C) :	Fecha de toma de temperaturas
39	25	17/09/2022
30	20	25/09/2022
25	20	7/10/2022
38	23	28/10/2022
Promedio		
33	22	°C

Fuente: Creación propia.

Cuadro no. 12 “Datos para análisis”

Descripción	Dato promedio recopilado
P_ambaire= Patm	1019 hPa (101900 Pa)
T_ambaire: Temperatura ambiente	22°C (295.15 K)
T2: Temperatura promedio tomada con termómetro láser en botella	33°C (306.15 K)
ρ_{h20}	997.86 kg/m ³
v	0.11 $\frac{m}{s}$

Fuente: Creación propia.

Se tomaron los siguientes supuestos para el análisis del sistema:

- a) Aire atmosférico como gas ideal
- b) Agua líquida como flujo incompresible.
- c) Temperaturas ambiente en Antigua Guatemala de 22°C
- d) Diámetro interno de la manguera 4.44 mm
- e) La velocidad promedio medida del flujo de 0. 11 m/s

El flujo de agua es laminar, incompresible, y totalmente desarrollado. No hay turbinas en la sección de flujo, ni válvulas.

Encontrando datos:

Figura no.25 “Presión de aire”



Fuente: Creación propia

Para conocer la presión del aire que queda dentro de la botella de vidrio podemos calcular:

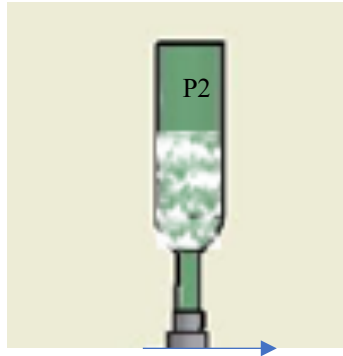
A bajas presiones $P = R \left(\frac{T}{v} \right)$ o bien $Pv = RT$, también $\frac{P_{amb}}{T_{amb}} = \frac{P_2}{T_2}$ con lo que $P_{amb} = \left(\frac{P_2}{T_2} \right) T_{amb}$

$$\frac{P_{amb}}{T_{amb}} (T_2) = P_2$$

$$P_2 = \frac{101900 \text{ Pa}}{295.15 \text{ K}} * (306.15 \text{ K}) = 105.69 \text{ KPa}$$

La presión del aire dentro de la botella es muy parecida a la ambiental, asumiendo un sistema cerrado por estar dentro de la botella con el calor del Sol, es ligeramente mayor. Esto se calculó, ignorando los cambios que puedan surgir a la hora de la mezcla de agua evaporada y aire dentro de la botella. Con el supuesto de estar puramente en el estado inicial, con la temperatura promedio en la botella y las condiciones iniciales de aire y agua en el sistema al momento después de ensamblado y llenado.

Encontrando el caudal de salida del presurizador. Para proceder a encontrar las pérdidas de carga y fricción. De nuevo tomando en cuenta la Figura no. 25, ya conocemos la presión del aire dentro de la botella. Y queremos saber el caudal de salida de agua. Para el cálculo del área se toma como referencia la manguera donde pasa el agua como un cilindro de diámetro 4.44 mm.



$$Q = AV = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) V$$

$$Q = \left(\frac{\pi(0.00444\text{m})^2}{4}\right) \left(0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$Q = 17 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 6.13 \frac{\text{lt}}{\text{h}}$$

Este caudal nos da una idea de que el flujo es laminar, pero se comprobará y se usará la viscosidad dinámica del agua a 22°C :

$$Re = \frac{\rho V_{prom} D}{\mu}$$

$$Re = \frac{\left(997.86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (0.00444\text{m})}{95.44 * 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{mS}}}$$

$$Re = 510.64 \leq 2300 = \text{flujo laminar}$$

Para el siguiente cálculo tomaremos una longitud de 2m, ya que esa es la longitud que abarca la manguera utilizada en el sistema.

$$\text{Conocemos que } h_L = \frac{\Delta P}{\rho g} = f \left(\frac{L}{D}\right) \frac{V_{prom}^2}{2g} = \frac{64}{Re} \left(\frac{L}{D}\right) \frac{V_{prom}^2}{2g} = \left(\frac{64}{45.38}\right) \left(\frac{2\text{m}}{0.00444\text{m}}\right) \left(\frac{(0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}\right)$$

$$h_L = 0.39 \text{ m}$$

Para un flujo totalmente desarrollado en un tubo de diámetro constante sin bombas ni turbinas la ecuación es:

$$\Delta P_L = f \frac{L}{D} \frac{\rho V_{prom}^2}{2} = \frac{64}{45.38} * \frac{2\text{m}}{0.00444\text{m}} * \frac{997.86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left(0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * \left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \text{s}^2}\right)$$

$$\Delta P_L = 3.83 \text{ kPa}$$

La velocidad de vaciado es aparentemente buena, esto puede deberse a que la presión del aire interno pareciera ser suficiente para mover el agua internamente a una velocidad parecida a la de los goteros reales. Esta presión está influenciada por los cambios de temperaturas y el lugar donde se posiciona el sistema. Si el sistema durante el día no siempre está expuesto a la luz solar, dada la relación temperatura-presión, será más difícil que aumente la presión.

Un irrigador industrial, logra regar aproximadamente 6 l/h. Y este prototipo según los resultados regaría 6.13 l/h. Sin embargo, las pérdidas de carga y presión son considerablemente elevadas. Se debe tomar en cuenta la hermeticidad del sistema, por lo que las pérdidas pueden ser causa de evaporación de agua, como también la dimensión de los agujeros del último extremo de la manguera, que funciona como gotero en el prototipo. En la realidad los goteros dosifican considerablemente en menor velocidad y cantidad el agua de riego, en el prototipo el gotero es una extensión de manguera con agujeros y el bidón de agua no se encuentra cerrado herméticamente. Por último, la calidad del agua utilizada es un alto factor de pérdida de carga y presión por la sedimentación de minerales en ella y los cambios de direcciones del agua al momento de tener sifones para conducirla.

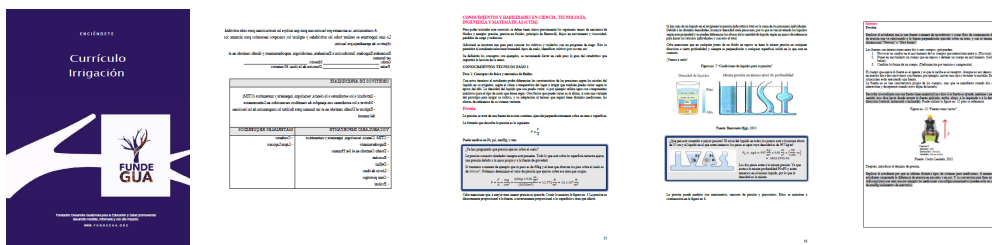
Lecciones en escuelas:

Las lecciones de los conceptos y metodología CTIM se trasladaron a FUNDEGUA para su implementación posterior.

Se realizó una guía de trabajo para los conceptos con el formato de los *Enciéndete* posteriores. Está sujeto a cambios según lo requiera la fundación para la adaptación del sistema educativo de referencia.

Está adjunto en anexos titulado *Enciéndete* Currículo Irrigación.

Figura no.26 “Visualización de Currículo Irrigación”

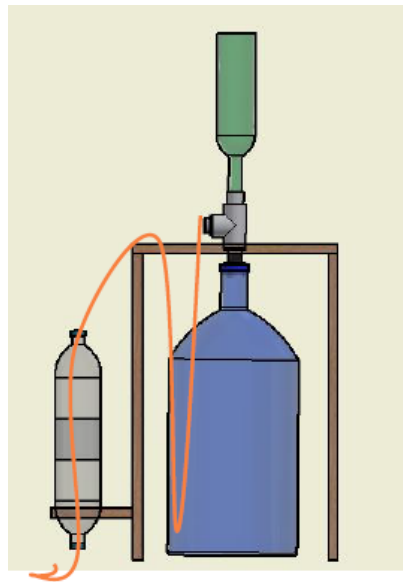


Fuente: Creación propia.

e. RESULTADOS

Se creó el diseño a manera de prototipo de un irrigador por goteo solar para el currículo Irrigación de *Enciéndete* de FUNDEGUA. El diseño se basa en las requisiciones de FUNDEGUA, se pensó centrado en el usuario y sus necesidades, como también, centrado en sus recursos. Está compuesto por varios recipientes reutilizados y piezas estándar de PVC. El diseño se modeló en 3D en la plataforma Autodesk Inventor como puede observar en la Figura no. 27

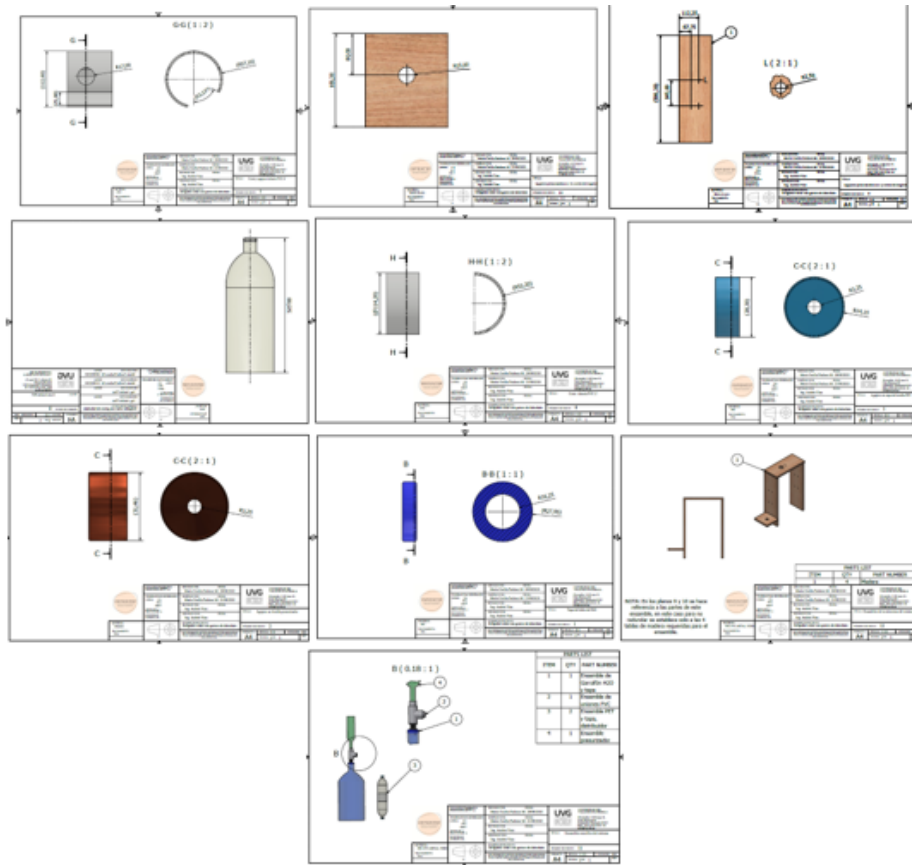
Figura no.27 Diseño de irrigador por goteo solar para el Currículo Irrigación de *Enciéndete* FUNDEGUA



Fuente: Creación propia

Se creó un juego de planos de las piezas que requieren cortes o agujeros para poder llevar a cabo el ensamble, a manera de guía para el usuario. Este juego de planos es sencillo y claro para facilitar la comprensión del usuario que ensamblará, y para la réplica del prototipo tal y como se muestra en el diseño. Sin embargo, pueden utilizarse otros materiales con distintas dimensiones por lo que las distancias o tamaños de agujeros pueden variar. Adicional, se creó planos para visualizar los ensambles más complicados. Los planos se encuentran anexados al trabajo y se muestra un ejemplo en la Figura no. 28

Figura no. 28 Planos creados para cortes y agujeros



Fuente: Creación propia

Se cotizaron varios materiales para verificar de cuáles se iba a manufacturar el prototipo. La cotización se muestra en el documento anexo de la propuesta del proyecto. Se utilizó la opción 1. Esta cotización se muestra en la Figura no.29. El costo total del proyecto fue de Q997.13 y podría reducirse reutilizando más materiales.

Figura no.29 “Cotización de proyecto”

Componente	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Unidades requeridas	Precio unitario	Total
					Q0.00	Q0.00
Preservante	Botella de vidrio oscuro de 1.5 l con boquilla de rosca	Botella de vidrio de 1.5 l pintada de negro, con rosca	Botella PET de 1 l para el agua con rosca	1	0	0.00
Tapadera presurizada	Tapadera de botella de vidrio oscuro	Tapadera de botella de vidrio	Tapadera de botella PET	1	0	0.00
Reservorio	Balón vacío, con tapadera	Cubeta de plástico vacía, con tapadera	Galón de plástico vacío con tapadera	1	10	10.00
Accesorios	Plug 1/2" de PVC	-	-	1	5.49	5.49
	Tubera PVC de 1"	-	-	1 m	4.99	4.99
	Codos 1/2" de PVC	-	-	1	1.05	1.05
	Ngla 1/2" de PVC	-	-	1	6.99	6.99
Conductores	Reducción de 1 1/2" a 1" con rosca de PVC	-	-	3	5.49	16.47
	Manguera de alumin.	Tubera PVC	Manguera de suero	10 ft	7.49	74.90
	Manguera a granel	-	-	3 m	9.99	29.97
Válvula	Gasiferos, piezas de repa.	Válvula abre-cierra	-	2	0	0.00
Distribuidor	Botella PET de 2l	-	-	2	0	0.00
Tapadera distribuidor	Tapadera botella PET de 2l	-	-	2	0	0.00
Soportes	Alambres de acero	Zip ties (Cremalleras plásticas)	Pita	2 zip ties, 3 m de los otros	6.99	6.99
	Alcancilla de 1/2" de la rosca	-	-	1	5.95	5.95
Estructura	Madera	Midec	Metal	2 m de madera	46.95	93.90
	Bandeja	-	-	1	24.99	24.99
Gotero	Tubero PVC 2"	-	-	1 m	14.99	14.99
	Tubero PVC 4"	-	-	1 m	19.99	19.99
	TOTAL					561.50

Herramienta	Unidades	Precio promedio en Quetzales	Total en Quetzales
Segueta para madera	1	34.99	34.99
Clavos para madera	1 bolsa	8.99	8.99
Cinta para sellado de rosca	1	2.99	2.99
Pegamento epoxi	1	21.95	21.95
Piñzas/Alicate	1	47.99	47.99
Taladro	1	399.99	399.99
Brocas	1 set	59.99	59.99
Martillo	1	37.99	37.00
Cuchilla	1	6.99	6.99
Cemento para PVC	1	14.95	14.95
TOTAL			635.83

Fuente: Creación propia.

El prototipo manufacturado se muestra a continuación en la Figura no.31 En la Figura no.30 se muestran algunos pasos que se describieron en el instructivo de ensamble adjunto en anexos para FUNDEGUA. El ensamble tomó aproximadamente 5 días en terminarse debido a tiempos de secado de pegamentos colocados.

Figura no.30 “Manufactura de prototipo”



Fuente: Creación propia.

Figura no.31 "Prototipo"



Fuente: Creación propia

Se creó el manual del currículo de *Enciéndete* con las requisiciones de FUNDEGUA para el área de planificación del currículo. Los demás pasos de implementación quedan a cargo de FUNDEGUA. En anexos podrá encontrar: la propuesta del proyecto, la propuesta de materiales, el instructivo de ensamble, y el manual del currículo con las lecciones para los usuarios. FUNDEGUA debe ajustar según los usuarios a los que impartirán las lecciones, los conceptos a enseñar, verificar el nivel escolar de los usuarios. Además, se recomienda repasar las lecciones previamente y preparar a los maestros para ello.

Figura no.32 "Contenido para FUNDEGUA"



Fuente: Creación propia.

f. DISCUSIÓN

Para realizar el diseño fue muy útil presentar la propuesta del proyecto, ya que en ella se definieron varios aspectos y parámetros a cubrir para el currículo *Enciéndete* directamente con FUNDEGUA, y se focalizó las ideas en una sola necesidad y un tipo de riego específico. Esto se realizó para ir alineados tomando en cuenta las requisiciones de la fundación y sus objetivos. Sin embargo, adaptar un diseño de ingeniería al público al que el currículo normalmente se dirige (estudiantes de diversificado o menores grados) fue todo un reto desde la creación de las lecciones, hasta el prototipo. El manual del currículo se realizó de acuerdo con las bases de FUNDEGUA, sin embargo, está sujeto a cambios dada la complejidad de los temas a tratar para explicar los fenómenos que suceden con el flujo dentro del irrigador. Estos cambios pueden ser para adaptar las lecciones al grupo de estudiantes según su grado y previos conocimientos.

El diseño de las piezas 3D, los planos, las dimensiones de los componentes del prototipo y algunos pasos del ensamble no están directamente dirigidos al estudiante, si no al maestro o encargado de grado que acompañará y guiará al grupo de estudiantes durante el currículo. Es importante empoderar a los estudiantes en aprendizajes como puede ser aprender a utilizar un barreno o una segueta, pero se recomienda el estudiante no lo haga sin supervisión, ni sin haber sido instruido previamente. En este diseño es muy importante el rubro de la seguridad, por ello en el instructivo de ensamble se aclaró este punto.

Las partes del irrigador están compuestas por elementos básicos que pueden los estudiantes encontrar cerca de sus comunidades y que están a la mano y accesibles económicamente. Las mediciones para el diseño 3D por esta razón, a pesar de haberse tomado con un calibrador vernier tienen una variación respecto de las medidas exactas reales, ya que estos elementos manejan medidas estándar. Los elementos son: las piezas de PVC, el bidón de agua, las botellas PET de 1.5 lt (que incluso pueden llegar a variar de forma), etc. Las medidas fueron tomadas únicamente con el propósito para crearlas en Inventor Autodesk y replicar el ensamble para evidenciar las mediciones de distancias de agujeros o cortes en los planos, como para crear el instructivo de ensamble. Cabe mencionar que este prototipo es la base para crear el sistema, más no es la única forma de hacerlo. Es válido que el estudiante realice este prototipo con recipientes de distintas dimensiones, mientras sea proporcional la relación entre componentes. El diseño debe modificarse dependiendo del terreno o las dimensiones del cultivo, en conjunto con la longitud de la manguera. El prototipo se realizó para un terreno plano.

El irrigador solar funciona sin una fuente de energía eléctrica, por el calor del sol, y su diseño es portátil dadas sus dimensiones, lo que permite trasladar los envases de agua fácilmente para su llenado, desde la fuente de agua más cercana. Desde el diseño se buscó garantizar que fuese cómodo para el usuario de utilizar, mantener y movilizar. Para verificar estos puntos el prototipo se colocó en la terraza de una vivienda para las pruebas, dadas las circunstancias no se pudo comprobar si creció un cultivo con el volumen de agua trasladado ya que no había lugar para instalar un huerto pequeño en la terraza. Pero se pudo comprobar la facilidad de movilidad de los componentes para llenado.

Las mediciones del nivel de agua en el bidón fueron tediosas ya que visualmente la diferencia del nivel no era notoria, estas mediciones se realizaron con un calibrador vernier. Las mediciones de comprobación de resultados realizadas fueron con base en el caudal, pérdidas, temperaturas y velocidades. Sin embargo, si el lugar donde se coloque el irrigador está bajo la sombra o durante el día muy pocas horas le da el Sol directamente, no será eficiente. En la época en la que se hicieron las pruebas aproximadamente 2 meses fueron de fuertes lluvias, muy poco sol y el prototipo a cierta hora del día estaba bajo la sombra y esto pudo afectar la movilidad del agua en el sistema. A pesar de estas circunstancias, el prototipo se preservó en buenas condiciones más de un año. Estuvo bajo lluvia y a la intemperie. Cabe mencionar, que debido a falta de limpieza el prototipo presentó sedimentación de minerales del agua que se utilizó en los componentes. El agua utilizada por el área de origen, que es Antigua Guatemala, contiene una gran cantidad de hierro y manganeso por lo que su color tiene un aspecto anaranjado leve. Sin embargo, al momento de sedimentarse los minerales, se forma una capa arcillosa de un color marrón similar al ladrillo lo que provoca pérdidas de carga y presión.

Los resultados indican que la presión del aire dentro de la botella de vidrio que forma el presurizador es mayor a la atmosférica, sin embargo, para que aumente más de lo mostrado y con ello aumente la velocidad del flujo del agua, debe aumentar consigo la temperatura de ese aire. Con ello, se demuestra la deficiencia del caudal por la falta de Sol. La velocidad de riego es considerada para motivos de prototipo, aceptable. En la realidad los goteros trabajan con caudales de 6 lt/h aproximadamente, del que nuestro resultado fue de 6.11 l/h. Sin embargo, tomando en cuenta los resultados de las desviaciones por pérdidas de carga y presión, el resultado no es tan eficiente como parece. La hermeticidad del sistema, como la calidad del agua afectan los valores de pérdida considerable y directamente. Es importante tomar en cuenta la dimensión del sistema, ya que los sistemas de riego reales tienen mucha más extensión de área y sus componentes son de mayor capacidad y calidad. También, es importante considerar las mediciones de los componentes de un sistema real y su tecnología, versus las mediciones en el prototipo ya que por precisión los cálculos pueden variar según las mediciones. El flujo se comportó como laminar, por lo que eso facilitó los cálculos tomando en cuenta las relaciones que se adaptan a este flujo. La falta de eficiencia cuando hay altas tasas de calor solar da pie a que exista evapotranspiración ya que el agua absorbida será menor a la evaporada.

El irrigador está diseñado para tener una inversión económica de Q1000, como se mostró en la lista de materiales y su costo. Pero esto está sujeto al mercado con oferta y demanda, por lo que varía el costo. Se invita a los estudiantes a cotizar en varios lugares para lograr este objetivo y a reutilizar la mayoría de los materiales posibles. Debido a la situación de la pandemia por COVID-19, cuando se realizó las cotizaciones había muy pocos lugares abiertos para cotizar y las cotizaciones de algunos materiales no fueron con base en los de las ferreterías o tiendas más económicas del lugar aledaño. A pesar de ello se logró cubrir con el presupuesto planteado, pero seguramente puede llegar a ser más económico.

Cabe mencionar que para el ensamble se tuvieron complicaciones como fugas durante el proceso de pruebas. Debido a que el sistema se requería lo más hermético posible, estas fugas de agua se debían resolver. Se utilizó pegamento epóxico como primer recurso, pero el pegamento que funcionó de mejor manera fue el

pegamento usualmente utilizado para peceras, el silicón multiusos. Adicional, fue muy útil utilizar la cinta de teflón para las roscas y colocarlo de la mejor manera posible para crear un ajuste adecuado.

VI. CONCLUSIONES

1. Se diseñó el prototipo de un irrigador solar por goteo como producto innovador para el currículo de *Enciéndete* de FUNDEGUA.
2. Se creó un juego de planos de las piezas del prototipo en Inventor Autodesk que representan el ensamble y los cortes a realizar de los agujeros en las piezas, para facilitar el ensamble, y garantizar su réplica.
3. Se manufacturó el prototipo con materiales reutilizados y accesibles en las comunidades guatemaltecas como: dos botellas PET de gaseosa reutilizadas, un bidón de agua Salva Vidas, tubería y accesorios de PVC. El costo de manufactura del prototipo fue de Q997.13 Este prototipo mostró un funcionamiento bueno, más no excelente, con un flujo con comportamiento laminar.
4. Se creó el manual del currículo de *Enciéndete* con las requisiciones de FUNDEGUA que toma en cuenta la necesidad comunitaria, la solución innovadora, el producto innovador, la descripción y desarrollo de los conocimientos CTIM a trabajar, la descripción de los materiales por unidad y el teacher kit, el costo aproximado por unidad, la duración por actividad, la duración del producto, el rango de edades del público al que es dirigido, la justificación, y por último las lecciones 1, 2 y 4 del currículo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Existe riesgo de fugas si el sistema no se deja secar lo suficiente o si no se utiliza suficiente pegamento en las partes que lo requieren. Se recomienda utilizar pegamento para vidrio o peceras ya que está diseñado para evitar fugas de agua y funcionó muy bien con los materiales utilizados en el prototipo.
2. Se puede pintar la botella para presurizador de color negro, por la mitad, si no se cuenta con una botella de vidrio color ámbar o verde/azul oscuro. Se recomienda utilizar pintura en aerosol, ya que seca más rápido y es más fácil de aplicar.
3. Se recomienda asegurarse que el nivel del agua en el presurizador y los demás componentes sea el adecuado, ya que sin este nivel los efectos de sifón y presión varían y el componente deja de funcionar en sus óptimas condiciones. Tomar en consideración llevar anotaciones para lograr un flujo en un ciclo que le permita diagnosticar una frecuencia de llenado, siendo aún más importante si su irrigador está directamente expuesto al Sol.
4. Las válvulas no son estrictamente necesarias tenerlas instaladas de modo fijo, por lo que se puede utilizar pinzas de ropa para evitar el flujo en los puntos que requiera necesario.
5. Se recomienda utilizar un filtro en el caso la fuente de agua contenga suciedad o impurezas que puedan afectar al sistema, conjuntamente darle su debido mantenimiento. Debido que al utilizar agua sucia los componentes pesados del agua se sedimentan en las uniones, intersecciones, y superficies de los componentes aumentando las pérdidas de carga y evitando la eficiencia del goteo. Adicional, con el tiempo hacen que los componentes transparentes se opaquen y sea más difícil la visibilidad del flujo.
6. Si no tiene una fuente de agua limpia, se recomienda lavar los componentes más seguido para evitar inconvenientes.
7. Se puede ahondar en la investigación de goteros didácticos de los distintos tipos como el de estrella, adicional al de laberinto para exponer a los estudiantes su funcionamiento e importancia en los cultivos en que se utilizan.
8. Se puede ahondar en las lecciones relacionadas a los cultivos, para su cuidado de manera eficiente y económica con el tema del uso de fertilizantes y nutrientes para el crecimiento de los cultivos específicos en Guatemala.
9. Se puede ahondar en lecciones de física fundamental de temas relacionados previo al currículo para mejorar la experiencia e impactar de mejor manera a los estudiantes con los conceptos CTIM involucrados.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Agrosolmen. (22/10/2022) Riego por goteo. Obtenido de: <https://agrosolmen.es/sistema-de-riego-por-goteo/>
- Allen R.G; L.S. Pereira; D. Raes y Smith, M.(1998). *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56*
- Camposdesolana. (22/10/2022) Color de botella de vino. Obtenido de: <https://www.camposdesolana.com/porque-las-botellas-de-vino-son-oscuras/#:~:text=Las%20botellas%20que%20almacenan%20el,y%20el%20sabor%20del%20vino.>
- Castro Leonela (20/10/2022). Fuerza como vector. Obtenido de: <http://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/LinkClick.aspx?fileticket=Rb6QwEtcNWY%3D&tabid=677&mid=1740>
- Cengel Yunus, Cimbalá John. 2010. Mecánica de fluidos, Fundamentos y aplicaciones. Pérdidas de carga. 2nda Ed. México D.F. *Mc Graw Hill Companies, Inc.* 967pp.
- Coprocesamiento.org. (5 de febrero 2019). La vida de una botella de plástico. Obtenido de: <https://coprocesamiento.org/botella-de-plastico/#:~:text=Nuestra%20botella%20es%20una%20de,y%20700%20a%C3%B1os%20en%20descomponerse.>
- Dciuroms. (22/10/2022). Fotosíntesis. Obtenido de: <http://dciuroms.weebly.com/respiracioacuten-celular.html>
- Ecohouses. (20 septiembre 2018). La durabilidad de la madera en construcción. Obtenido de: <https://www.ecohouses.es/la-durabilidad-de-la-madera-en-construccion/?lang=es#:~:text=Se%20estima%20que%20una%20casa,con%20el%20transcurso%20del%20tiempo.>
- Erasmus+. (12/11/2022). Actividades CTIM. Obtenido de: https://www.schooleducationgateway.eu/es/pub/theme_pages/science-and-mathematics-stem.htm
- Fisimat (17/10/2022). Ejemplos de presión. Obtenido de: <https://www.fisimat.com.mx/presion-hidrostatica/>
- Gunt Hamburg (20/10/2020). Flujo laminar y turbulento. Obtenido de: <https://elearn-hm250-es.gunt.de/flujo-en-tuber%C3%ADa/flujo-laminar-y-turbulento>
- López Elmer (16/06/2021). “Riego por goteo”. Obtenido de: <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2017/11/Perfilambiental2010-2012DocumentoCompleto.pdf>
- Meteorito (20 de octubre 2022). Presión atmosférica. Obtenido de: <https://meteorito.mx/clases/presi%C3%B3n/clase.html>
- Orozco Andrea. (24 de Septiembre del 2019). Menos de uno por ciento de la población censada tiene un posgrado. Obtenido de: <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/menos-de-uno-por-ciento-de-la-poblacion-censada-tiene-un-posgrado/>
- Significados.com. (16 de agosto de 2022). Tipos de investigación. Obtenido de: <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/>
- SPplásticos. (16 de agosto 2022). Bidón Policarbonato. Obtenido de: info@spplasticos.com

IX. ANEXOS

Cuadro 13. Ejemplo del cálculo del reemplazo de agua perdida a través de evapotranspiración con el enfoque del presupuesto de agua

Datos del problema	Procedimiento
<p>Se tiene un bloque de vegetales de 1 acre en dosel completo mediante riego por goteo.</p> <p>La tasa diaria promedio de evapotranspiración en verano para un cultivo en crecimiento activo en dosel completo es de 0.15 pulgadas / día.</p> <p>Hay 27,158 galones de agua en una acre pulgada.</p> <p>Un acre son 43,560 pies cuadrados (aproximadamente 208 pies x 208 pies)</p> <p>Se tiene una velocidad de flujo de cinta T de riego por goteo de alto flujo con espacio de emisor de 8 pulgadas a 10 libras por pulgada cuadrada (psi) igual a 0.74 gpm / 100 pies.</p> <p>Hay 14,520 pies de hilera por acre cuando las camas están separadas 36 pulgadas de centro a centro.</p> <p>El sistema de goteo descrito anteriormente es capaz de entregar 6,450 galones / hora / acre a 10 psi.</p>	<p style="text-align: center;">Número de galones perdidos a través de evapotranspiración en un campo de 1 acre (galones por hora/acre)</p> $a) \frac{0.15 \text{ pulgadas}}{\text{día}} * \frac{7 \text{ días}}{1 \text{ semana}}$ $= \frac{1.05 \text{ pulgadas}}{\text{semana}}$ $b) \frac{1.05 \text{ pulgadas}}{\text{semana}}$ $* \frac{27,158 \text{ galones}}{\text{acre pulgada}}$ $= \frac{28,516 \text{ galones}}{\text{acre}}$ <p style="text-align: center;">R// Se pierden 28,516 galones / acre por evapotranspiración cada semana de un cultivo que crece activamente en dosel completo.</p>
<p>Hay 14,520 pies de hilera por acre cuando las camas están separadas 36 pulgadas de centro a centro.</p> <p>El sistema de goteo descrito anteriormente es capaz de entregar 6,450 galones / hora / acre a 10 psi.</p>	<p style="text-align: center;">Cálculo de irrigación de salida por riego por goteo</p> $\frac{14,520 \text{ pies de hilera}}{100 \text{ pies de cinta T}} = 145$ $145 * \frac{0.74 \text{ gpm}}{100 \text{ pies}} = \frac{107.4 \text{ gpm}}{\text{acre}}$ <p style="text-align: center;">(la cantidad de agua entregada a través de cada 100 pies de cinta)</p> $107.4 \text{ gpm} * 60 \text{ min} = \frac{6,446 \text{ gph}}{\text{acre}}$ <p style="text-align: center;">Dos líneas de cinta de goteo proporcionarían el doble de este volumen, o 12,892 gph/ acre.</p>
<p style="text-align: center;">Cálculo del requisito de riego</p>	<p style="text-align: center;">Tasa de aplicación del sistema de riego:</p> $\frac{28,516 \text{ galones}}{\frac{6450 \text{ gph}}{\text{acre}}} = 4.4 \text{ h de riego cada semana}$ <p style="text-align: center;">R//Este total de 4.4 horas / semana se debe dividir en 2-3, de manera uniforme, conjuntos de riego programados.</p>

Fuente: Casfs

La evapotranspiración del cultivo de referencia es la tasa diaria estimada de evapotranspiración de un cultivo de referencia, como la grama. Los datos pueden darse en pulgadas por día, con esto se puede calcular la "evapotranspiración del cultivo" (ET_c) y determinar cuánta agua aplicar a un cultivo en crecimiento activo.

La otra información crítica necesaria para el cálculo de la tasa de riego es el "coeficiente de cultivo" (K_c). El coeficiente de cultivo refleja la etapa de crecimiento del cultivo desde la plántula hasta el dosel completo.

Se entiende que la tasa de evapotranspiración del cultivo es igual al coeficiente de cultivo multiplicado por la tasa de evapotranspiración del cultivo de referencia.

$$ET_R = K_c * ET_{referencia}$$

Cuadro14. Ejemplo del método del presupuesto del agua

Datos del problema	Procedimiento
<p>Se tiene cosecha de maíz que a los 10 días de emerger tendría un estimado de $K_c = 0.25$</p> <p>Se tiene cosecha de maíz que a los 45 días de emerger tendría un estimado de $K_c = 0.50$</p> <p>Se tiene cosecha de maíz que a los 100 días de emerger tendría un estimado de $K_c = 1.00$</p> <p>Si la cosecha de maíz había sido regada en el momento de la siembra y el ET_o diario promedio es de 0.15 pulgadas por día durante los primeros diez días desde la emergencia. ¿Cuál es el cálculo del riego para el día diez?</p>	$ET_c = 0.25 K_c * 0.15 = 0.375 \text{ pulgadas}$ <p>Con base en esta ecuación, ¿irrigarías el maíz con 0.375 pulgadas de agua en el día diez?</p> <p>Puede que sea mejor acceder a la humedad del suelo usando una pala y el método de "sentir" en esta etapa de crecimiento.</p> <p>El K_c no es un número absoluto sino solo una estimación ya que cambiaría a diario desde la emergencia del cultivo hasta la maduración.</p> <p>Lo importante de entender de este ejemplo es que la mayoría de los cultivos de hortalizas, cuando están en el dosel completo, tienen un valor de K_c de 1.</p> <p>Si podemos obtener una estimación precisa, de una estación meteorológica local, de la tasa de el ET_o promedio, entonces podemos determinar fácilmente una tasa semanal aproximada de riego para la mayoría cultivos, cuando están en el dosel completo, típicamente cultivados en sistemas diversos a pequeña escala.</p> <p>Por ejemplo, si nuestro ET_o promedio es de aproximadamente 0.15 pulgadas por día, entonces tendríamos que aplicar aproximadamente 1 pulgada por semana de agua de riego para un cultivo completo.</p> $ET_o = 0.15 * 7 \frac{\text{días}}{\text{semana}} = 1.05$

Fuente: Casfs, *s.f.*

i. OTRAS CONSIDERACIONES

a) ¿Cómo se ven las plantas?

El estrés hídrico afecta a las plantas cuando la demanda de retención de agua del suelo y la del cultivo son mayores que la cantidad aportada por el riego. Puede darse cuando el crecimiento de las raíces se limita a una

parte del perfil del suelo por el arado, o por ser un suelo poco profundo y compactado. Otro factor puede ser que exista una plaga o enfermedad en las raíces, lo que impide una absorción correcta del agua. Como también, afectaría si el suelo es salino, y que el cultivo esté inundado o que esté poco ventilado.

Este ocasiona una reducción en el crecimiento, porque se cierran las estomas de las hojas para evitar la pérdida de agua, una disminución de la actividad fotosintética y falta de minerales que ocasiona falta de clorofila en las hojas.

Cabe mencionar que no se debe subestimar la hidratación que aporta la lluvia para algunos cultivos ya que puede ser también una fuente de estrés hídrico el hacerlo.

(Grupoinesta, *s.f.*)

Los períodos críticos para el estrés hídrico del suelo en un cultivo son: floración, formación de la cosecha, crecimiento vegetativo temprano o etapa de plántulas y la maduración del fruto.

A pesar de todo, las plantas pueden recuperarse del estrés hídrico. Normalmente se pueden observar síntomas como el marchitamiento o la muerte de las plantas. Algunos signos del estrés hídrico son:

1. Hojas grises: se observa un cambio en el color de la hoja de un verde vibrante a un color gris verdoso opaco o azulado.

2. Pérdida de brillo: las hojas de las plantas cambian de aspecto brillante a opaco.

3. Daño por insectos: por ejemplo, la presencia de pulgones de la col en los cultivos de la familia Brassica (brócoli, col, colinabo, etc.) a menudo indica condiciones secas.

4. Daño al sistema radicular: cuando las plantas que se ven secas incluso después del riego a menudo tienen daños en las raíces.

5. Color rojo o morado en la hoja: esto puede indicar condiciones secas, saturadas (anaeróbicas) o daño a la raíz.

6. Desarrollo de pequeñas espinas en los márgenes de las hojas o aumento de la espinosidad en los tallos: esto es especialmente probable que ocurra en la lechuga y especies relacionadas.

7. Marchitez: Si las plantas se marchitan temprano en la etapa fresca del día, esto puede ser una señal de que necesitan agua. Un poco de marchitamiento durante el calor del medio día es una estrategia de protección de parte de las plantas para reducir las pérdidas de agua por transpiración.

8. Crecimiento más lento de lo esperado, como se mencionó anteriormente.

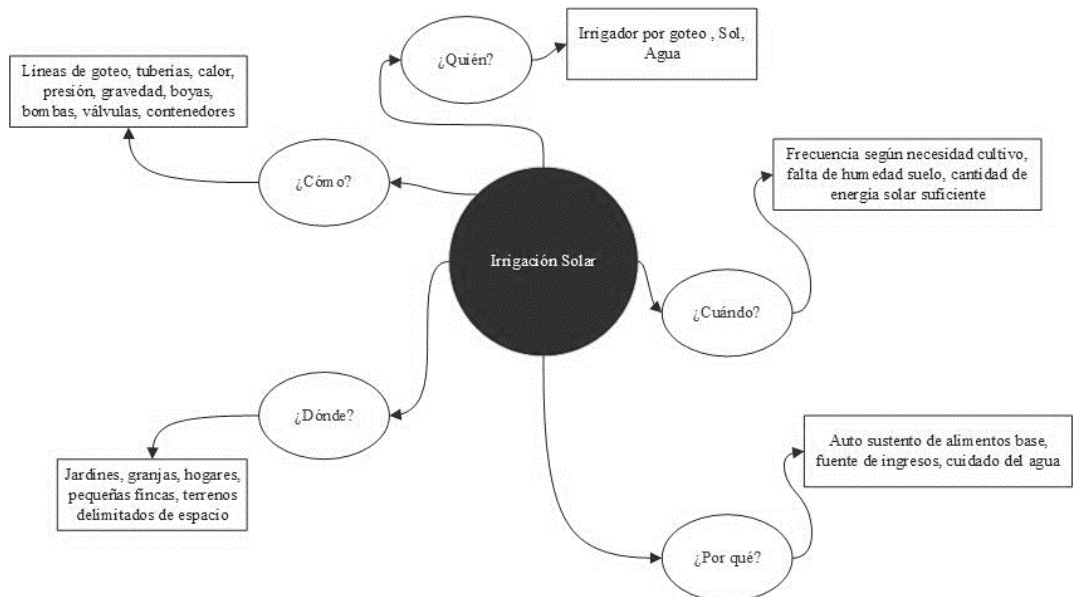
b) Patrones climáticos: un cultivo puede verse estresado al mediodía, pero sabiendo que el clima se enfriará durante la noche y estará nublado por la mañana puede significar que el riego no es necesario en su inmediatez. Por lo tanto, observar los cultivos durante todo el día es importante.

Después de un período frío, el primer día caluroso puede provocar que las plantas se vean estresadas, pero pueden no necesitar riego.

Figura 33. Lluvia de ideas en nube de palabras

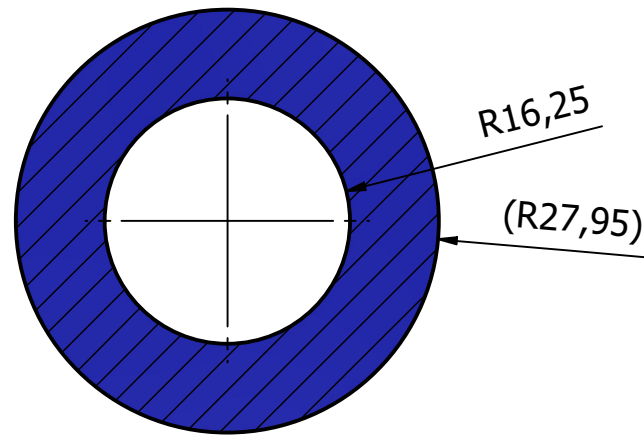


Figura 34. Lluvia de ideas en estrella





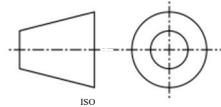
B-B (1 : 1)



TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO,
INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES

LINEAL .X ±
.XX ±
.XXX ±
ANGULAR ±
FRACCIONES ±
RUGOSIDAD
SUPERFICIAL



DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M. FECHA: 28/08/2020

DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M. FECHA: 21/08/2020

REVISADO POR: Ing. Andrés Viau FECHA:

APROBADO POR: Ing. Andrés Viau FECHA:

NOMBRE DE PROYECTO:
Irrigador solar con gotero de laberinto

TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.



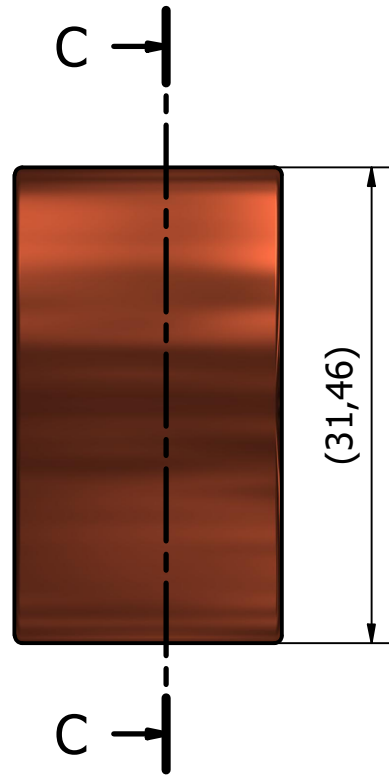
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
18 avenida, 11-95 zona 15,
Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO: Tapa de bidón de H2O

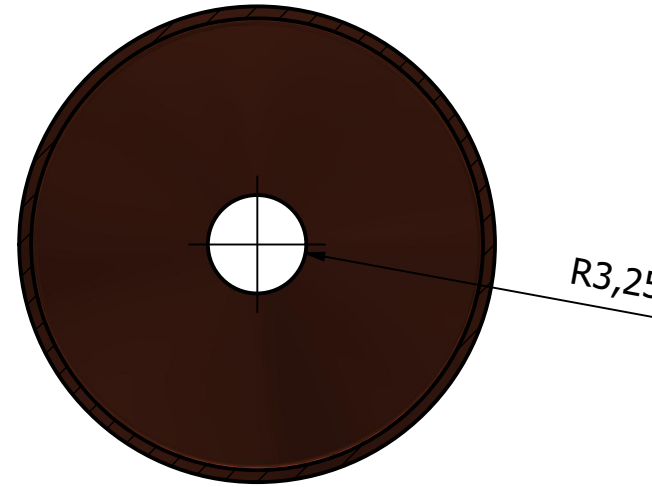
NÚMERO DE DIBUJO: 1

FORMATO: A4	ESCALA: 2:1	UNIDADES: mm
	PÁGINA 1 DE 1	REV

MATERIAL: PET
TRATAMIENTO: N/A



C-C (2 : 1)



MATERIAL: Aluminio
TRATAMIENTO: N/A

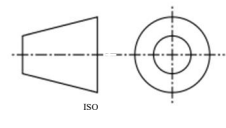
TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO,
INTERPRETAR SEGUN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES

LINEAL .X ±
.XX ±
.XXX ±

ANGULAR ±
FRACCIONES ±

RUGOSIDAD
SUPERFICIAL



DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:

NOMBRE DE PROYECTO:
Irrigador solar con gotero de laberinto

TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.

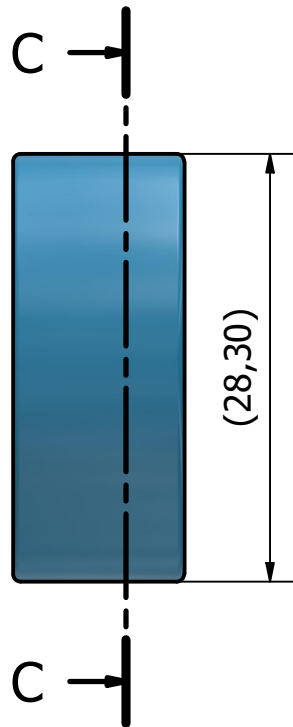
UVG
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

18 avenida, 11-95 zona 15,
Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

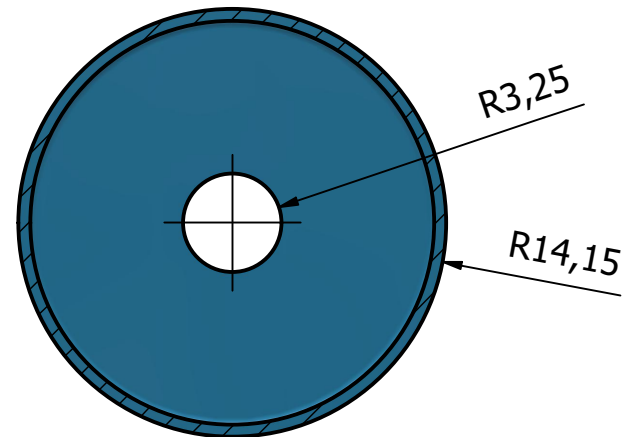
TÍTULO: **Agujero en botella presurizador**

NÚMERO DE DIBUJO: **2**

FORMATO: A4	ESCALA: 2:1	UNIDADES: mm
	PÁGINA 1 DE 1	REV

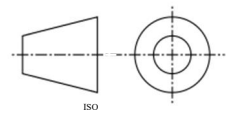


C-C (2 : 1)




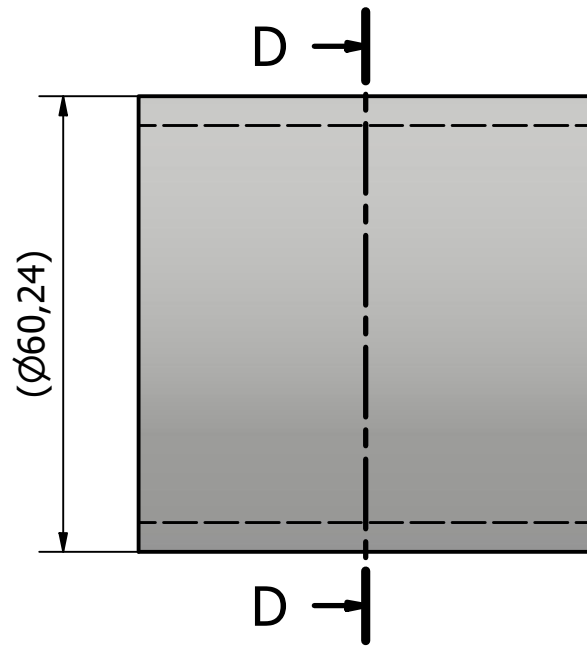
MATERIAL: PET
TRATAMIENTO: N/A

TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO, INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.	
TOLERANCIAS GENERALES	
LINEAL	.X ±
	.XX ±
	.XXX ±
ANGULAR ±	
FRACCIONES ±	
RUGOSIDAD	
SUPERFICIAL	

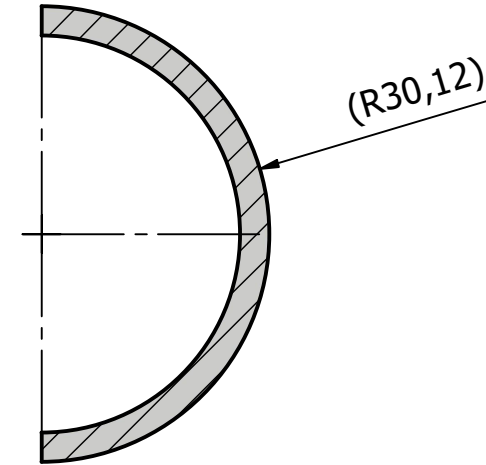


DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
NOMBRE DE PROYECTO: Irrigador solar con gotero de laberinto	
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.	

 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt	TÍTULO: Agujero en tapa de botella PET	
	NÚMERO DE DIBUJO: 3	
FORMATO: A4	ESCALA: 2:1	UNIDADES: mm
	PÁGINA 1 DE 1	REV



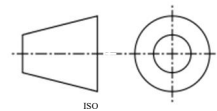
D-D (1 : 1)



TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO,
INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES

LINEAL .X ±
.XX ±
.XXX ±
ANGULAR ±
FRACCIONES ±
RUGOSIDAD
SUPERFICIAL



MATERIAL:
PVC
TRATAMIENTO:
N/A

DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M. FECHA: 28/08/2020

DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M. FECHA: 21/08/2020

REVISADO POR: Ing. Andrés Viau FECHA:

APROBADO POR: Ing. Andrés Viau FECHA:

NOMBRE DE PROYECTO:
Irrigador solar con gotero de laberinto

TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

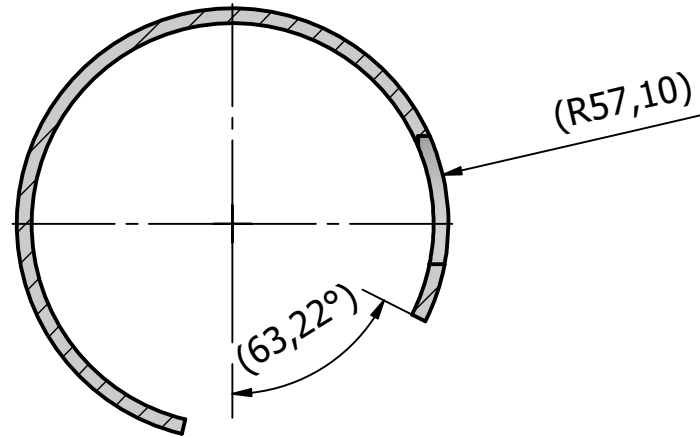
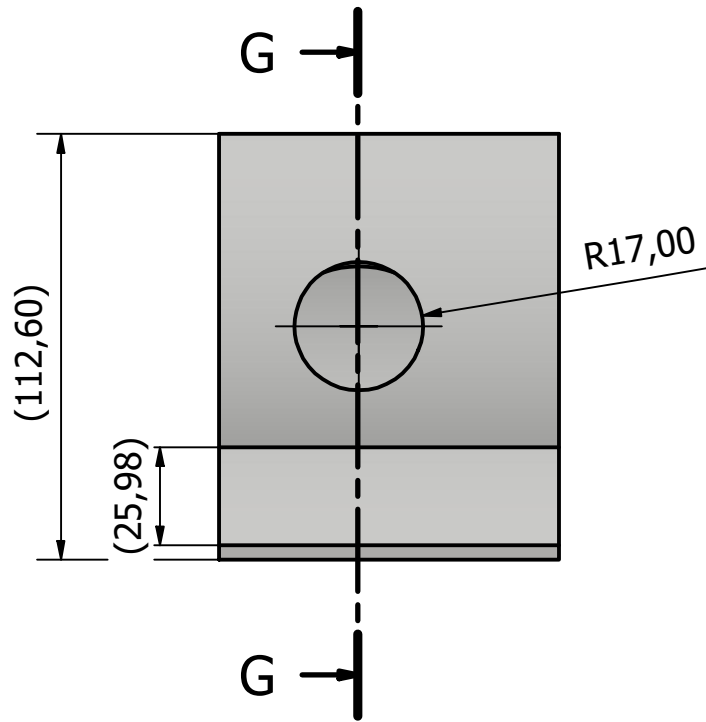
18 avenida, 11-95 zona 15,
Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO: **Corte tubería PVC 2'**
Replicar x 8

NÚMERO DE DIBUJO: 4

FORMATO: A4	ESCALA: 1:1	UNIDADES: mm
	PÁGINA 1 DE 1	REV

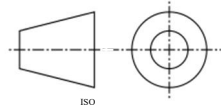
G-G (1 : 2)



TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO,
INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES

LINEAL .X ±
.XX ±
.XXX ±
ANGULAR ±
FRACCIONES ±
RUGOSIDAD
SUPERFICIAL



DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M. 28/08/2020

DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M. 21/08/2020

REVISADO POR: Ing. Andrés Viau

APROBADO POR: Ing. Andrés Viau

NOMBRE DE PROYECTO:
Irrigador solar con gotero de laberinto

TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.



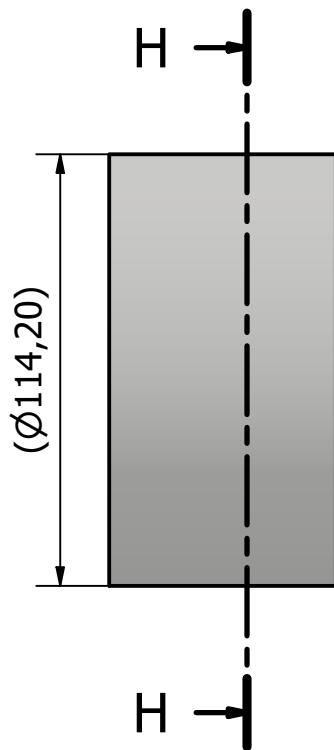
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
18 avenida, 11-95 zona 15,
Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO: Corte y agujero tubería PVC 4'

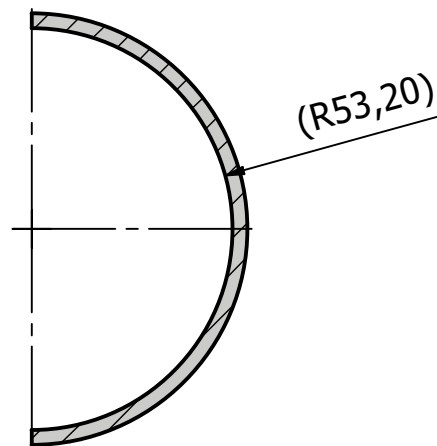
NÚMERO DE DIBUJO: 5

FORMATO: A4	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
	PÁGINA 1 DE 1	REV

MATERIAL:
PVC
TRATAMIENTO:
N/A



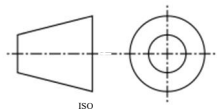
H-H (1 : 2)



TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO,
INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES

LINEAL .X ±
.XX ±
.XXX ±
ANGULAR ±
FRACCIONES ±
RUGOSIDAD SUPERFICIAL



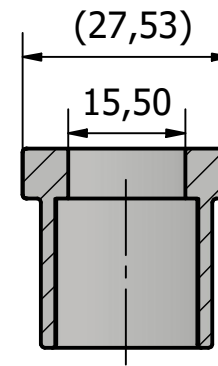
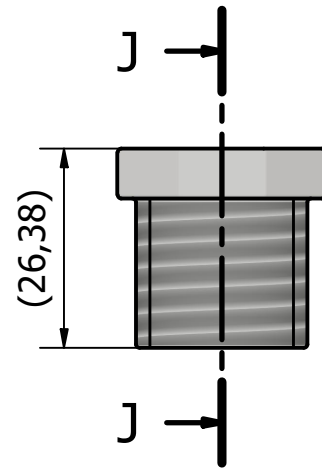
MATERIAL: PVC
TRATAMIENTO: N/A

DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
NOMBRE DE PROYECTO: Irrigador solar con gotero de laberinto	
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.	

UVG
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
18 avenida, 11-95 zona 15,
Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO: Corte tubería PVC 2'		
NÚMERO DE DIBUJO: 6		
FORMATO: A4	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
PÁGINA 1 DE 1		REV

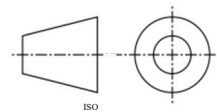
J-J (1 : 1)



TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO,
INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES

LINEAL .X ±
.XX ±
.XXX ±
ANGULAR ±
FRACCIONES ±
RUGOSIDAD
SUPERFICIAL



MATERIAL:
PVC
TRATAMIENTO:
N/A

DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M. 28/08/2020

DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M. 21/08/2020

REVISADO POR: Ing. Andrés Viau

APROBADO POR: Ing. Andrés Viau

NOMBRE DE PROYECTO:
Irrigador solar con gotero de laberinto

TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.

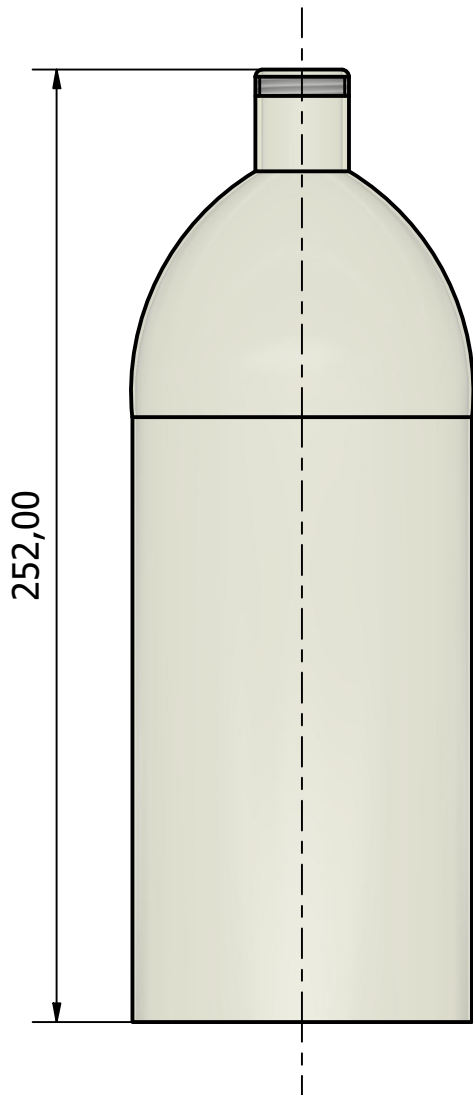


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
18 avenida, 11-95 zona 15,
Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO: **Agujero en tapón de tubo PVC**

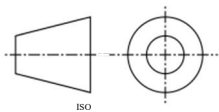
NÚMERO DE DIBUJO: 7

FORMATO: **A4** ESCALA: 1:1 UNIDADES: mm
PÁGINA 1 DE 1 REV



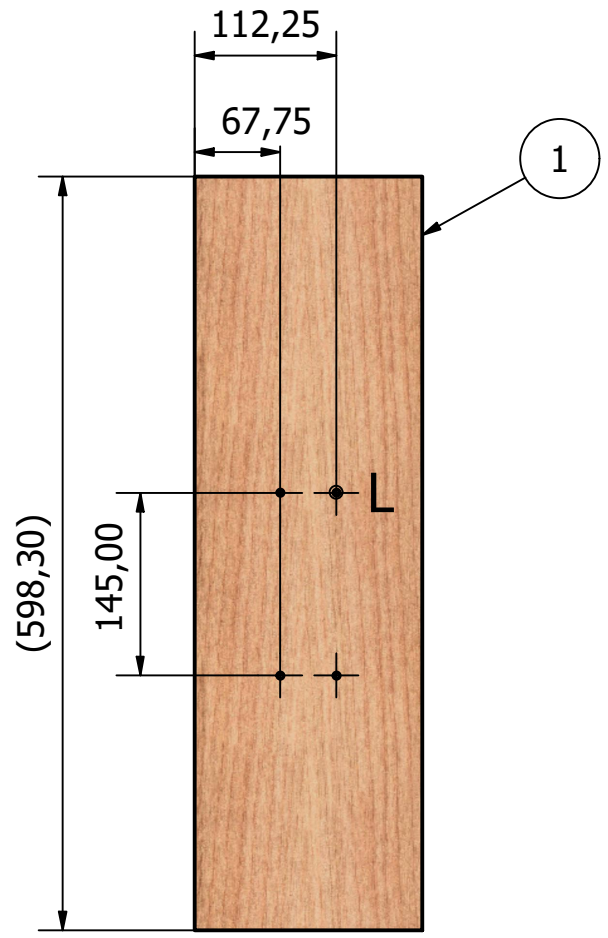
MATERIAL: PVC
TRATAMIENTO: N/A

TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO, INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.	
TOLERANCIAS GENERALES	
LINEAL	.X ± .XX ± .XXX ±
ANGULAR ± FRACCIONES ±	
RUGOSIDAD SUPERFICIAL	

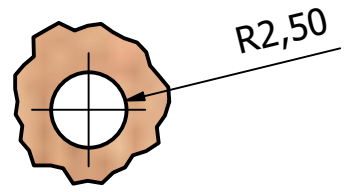


DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
NOMBRE DE PROYECTO: Irrigador solar con gotero de laberinto	
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.	

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	
	TÍTULO: Corte botella PET	
NÚMERO DE DIBUJO: 8		
FORMATO: A4	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
PÁGINA 1 DE 1		REV



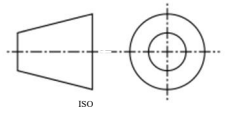
L (2 : 1)



MATERIAL: Madera de pino
TRATAMIENTO: N/A

TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO,
INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES	
LINEAL	.X ±
	.XX ±
	.XXX ±
ANGULAR ±	
FRACCIONES ±	
RUGOSIDAD	
SUPERFICIAL	



DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:

NOMBRE DE PROYECTO:
Irrigador solar con gotero de laberinto

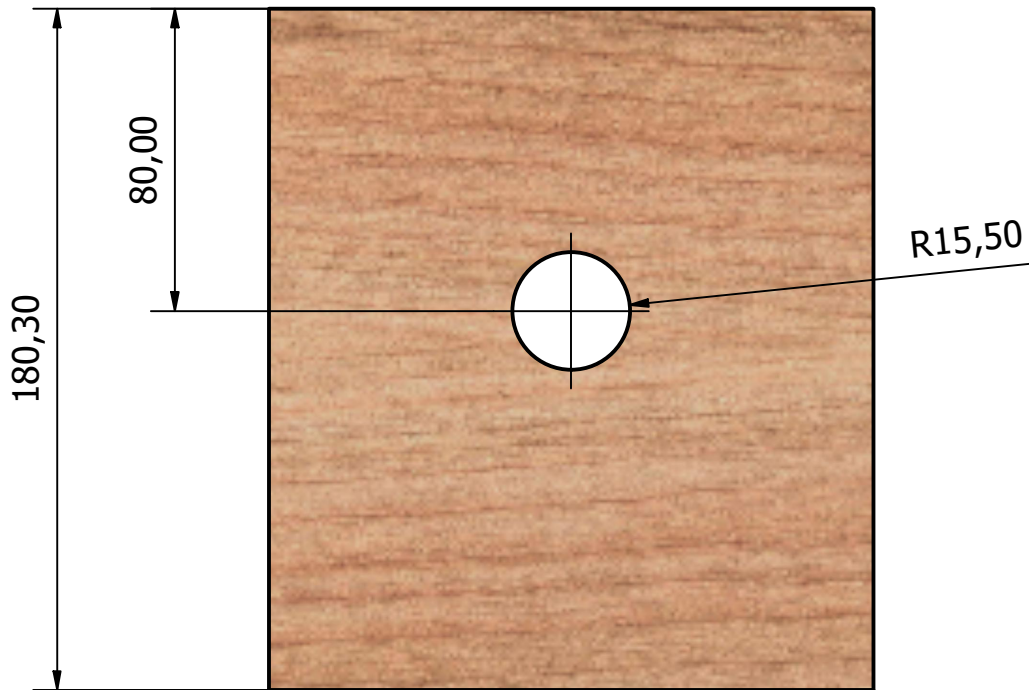
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.

UVG
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

18 avenida, 11-95 zona 15,
Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO:
Agujeros pieza madera no.1 y cortes de longitud

NÚMERO DE DIBUJO: 9		
FORMATO: A4	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
	PÁGINA 1 DE 1	REV

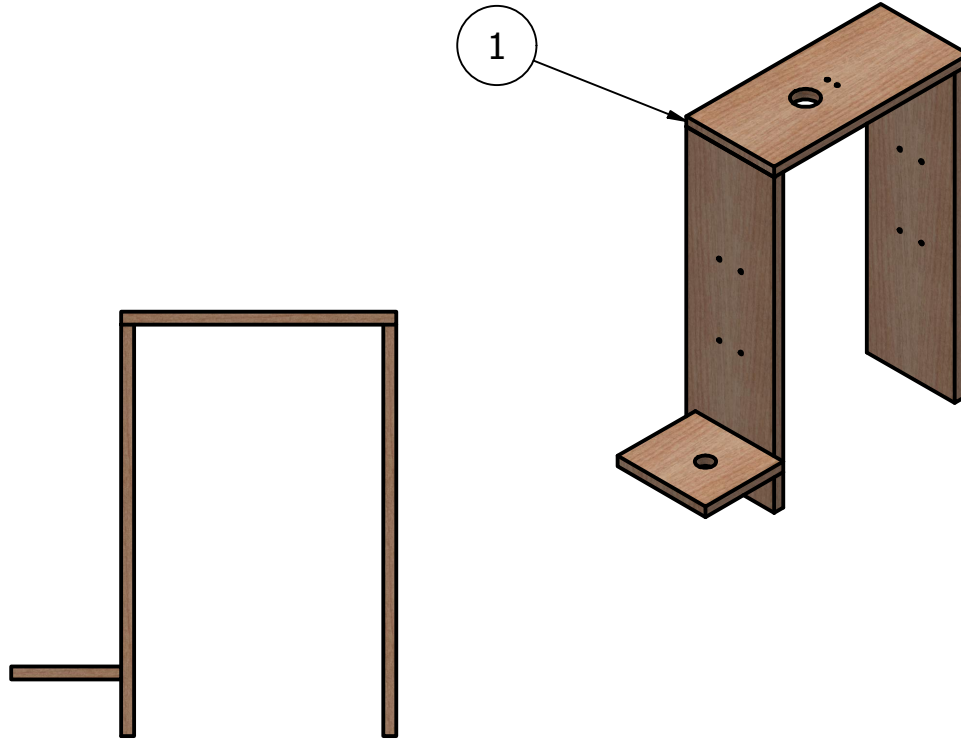


MATERIAL: Madera de pino
TRATAMIENTO: N/A

<small>TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO, INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.</small>	
TOLERANCIAS GENERALES	
LINEAL	.X ±
	.XX ±
	.XXX ±
ANGULAR ±	
FRACCIONES ±	
RUGOSIDAD	
SUPERFICIAL	
 ISO	

DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
NOMBRE DE PROYECTO: Irrigador solar con gotero de laberinto	
<small>TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.</small>	

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt	
	TÍTULO: Agujeros pieza madera no. 3 y cortes de longitud.	
NÚMERO DE DIBUJO: 10		
FORMATO: A4	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
	PÁGINA 1 DE 1	REV



NOTA: En los planos 9 y 10 se hace referencia a las partes de este ensamble, en este caso para no redundar se establece solo a las 4 tablas de madera requeridas para el ensamble.



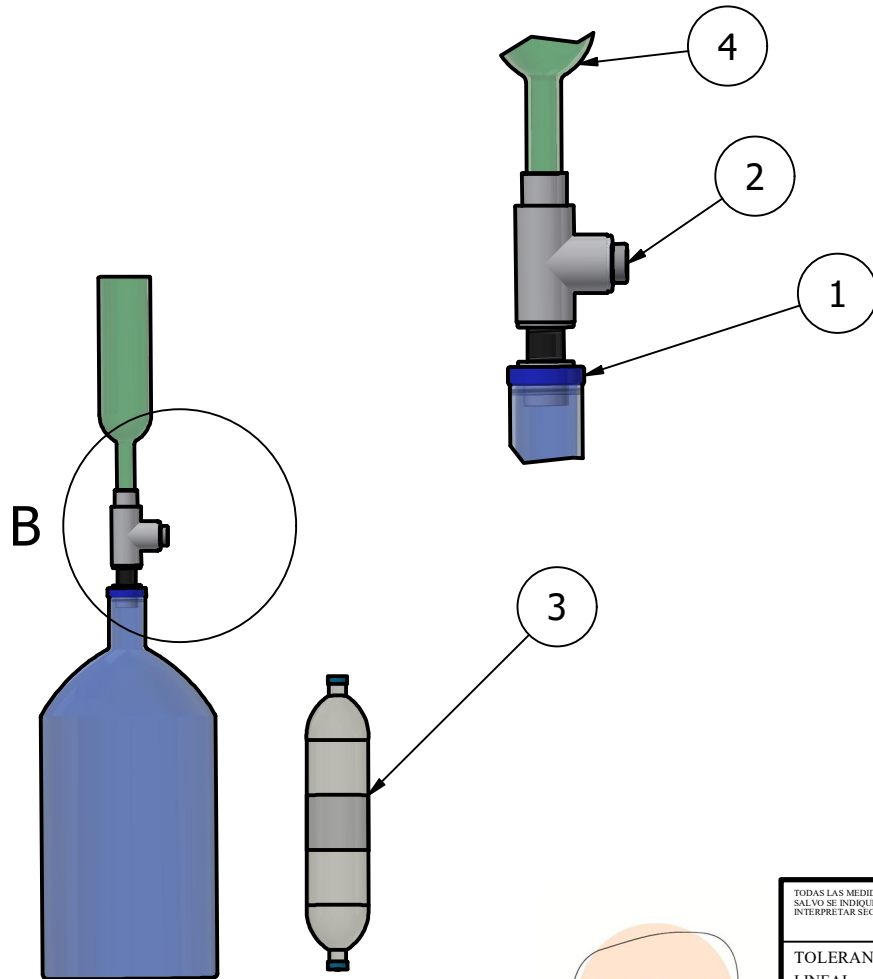
MATERIAL: PET, PVC, METAL, VIDRIO
TRATAMIENTO: N/A

TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO, INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.	
TOLERANCIAS GENERALES	
LINEAL	.X ± .XX ± .XXX ±
ANGULAR ± FRACCIONES ±	
RUGOSIDAD SUPERFICIAL	
 ISO	

PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	4	Madera

DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020	
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:	TÍTULO: Ensamblés de la estructura del sistema
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:	
NOMBRE DE PROYECTO: Irrigador solar con gotero de laberinto		NÚMERO DE DIBUJO: 12
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.		FORMATO: A4
		ESCALA: 1:11
		PÁGINA 1 DE 1
		REV

B (0.18 : 1)



PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Ensamble de Garrafón H2O y tapa
2	1	Ensamble de uniones PVC
3	2	Ensamble PET y tapa, distribuidor
4	1	Ensamble presurizador



<small>TODAS LAS MEDIDAS EN milímetros SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO, INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.</small>	
TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± .XX ± .XXX ± ANGULAR ± FRACCIONES ± RUGOSIDAD SUPERFICIAL	
MATERIAL: PET, PVC, METAL, VIDRIO	
TRATAMIENTO: N/A	ISO

DIBUJADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 28/08/2020
DISEÑADO POR: María Cecilia Pacheco M.	FECHA: 21/08/2020
REVISADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
APROBADO POR: Ing. Andrés Viau	FECHA:
NOMBRE DE PROYECTO: Irrigador solar con gotero de laberinto	
<small>TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.</small>	

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA	
	TÍTULO: Ensambls sencillos del sistema	
NÚMERO DE DIBUJO: 11		
FORMATO: A4	ESCALA: 1:11	UNIDADES: mm
PÁGINA 1 DE 1		REV

PROPUESTA DE PROYECTO

POR MARÍA CECILIA PACHECO



PROPUESTA DE PROYECTO



FASE DE PLANEACIÓN DE UN NUEVO CURRÍCULO PARA ENCIÉNDETE

Agricultura familiar con un irrigador solar con funcionamiento por goteo

NECESIDAD COMUNITARIA

En comunidades guatemaltecas, tanto procurar una nutrición saludable y completa, y el acceso a muchos recursos como el agua y la electricidad son limitados. Se ve una gran necesidad a cubrir e instruir en soluciones para estos campos.

SOLUCIÓN INNOVADORA

La solución se basará en la creación de un irrigador por goteo que bombea el agua por acción del calor del Sol y por diferencias de presiones por medio del efecto sifón. Este producto permitirá a jardineros y pequeños productores mantener cultivos sin utilizar electricidad, y con un consumo de agua eficiente. Con lo que podrán manejar el recurso del agua para otros usos más libremente, consumir lo cultivado o incluso tener una fuente de ingresos a partir de ello.

PRODUCTO

El producto consistirá en una configuración simple de ensamblajes de tubería PVC, mangueras y recipientes contenedores de agua. Además, contará con un ensamble didáctico que demuestra el funcionamiento de los goteros de laberinto. El producto tendrá la característica de ser muy versátil en cuanto a sus materiales, ya que se podrán fabricar con materiales reutilizados o reciclados, en grandes o pequeñas dimensiones para adaptarlo a la necesidad del cultivo del agricultor. El irrigador utilizará los principios termodinámicos y de fluidos para funcionar con la energía calórica proporcionada por el Sol y movilizar el fluido hasta el cultivo.

CONOCIMIENTOS CTIM

Los principales conocimientos para las lecciones del nuevo currículo se basarán en la presión de los fluidos, los estados del agua, el ciclo del agua en las plantas, conceptos básicos de irrigación y cultivos, el principio de Bernoulli, los tipos de flujo, y por último en la energía y termodinámica que involucra el producto y su entorno.

MATERIALES POR UNIDAD

A continuación se muestran los materiales a utilizar por producto y su respectiva cotización.

Componente	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Unidades requeridas	Precio unitario promedio	Total
					Q0.00	Q0.00
Presurizador	Botella de vidrio oscuro de 1.5 lt con boquilla de rosca	Botella de vidrio de 1.5 lt pintada de negro, con rosca	Botella PET de 1 lt pintada de negro con rosca	1	0	0.00
Tapadera presurizador	Tapadera de botella de vidrio oscuro	Tapadera de botella de vidrio	Tapadera de botella PET	1	0	0.00
Reservorio	Bidón vacío, con tapadera	Cubeta de pintura vacía, con tapadera	Galón de plástico vacío con tapadera	1	50	50.00
Acoples	Plug ¼" de PVC	-	-	1	5.49	5.49
	Tubería PVC de 1"	-	-	1 m	4.99	4.99
	Conexión T ¾" de PVC	-	-	1	1.68	1.68
	Niple ¼" de PVC	-	-	1	6.99	6.99
	Reducción de 1" a ¾" con rosca de PVC	-	-	3	5.49	16.47
Conductores	Manguera de silicón	Tubería PVC	Mangueras de suero	10 ft	7.49	74.90
	Manguera a granel	-	-	3 m	9.99	29.97
Válvula	Ganchos/pinzas de ropa	Válvulas abre-cierra	-	2	0	0.00
Distribuidor	Botellas PET 2lt	-	-	2	0	0.00
Tapadera distribuidor	Tapaderas botellas PET 2lt	-	-	2	0	0.00
Sujeción	Alambre de amarre	Zip ties (Cremalleras plásticas)	Pita	2 zip ties, 3 m de los otros	6.99	6.99
	Abrazadera de ½ ducto metálica	-	-	1	5.95	5.95
Estructura	Madera	Block	Metal	2 m de madera	46.95	93.90
Gotero	Bandeja	-	-	1	24.99	24.99
	Tubería PVC 2"	-	-	1 m	14.99	14.99
	Tubería PVC 4"	-	-	1 m	19.99	23.99
TOTAL						361.30

TEACHER KIT

El *teacher kit* incluirá herramientas y materiales que se pueden compartir entre los grupos o que requieren utilizarse por un adulto capacitado. Se muestra a continuación.

Herramienta	Unidades	Precio promedio en Quetzales	Total en Quetzales
Segueta para madera	1	34.99	34.99
Clavos para madera	1 bolsa	8.99	8.99
Cinta para sellado de roscas	1	2.99	2.99
Pegamento epoxi	1	21.95	21.95
Pinzas/Alicate	1	47.99	47.99
Taladro	1	399.99	399.99
Brocas	1 set	59.99	59.99
Martillo	1	37.99	37.00
Cuchilla	1	6.99	6.99
Cemento para PVC	1	14.95	14.95
TOTAL			635.83

DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD

La duración de la actividad es de 10 h distribuidas durante varios días (5 días aproximadamente).

DURACIÓN DEL PRODUCTO

Debido a la naturaleza de los materiales durará un aproximado de 1 año en buenas condiciones.

RANGO DE EDADES

El rango de edades para que el usuario pueda realizar el producto está entre 15 a 19 años de edad.

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se creó teniendo en cuenta el gran impacto que tienen, los programas de *Enciéndete* que se han aplicado, en los guatemaltecos. Debido a este impacto, abordar la necesidad de perfeccionar el programa de *Enciéndete* y prepararlo para su escalabilidad con nuevos currículos es muy importante para todos. Como también, enfocarlo a necesidades cruciales como procurar una nutrición balanceada sostenible o una fuente de ingreso, adaptándose a las circunstancias económicas de los participantes con respecto a la inversión inicial en el proyecto. Adicional, para poder incrementar la mejor manera de utilizar los recursos de Guatemala: la tierra, el Sol y el agua, para entonces, poder proponer soluciones que pueden llegar a tener un alto impacto a futuro, aportando a ODS básicos.

EVIDENCIA DE FUNCIONAMIENTO

Se realizará un prototipo y un instructivo del ensamble y funcionamiento del producto. Para garantizar su replicabilidad.

MATERIALES

TIEMPO DE PREPARACIÓN

Haz un equipo de entre 5 a 6 integrantes para realizar tu irrigador. Toma 15 min para verificar que tienes todos los componentes y herramientas antes de comenzar a construir tu irrigador solar. Para este proyecto ensamblaremos con los materiales asignados, pero puedes utilizar tus propios materiales siempre y cuando cumplan con su función. Busca tener la disponibilidad de un adulto para que pueda ayudarte o auxiliarte en cualquier momento. Prepara los materiales según los módulos de ensamble de la siguiente manera:

MÓDULO 1: CABEZAL O CABEZA PRINCIPAL

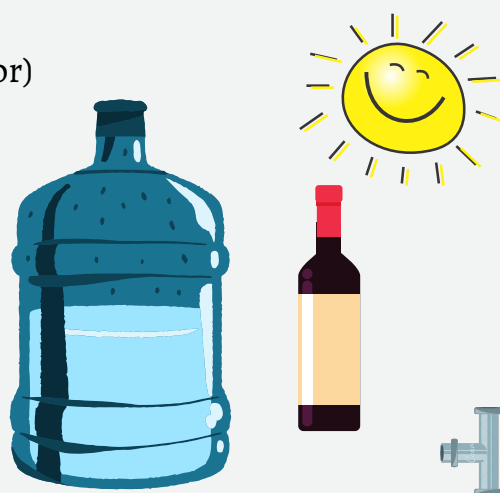
El cabezal provee de presión y caudal al sistema, incluye componentes que filtran el agua, y permiten la inyección de nutrientes y fertilizantes. En este prototipo no se filtrará el agua, y si se desea se puede añadir directamente al agua los nutrientes que requiera el cultivo a desarrollar.

1 SISTEMA DE BOMBEO

Un sistema de bombeo permite que se pueda transportar el agua a una distancia requerida de un punto bajo a uno elevado, con cierta rapidez y presión.

Necesitas:

- Luz solar
- 1 bidón de agua con tapón (reservorio de agua)
- 1 botella oscura de vidrio con rosca y su tapón (presurizador)
- 1 tapón adicional de una botella de vidrio
- Piezas de PVC para formar los acoples:
 - 2 plugs con reducción de 1 a 3/4 pulgadas con rosca
 - 1 plug de 3/4 de pulgada
 - 1m de tubo de 1 pulgada de diámetro
 - 1 conexión T de 3/4 pulgada
 - 1 niple de 3/4 pulgadas
- Pegamento epoxi
- Pegamento de PVC
- Cinta para sellado de roscas

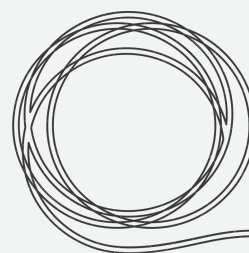


2 CONDUCTORES

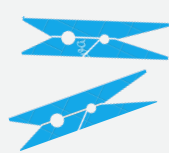
Los conductores permiten transportar el agua de un lugar a otro.

Necesitas:

- 10 pies de manguera de silicón de 8 mm de diámetro



3 VÁLVULAS



A manera de válvulas, para dejar o no pasar el agua, utilizaremos de 2-4 pinzas para colgar ropa.

4 DISTRIBUIDOR

El distribuidor proporciona de agua al gotero, que la dirige hacia la planta.

Se necesitan:

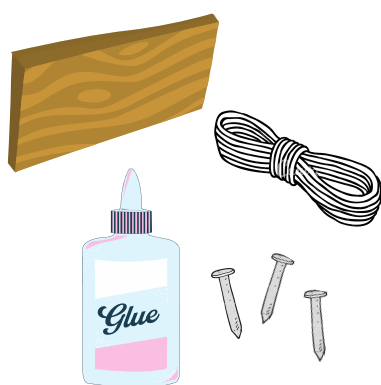
- 2 botellas PET (de soda) de 1.5-2 lt con su tapadera
- pegamento epoxi



MÓDULO 2: ESTRUCTURA

La estructura permitirá mantener los componentes en su lugar, como también permitirá la movilidad del sistema más fácilmente. Esta evitará el deterioro del sistema si estuviese sometido al alcance de animales o condiciones climáticas como fuertes vientos.

6 ESTRUCTURA Y SUJECIÓN

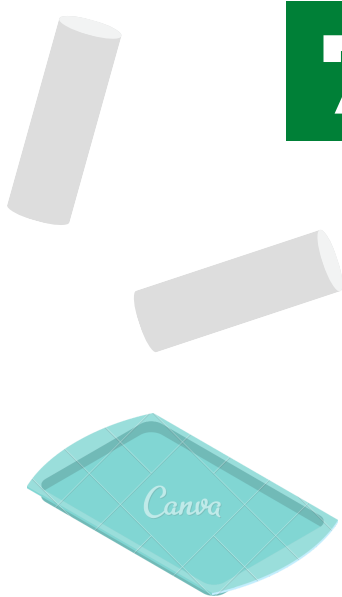


Necesitas:

- 2 m de madera de Pino
- 3 m de alambre de amarre
- 1 abrazadera de 1/2 pulgada de diámetro
- pegamento para madera
- clavos de madera

MÓDULO 3: GOTERO

El gotero permitirá dosificar el agua que va directamente al cultivo, en forma de gotas, a una frecuencia y velocidad que no permita la saturación. Sin embargo, permitirá que siempre esté hidratado el cultivo.



7 GOTERO

El tipo de gotero que se simulará es un gotero de laberinto. Estos goteros permiten que se pierda presión al pasar por todo el laberinto (el agua gana turbulencia) para lograr un flujo controlado de agua y que así caiga en gotas.

Necesitas:

- 1 bandeja
- 1m de tubería PVC de 2 y 4 pulgadas de diámetro
- Pegamento para PVC

TEACHER KIT

Las herramientas y materiales contenidos en el *teacher kit* deben ser utilizados únicamente por una persona capacitada para su uso. El *teacher kit* contiene lo siguiente:

- 1 Segueta para madera
- 1 pinza o alicate
- 1 taladro
- 1 set de brocas
- 1 martillo
- 1 cuchilla
- 1 tijera

NOTA: Los siguientes materiales antes incluidos pueden ser utilizados en común entre equipos (siempre y cuando se esté capacitado para su uso.)

1. Segueta para madera
2. Pinza o alicate
3. Taladro
4. Set de brocas
5. Martillo
6. Cuchilla
7. Tijeras
8. Clavos
9. Cinta para sellado de roscas
10. Pegamento epoxi
11. Pegamento de PVC
12. Pegamento de madera

ENCIÉNDETE

Agricultura
Irrigación por goteo

INSTRUCTIVO DE ENSAMBLE

IRRIGADOR SOLAR POR GOTEO



Fundación Desarrolla Guatemala para la Educación y Salud
Promoviendo desarrollo medible, informado y con alto impacto.

WWW.FUNDEGUA.ORG

PRIMER FASE

Preparación general

1. Haz un equipo de 5 a 6 integrantes. Busca compañeros que consideres tengan distintas habilidades a las tuyas. Así podrán aprender unos de otros.
2. Verifica que exista a tu alcance un adulto para supervisar tu progreso al ensamblar tu irrigador. Coméntale qué es lo que ensamblarás y pregúntale si tiene tiempo disponible para apoyarte. Puede ser tu maestra/o de salón.
3. Verifica que tu maestra/o u otra persona esté capacitada para utilizar las herramientas que requiere el "teacher kit". No intentes utilizarlas tu mismo, podrías crear una condición insegura que ocasione un accidente.
4. Recuerda que si tienes dudas lo mejor es preguntar. Si no entiendes para qué sirve o qué representa un componente, pregunta a tu maestra/o.
5. Verifica que tienes todos los materiales para ensamblar tu irrigador.

SEGUNDA FASE

Preparación

Para el primer paso necesitas:

- La tapadera del bidón de agua.
- 1 *plug* de 1´ con reducción de rosca de 3/4 de pulgada.
- Lapicero
- 1 cuchilla

1. Dibuja un círculo concéntrico del tamaño del *plug* y utiliza la cuchilla para realizar un agujero en el tapón del bidón. El agujero debe medir un poco menos del diámetro inferior externo del *plug* para crear un ajuste (es decir que no quede flojo).



Para el segundo paso necesitas:

- Un barreno y broca de 7/32´ para metal. O la broca que se adecue al diámetro de tu manguera.
- Manguera de silicón de 8mm de diámetro.
- La tapadera de rosca de tu botella de vidrio a utilizar.
- 1 tapa de PVC de 3/4´ con rosca exterior.

2. Realiza dos agujeros con el barreno en la tapadera de la botella de vidrio oscura. El tamaño de la broca debe medirse para que el agujero sea tal que quepa la manguera de silicón. (una broca del mismo diámetro o un poco menor del de la manguera) De igual forma realiza un agujero en un plug macho de 3/4 de pulgada de PVC. *(Si no sabes utilizar el taladro, pide ayuda a un adulto que sepa.)*

Procura posicionar los agujeros de manera que no queden demasiado cerca entre ellos, ni de la orilla de la tapadera. Por último, verifica que pase la manguera en los agujeros.



Para el tercer paso necesitas:

- 1 Segueta
- lapicero
- cinta métrica o una regla para medir
- Tubería PVC de 1 pulgada de diámetro

3. Corta con una segueta el metro de tubo de PVC de 1 pulgada de diámetro en un segmento de 1.5 pulgadas de largo.



Para el cuarto paso necesitas:

- Cinta de teflón
- 1 niple
- 2 *plugs* de 1' con reducción de rosca de 3/4'
- 1 tapa de PVC de 3/4' con rosca exterior
- la botella de vidrio
- 1 tijera

4. Coloca cinta protectora de roscas (teflón) en las roscas del niple, la botella de vidrio y los *plugs* para evitar que en un futuro se soben y lograr el ajuste necesario. Esto también puede ayudar a evitar fugas.



Para el quinto paso necesitas:

- 1 cuchilla o tijera
- 1 marcador o lapicero
- 1 cinta métrica o regla para medir
- 2 botellas de plástico PET de 1.5 litros (pueden ser de soda)

5. Medir la botellas y marcar la mitad de ellas. Luego corta las 2 botellas PET de soda por la mitad con una tijera o cuchilla.



Para el sexto paso necesitas:

- El barreno y broca de 7/32 ´ para metal. O la broca que se adecue al diámetro de tu manguera.
- La manguera de silicón de 8mm de diámetro.
- La tapadera de rosca de tus botellas de plástico PET.

6. Realiza de la misma manera que con la tapadera de la botella de vidrio, un agujero concéntrico (en el medio) en las tapaderas de las botellas PET. Asegúrate que la manguera pase, sin que el agujero sea demasiado grande.

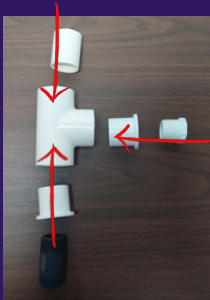


Para el séptimo paso necesitas:

- La manguera de 8mm de diámetro
- El tubo cortado de PVC de 1 pulgada de diámetro y 1.5 pulgadas de largo.
- El niple de PVC de 3/4 ´.
- Los 2 *plugs* de PVC de 1 ´ con reducción de rosca de 3/4
- La tapa de PVC de 3/4 ´ con rosca exterior
- 1 unión T de PVC de 1 ´
- La tapadera de la botella de vidrio

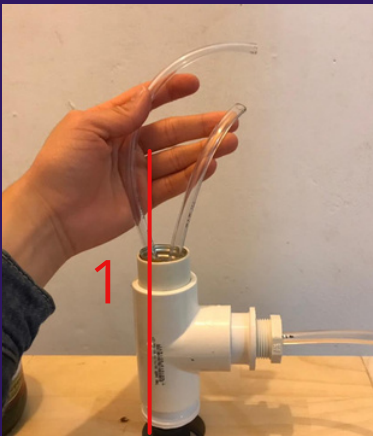
7. Ensambla momentáneamente el acople, sin pegarlo e introduce la manguera de silicón para calcular las distancias y cortar el conductor hasta que cumpla su longitud ideal.

Colocando la unión T vertical, como se ve en la imagen, inserta en la parte posterior el tubo PVC y dentro la tapadera de la botella de vidrio, en la parte inferior el *plug* y el niple. Por último a un costado inserta el otro *plug* y la tapa de PVC.



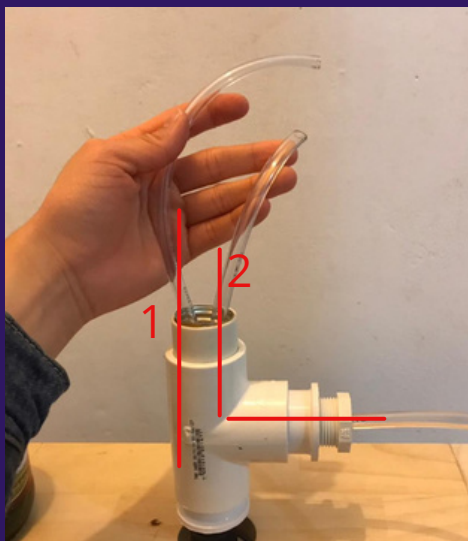
Recorrido de la manguera de 8mm de diámetro

Introduce un extremo de la manguera de 10 pies de largo en el agujero 1 de la tapadera de la botella de vidrio y cierra la botella de vidrio. Mide la longitud desde la mitad de la botella, pasando el acople de la unión T, hasta el fondo del bidón de agua. Luego con esa longitud corta la manguera.



Con el resto de la manguera, sigue el recorrido siguiente para verificar la longitud correcta.

De la misma manera en que se introdujo en el acople de la unión T, para el agujero 1, prosiga con el resto de la manguera en el segundo agujero. La manguera debe cruzar como una forma de "L", para salir en el extremo de la unión T que tiene el tapón de PVC de 3/4' con agujero.



La manguera 2 dentro de la botella de vidrio debe estar 2 pulgadas más abajo que la manguera 1.

Luego la manguera 2 se introduce en los agujeros de la estructura de madera formando una "U" y luego se introduce en las botellas PET, casi tocando el fondo de la misma.

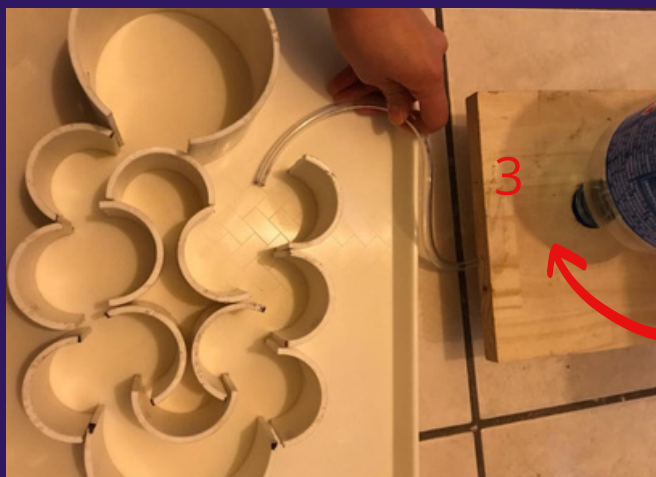
Si aún no se ha realizado los agujeros de la estructura de madera puedes calcular la distancia del grosor de la madera, para tomarla en cuenta en la longitud de esta manguera numero 2.



Con esta distancia puedes proceder a cortar la manguera .

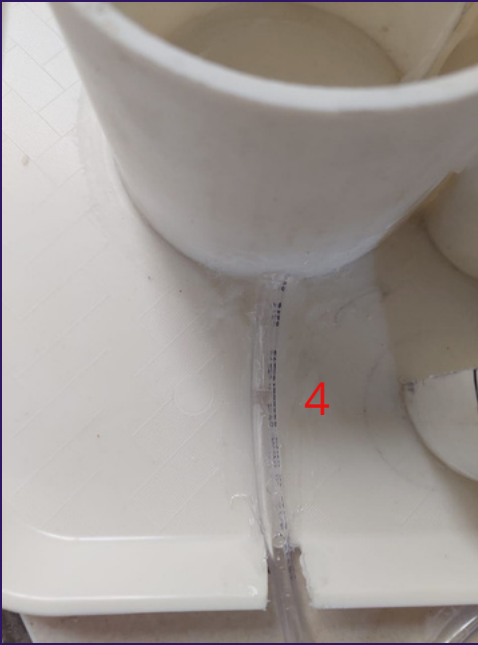
Recorrido conductores secundarios:

El tercer tramo de manguera comienza desde la boquilla de la botella PET que está boca abajo, y se extiende hacia el simulador de gotero.



El último tramo de manguera es el que direcciona el agua directamente al cultivo.

Mide la distancia hacia tu huerto desde la salida del laberinto.



Por último corta los conductores según estas mediciones.
Conductor 3 y 4.

Recuerda que puedes hacer estas mediciones sin tener que pegar los componentes. O puedes proceder al terminar los componentes.

TERCERA FASE

Preparación de estructura

Para esta fase necesitas:

- Una segueta para madera
- Cinta métrica
- Un barreno y brocas según el tamaño de los agujeros a realizar.
- Clavos y martillo
- Pegamento para madera

Corta las tablas de madera de 1.5cm de espesor en 4 partes como sigue:

1. Parte 1: 16cm de altura * 18cm de ancho (1 unidad)
2. Parte 2: 51cm de altura * 18cm de ancho (2 unidades), o más alto según la altura del bidón/recipiente de agua, éste debe caber por debajo.
3. Parte 3: 40cm de altura * 18cm de ancho (1 unidad)

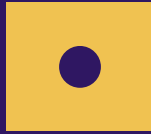
Realiza un agujero concéntrico en la parte 1 (16cm por 18cm) , de 3cm de diámetro. Debe caber la tapadera y parte de la boquilla PET.



Corta las tablas de madera de 1.5cm de espesor en 4 partes como sigue:

1. Parte 1: 16cm de altura * 18cm de ancho (1 unidad)
2. Parte 2: 51cm de altura * 18cm de ancho (2 unidades), o más alto según la altura del bidón/recipiente de agua, éste debe caber por debajo.
3. Parte 3: 40cm de altura * 18cm de ancho (1 unidad)

Realiza un agujero concéntrico en la parte 1 (16cm por 18cm) , de 3cm de diámetro. Debe caber la tapadera y parte de la boquilla PET.



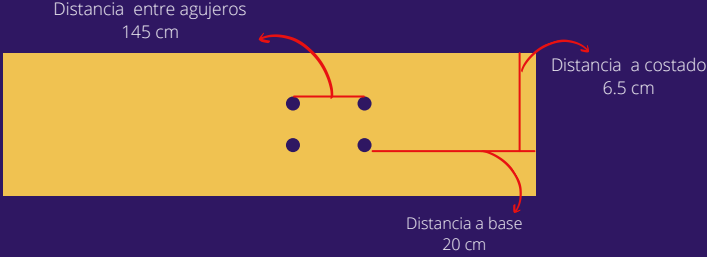
Realiza un agujero a 13cm de la base y 7cm del costado, de 4.5 cm de diámetro, en la parte 3 (40cm*18cm).

Adicional realiza 2 agujeros de 0.5cm, a 19cm de la base y 7.5cm del costado, con distancia entre ellos de 1.5cm. Y 2 agujeros de 1.5cm , a 17.5cm de la base y 8.5cm del costado con 3cm de distancia entre ellos.

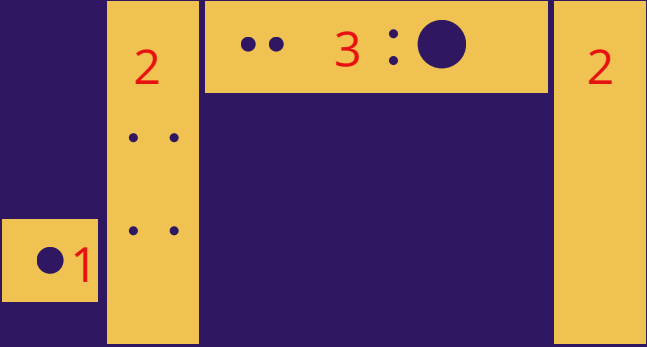
(figura ilustrativa)



En la pieza 2 (1 unidad), realiza 2 agujeros de 0.5cm de diámetro a 20 cm de altura y 6.5cm del costado, y otros 2 de 0.5cm de diámetro a 6.5cm del costado, con una distancia entre los anteriores de 14.5cm.



Para el ensamble debes posicionar como sigue las piezas.
(Imagen ilustrativa vistas desde arriba.)



Ensamble de estructura

Coloca cola blanca para madera , para unir las piezas. Debes pegar la partes "2" a la parte 3. como se muestra a continuación. Asegúrate que el bidón de agua quepa por debajo.

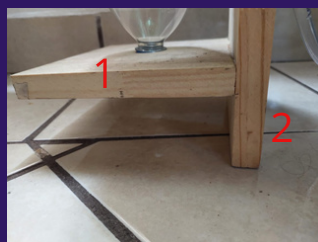


Martilla los clavos de madera para asegurar la sujeción de las partes.

Procede de igual forma con la cola blanca para madera con la parte 1 y una de las partes 2. Asegúrate de colocar la parte 1 a una altura donde la boquilla de la botella PET con la manguera no queden presionadas con el suelo.

Martilla los clavos de madera para asegurar la sujeción de las partes.

Deja secar por 1 día.



Corta y coloca alambre de amarre para sujeción de las botellas PET y para el acople como se muestra. Pasándolo por los agujeros realizados a la estructura de madera, en las partes 2 y 3.

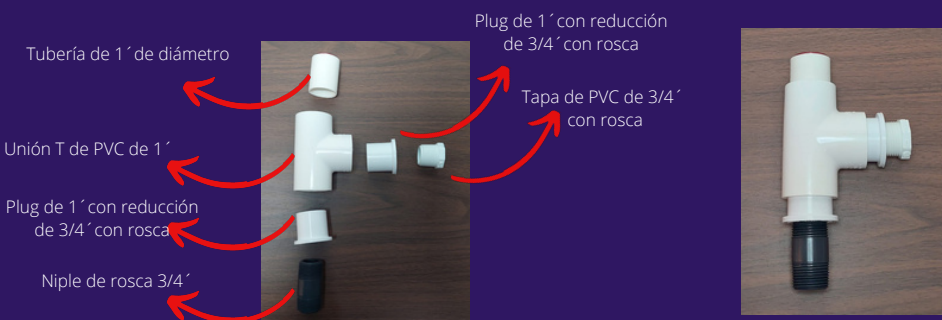


Así debe verse la estructura:



Ensamble de cabezal o cabeza principal:

1. Utiliza pegamento para PVC para pegar las piezas de PVC y el niple de 1 a 3/4 de pulgada a la unión T.



2. Utiliza pegamento epoxi para fijar la tapadera con rosca de la botella de vidrio oscura y sellador de silicón para sellar en caso de fugas. Deja secar 4h como mínimo.



3. Fija con pegamento epóxico las dos botellas PET para evitar fugas. Deja secar 4h como mínimo.

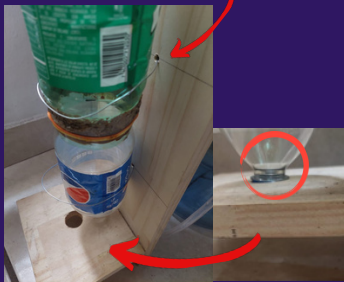


Pasos a seguir para el ensamble:

4. Introduce los conductores como se describió anteriormente y fíjalos con el epóxico y sellador de silicón.



5. Coloca los contenedores y aprieta los alambres de amarre para sujetarlos bien.



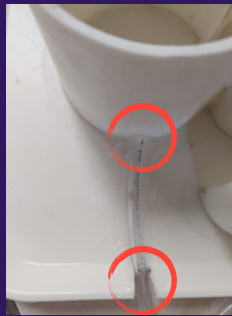
CUARTA FASE

Creación de gotero de laberinto

1. Corta la tubería de PVC de 2 pulgadas por la mitad. Hasta obtener 8 piezas de un largo de 6cm.



2. Realiza un agujero en la tubería de 10cm de diámetro, donde quepa el conductor, y realiza una abertura para que pase el conductor en la bandeja.



3. Corta la tubería de PVC de 4 pulgadas a los 9cm de largo, luego corta esa pieza por la mitad, utilizarás solo 1 mitad.

3.1 Corta la tubería de PVC de 4 pulgadas a los 9 cm de largo para obtener otra pieza, pero en vez de cortarla por la mitad, corta solamente un trozo de 4cm como se muestra en la figura.



4. Coloca pegamento de PVC a las piezas recortadas para armar el laberinto y pégalo en la bandeja como se muestra. Luego al secar, agrega pegamento sellador de silicón para evitar fugas en toda la base por dentro y fuera del mismo.



5. Coloca los conductores como se muestra.



ENCIÉNDETE

RESULTADOS DE ENSAMBLE



Fundación Desarrolla Guatemala para la Educación y Salud
Promoviendo desarrollo medible, informado y con alto impacto.
WWW.FUNDEGUA.ORG

ENCIÉNDETE

Currículo Irrigación



Fundación Desarrolla Guatemala para la Educación y Salud promoviendo desarrollo medible, informado y con alto impacto.

WWW.FUNDEGUA.ORG

NECESIDAD COMUNITARIA

Guatemala tiene 3.7 millones de hectáreas (ha) de superficie con potencial para agricultura. Donde en poco más de 1 millón de ha se cultivan maíz y frijol, que son la base alimentaria del país. Cultivos que en su mayoría no utilizan el riego, dependiendo únicamente de las lluvias.

En comparación con los producidos con riego de exportación, como la caña de azúcar que ocupa el tercer lugar en productividad en el ranking mundial. Guatemala ocupa el puesto 18 y 15 en productividad de estos granos respectivamente según el análisis de la ONU para la FAO (Food and Agriculture Organization). Se puede notar entonces, que la diferencia de puestos en el ranking se debe a la poca prioridad de los cultivos para consumo propio respecto de los de exportación. Además, se puede notar la vulnerabilidad en la seguridad alimentaria a nivel país donde los cultivos dependen de factores climáticos. Por otra parte, los cultivos de exportación ocuparon 71% del total de áreas irrigadas y utilizaron 69% del volumen de agua para riego en 2003, pero los cultivos de pequeño y mediano riego no se aprovechan al máximo por el limitado acceso por parte de los productores a créditos, asistencia técnica y otros factores. Casi 50,000 ha ocupan riego artesanal, sistemas de mini riego y unidades de riego construidas por el Estado que son manejadas con baja eficiencia, sin sostenibilidad ambiental y escasa vinculación a cadenas de valor.

El censo nacional agropecuario del 2003 nos muestra que el área regada en el país se divide en un 30% por el método de inundación, un 54% por el método de aspersión y únicamente un 6% por el método de riego por goteo. Tomando en cuenta que al método por inundación se le atribuye un 50% de eficiencia general, al de aspersión un 75% y al riego por goteo un 95%. Es notorio que en Guatemala aún está presente el desafío de la implementación de mejoras para la gestión del riego.

El potencial de ampliar el riego es grande. Se tiene como principal factor crítico la disponibilidad del agua, pero esta misma es positiva y favorable a nivel nacional. Estudios del MAGA, indican que, al comparar la demanda y oferta del agua para riego en el mes más seco, existió un amplio excedente en las tres vertientes del país. Por lo tanto, es posible incorporar nuevas áreas de riego para mejorar la disponibilidad de alimentos en la agricultura familiar. Incluso es posible en zonas de alto déficit hídrico y suelos de ladera, utilizando un manejo de agua adecuado junto con métodos de conservación y mejora de suelos, como lo es el riego por goteo. En Guatemala en estos casos se cultiva por riego por goteo: mango de clase agrológica IV y V y tomate.

El riego permite incrementar la producción de alimentos y la oferta alimenticia a nivel comunitario. Puede así mejorar el consumo a nivel del hogar, como también ampliar y diversificar los patrones de cultivo y producir cultivos de mayor valor.

En términos de mejoras en los rendimientos y los ingresos, se estima un incremento promedio de rendimientos de 12 hortalizas bajo riego, que es un 150% en comparación de los que no utilizan riego. El incremento promedio en los ingresos con estas mismas hortalizas es de 286%.

El Departamento de Riego del MAGA estima que una hectárea bajo riego genera 648 jornales al año, dos puestos fijos de trabajo, seis beneficiarios directos y doce beneficiarios indirectos.

Pero también se tiene que tomar en cuenta que debe ser un riego eficiente con el uso del agua. Según la constitución de la república en el artículo 97 de medio ambiente y equilibrio ecológico todos los que disfrutamos de los mismos debemos cuidarlos. El artículo dice:

<<El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y el agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.>>

Además, el aprovechamiento del agua sin cuidado de las zonas de recarga hídrica sin manejo de los cursos ni de las fuentes de agua, y sin pago por su uso, está agotando los caudales superficiales y las aguas subterráneas. Los usuarios del mini riego, del riego empresarial de gran escala y de las unidades de riego construidas por el Estado reportan descensos anuales alarmantes en los caudales y en los niveles freáticos por la deforestación de las zonas de recarga hídrica, la variabilidad climática y el sobreuso. (López Elmer, et al. 2016)

Por lo que esto da aun así más importancia a la implementación del riego por goteo dada a su eficiencia en el consumo de agua, para el cultivo de alimentos de la canasta básica de consumo propio.

El riego por goteo se adapta a cualquier pendiente cultivable y es adecuado para la mayoría de los suelos. A diferencia del riego por goteo comercial, los sistemas simples hechos para consumo propio son económicos y efectivos. (sswm.info, s.f.)

Se pensó en la agricultura familiar debido a la importancia de la nutrición y a la falta de recursos económicos para el auto sustento en las familias más vulnerables de Guatemala. Esta necesidad comunitaria se enfocó en las personas con poco acceso al mercado, la ciudad, manejo de bienes, energía eléctrica y agua.

Se concluyó, que, para poder abarcar con lo mencionado anteriormente en un solo currículo, la mejor manera era introducir el tema de la irrigación de cultivos.

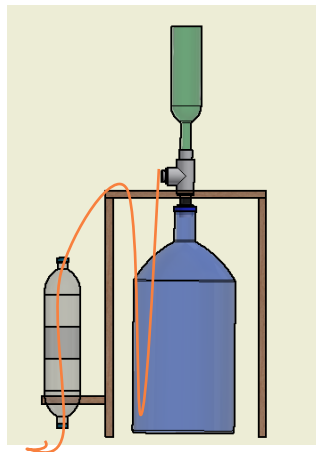
La solución para la irrigación de cultivos fue encontrar la manera más eficiente de irrigar como la más conveniente. Según lo investigado la mejor opción fue utilizar la irrigación por goteo ya que no requiere mucho mantenimiento, instrucción para implementarlo, ni recursos (agua, fertilizantes, nutrientes, tiempo, dinero).

SOLUCIÓN INOVADORA

La solución se basará en la creación de un irrigador por goteo que bombea el agua por acción del calor del Sol y por diferencias de presiones por medio del efecto sifón. Este producto permitirá a jardineros y pequeños productores mantener cultivos sin utilizar electricidad, y con un consumo de agua eficiente. Con lo que podrán manejar el recurso del agua para otros usos más libremente, consumir lo cultivado o incluso tener una fuente de ingresos a partir de ello.

Como material adicional, una representación del funcionamiento interno de un gotero de laberinto, para explicar el flujo turbulento y sus ventajas en este tipo de goteros para el riego por goteo.

Figura no. 1 “Diseño 3D de prototipo”



Fuente: Creación propia

Figura no. 2 “Prototipo de irrigador solar para *Enciéndete* y representación de gotero”



Fuente: Creación propia

A continuación, se encuentra por lección una guía que incluye las instrucciones para cada actividad. Lo más importante es realizar todas las actividades y explicar los conceptos necesarios para alcanzar los objetivos de aprendizaje por lección.

Enciéndete Empodera: Introducción a *Enciéndete*, metodología, empoderamiento y diseño centrado en el ser humano.

Grado: _____ Maestro: _____

Fecha: _____ Duración de la clase: 60 minutos

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	
<ul style="list-style-type: none"> - Introducir a los estudiantes a la ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (CTIM) - Motivar a los estudiantes con ejemplos de científicos reconocidos en Latinoamérica - Explicar el diseño centrado en el ser humano para facilitar la comprensión de las lecciones del manual 	
VOCABULARIO IMPORTANTE	MATERIALES REQUERIDOS
<ul style="list-style-type: none"> - CTIM: Ciencia, tecnología, ingeniería y matemática - Empoderamiento - Diseño centrado en el ser humano - Escuchar - Definir - Lluvia de ideas - Crear prototipo - Evaluar 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaderno - Lápiz/Lapicero

INTRODUCCIÓN		5 MIN
<ul style="list-style-type: none"> ● Comienza la clase compartiendo tu nombre, de dónde vienes y tus intereses. ● Pídele a cada alumno que diga su nombre, de dónde es y que comparta alguna de sus actividades favoritas. <p>Explicación: “Si tienen preguntas, por favor levanten la mano en cualquier momento.”</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Divide la clase en los grupos que van a trabajar todas las lecciones y crear su irrigador. <p>Depende del número total de estudiantes el número de grupos que tienes que crear.</p> <p>Explicación: Vamos a dividir la clase en los grupos que van a trabajar durante todas las lecciones y con los que van a construir su linterna.</p>		
VOCABULARIO IMPORTANTE	MATERIALES REQUERIDOS	
<ul style="list-style-type: none"> - CTIM: Ciencia, tecnología, ingeniería y matemática - Empoderamiento - Diseño centrado en el ser humano - Escuchar - Definir - Lluvia de ideas - Crear prototipo - Evaluar 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaderno - Lápiz/Lapicero 	
PLAN A FUTURO		
<ul style="list-style-type: none"> ● Queremos empezar conociendo qué quieren ser los estudiantes cuando salgan del colegio. <p>¿Artistas, científicos, matemáticos, agricultores? Esto nos ayuda para tener idea de sus intereses y para empezar a conocer a los estudiantes.</p> <p>Explicación: Queremos que nos compartan que quieren hacer después de terminar la escuela y por qué. Levanten la mano los que quieren compartir con la clase.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Darles 3 minutos para que respondan <p>Explicación: Todos los sueños y caminos son valiosos y aceptados. En esta semana estaremos enseñándoles sobre ciencias, tecnología, ingeniería y matemática. Esta semana venimos a enseñarles un poco de ciencia y tecnología para que conozcan el mundo científico, será muy interesante para todos. Veremos la ingeniería detrás de las plantas y el sol y el agua.</p>		
DISCUSIÓN	LAS PERSONAS QUE NOS INSPIRAN	5 MIN
<ul style="list-style-type: none"> ● Pregúntales a los alumnos acerca de las personas que los inspiran. Lo importante aquí es que una vez mencionaron sus sueños, que hablen de las personas que más admiran y por qué lo hacen. El objetivo es que alineen sus sueños con lo que admiran en otros. Si no tienen a quién admirar, invitarlos a investigar casos de personas ejemplares. <p>Explicación: ¿Quién te inspira y por qué? ¿Qué cualidades tienen estas personas que admiran?</p>		

CONTENIDO	CINCO PERSONAS QUE LIDERAN EN LA CIENCIA	5 MIN
<ul style="list-style-type: none"> ● Escribir los tres nombres en la pizarra y sus títulos bajo cada uno de ellos <ul style="list-style-type: none"> ○ Diana Bolaños: Bióloga ○ Marcia Barbosa: Física ○ María Eugenia Cabrera Catalán: Física Aplicada <p>(Las mujeres también lideran: explicar que no depende si eres mujer u hombre, hay ejemplos de casos que describen que todos podemos trabajar duro por nuestros sueños.)</p> <p>Explicación: Diana Bolaños es una bióloga colombiana. Sus investigaciones sobre gusanos marinos podrían ayudar al desarrollo de técnicas para reemplazar o renovar estructuras o tejidos en los seres humanos. Estos gusanos podrían utilizarse para reconstruir partes de nuestro cuerpo cuando ya no funcionan, ya sea por accidentes o por daño natural. ¿A alguien le interesa la vida marina? ¿O alguien ha considerado seguir una carrera en medicina?</p> <p>Marcia Barbosa es una física brasileña que descubrió una peculiaridad del agua que puede conducir a un mejor entendimiento de cómo ocurren los terremotos y también cómo se repliegan las proteínas, un proceso clave en el tratamiento de enfermedades. ¿Quién ha vivido un terremoto? ¿Saben cómo suceden?</p> <p>María Eugenia Cabrera Catalán es una guatemalteca que se graduó de licenciada en Física Aplicada en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Estudia la naturaleza de las partículas a escala microscópica, lo cual incluye la materia negra en el universo y todo lo que no se puede ver a simple vista. Trabaja con partículas tan pequeñas que son imposibles de reconocer sin aparatos especiales con acercamiento. ¿A alguien le interesa el espacio?</p>		
ACTIVIDAD: PIENSA EN USOS PARA ESTE OBJETO		
<ul style="list-style-type: none"> ● La idea aquí es que piensen en todos los usos que puede tener un objeto que señalen en la clase. Estos usos deberían ser creativos e ir más allá del uso evidente. (Por ejemplo, si señalamos un pizarrón, no solo es para escribir y dar clase. También puede tener usos como: Techo cuando llueve, una mesa si se pone al revés, un resbaladero si se inclina, la base de un vagón, etc. etc.). Antes de hacer esta actividad, es importante que los instructores piensen en los objetos que podrían señalar en la clase. <ul style="list-style-type: none"> ○ Ejemplos de objetos para señalar: pizarrón, silla, una decoración, una lonchera, un libro, mochila... ¡Sé creativo! <p>Explicación: Una de las razones por las que estas personas lideran la innovación y ciencia en América Latina es porque intentan ser creativos e innovadores. Antes de continuar, haremos una pequeña actividad. Vamos a señalar un objeto. En una hoja, escriban todos los usos que puede tener ese objeto. Trata de pensar fuera de la común y ser creativo. No tengas miedo de escribir todas las ideas que se te ocurran. No debes pensar únicamente en los usos normales de ese objeto, ¡Piensa en todas las cosas para las que se pudiera usar el objeto!</p>		

- Tener preparado un objeto en mente y un reloj para contar el minuto y medio.

Explicación: Tienen un minuto y medio para escribir todos los usos que se les ocurran. ¿Listos?

3...2...1.... ¡Empiecen!

- Esperar 1 minuto y medio

Explicación: ¡TIEMPO! ¿Alguien quiere compartir sus ideas con el grupo?

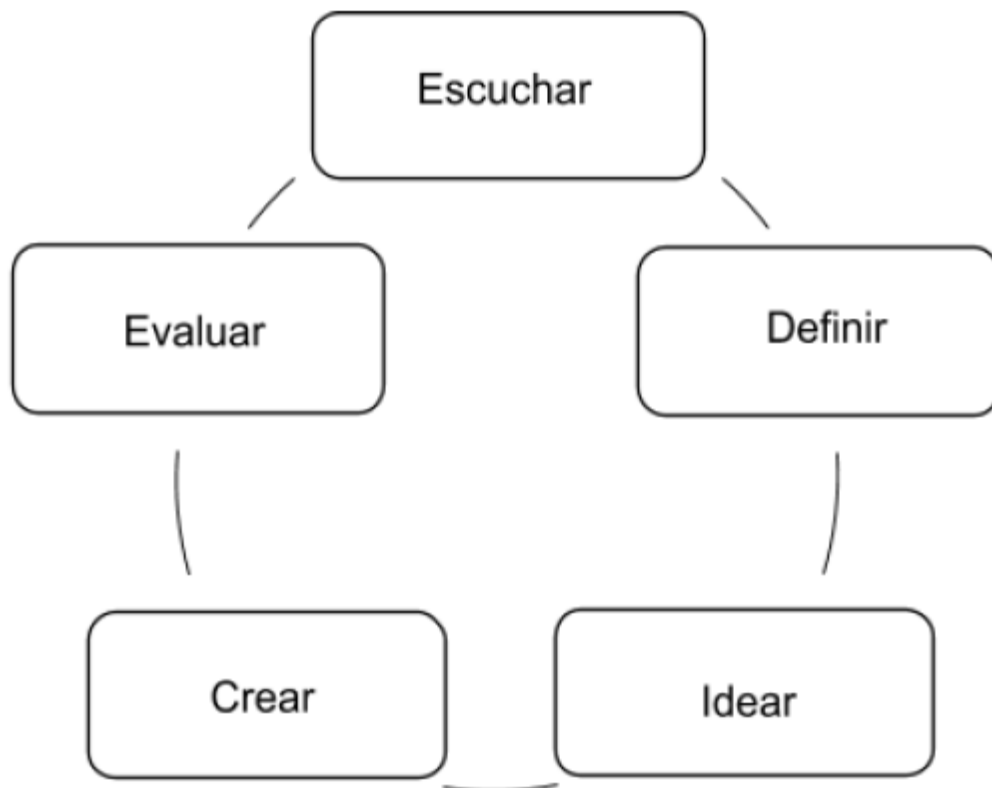
- Dependiendo de cómo reaccione la clase, se puede hacer que participen voluntariamente o no. Si no participan mucho, se puede pedir a uno por uno que menciona uno de los usos que pensaron. Hay que advertir, que no se pueden repetir las respuestas.

Explicación: ¡Excelente! Fueron respuestas muy creativas. Lo importante de este ejercicio es que pensemos en todas las formas diferentes en las que un objeto se puede utilizar. Así como usamos este ejemplo, muchas cosas pueden tener usos diferentes y creativos. O componerse de distintos materiales, colores, etc. Tú también puedes ser el siguiente líder en la ciencia, arte o cualquier trabajo que desees.

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO CENTRADO EN EL SER HUMANO

- Empieza por describir las tres partes del diseño centrado en el ser humano. El objetivo es que describan las 5 fases y si pueden usen ejemplos.

- Dibuja el siguiente gráfico en la pizarra con los definiciones a lado de las palabras:



Explicación: Las cinco fases del diseño centrado en el ser humano son: escuchar, definir, lluvia de ideas, crear prototipo y evaluar.

1. Observar: Escuchar, observar y aprender sobre los beneficiarios para entender su entorno y situación actual. Es decir, se trata de entender el entorno y la situación actual de las personas.
2. Definir necesidad: Basado en las observaciones, identificar y articular un problema específico en esa población. Es decir, ya que observamos la situación y entorno de un grupo, definimos qué necesidad existe o cuál queremos abordar.
3. Lluvia de ideas: Pensar en todas las posibles soluciones para abordar el problema identificado. En esta fase, lo importante es que pensemos en todas las ideas que podamos. Es más importante la cantidad que la calidad. En esta fase se hace lo mismo que el ejercicio del objeto, en donde debes pensar en todas las ideas que se te ocurran para abordar la necesidad que definiste.
4. Crear prototipo: Escoge una de tus ideas y empieza a construirla. En la lluvia de ideas se te ocurrieron muchas ideas. Sin embargo, en esta fase debes elegir una de las opciones y crear un prototipo.
5. Evaluar: Entrega el prototipo a los beneficiarios para que lo prueben y te den retroalimentación. Puede ser que el prototipo necesite algunos ajustes o que se construya de maneras diferentes. Lo importante es que evalúes la retroalimentación de los beneficiarios y adaptes el prototipo.

Explicación: Lo importante del diseño centrado en el ser humano es que es un proceso cíclico:

Una vez llegas a la fase de evaluar, tienes que adaptar el prototipo a las necesidades de los beneficiarios. Esto quiere decir que debes volver a observar, definir la necesidad que observaste, hacer una nueva lluvia de ideas, ajustar el prototipo y volverlo a evaluar. Lo importante es que siempre estén evaluando los prototipos que hagan, asegurándose que se adapte a los cambios y las necesidades que surgen.

- Asegurar que quedó claro el contenido. El diseño centrado en el ser humano será utilizado a través de todas las lecciones, por lo que importa mucho que entiendan el concepto general. Hay que explicar que esto se irá ejemplificando a través de todas las lecciones.

Lecciones: Introducción a la física y mecánica de fluidos, energía solar y a los cultivos

Grado: _____ **Maestro:** _____

Fecha: _____ **Duración de la clase:** 80 minutos

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	
<ul style="list-style-type: none">- Resaltar la importancia de la agricultura en su vida- Analizar el impacto que la agricultura puede tener en las comunidades- Comprender los conceptos de fuerza, presión, gas ideal, flujo turbulento y laminar y sifón.- Aprender a calcular presiones conociendo temperaturas y otros factores.- Ver con ejemplos cómo funciona la hidrodinámica en la irrigación por goteo.	
VOCABULARIO IMPORTANTE	MATERIALES REQUERIDOS
<ul style="list-style-type: none">- CTIM: Ciencia, tecnología, ingeniería y matemática- Empoderamiento- Diseño centrado en el ser humano- Escuchar- Definir- Lluvia de ideas- Crear prototipo- Evaluar	<ul style="list-style-type: none">- Cuaderno- Lápiz/Lapicero
INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA “IRRIGACIÓN”	
2 MIN	
<ul style="list-style-type: none">● En la Lección 1 empezamos a introducir temas importantes para la construcción de la Comprensión de lo que pasa dentro del irrigador solar. Es muy importante que la clase tenga seguimiento y que fluya adecuadamente. Por lo tanto, el objetivo de estos minutos es dejar en claro que es necesario comprender qué pasa en el irrigador para poder ser creativos luego con la adaptación del modelo mostrado a sus necesidades. En resumen, debemos amarrar los temas de (a) qué quieren ser al salir de la escuela, científicos en América Latina y (b) el diseño centrado en el ser humano.● Es importante resaltar que no todos tienen que ser científicos y que quizás no todos querrán serlo. Sin embargo, el programa <i>Enciéndete</i> es una oportunidad de descubrir y conocer la ciencia y sus aplicaciones. <i>Enciéndete</i> es una forma de motivar a los estudiantes a usar CTIM para encontrar soluciones innovadoras a necesidades comunitarias. <p>Explicación: Como acabamos de discutir, la tecnología es una forma en la que podemos cambiar el mundo. Sin embargo, antes debemos observar los problemas que nos rodean todos los días y pensar en su solución.</p>	

Si sabemos cuáles son los desafíos de nuestra comunidad, podemos tratar de adquirir las habilidades necesarias para poder resolverlos. Este es el primer paso para lograr que la tecnología cambie nuestras vidas. Uno de los problemas que enfrentan personas alrededor de todo el mundo es la falta de acceso al agua y a una nutrición variada y saludable.

Por lo tanto, este curso tiene como objetivo que aprendan a construir una solución para poder compartir con su comunidad y crecer en soluciones para hacerse de un presupuesto, nutrirse, y cuidar el agua.

DISCUSIÓN	ACTIVIDAD 1 CREACIÓN DE IRRIGADOR (ESCUCHAR)	10 MIN
-----------	--	--------

- Debemos tener presentes todas las lecciones del diseño centrado en ser humano. En esta lección empezaremos con la primera fase del proceso: escuchar. Es importante que los niños identifiquen una situación en la que son afectados por no tener acceso al agua, a una fuente económica propia, o a una nutrición adecuada. Queremos que entiendan (fase de escuchar) cuáles son las necesidades que viven en su comunidad.

Explicación: El primer paso para que construyamos el irrigador es que entendamos quién lo utilizaría. Queremos que el irrigador que crearemos en esta semana responda a una necesidad o situación específica. Para esto, hay que pensar y seleccionar una situación en donde alguien de su comunidad necesite de una fuente de alimentación cercana, fácil de mantener, y que les pueda proporcionar beneficios económicos. Piensen en cuándo han visto, escuchado o vivido una situación en donde se necesita alimentos accesibles en lugares con poco acceso al agua o la energía eléctrica.

El objetivo de *Enciéndete* es que construyamos un irrigador para satisfacer esta necesidad que observemos. Para construirlo tendremos que trabajar con los materiales que nos rodean en esta escuela y en la comunidad, por lo que es importante que seamos muy creativos. Adicional, tomar en cuenta los distintos tipos de terrenos y condiciones climáticas que favorezcan a la comunidad para cultivar una especie en específico.

- Haz que los niños se tomen tres minutos para escribir situaciones y lugares en los que han notado la necesidad. Puede ser en la escuela, en sus casas o en cualquier momento de su vida diaria.

Explicación: En sus cuadernos, anoten lugares y situaciones donde hayan notado la necesidad mencionada. Esto puede ser en la escuela, sus casas o en otros lugares de la comunidad. Intenten pensar en la persona que necesita esto, el momento en que hace falta y otros detalles. Escriban en su cuaderno toda la situación para poder entender el contexto y la necesidad.

- El objetivo ahora es que los estudiantes compartan las situaciones que definieron. Lo ideal es que haya situaciones diferentes. Por ejemplo: en mi comunidad no hay agua de 5:00pm a 8:00pm, en mi comunidad el mercado está demasiado lejos, en mi comunidad solo algunas familias tienen luz, en mi comunidad solo algunas familias tienen cultivos, en mi comunidad solo algunas familias tienen negocios, etc. Si no pareciera haber mucha variedad, se puede hacer preguntas para que piensen en más escenarios.

Explicación: ¿A quién le gustaría compartir sus respuestas?

DECLARACIÓN DE NECESIDADES (DEFINICIÓN)

- Ahora se iniciará con la Fase II del Diseño centrado en el ser humano: Definir.

Una vez los estudiantes ya pensaron en diferentes escenarios donde existe la falta del acceso a la agricultura sostenible, deben elegir una de estas necesidades y definirla. Esto lo harán escribiendo una declaración de necesidades.

Para poder definirla nos basaremos en una declaración de necesidades.

- Escribir en el pizarrón el título: Declaración de necesidades.
- El objetivo de esta parte es que aprendan a escoger un problema o situación en específico y lo definan.

Explicación: La declaración de necesidad está formada por tres partes: el problema, la población y el resultado deseado. Las declaraciones de necesidades ayudan a identificar una necesidad pensando en cada aspecto de como la necesidad afecta a la comunidad. Hay tres partes para escribir una declaración de necesidades que debemos entender: el problema, la población y el resultado deseado para su solución.

Explicación:

- Problema: comunica el obstáculo que requiere atención
- Población es el grupo afectado por el problema (y serían los beneficiarios de la solución).
- Resultado: especifica el cambio deseado al implementar la solución.

- Usa uno de los ejemplos que describieron los estudiantes sobre lo platicado antes respecto a las necesidades en sus comunidades para escribir la declaración de necesidades.

- Escribe el ejemplo anterior y la siguiente frase en el pizarrón y completa la oración:

*“Una manera para abordar _____ en _____ para
(el problema) (la población)
_____”
(resultado deseado)*

Explicación: Ya tenemos nuestra observación, ahora tenemos que identificar el problema, la población y el resultado deseado. No tienen que identificar una solución todavía.

- Pídeles a los estudiantes que identifiquen el problema, la población y el resultado deseado.

Después puedes compartir con los estudiantes las respuestas al ejemplo. Las respuestas variarán según lo que mencionan en clase.

- Ahora, hay que introducir a los estudiantes un ejemplo más difícil. La idea es que dominen la forma en que se define un problema en una situación o contexto particular.

Explicación: Hagamos otro ejemplo "Según el Centro de Educación Nacional Acme, el 45% de los estudiantes de escuelas intermedias de todo un país no tienen acceso a programas después de la escuela. La misma fuente dice que el presupuesto estatal de educación se está reduciendo por un 12%. Estas son las tendencias que los estudiantes de la comunidad deben ser capaces de superar".

- Escribe el ejemplo anterior en el pizarrón
- Al explicar este ejemplo, pídeles a los estudiantes que identifiquen el problema, la población y el resultado deseado. Después puedes compartir con los estudiantes las respuestas al ejemplo.

Explicación: Por favor levanten la mano para compartir cuál es el primer problema que ustedes identificaron.

- Su respuesta debería ser "Problema 1: la falta de acceso a programas después de la escuela." Si nadie menciona este problema, compartir la respuesta correcta.

Explicación: Por favor levanten la mano para compartir qué población se ve afectada con este problema.

- Su respuesta debería ser "Población 1: los estudiantes." Si nadie menciona esta población, compartir la respuesta correcta.

Explicación: ¿Cuál creen que es el resultado deseado? ¿Qué quieren los estudiantes?

- Su respuesta debería ser "Resultado 1: mejorar sus conocimientos y habilidades" Si nadie mencionó este resultado, compartir la respuesta correcta.

Explicación: Bueno, ¿cuál es el segundo problema en este ejemplo?

- "Problema 2: Reducción del presupuesto del 12%"

Explicación: ¿Qué población se ve afectada por esto?

- "Población 2: todas las escuelas del país"

Explicación: Para los estudiantes, ¿cuál es el resultado deseado?

- "Resultado 2: lograr que reciban los estudiantes una educación de alta calidad"

Explicación: ¿puede pensar en otra población que se vería afectada por una reducción en el presupuesto?

- “Población 2b: los profesores”

Explicación: También los profesores se ven afectados. ¿cuál sería el resultado deseado?

- “Resultado 2b: Que los profesores ganen un salario apropiado”

Explicación: El objetivo de este ejercicio es mostrar que los mismos problemas afectan a diferentes poblaciones y pueden tener resultados deseados diferentes. Esto es importante porque significa que la solución para las dos poblaciones debe ser diferente. Por eso las declaraciones de necesidades son importantes.

- Ya que se explicó cómo hacer una declaración de necesidades el objetivo de los siguientes minutos es que decidan cuál es la declaración de necesidad del grupo. Es decir, de todas las necesidades que observaron, deben elegir una y escribir la declaración.

Explicación: ¿Tienen alguna duda sobre cómo plantear una declaración de necesidades? [Si no tienen ninguna duda, avanzar con las instrucciones]. Tomen 5 minutos para discutir con su grupo en qué necesidad quieren enfocarse y escriban la declaración de esta necesidad. Es decir, de todas las necesidades que encontraron en la fase de observar, escojan una y escríbanla en sus grupos en forma de declaración de necesidad.

CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES EN CIENCIA, TECNOLOGÍA, INGENIERÍA Y MATEMÁTICAS (CTIM)

Para poder trasladar este currículo se deben tener claros previamente los siguientes temas de mecánica de fluidos y energía: presión, presión en fluidos, principio de Bernoulli, flujos en movimiento y viscosidad, pérdidas de carga y radiación.

Adicional se mostrará una guía para conocer los cultivos y cuidarlos con un programa de riego. Esto le permitirá al estudiante relacionar humedad, tipos de suelo, identificar cultivos por su raíz, etc.

Se definirán los conceptos con ejemplos, se recomienda llevar en cada paso la guía del catedrático que impartirá la lección de la mano.

CONOCIMIENTOS TÉCNICOS PASO 1

Paso 1: Conceptos de física y mecánica de fluidos

Con estos términos el estudiante podrá diferenciar las características de las presiones según los niveles del líquido en su irrigador, según el clima o temperatura del lugar a irrigar que también puede variar según la época del año. La densidad del líquido que use puede variar, si por ejemplo utiliza agua con componentes nutritivos para el tipo de suelo que desea regar. Otro factor que puede variar es la altura, si crea una variante del prototipo para irrigar su cultivo, y su adaptación al terreno que regará tiene distintas mediciones, las alturas de referencia de su sistema variarán.

Presión

La presión se trata de una fuerza de acción continua, ejercida perpendicularmente sobre un área o superficie.

La fórmula que describe la presión es la siguiente:

$$P = \frac{F}{A}$$

Puede medirse en Pa, psi, mmHg, y atm.

¿Te has preguntado qué presión ejerces sobre el suelo?

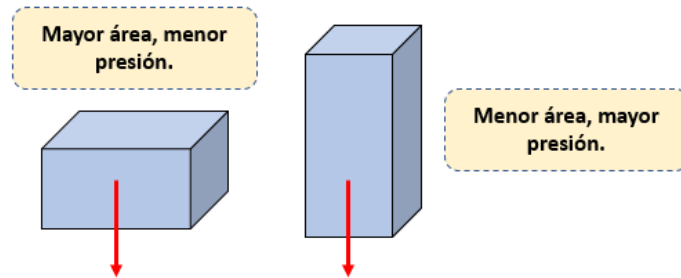
La presión a nuestro alrededor siempre está presente. Todo lo que está sobre la superficie terrestre ejerce una presión debido a la masa propia y a la fuerza de gravedad.

Si tomamos a manera de ejemplo que tu peso es de 60kg y el área que abarcan tus pies sobre el suelo es de 500cm². Podemos determinar el valor de presión que ejerces sobre esa área que ocupas.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{cm^2} = \frac{(60kg \times 9.81 \frac{m}{s^2})}{(0.050m^2)} = 11,772 \frac{N}{m^2} = 12 \times 10^3 \frac{N}{m^2}$$

Cabe mencionar que, a mayor área, menor presión es ejercida. Como lo muestra la Figura no. 3 La presión es directamente proporcional a la fuerza, e inversamente proporcional a la superficie o área que afecta.

Figura no. 3. “Relación área presión”



Fuente: Fisimat, 2022.

Existen distintos tipos de presión. La presión absoluta, atmosférica, la relativa o manométrica y la hidrostática. Se explican a continuación.

Presión atmosférica o ambiental: es la presión del ambiente o los alrededores, es decir la fuerza de los gases presentes en la atmósfera sobre la superficie terrestre.

El aire que nos rodea pesa y ocupa espacio, pero no lo notamos. Si pesara aproximadamente 2 toneladas desde lo alto de la atmósfera, este fluido debería aplastarnos. Pero nuestro cuerpo puede vencer la fuerza del aire hacia nosotros.

Figura no. 4 “Presión atmosférica”

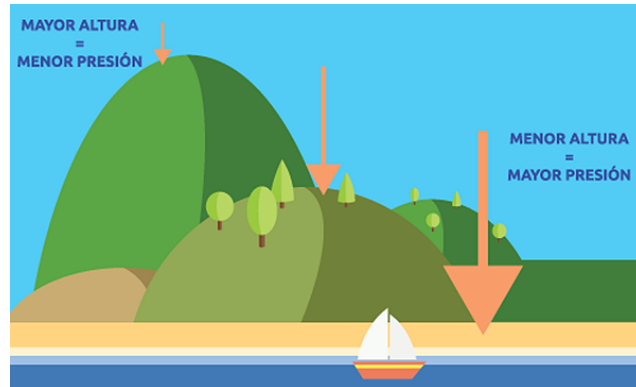


Fuente: cuentitisaguda.com, 2022.

La capa de aire que rodea la tierra aproximadamente tiene 500 km de grosor. Más allá de esta altura, la presión va disminuyendo. La presión atmosférica cambia según la meteorología aproximadamente en un 5%. Y depende también, de la altura y el punto de medición. En promedio a nivel del mar es de $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ o $14.7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$. También puede definirse en bar, donde $1 \text{ bar} = 1.00 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

A mayor altura, menor presión y a menor altura, mayor presión. Esto se debe a que mientras más alto estés, la capa de gases es menor, como se muestra en la Figura no. 5

Figura no. 5 “Diferencias de presión atmosférica según la altura”



Fuente: meteorito.mx, 2022.

Presión relativa o manométrica: se trata de la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica, solo si la presión es superior a la atmosférica. Si es menor ya no se trata de presión relativa, sino negativa o de vacío. La ejercen los gases en un recipiente cerrado. Recordemos que en un gas sus partículas están distanciadas unas de otras, por lo que abarcan toda el área de un recipiente, y estas partículas chocan entre sí dependiendo de la temperatura que se le agregue al sistema.

A mayor temperatura, mayor movimiento entre partículas de gas (energía cinética) que chocarán con las paredes interiores del recipiente. Y esto conlleva a ser mayor presión.

$$P_R = P_{abs} - P_{amb}$$

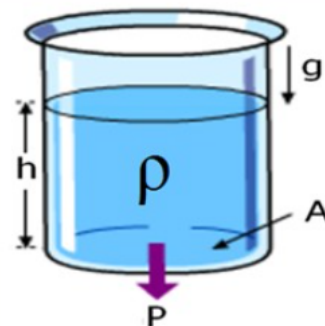
Presión absoluta: es la suma de la presión atmosférica y la manométrica. Puede variar según la temperatura y elevación. También la conocen como la presión dada en un sistema en relación con el vacío absoluto.

$$P_{abs} = P_{amb} + P_R$$

Presión hidrostática: es la que ejercen los líquidos en reposo en un recipiente, sin importar la forma del recipiente. Para calcularla debes conocer las propiedades del líquido como su densidad y la distancia vertical que comprende en el caso. Adicional la fuerza de la gravedad dada como $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$.

$$P_h = \rho gh, \text{ donde las dimensionales } = \left[\frac{kg}{m^3} * \frac{m}{s^2} * m \right] = Pa$$

Figura no. 6 “Presión hidrostática”



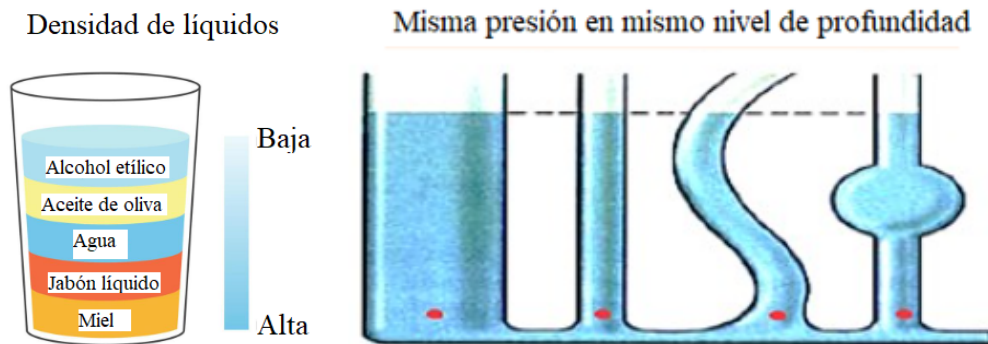
Fuente: cuentitisaguda.com, 2022.

Si hay más de un líquido en el recipiente la presión hidrostática total es la suma de las presiones individuales. Debido a las distintas densidades, la mayor densidad suele pesar más, por lo que se van nivelando los líquidos según esta propiedad y se pueden diferenciar las alturas de la cantidad de líquido según un marco de referencia para hacer los cálculos individuales y con esto el total.

Cabe mencionar que en cualquier punto de un fluido en reposo se tiene la misma presión en cualquier dirección a cierta profundidad y siempre es perpendicular a cualquier superficie sólida en la que esté en contacto.

¡Vamos a verlo!

Figura no. 7 “Condiciones de líquidos para su presión”



Fuente: Benavente Iñjgo, 2015.

¿Qué pez está sometido a mayor presión? El nivel del líquido en todos los puntos está a la misma altura de 35 cm y el líquido en el que están inmersos los peces es agua cuya densidad es de 997 kg/m^3 .

$$P_h = \rho gh = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \left(\frac{35}{100} \text{ m} \right) = 3423.1995 \text{ Pa}$$

Los dos peces están a la misma presión. Ya que están a la misma profundidad $P1=P2$ y están inmersos en el mismo líquido, por lo que la densidad es la misma.

La presión puede medirse con manómetros, sensores de presión y presostatos. Estos se muestran a continuación en la Figura no 8.

Figura no 8. “Medidores de presión”



Fuente: Wika Instrumentos,2022.

Termodinámica

También puedes definir la presión con otras variadas leyes de termodinámica que apliquen al caso. Por ejemplo, la Ley de Gay Lussac que afirma que la presión del volumen fijo de un gas es directamente proporcional a su temperatura. Y si el volumen a presión moderada se mantiene constante, el cociente entre presión y temperatura también.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Debemos tomar en cuenta que la mayoría de las ecuaciones de termodinámica aplican para gases ideales.

¿Qué son los gases ideales? Son sustancias imaginarias que obedecen la relación $PV = RT$, también llamada la relación de gas ideal. Esta se aproxima al comportamiento P-V-T (presión, volumen, temperatura) de los gases reales a bajas densidades, es decir condiciones a bajas presiones y altas temperaturas permiten disminución en la densidad de un gas y se comporta como gas ideal. Las sustancias que pueden tratarse en las condiciones establecidas como gases ideales según los estudios son: aire, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, helio, argón, neón, y criptón. Para vapor de agua y refrigerante no se deben considerar como ideales por ser gases densos, pero existen tablas de datos según sus comportamientos a distintas temperaturas y presiones, para tratarlos. El vapor de agua puede tratarse como gas ideal siempre que esté a presiones inferiores a los 10 kPa, sin importar su temperatura, con un error insignificante menor al 0.1% (Cengel Yunus, 2015)

Ejemplo:

La presión manométrica de un neumático de automóvil se mide como 210 kPa antes de un viaje. La presión atmosférica del lugar de medición es de 95 kPa. Suponiendo que el volumen del neumático permanece constante y la temperatura del aire antes del viaje es de 25°C (298.15K) y después del viaje es 34.8 °C (307.95 K), determine la presión manométrica tomada al neumático después del viaje.

SOLUCIÓN:

$$P_1 = P_R + P_{amb} = 210 \text{ kPa} + 95 \text{ kPa} = 305 \text{ kPa}$$

$$P_2 = P_{R2} + P_{amb}$$

Suposiciones: El aire es un gas ideal, el volumen del neumático es constante. Mediciones de temperatura en Kelvin para tomar la ley de Lussac en temperatura absoluta.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1}{T_1} (T_2) = \frac{(305 \text{ kPa})(307.95 \text{ K})}{298.15 \text{ K}} = 315.025 \text{ kPa}$$

$$P_{R2} = P_2 - P_{amb} = 315.025 \text{ kPa} - 95 \text{ kPa}$$

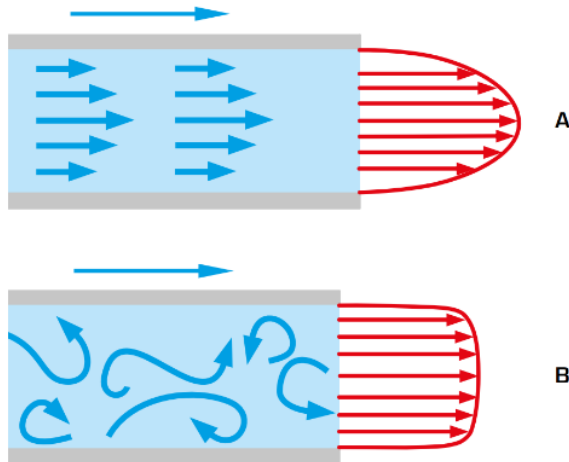
$$P_{R2} = 220.025 \text{ kPa}$$

Hidrodinámica

Existen dos tipos de fluidos principales:

1. **Laminar o aerodinámico:** si cada partícula del fluido sigue una trayectoria suave (línea de corriente). Y estas líneas de corriente no se cruzan entre sí. (La palabra laminar significa capas.)

Figura no.9 “Flujo laminar A y turbulento B”



Fuente: Gunt, 2020.

2. **El flujo turbulento:** se presenta con pequeños círculos en forma de torbellinos, comúnmente conocidos como remolinos. Estos remolinos absorben energía y presentan una mayor cantidad de fricciones internas conocidas como viscosidad.

Las velocidades de estos flujos se representan con el número de Reynolds, quien los identifica. El número de Reynolds es adimensional para caracterizar el movimiento de un fluido e indica si es laminar o turbulento. Relaciona las fuerzas inerciales y las viscosas presentes en un fluido.

$$Re \leq 2300, \text{ flujo laminar}$$

$$Re \geq 4000, \text{ flujo turbulento}$$

Se puede calcular de la siguiente manera:

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Dónde V es la velocidad del flujo en m/s, D el diámetro hidráulico, que en secciones transversales es el diámetro interno de la tubería. Y ν es la viscosidad cinemática en m^2/s .

Ejemplo:

En la tubería de 0.00444m de diámetro corre agua a una velocidad de 16.14 m/s² y a una temperatura de 20°C.

¿Cuál es el Re que representa este flujo? ¿Qué clase de flujo pasa por la tubería?

Suposiciones: Viscosidad cinemática del agua a 20°C es de 1,003 x 10³ m²/s. Los datos de viscosidades cinemáticas del agua están tabulados por medio de experimentaciones. Ver tabla adjunta.

SOLUCIÓN:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{\left(16.14 \frac{m}{s}\right)(0.00444 m)}{1003 \times 10^3 \frac{m^2}{s}} = 7144 \times 10^{-7}$$

$$Re = 7144 \times 10^{-7} \leq 2300, \text{ es un flujo laminar}$$

temperatura <i>t</i> °C	densidad ρ kg/m ³	módulo elasticidad $K \cdot 10^{-9}$ N/m ²	viscosidad dinámica $\mu \cdot 10^3$ N·s/m ²	viscosidad cinemática $\nu \cdot 10^6$ m ² /s	tensión superficial σ N/m	presión de vapor p_v kPa
0	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0756	0,61
5	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	999,1	2,15	1,139	1,140	0,0735	1,70
20	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	997,0	2,22	0,890	0,893	0,0720	3,17
30	995,7	2,25	0,798	0,800	0,0712	4,24
40	992,2	2,28	0,653	0,658	0,0696	7,38
50	988,0	2,29	0,547	0,553	0,0679	12,33
60	983,2	2,28	0,466	0,474	0,0662	19,92
70	977,8	2,25	0,404	0,413	0,0644	31,16
80	971,8	2,20	0,354	0,364	0,0626	47,34
90	965,3	2,14	0,315	0,326	0,0608	70,10
100	958,4	2,07	0,282	0,294	0,0589	101,33

Principio de Bernoulli

El caudal volumétrico del flujo de un fluido es el volumen del fluido que pasa un punto determinado por un tiempo determinado. Esta característica se describe con la ecuación de continuidad, asumiendo que el fluido es estacionario incompresible (su densidad no cambia con la presión). Es decir, $\rho_1 = \rho_2$.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2$$

Pero en nuestro sistema el flujo sufre fricción y pasa por tuberías y cambios de dirección que afectan su desempeño como caídas de presión y cambios de velocidad. Para ser más realistas estas pérdidas de energía deben tomarse en cuenta.

Pérdidas presión y de carga

Para flujo laminar, una caída de presión ocasionada por efectos viscosos representa una pérdida de presión irreversible llamada pérdida de presión ΔP_L , cabe resaltar que esta pérdida es proporcional a la viscosidad del fluido μ , y es cero si no existiese fricción. Significa que, dependiendo de la viscosidad del fluido, la presión en el punto inicial no será la misma presión final después de que el flujo recorra su camino. La relación para pérdida de presión y la pérdida de carga a continuación es válida también para flujo turbulento, tuberías circulares o no circulares y tuberías con superficies lisas o rugosas.

$$\Delta P = P_1 - P_2 \rightarrow \Delta P_L = f \frac{L}{D} \frac{\rho V_{prom}^2}{2}$$

Donde:

f: es el factor de fricción de Darcy, que se encuentra tabulado respecto al área donde pasa el fluido.

L: es la distancia

ρ : es la densidad del fluido

V: es la velocidad del fluido

En el caso de la pérdida de carga la ecuación es como sigue.

$$h_L = \frac{\Delta P_L}{\rho g} = f \frac{L}{D} \frac{V_{prom}^2}{2g}$$


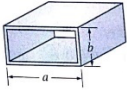
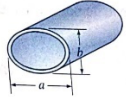
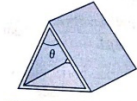
Para tuberías circulares con flujo laminar el factor de fricción es:

$$f = \frac{64\mu}{\rho D V_{prom}} = \frac{64}{Re}$$

Puedes observar en la Figura no. 10 algunos datos tabulados para el factor de fricción para flujo laminar.

Figura no 10. "Factor de fricción flujo laminar"

TABLA 8-1
Factor de fricción para flujo laminar totalmente desarrollado en tuberías de varias secciones transversales ($D_p = 4A_c/p$ y $Re = V_{prom} D_p/\nu$)

Geometría del tubo	a/b o θ°	Factor de fricción, f
Círculo 	—	64.00/Re
Rectángulo 	1 2 3 4 6 8 ∞	56.92/Re 62.20/Re 68.36/Re 72.92/Re 78.80/Re 82.32/Re 96.00/Re
Elipse 	1 2 4 8 16	64.00/Re 67.28/Re 72.96/Re 76.60/Re 78.16/Re
Triángulo isósceles 	θ 10° 30° 60° 90° 120°	50.80/Re 52.28/Re 53.32/Re 52.60/Re 50.96/Re

Fuente: Cengel, 2010

Ejemplo: Caída de presión y pérdidas de carga.

Hay agua a 40°F ($\rho = 62.42 \frac{lbm}{ft^3}$ y $\mu = 1.038 \times 10^{-3} \frac{lbm}{ft \cdot s}$) que fluye a través de una tubería horizontal de 0.12 in de diámetro y 30 ft de largo con una velocidad promedio de 3 ft/s

Encuentre la pérdida de carga y la caída de presión

Suposiciones: El flujo es estacionario e incompresible. El flujo está totalmente desarrollado y la tubería no tiene accesorios como codos, válvulas o uniones.

Primero debemos encontrar el régimen de flujo con el número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho V_{prom} D}{\mu} = \frac{\left(62.42 \frac{lbm}{ft^3}\right) \left(3 \frac{ft}{s}\right) (0.01 ft)}{1.038 \times 10^{-3} \frac{lbm}{ft \cdot s}} = 1803$$

Ya que es menor a 2300 se trata de un flujo laminar. Podemos encontrar el factor de fricción y la pérdida de carga como sigue:

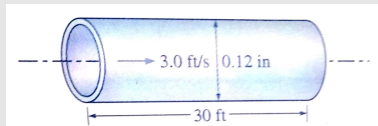
$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1803} = 0.0355$$

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V_{prom}^2}{2g} = 0.0355 \left(\frac{30 ft}{0.01 ft}\right) \frac{\left(\frac{3 ft}{s}\right)^2}{2 \left(\frac{32.2 ft}{s^2}\right)} = 14.9 ft$$

Dado a que la tubería es horizontal y su diámetro constante, la caída de presión es por pérdidas por fricción equivalente a pérdidas de presión. Tenemos:

$$\Delta P = \Delta P_L = f \frac{L}{D} \frac{\rho V_{prom}^2}{2} = 0.0355 \left(\frac{30ft}{0.01ft} \right) \left(\frac{\left(62.42 \frac{lbm}{ft^3} \right) \left(\frac{3ft}{s} \right)^2}{2} \right) \left(\frac{1lb_f}{32.2lbm * \frac{ft}{s}} \right) = 929 \frac{lb_f}{ft^2}$$

$$\Delta P = 6.45psi$$

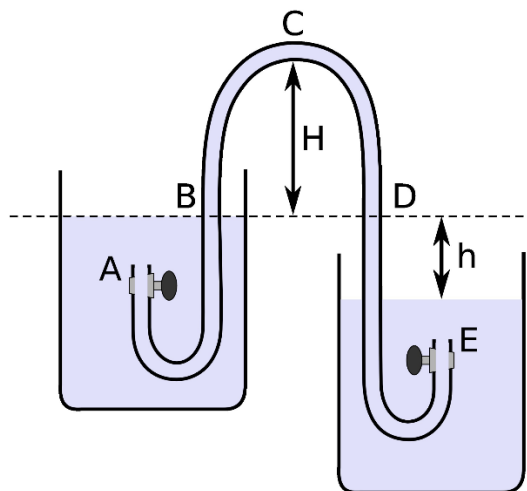


Sifón

Un sifón básico consiste en un tubo en un recipiente más grande que sube sobre una joroba (el borde del recipiente) para vaciarse en un recipiente en un nivel más bajo.

Cuando se succiona líquido a través del tubo sobre la joroba y comienza a vaciarse en el otro recipiente, se produce una disminución de la presión atmosférica en el punto más alto del tubo (donde pasa sobre la joroba). Esta disminución da como resultado que la presión atmosférica en la superficie del líquido empuje el líquido del interior del tubo hacia el área de menor presión.

Figura no. 11 “Sifón”



Fuente: Vera Francisco, et.al, 2016.

Maestro

Presión:

Explicar al estudiante qué es una fuerza a manera de recordatorio y como flujo de comprensión del tema de presión que va relacionado a la fuerza perpendicular ejercida sobre un área, y con el término de su dimensional “Newton” o “libra fuerza”.

Las fuerzas son interacciones entre dos o más cuerpos, que pueden:

1. Provocar un cambio en el movimiento de los cuerpos que interactúan entre sí. (Fricción)
2. Poner en movimiento un cuerpo que en reposo o detener un cuerpo en movimiento. (Golpear un balón)
3. Cambiar la forma de un cuerpo. (Deformación por tensión o compresión)

El cuerpo que ejerce la fuerza es el agente y el que la recibe es el receptor. Aunque no nos demos cuenta, en nuestro día a día convivimos con fuerzas, por ejemplo, mover una caja o levantar tu mochila. En ambas situaciones estás ejerciendo una fuerza.

La fuerza no es una característica propia de los cuerpos, sino que se manifiesta cuando dos cuerpos interactúan y desaparece cuando estos dejan de hacerlo.

Recordar al estudiante que una fuerza tiene magnitud (nos dice si la fuerza es grande, mediana o pequeña), sentido (nos dice hacia dónde apunta la fuerza aplicada, arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha) y dirección (vertical, horizontal o inclinada). Puede utilizar la Figura no. 12 para su referencia.

Figura no. 12 “Fuerza como vector”



Fuente: Castro Leonela, 2022

Después, introducir el término de presión.

Explicar al estudiante por qué se utilizan distintos tipos de sistemas para mediciones. A manera que el estudiante comprenda la diferencia de presión en pascales y en psi. Y su conversión para fines prácticos. Adicional para que sepa que por ejemplo las mediciones con esfigmomanómetros pueden estar en métricas de mmHg (milímetros de mercurio).

Puede introducirse con lo siguiente:

En el mundo existen dos clases de sistemas de medición, el métrico y el inglés. Esto es porque en los lugares del mundo de habla inglesa acostumbraban a utilizar otro tipo de dimensiones para medir variables, mientras que en el resto del mundo se estandarizó un mismo sistema de mediciones.

Puede medirse como se muestra en el cuadro a continuación estas referencias de medición pueden variar según la presión que se está tratando de encontrar o de la que se hace referencia.

Medición	Dimensional	Descripción
Pa	$\frac{N}{m^2}$	Pascales: en el sistema métrico es la fuerza de un Newton por metro cuadrado.
Atm	101 325 Pa o 14,7 psi	Atmósferas, puede ser expresada en pascales o psi.
mmHg	0.00131579 Pa o 0.0193368 psi	Milímetros de mercurio, puede ser expresada en pascales o psi. Comúnmente es la medición de los aparatos medidores de presión que utilizan mercurio.
Psi	$\frac{lb}{in^2}$	Pound force/square inch: en el sistema inglés es fuerza de una libra por pulgada cuadrada
Pa a Psi	1 Pa = 0.000145038 psi	Para conversión de un sistema a otro.
Psi a Pa	1 psi = 6894.76 Pa	Para conversión de un sistema a otro.

Fuente: Creación propia

Realizar los pequeños ejercicios de ejemplo enunciados en currículo de estudiante para mejorar las explicaciones y garantizar el conocimiento. Puede ahondar más con otros ejemplos.

Pueden utilizar un termómetro láser para medir temperaturas en el prototipo y basándose en suposiciones como que el volumen de las botellas es constante, que el vapor de agua es un gas ideal y la presión atmosférica en Guatemala es de 101.03kPa. Para ir relacionando las fuerzas de presión en el sistema, según sus características. Pueden tomar mediciones de la altura del agua a la que se llenó las botellas, etc.

Lecciones

Currículo del Programa *Enciéndete*: Las lecciones son guías con recomendaciones de cómo explicar las actividades y conceptos básicos para alcanzar los objetivos de aprendizaje por lección.

Enciéndete empodera: Esta lección tiene como objetivo transmitir el mensaje de qué es *Enciéndete* y su metodología. Se desarrollará en el tema de empoderamiento y diseño centrado en el ser humano.

Lección 1 y 2: **Introducción a conceptos de física y mecánica de fluidos**: Se busca resaltar la importancia de la comprensión de las fuerzas que actúan a nuestro alrededor, conocer qué pasa con el agua, y la energía en las tuberías de un sistema de riego, como también empoderar a los estudiantes a que ellos pueden aprender cómo funciona esa tecnología y usarla para resolver necesidades diarias, adicional entender un poco de ecuaciones de ingeniería y sembrar conocimientos para que luego ellos puedan investigar y experimentar más a fondo. Pueden ser 2 lecciones por el contenido. Se muestra el contenido con ejemplos y una guía para el maestro. Está abierto a realizar experimentos para comprender los temas, utilizando o no los componentes del sistema prototipado.

CONOCIMIENTOS TÉCNICOS PASO 2

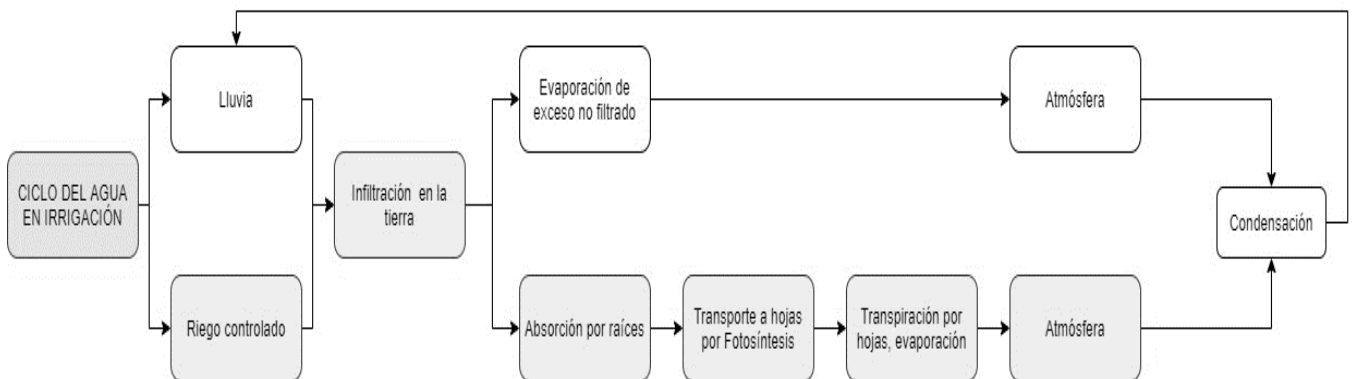
Paso 2: Conceptos de energía solar relacionados

Ciclo de agua en una planta y fotosíntesis

El agua para riego puede obtenerse de lagos, ríos, pozos cercanos o embalses, fuentes tratadas de aguas residuales, aguas desalinizadas o de drenaje. Se lleva a la tierra por medio de tuberías, mangueras y zanjas.

¿Qué sucede al regar? Como se muestra en la Figura 13, se repone el almacenamiento de agua del suelo en la zona de raíz de las plantas, que, por el Sol y la fotosíntesis, reciben la humedad del suelo con sus raíces. El agua moviliza los nutrientes por el tallo y las hojas. Ya en las hojas, se transpira de regreso a la atmósfera. Es importante resaltar, que sólo el agua absorbida por las raíces contribuye al crecimiento de las plantas. (Energypedia, 2018)

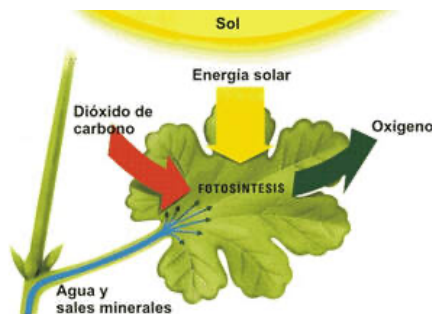
Figura 13. Ciclo del flujo de movimiento del agua en el riego



Fuente: Creación propia

La **fotosíntesis** se da cuando las plantas utilizan la energía solar, el agua del suelo y el dióxido de carbono atmosférico para producir su propio alimento. Básicamente, la energía solar como luz, es convertida en energía química. (Purves, 2009)

Figura no.14 “Fotosíntesis”



Fuente: dciuroms, 2022.

Es importante conocer el papel del agua en la fotosíntesis. El cloroplasto necesita dióxido de carbono tomado de la atmósfera (aire). El dióxido de carbono es absorbido por las plantas por medio de una solución húmeda (con agua), por difusión, ya que la membrana celular es casi impermeable a la forma gaseosa del dióxido de carbono. Además, donde quiera que el agua sea expuesta al aire se evapora. Por lo que la relación entre la absorción de dióxido de carbono para la fotosíntesis y la pérdida de agua por transpiración en las plantas es muy estrecha.

Radiación

La radiación es la energía que emite la materia en la forma de ondas electromagnéticas o fotones por el cambio en sus átomos o moléculas. Esta no requiere un medio, es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no experimenta atenuación en el vacío. La energía del Sol llega a la Tierra por medio de radiación. La radiación se convierte en energía calorífica. Se transmite en todas direcciones y al incidir en un cuerpo éste puede actuar reflejándola, absorbiéndola o transmitiéndola.

Las reacciones de la radiación para los distintos cuerpos son:

Para un cuerpo transparente, se transmite toda la radiación.

Para un cuerpo blanco, se refleja toda la radiación.

Para un cuerpo negro, se absorbe toda la radiación.

¿Qué material absorbe más la energía por radiación? ¿Una botella de vidrio transparente o una botella de vidrio color ámbar? Alguna vez te has preguntado ¿a qué se debe el color verde u oscuro de las botellas de vino?

Las botellas que almacenan el vino tinto son verdes u oscuras para proteger al vino de la luz. Se descubrió que la luz altera las cualidades y el sabor del vino. Por este motivo es que también se almacenan los vinos en bodegas oscuras y en niveles de subsuelo donde no existen entradas de luz.

¿por qué algunos vinos blancos o vinos rosados se embotellan en envases más claros o transparentes?

La luz no afecta tanto a estos tipos de vino ya que son vinos jóvenes de más rápido consumo, con un menor tiempo de guarda; y muchas veces se recurre a botellas más claras para que se pueda apreciar mejor el color del vino. (camposdesolana,2022)



Por los conceptos anteriormente relacionados, una botella transparente tendría total transmisión de radiación, es decir que toda la radiación convertida en luz o calor pasaría al vino. Mientras que una botella con tono más oscuro absorbería más radiación, por lo que no toda la radiación transformada en calor o luz dañaría el vino y sus características. Más, sin embargo, si fuera negra absorbería toda la radiación.

Evaporación, transpiración, capilaridad

En las plantas más del 90% del agua absorbida por las raíces se libera al aire como vapor de agua, en la transpiración. La parte de una planta como órgano principal de transpiración son las hojas. La transpiración es muy baja o nula durante la noche.

En el cuadro siguiente se puede notar la gran pérdida de agua que se da por transpiración en cultivos de patatas, trigo, tomate y maíz en su período de crecimiento. Podemos ver que se trata de cientos de litros de agua perdidos, con lo que se puede acreditar que el porcentaje de transpiración es bastante alto.

Cuadro 1. Pérdida de agua por transpiración de una planta en un solo período de crecimiento

Planta	Pérdida de agua (Litros)
Patata (<i>Solanum tuberosum</i>)	95
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	95
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	125
Maíz (<i>Zea mays</i>)	206

Fuente: J.F. Ferry, *Fundamentals of Plant Physiology*

Casi toda el agua que toman del suelo las plantas es absorbida por las partes más jóvenes de la raíz.

El ascenso del agua absorbida por estas raíces se da por **capilaridad**. La capilaridad es un efecto de ascenso o descenso de un líquido, en un tubo de diámetro pequeño, insertado en un líquido. Cuando las moléculas semejantes sienten pocas fuerzas entre ellas (cohesión) y las fuerzas entre moléculas distintas (adhesión) son mayores, se asciende a lo largo de la superficie del tubo. En el caso contrario se desciende.

Maestro

Introducir con los componentes del prototipo, cómo se absorbería la radiación en el presurizador, Introducir la fotosíntesis y el efecto de capilaridad de las plantas. Explicar por qué la frecuencia del riego está relacionada con la tasa de evapotranspiración de la planta.

Para el tema de radiación puede realizar el siguiente ejemplo y relacionar si la temperatura del agua o vapor de agua de la botella negra o ámbar estará o no más caliente que el resto del agua al estar expuesto al sol y su radiación.

¿Cuándo cuelgan ropa limpia para secarse de color negro y color blanco, cuál absorbe más radiación?

La ropa negra absorbe y retiene más calor que la blanca. En términos de color y temperatura, los colores oscuros absorben más calor que los claros porque absorben más energía luminosa. La ropa oscura refleja poca luz solar, es decir refleja poco calor, y por lo tanto es más caliente.

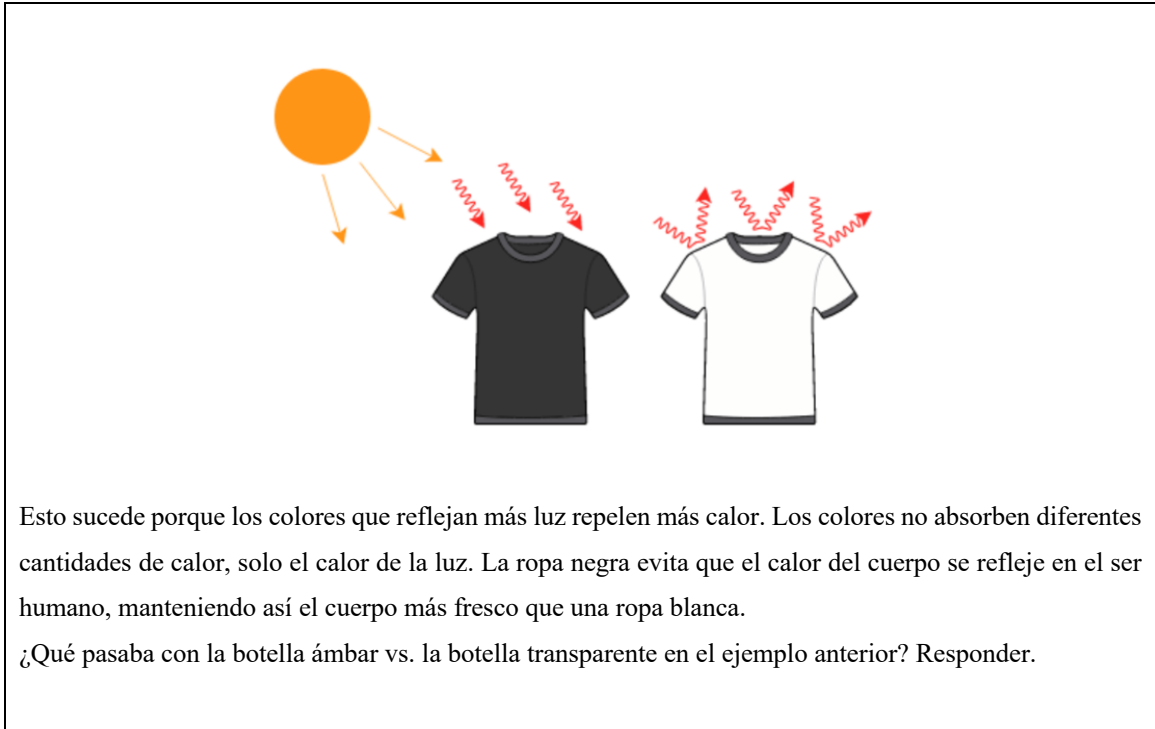
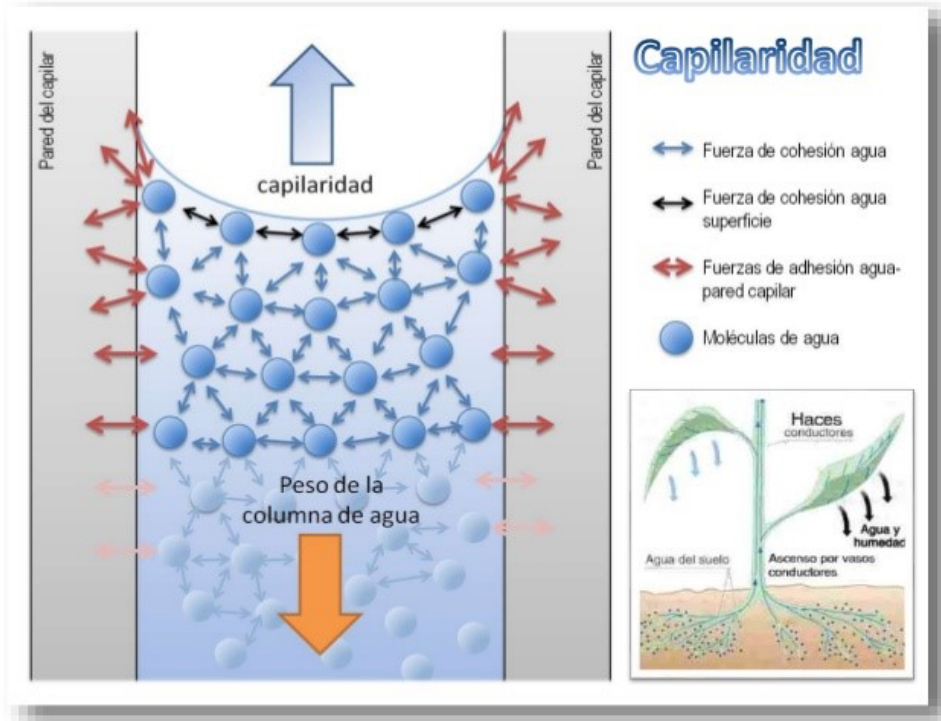


Figura no.15 “Efecto de capilaridad en la planta”



Fuente: Sergio Jaubert Garibay, 2022

Existe una relación inversamente proporcional con el radio del tubo, mientras más delgado es el tubo, más rápido es el ascenso. Y una relación inversamente proporcional con la densidad del líquido, mientras más ligero más asciende. (Cengel, 2012)

Más específicamente en la plantas, las películas gruesas del agua en los poros del suelo se adelgazan y su energía de retención aumenta. Entonces, el empuje de la humedad en esa dirección se intensifica y el agua se moviliza a las raíces. Qué tanto se mueva el agua depende de los gradientes de tensión y la conductividad de los poros del suelo. (Sierra Roberto, 2016)

Como otro factor que afecta a las plantas y se relaciona con el agua es la **evaporación**. Se da cuando se transforman un líquido a gas. En este contexto, se considera como la difusión de vapor de agua de la superficie a la atmósfera. Y varía según los escenarios como la naturaleza de la superficie de evaporación, presión de vapor, humedad relativa, viento, y energía solar.

Un factor importante que afecta la evaporación es el tipo de suelo, en los suelos livianos el movimiento capilar es rápido y por ello la evaporación intensa. Además, en el caso de riegos superficiales y frecuentes la evaporación es mayor comparando con los casos de un riego pesado y poco frecuente donde se aprovecha más el agua por cultivo, ya que el movimiento capilar es lento. Si la superficie del suelo es seca, la evaporación se da proporcional a la velocidad de llegada del agua a dicha superficie dado al movimiento capilar rápido. (Santiago Juan, *et al.*, 1985)

También existe la evapotranspiración las plantas toman agua del suelo a través de sus raíces, y usan una pequeña parte para su crecimiento desechando la cantidad restante por transpiración a la atmósfera. (Allen *et al.*, 1998)

Y la percolación que se da al alcanzar el nivel de saturación de las capas superficiales del suelo y cuando la gravedad mueve “empujando” el exceso de agua más profundo en el suelo. (Gliessman, 2002)

Evapotranspiración:

La evapotranspiración depende de los siguientes factores, relacionados a la capacidad de evaporante en la atmósfera:

1. Radiación solar
2. Temperatura
3. Humedad (a menor humedad mayor evaporación)
4. Presión atmosférica y altitud (a menor presión y/o mayor altitud, mayor evaporación)
5. Viento (a mayor viento, mayor evaporación)

Puedes utilizar la siguiente tabla para relacionar los datos tabulados de horas sol respecto a las latitudes.

Cuadro no 2. “Número máximo de horas sol”

Número máximo de horas de sol (Allen et al., 1998)

Latitud N [*]	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
50	8,3	9,8	11,6	13,5	15,2	16,1	15,7	14,3	12,3	10,4	8,7	7,9
48	8,6	10	11,6	13,4	15	15,8	15,5	14,1	12,3	10,6	9	8,2
46	8,8	10,1	11,6	13,3	14,8	15,5	15,2	14	12,3	10,7	9,2	8,5
44	9,1	10,3	11,6	13,2	14,6	15,3	15	13,8	12,3	10,7	9,4	8,7
42	9,3	10,4	11,7	13,2	14,4	15	14,8	13,7	12,3	10,8	9,6	9
40	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,8	14,6	13,6	12,2	10,9	9,7	9,2
38	9,6	10,6	11,7	13	14,1	14,6	14,4	13,5	12,2	11	9,9	9,4
36	9,8	10,7	11,7	12,9	13,9	14,4	14,2	13,4	12,2	11,1	10,1	9,6
34	10	10,8	11,8	12,9	13,8	14,3	14,1	13,3	12,2	11,1	10,2	9,7
32	10,1	10,9	11,8	12,8	13,6	14,1	13,9	13,2	12,2	11,2	10,3	9,9
30	10,3	11	11,8	12,7	13,5	13,9	13,8	13,1	12,2	11,3	10,5	10,1
28	10,4	11	11,8	12,7	13,4	13,8	13,6	13	12,2	11,3	10,6	10,2
26	10,5	11,1	11,8	12,6	13,3	13,6	13,5	12,9	12,1	11,4	10,7	10,4
24	10,7	11,2	11,8	12,6	13,2	13,5	13,3	12,8	12,1	11,4	10,8	10,5
22	10,8	11,3	11,9	12,5	13,1	13,3	13,2	12,8	12,1	11,5	10,9	10,7
20	10,9	11,3	11,9	12,5	12,9	13,2	13,1	12,7	12,1	11,5	11	10,8
18	11	11,4	11,9	12,4	12,8	13,1	13	12,6	12,1	11,6	11,1	10,9
16	11,1	11,5	11,9	12,4	12,7	12,9	12,9	12,5	12,1	11,6	11,2	11,1
14	11,3	11,6	11,9	12,3	12,6	12,8	12,8	12,5	12,1	11,7	11,3	11,2
12	11,4	11,6	11,9	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3
10	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,6	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4
8	11,6	11,7	11,9	12,2	12,4	12,5	12,4	12,3	12	11,8	11,6	11,5
6	11,7	11,8	12	12,1	12,3	12,3	12,3	12,2	12	11,9	11,7	11,7
4	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,2	12,2	12,1	12	11,9	11,8	11,8
2	11,9	11,9	12	12	12,1	12,1	12,1	12,1	12	12	11,9	11,9
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(*) Para latitud Sur, basta calcular el complementario de 24. Por ejemplo, en Enero, 60°:
 Nº máximo de horas de sol= 24 - 6,4 = 17,6

Tenemos que la evapotranspiración con la fórmula de Turc se calcula como sigue:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

ETR es la evapotranspiración real en mm/año

P es la precipitación en mm/año

L es $300+25t+0.05t^3$

t es la temperatura media anual en °C

Debemos tomar en cuenta que para valores bajos de precipitación la $ETR > P$ con esta fórmula, lo cual es imposible. Esto sucede cuando $P < 20 * t$.

Ejemplo:

Queremos averiguar la tasa de evapotranspiración de nuestro cultivo.

SOLUCIÓN:

$$P_1 = P_R + P_{amb} = 210 \text{ kPa} + 95 \text{ kPa} = 305 \text{ kPa}$$

$$P_2 = P_{R2} + P_{amb}$$

Suposiciones: El aire es un gas ideal, el volumen del neumático es constante. Mediciones de temperatura en Kelvin para tomar la ley de Lussac en temperatura absoluta.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1}{T_1} (T_2) = \frac{(305 \text{ kPa})(307.95 \text{ K})}{298.15 \text{ K}} = 315.025 \text{ kPa}$$

$$P_{R2} = P_2 - P_{amb} = 315.025 \text{ kPa} - 95 \text{ kPa}$$

$$\mathbf{P_{R2} = 220.025 \text{ kPa}}$$

Lección 3: Conceptos de energía solar relacionados: El objetivo es aprender a más detalle sobre todos los factores por medio de la energía solar que influyen en las plantas y cultivos (evaporación, radiación, etc.) con el fin de que cada estudiante pueda tener una visual de lo que ocurre en la realidad y que afecta los cultivos independientemente de la especie a cultivar. Se presentan algunos ejemplos y tablas, pero se invita al maestro a realizar experimentos adicionales para que los conceptos puedan ser más amenos.

Adicional se habla de lo qué sucede en la planta como la capilaridad y la fotosíntesis. Y se extiende el tema de evapotranspiración para que en la lección 4 puedan comprender la importancia de llevar un control con un programa de riego para conocer su cultivo en base a las tasas de evapotranspiración y así mantener la frecuencia de riego correcto según sus propias características.

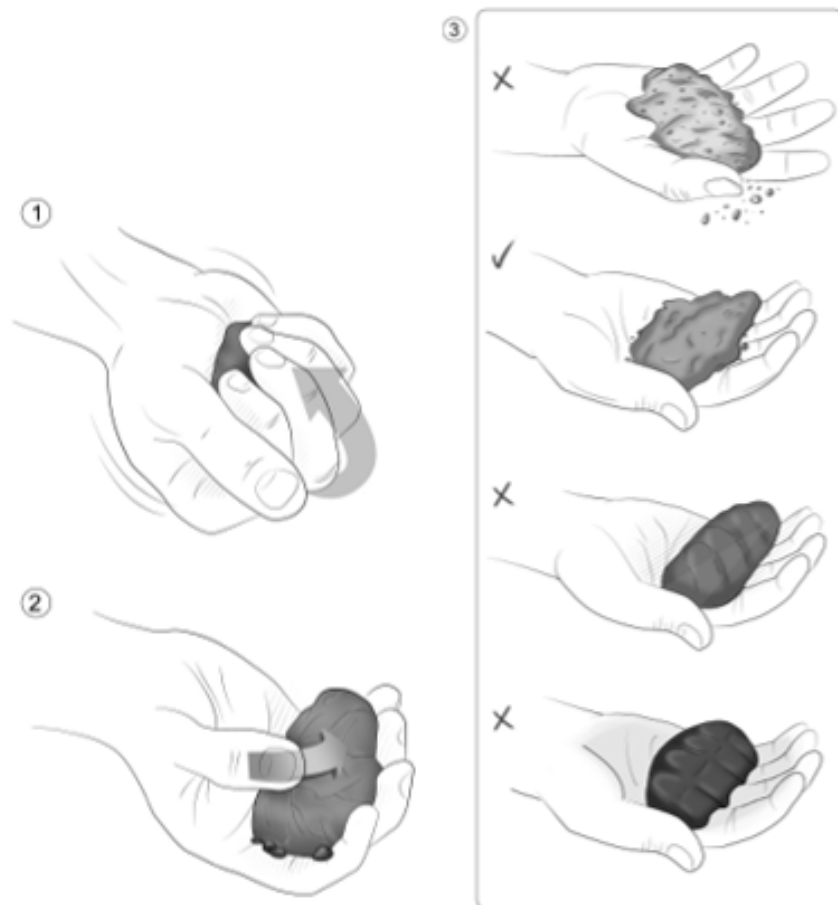
CONOCIMIENTOS TÉCNICOS PASO 3

Paso 3: Conceptos de cultivos

Para conocer más específicamente cuándo regar y cuánto regar se propone lo siguiente:

1. **Medición de la humedad del suelo por tacto (método del sentir).** Para medir la humedad del suelo por tacto se debe aprender a juzgar la humedad del suelo formando una bola, y "engarzando" la tierra. La Figura 16 muestra las maneras más simples y las erróneas de realizar esta práctica con el suelo. Se puede apreciar que es una manera muy accesible de realizar una medición de la humedad del suelo en cualquier cultivo de dimensiones reducidas.

Figura 16. Estimación de la humedad del suelo por sensación y apariencia



Fuente: Mayo José Miguel, UCSC Santa Cruz, CA

El enfoque de este método para el manejo del riego requiere un alto nivel de intuición y experiencia y un amplio conocimiento de los requisitos específicos de los distintos cultivos que se riegan. Si esto se domina puede ser una herramienta rápida y económica para la toma de decisiones.

Además, es necesario tomar en cuenta las necesidades de los cultivos, y el momento de la cosecha, así como las operaciones de manejo de malezas para determinar una aplicación de riego óptima en tiempo y tasa. En el Cuadro 3 se muestran algunas características básicas de los indicadores de humedad que se pueden observar y de los que se puede concluir con el método. Por ejemplo, la apariencia física como el color del suelo más claro u oscuro, o su consistencia quebradiza o pastosa.

Cuadro 3. Características para el método del sentir

Nivel de humedad del suelo (% de capacidad del campo)	Grueso (arena)	Ligero (arena arcillosa, marga arenosa)	Medio (fino, arena suave, limo y marga)	Pesado (arcilla franca, arcilla)
0-25 % (No existe humedad en el suelo por lo que las plantas se marchitan.)	Seco, suelto, fluye a través de los dedos. No deja mancha o rastro en los dedos.	Seco, suelto, los terrones se trituran fácilmente y fluyen a través de los dedos. No deja mancha en los dedos.	Quebradizo, seco, en polvo, apenas mantendrá la forma. Puede dejar una ligera mancha o mancha cuando se trabaja con las manos o los dedos.	Duro y agrietado. Por lo general, demasiado rígido o difícil de trabajar. Puede dejar una ligera mancha.
25-50% (Existe la humedad, pero en niveles bajos.)	Parece seco y no conservará la forma cuando se aprieta en la mano.	Parece seco y puede tender a formar un yeso cuando se aprieta en la mano, pero rara vez se mantendrá unido.	Puede formarse una bola débil bajo presión, pero aún se desmorona. El color es pálido y sin humedad evidente.	Flexible, se puede formar una bola; pero generalmente se rompe o se desmorona. Puede dejar una ligera mancha.
50-75% (Existe la humedad en niveles de moderados a altos.)	El color se oscurece por una humedad obvia. El suelo puede pegarse volviéndose en un yeso o bola muy débil.	El color se oscurece por una humedad obvia. El suelo forma una bola débil bajo presión. Puede mancharse los dedos ligeramente.	El color se oscurece por una humedad obvia. Se puede formar una bola fácilmente. Los terrones son suaves con una sensación suave. Se manchará los dedos y tendrá una sensación resbaladiza cuando lo apriete.	El color se oscurece por una humedad obvia. Se forma una buena bola. Se tiene una sensación resbaladiza y se manchan los dedos.
75-100% (Nivel de humedad del suelo después del riego.)	Parece y se siente húmedo. El color es oscuro. Puede formar escayola o una bola débil. Dejará un contorno húmedo o una ligera mancha en la mano.	Parece y se siente húmedo. El color es oscuro. Se pueden ver formas hundidas y es posible hacer una bola. Mancha y dejará un contorno húmedo a mano.	Parece y se siente húmedo. El color es oscuro. Es un suave. Se puede formar una bola y formará una cinta cuando se exprime. Mancha y dejará un contorno húmedo a mano.	El color es oscuro. Parece húmedo; puede sentirse pegajoso. Mancha y dejará un contorno húmedo a mano. Se puede formar una buena pelota.

Fuente: USDA, Natural Resources Conservation Service

Maestro

Método del sentir:

Pueden hacer una prueba a manera de experimento, con la tierra en el jardín de la escuela y según el cuadro determinar sus características.

2. **Programación del riego-Presupuesto del agua.** Para la programación del riego es común utilizar herramientas flexibles como la técnica del presupuesto de agua. El presupuesto de agua se basa como analogía de la administración en una cuenta de ahorro: el punto de partida es la capacidad del campo, y cuando se elimina el agua y el "saldo de ahorro" se agota, se reemplaza según requiera el cultivo.

La programación de riego utiliza los modelos existentes que analizan la temperatura y el uso de agua del cultivo para determinar las tasas de evapotranspiración y con ello determinar el tiempo de riego y las cantidades de agua necesarias.

Cuando la evapotranspiración estacional excede la precipitación, y se requiere riego para sostener los cultivos plantados. La frecuencia del riego debe corresponder al período de tiempo requerido en que se seca el suelo en la zona de la raíz del cultivo hasta aproximadamente el 50% de la capacidad de campo.

Una programación de riego se inicia como se ve en el ejemplo a continuación:

CULTIVO/CAMPO (Riego: por goteo)	FECHA	HORA	CANTIDAD (METROS O TIEMPO)	COMENTARIOS
Fresas Ever-bearing	21/06/2021	14:08	3*3 m, primer revisión	Suelo: apariencia y sentir húmedo. Clima: Ha estado lluvioso, pronósticos del mes lluvias fuertes. Fresa: aún en crecimiento.
...				
Fresas Ever-bearing	15/08/2021	15:10	3*3 m, segunda revisión (8 SMN)	Suelo: apariencia húmeda sentir seco, 25% de humedad. Fresa: aún en crecimiento, con tallos rastreros, algunas hojas caídas. Se eliminó hojas caídas y se añadió agua. (mayor volumen de agua de salida, por efectos climáticos)
...				
Fresas Ever-bearing	25/10/2021	12:05	3*3 m, tercera revisión (10 SMN)	Suelo: apariencia y sentir húmedo. Fresa: lista para cosecha.
...				

Los huertos establecidos con sistemas de raíces profundas son menos susceptibles al estrés hídrico, a menudo requieren menos frecuencia, pero grandes volúmenes de agua. Entonces, la cantidad estimada de agua perdida a través de evapotranspiración se debe ir reemplazado según sea necesario para mantener la salud del cultivo.

Una desventaja del enfoque la programación de riego es la dificultad de aplicación para sistemas pequeños y diversos. Pero puede ser una herramienta eficaz para aumentar la eficiencia del uso del agua.

IRRIGACIÓN POR GOTEO

Este tipo de riego es un sistema donde el agua se conduce y distribuye en conductos cerrados (tuberías o líneas de goteo) que requieren presión. Estas tuberías tienen goteros que emiten un flujo controlado de agua, la que se aplica uniforme y directamente. Permite regar de 1 a 2 veces diariamente, todos o algunos días, según el tipo de suelo y el cultivo lo requiera. (Netafim, 2020)

Figura no.17 “Riego por goteo”



Fuente: Agrosolem, 2022.

Consiste en una fuente de abastecimiento de agua, la cabeza principal o depósito de agua, tuberías de conducción (principales y terciarias), cabezales de campo, y laterales de riego con emisores.

El riego por goteo no aplica agua al campo entero, como en los sistemas de riego tradicionales, por aspersión o inundación; la aplica a la zona radicular de la planta directamente en dosis medidas y frecuentes.

(Sela Guy, s.f.)

El riego más eficiente es por goteo

Con este método de riego, se utiliza mucha menos agua que con el riego por aspersión y por gravedad. Sin embargo, el costo de instalación de estos sistemas es alto.

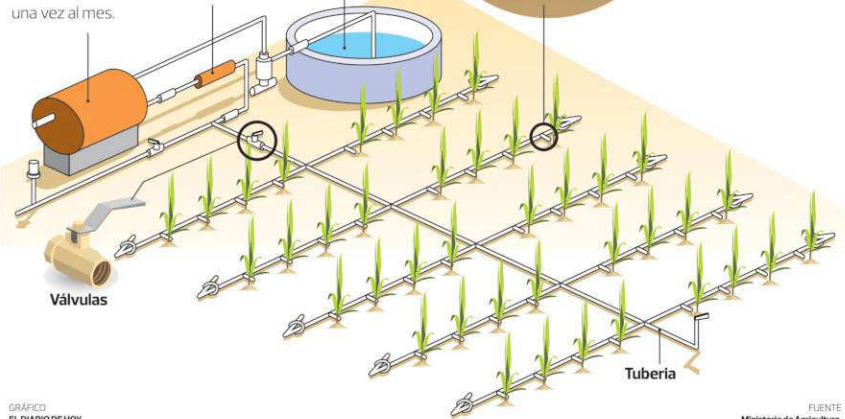
Bomba de agua

Se debe verificar la presión una vez al mes.

Filtros

Estos necesitan limpieza a diario.

Depósito de agua o pozo



GOTEROS

Son propensos a taponarse. Se los debería limpiar una vez cada dos meses. Son colocados a 20, 30 o 50 centímetros de distancia.

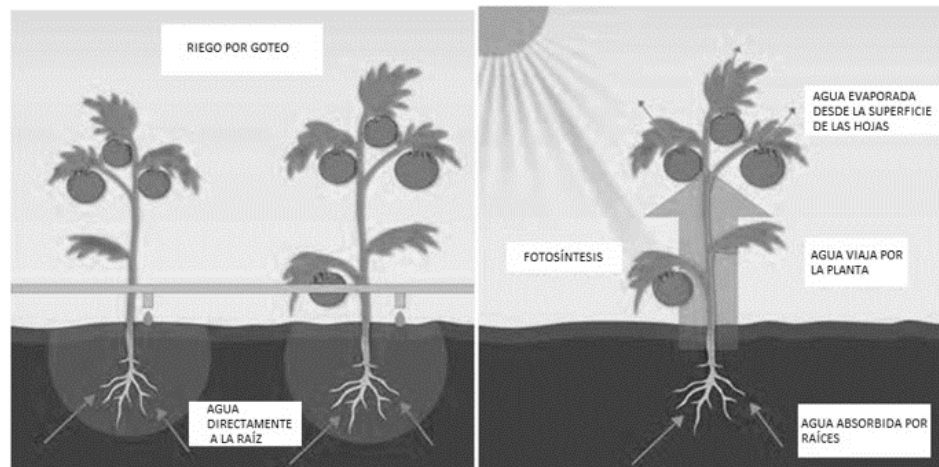
GRÁFICO
EL DIARIO DE HOY

FUENTE
Ministerio de Agricultura.

Es el sistema de suministro de agua y nutrientes más eficiente en los cultivos. Se enfoca en la capacidad específica del suelo para absorber agua. La zona de la raíz se mantiene a niveles óptimos de humedad, lo que permite mayores rendimientos. Con esto se evita entre un 15% a 30% de la evaporación del agua, por lo que este tipo de riego aumenta hasta un 30% dicha capacidad de absorción. También, contribuye a que exista una mejor relación aire-agua en el suelo mejorando la eficiencia respecto a los nutrientes naturales. (Itongadol, 2019)

La Figura 18 muestra el ciclo hidrológico en una planta, se observa que el agua llega más directamente a las raíces para ser absorbida y aprovechada por la planta.

Figura 18. Ciclo hidrológico por medio del riego por goteo



Fuente: GFA

Partes de un sistema de riego por goteo

a) Cabeza principal. Provee de presión y caudal, filtra el agua, permite la inyección de fertilizantes y nutrientes, como también, medir volúmenes y presiones, etc. Se compone de lo explicado a continuación.

Equipo de bombeo: usualmente se utiliza de 1 a 2 bombas.

Sistema de filtrado: dada a la desventaja de la obstrucción de goteros por minerales en suspensión, materias orgánicas, o precipitados contenidos en el agua de abastecimiento, se utiliza distintos filtros. Pueden ser rejillas o decantadores.

Unidad de fertilización: se encarga de la Inyección de fertilizantes.

Sistema de control y medición: los aparatos de control y medición más utilizados son manómetros, caudalímetros, y controladores de riego. Los primeros se utilizan para medir la presión tanto en el cabezal como en el campo.

b) Tuberías de conducción. El material más utilizado para las tuberías es el PVC (cloruro de polivinilo) y de polietileno. Se utilizan diámetros mayores a los 50 *mm* (pueden ser de 50, 63, 75, 90, 110 y 160 *mm*) en líneas de distribución primarias, secundarias y terciarias.

c) Cabezales de campo. Se trata de válvulas para suministro de agua a las unidades de riego.

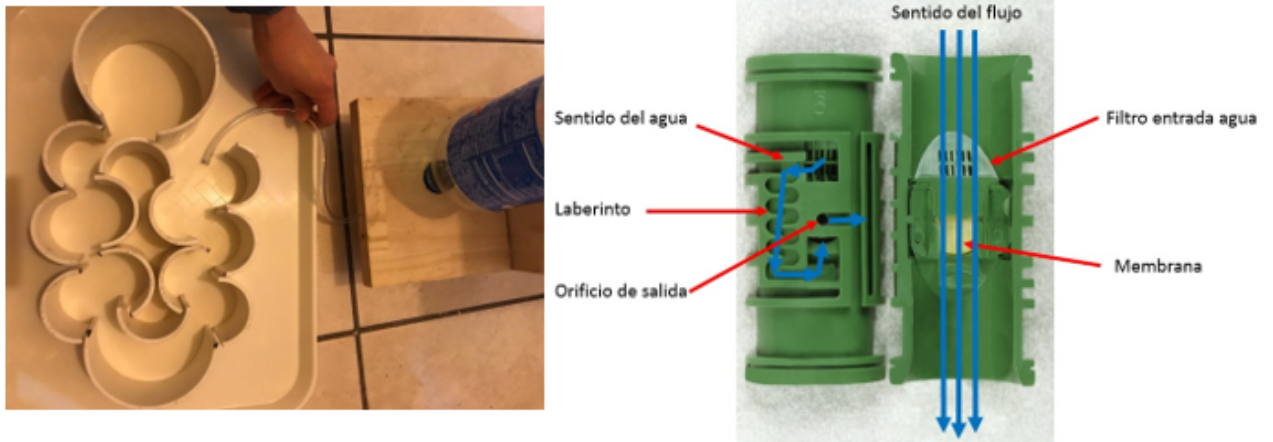
d) Laterales de riego. Son las tuberías en las hileras de plantas. Se encuentran entre 16-20 *mm* de diámetro según el caudal de distribución y la longitud del riego.

e) Emisores. Son los dispositivos que controlan la salida de agua desde los laterales de riego. Se clasifican en emisores de bajo y alto caudal.

El emisor o gotero de laberinto: El recorrido del agua es en forma de laberinto, dado a esto su nombre. El agua recorre en forma tortuosa y pierde presión. Es poco sensible a las obstrucciones y los cambios de temperatura y presión, y son de régimen turbulento. Se puede observar en la Figura 13.1 este mecanismo.

En la Figura 13 se muestra un ejemplo del conjunto de sistemas de riego por goteo visto en planta, se puede observar una configuración con varios laterales de riego en dos columnas de tubería. Siendo un sistema con tubería principal, secundaria y terciaria. Cabe mencionar que las configuraciones pueden cambiar según el tipo de cultivo y el terreno que se quiere regar.

Figura 13.1 “Representación gotero Laberinto”



Fuente: Creación propia

¿Qué pasa en el gotero de laberinto?

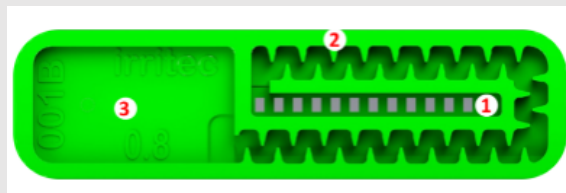
La presión en estos goteros se va perdiendo por el choque de las partículas entre sí y por la fricción con las paredes del laberinto. Además, no permite a las impurezas que han pasado el filtro obstruir el gotero, por eso se les llaman muchas veces goteros autolimpiantes.

Partes del gotero:

1. Filtro: Cada gotero dispone de un pequeño filtro que evita que las partículas más grandes entren dentro del gotero.
2. Laberinto: es la zona de hacer perder la presión. El agua en este punto tiene un movimiento turbulento que va haciendo perder presión a medida que avanza.
3. Piscina: La parte final del gotero donde el agua llega a presión atmosférica y sale del gotero gota a gota.

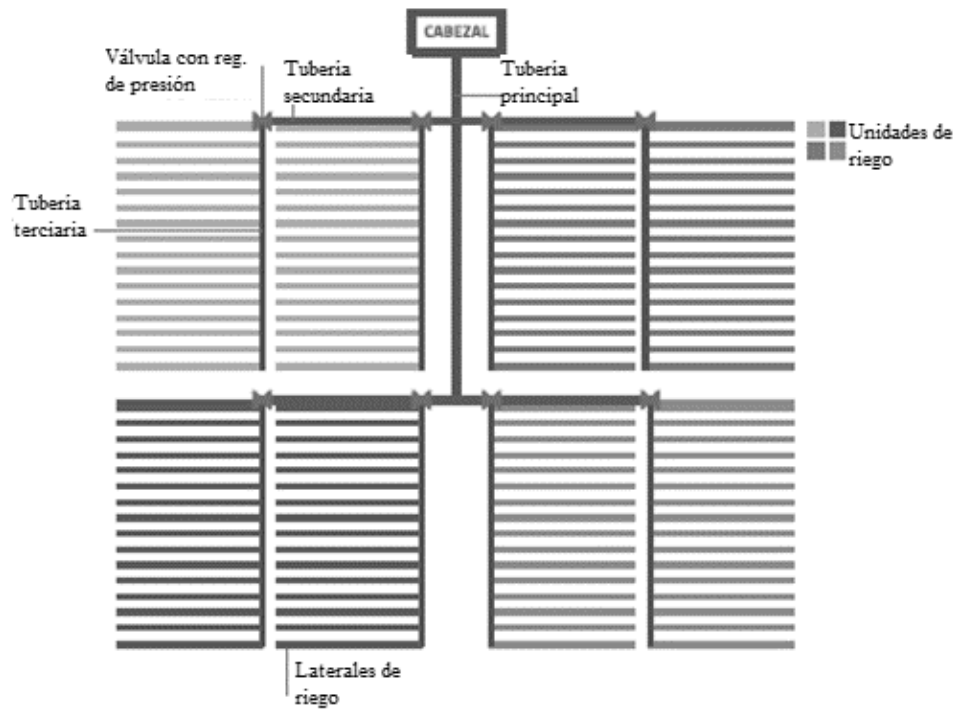
Este tipo de gotero no es adecuado cuando hay grandes niveles o pendientes ya que el último gotero de la línea no va a recibir el mismo flujo de agua que los primeros.

Los goteros turbulentos son más económicos, son perfectos para terrenos rectilíneos. Ya que regulan la presión automáticamente dado su mecanismo.



Fuente: Irritec, 2022

Figura 13. Esquema de un sistema de riego presurizado



Fuente: Liotta Mario, *et al.* San Juan, Argentina.

Tipos de cultivos que utilizan riego por goteo

Los cultivos que pueden crecer con el riego por goteo son maíz, soja o caña de azúcar, hortalizas, tomate, mango, árboles frutales, entre otros. Se abarca casi todos los cultivos de verduras. Pueden crecer en suelo o hidroponía. Pueden ser construidos en terrenos planos o con topografía complicada, solo se debe elegir el sistema adecuado para el cultivo y para las condiciones del campo.

Un cultivo puede verse estresado al mediodía, pero sabiendo que el clima se enfriará durante la noche y estará nublado por la mañana puede significar que el riego no es necesario en su inmediatez. Por lo tanto, observar los cultivos durante todo el día es importante.

Después de un período frío, el primer día caluroso puede provocar que las plantas se vean estresadas, pero pueden no necesitar riego.

Patrones climáticos y estado físico del cultivo

Otros factores importantes para considerar son la temperatura del aire, la precipitación, la humedad, el viento y el tipo de suelo. Si la temperatura del aire aumenta, se aumenta la tasa de evapotranspiración. También, la precipitación en las áreas de lluvias regulares durante el verano excede la evapotranspiración, por lo que rara vez se requiere riego. Las demandas de riego se basan en las tasas de evapotranspiración.

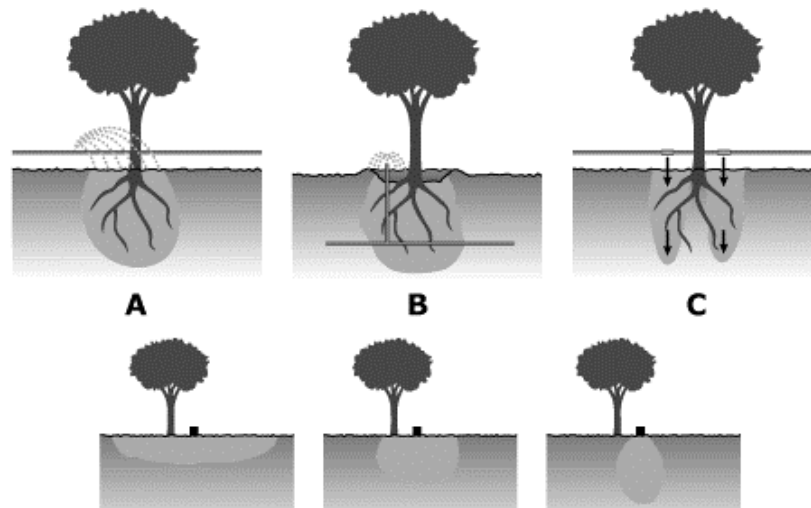
Cuando la evapotranspiración excede la precipitación, es requerido el riego. Luego, si la humedad aumenta, disminuye la tasa de evapotranspiración. Y si existen altas velocidades de viento, también aumenta la evapotranspiración.

Por último, el tipo de suelo y los niveles de materia orgánica determinan qué tan alta es la retención de agua.

En la Figura 19 se puede observar las distintas formas en que el agua humedece el suelo. Los suelos arcillosos serían el tipo A, los suelos arenosos el tipo B y los mixtos el tipo C.

- i. Los suelos arenosos drenan rápidamente y no retienen bien el agua. En este tipo de suelo agua viaja verticalmente hacia abajo
- ii. Los suelos limosos drenan lentamente y retienen bien el agua.
- iii. Los suelos arcillosos drenan muy lentamente y retienen el agua firmemente, son ricos en nutrientes, la humedad en ellos se extiende lateralmente, si están secos se agrietan, y las raíces de las plantas difícilmente los atraviesan.
- iv. Los suelos francos drenan bien y retienen bien el agua.
- v. Los suelos agrícolas mejorados con materia orgánica (cultivos de cobertura, compost) mantienen bien sus propiedades de drenaje y retención de humedad.

Figura 19. Forma que adopta el curso del agua según el tipo de suelo



Fuente: WateReuse Foundation

Otras consideraciones, pero no menos importantes a tomar en cuenta son las siguientes: el tipo de cultivo y la etapa de desarrollo e historia natural del cultivo.

Respecto a la etapa de desarrollo e historia natural del cultivo, algunos cultivos se benefician de sufrir poco estrés hídrico a temprana edad en su ciclo de crecimiento (tomates, frijoles, pepinos y otras cucurbitáceas), o no necesitar riego hasta que comienzan a morir (papas). Otros, particularmente los cultivos

de semillas pequeñas, como la lechuga y las zanahorias, requieren que los suelos se mantengan húmedos para germinar de manera efectiva.

Existen distintas características que identifican a los cultivos según sus necesidades.

1) Los cultivos “amantes del agua” (como el apio) exigen menos fluctuación en los niveles de humedad del suelo.

2) Los cultivos tolerantes a la sequía (como variedades de tomate, variedades de calabaza de invierno, amaranto, etc.) pueden requerir poca o ninguna irrigación.

3) Período de maduración: El período de maduración se da antes de la cosecha, muchos cultivos (como la cebolla y ajo) requieren una reducción gradual del riego para favorecer la maduración.




4) Las necesidades específicas de riego de los frutos de los árboles de hoja caduca son muy variables y dependen de una combinación de: la edad y el tamaño del árbol, el portainjerto y su suelo, y del clima.

Se debe dejar que el suelo se seque a no más de 6–8" de profundidad entre riegos y reemplazar el agua según las tasas locales de evapotranspiración para garantizar una alta calidad de la fruta.

c) Humedad óptima para la cosecha: es fundamental mantener la turgencia completa para cultivos frondosos y cortar flores. Particularmente si no van a entrar de inmediato en un refrigerador o recibir algún tipo de forma de hidro enfriamiento, como se hace con Brassicas y cultivos similares. La Figura 20 muestra un código de identificación de los tipos de raíces en los cultivos según la profundidad que alcanzan en el suelo. En el Cuadro 4 se muestran algunos cultivos de vegetales con su símbolo representativo del tipo de su raíz y con algunos requerimientos clave de humedad del cultivo. Por ejemplo, el frijol que en Guatemala es una de las legumbres más consumidas crece rápido por lo que requiere bastante agua. Pero si se sobrepasa la cantidad de agua es propensa a enfermedades ya que su raíz es de mediana profundidad.

(Casfs, *s.f.*)

Figura 20. Tipos de raíz

-  Raíz superficial de 6-24 pulgadas
-  Raíz de mediana profundidad de 24-40 pulgadas
-  Raíz profunda de más de 40 pulgadas

Fuente: Casfs

Maestro












Identificación de raíces:

Pueden llevar algunas plantas o investigar en el jardín de la escuela y clasificar los tipos de raíces identificados.

Pueden clasificar o identificar como tarea para los niños los tipos de cultivos de su comunidad para enfocarse en esa clase de cultivos y sus características.

Ensamblar y explicar con la representación del gotero de laberinto didáctico, el flujo turbulento y las características de este tipo de emisor.

Cuadro 4. Riego requerido en diferentes tipos de cultivo

Vegetal/legumbre	Requerimiento	Raíz
Frijol fresco	Requiere bastante agua debido a su rápido crecimiento. Es vulnerable a enfermedades si se tiene agua por encima.	
Brócoli	Es común utilizar de 1-1½ pulgadas por semana. El agua adicional durante el desarrollo de la corona agregará volumen a la cosecha.	
Zanahoria	Necesita riego profundo hasta las etapas posteriores del desarrollo de la raíz, a partir de esa etapa el exceso de agua puede hacer que las raíces se agrieten. El agrietamiento también es causado por fluctuaciones demasiado grandes entre estados húmedos y secos.	
Cilantro	Se debe mantener húmedo.	
Maíz	La humedad adecuada es crítica hasta la formación y cosecha del grano. No se recomienda secar demasiado el maíz en la madurez; déjalo secar más bien en el tallo.	
Cebolla	Requieren un suministro constante de humedad; si están demasiado secas, las cebollas obtienen un fuerte sabor desagradable. Se debe evitar el agua en las hojas para minimizar el mildiu.	
Perejil	Es algo sediento.	
Papa	Requieren de humedad, especialmente durante el período de agrandamiento del tubérculo que comienza en la floración.	
Rábano	Necesita una humedad adecuada: el suelo seco da como resultado rábanos leñosos, resistentes y vulnerables a los escarabajos de pulgas. Los cambios en la humedad causan grietas.	
Espinaca	Mantener uniformemente húmedo para evitar el atornillado.	
Tomate	Cuando comienza la floración, se debe mantener la humedad del suelo un poco más seca. Los desequilibrios de humedad pueden conducir a la putrefacción del extremo de la flor y al agrietamiento de la fruta.	

Fuente: Casfs

Lección 4: Conceptos de cultivos: Se explican términos a conocer de cultivos como identificar los tipos de raíz, las características de las necesidades de los cultivos, los tipos de suelo, el riego por goteo, la programación del riego y la medición de humedad. Se incentiva al maestro a experimentar con los estudiantes una medición de humedad del suelo con el método expuesto.

Diseño centrado en ser humano y diseño de irrigador: Aprender a identificar una necesidad relacionada con falta de nutrición y acceso al agua, empezar a diseñar posibles soluciones a esta necesidad y construir un prototipo. Concientizar del cuidado del agua y medio ambiente.

Se anexa el instructivo de ensamble, y el listado de materiales y *teacher kit*.

Lección 5: Construyendo los irrigadores: se introduce los distintos tipos de materiales según su función y cómo pueden ser adaptados. Se enseña a utilizar herramientas, con supervisión de un adulto. Se invita al trabajo en equipo y comunidad por un fin común.

Lección 6: Empoderamiento, plan de vida y finalizar irrigador: Los objetivos son que cada estudiante termine su irrigador, aprenda sobre la importancia del cuidado del agua y ambiente, sobre las ventajas de conocer el suelo y los cultivos, sobre los métodos de aprendizaje y cuál es más adecuado para un cierto individuo.

Se amarran los conceptos. El maestro debe explicar:

Este irrigador utiliza la luz solar para comenzar el proceso de cebado en una tubería que funciona como sifón, así proporciona agua por goteo de manera controlada y económica para plantas ya sea de jardines, como de otros ambientes. Se basa en el proceso físico llamado termo hidrodinámica. El aire dentro del contenedor negro se expande por el calor absorbido del Sol y se ejerce presión. El tubo permite el paso del aire caliente, empujando el agua desde el interior del contenedor de salida. Si también hay agua en el presurizador, será empujada hacia el contenedor de salida. Esta agua tenderá a fluir a través de los conductos. El agua va hacia el contenedor secundario y se bloquea, mientras que a través del conducto de salida con agujeros el agua llega en forma de gotas o flujo. En general, el irrigador solar está compuesto por sifones que realizan funciones específicas, impulsado por la presión de aire caliente.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrosolmen. (22/10/2022) Riego por goteo. Obtenido de: <https://agrosolmen.es/sistema-de-riego-por-goteo/>
- Allen R.G; L.S. Pereira; D. Raes y Smith, M.(1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56
- Camposdesolana. (22/10/2022) Color de botella de vino. Obtenido de: <https://www.camposdesolana.com/porque-las-botellas-de-vino-son-oscuras/#:~:text=Las%20botellas%20que%20almacenan%20el,y%20el%20sabor%20del%20vino.>
- Castro Leonela (20/10/2022). Fuerza como vector. Obtenido de: <http://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/LinkClick.aspx?fileticket=Rb6QwEtcNWY%3D&tabid=677&mid=1740>
- Cengel Yunus, Cimbala John. 2010. Mecánica de fluidos, Fundamentos y aplicaciones. Pérdidas de carga. 2da Ed. México D.F. Mc Graw Hill Companies, Inc. 967pp.
- Coprocesamiento.org. (5 de febrero 2019). La vida de una botella de plástico. Obtenido de: <https://coprocesamiento.org/botella-de-plastico/#:~:text=Nuestra%20botella%20es%20una%20de,y%20700%20a%3B1os%20en%20descomponerse.>
- Dciuroms. (22/10/2022). Fotosíntesis. Obtenido de: <http://dciuroms.weebly.com/respiracioacuten-celular.html>
- Ecohouses. (20 septiembre 2018). La durabilidad de la madera en construcción. Obtenido de: <https://www.ecohouses.es/la-durabilidad-de-la-madera-en-construccion/?lang=es#:~:text=Se%20estima%20que%20una%20casa,con%20el%20transcurso%20del%20tiempo.>
- Fisimat (17/10/2022). Ejemplos de presión. Obtenido de: <https://www.fisimat.com.mx/presion-hidrostatica/>
- Gunt Hamburg (20/10/2020). Flujo laminar y turbulento. Obtenido de: <https://elearn-hm250-es.gunt.de/flujo-en-tuber%C3%ADa/flujo-laminar-y-turbulento>
- Irritec. (23/10/2022) Goteros de laberinto. Obtenido de: <https://www.irritec.es/noticias/goteros-autocompensantes-y-goteros-no-autocompensantes/>
- López Elmer (16/06/2021). “Riego por goteo”. Obtenido de: <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2017/11/Perfilambiental2010-2012DocumentoCompleto.pdf>
- Meteorito (20 de octubre 2022). Presión atmosférica. Obtenido de: <https://meteorito.mx/clases/presi%C3%B3n/clase.html>
- Orozco Andrea. (24 de Septiembre del 2019). Menos de uno por ciento de la población censada tiene un posgrado. Obtenido de: <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/menos-de-uno-por-ciento-de-la-poblacion-censada-tiene-un-posgrado/>
- Significados.com. (16 de agosto de 2022). Tipos de investigación. Obtenido de: <https://www.significados.com/tipos-de-investigacion/>
- SPplásticos. (16 de agosto 2022). Bidón Policarbonato. Obtenido de: info@spplasticos.com
- Sswm. (16/6/2022). “Riego por goteo”. Obtenido de: <https://sswm.info/>

Suministros la Ronda. (16 de agosto 2022). PVC Vida útil. Obtenido de:
<https://www.suministroslaronda.com/blog/2015/07/13/por-que-se-usa-pvc-en-tuberias/#:~:text=Las%20tuber%C3%ADas%20de%20PVC%20tienen%20una%20esperanza%20de%20vida ADquidos%20que%20transportan.%20%C3%BAtil,con%20los%20l%C3%>

USCS. (16/02/2021) . Principios de irrigación. Irrigation–Principles and Practices. Obtenido de:
<https://agroecology.ucsc.edu/about/publications/Teaching-Organic-Farming/PDF-downloads/1.5-irrigation.pdf>

Vera Francisco, et.al. (2016). Sifón. Obtenido de:
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0153055>

Wika Instrumentos (10 de octubre 2022). Presión absoluta. Obtenido de:
https://www.wika.es/landingpage_differential_pressure_es_es.WIKA

X. GLOSARIO

Cloroplasto: órgano celular de la planta donde se da la fotosíntesis.

Protoplasto: célula sin pared celular.

Limo: barro o lógamo, en especial el mezclado con restos orgánicos.

Marga: roca sedimentaria compuesta de arcilla y caliza que se utiliza para abonar terrenos pobres en calcio y para la fabricación de cementos.

Arcilla franca: mezcla de limo y arcilla.

Escayola: yeso calcinado que, mezclado con agua, se emplea como material de escultura, para hacer moldes, etc.

Dosel: cubierta aérea con que un cultivo resguarda el suelo.

La emergencia de las plantas: evento en un cultivo, donde se observa la aparición de las plantas en la superficie del suelo, es la etapa posterior a la germinación de la semilla o brote de yemas. (Unipamplona, *s.f.*)

Plántula: embrión que nace.

Planta de hoja caduca: pierde todo su follaje durante el otoño y el invierno, y florece durante ese período.

Planta de hoja perenne: no pierde sus hojas, sino que las mantiene durante todo el año haciendo pequeñas mudas de sus hojas maduras sin que se note.

Turgencia: es el fenómeno de total expansión de una célula al hincharse por la presión de los fluidos. A través de este fenómeno, las células se hinchan al absorber agua, ejerciendo presión contras las membranas celulares, tensándolas.

Brassica: es un género de plantas de la familia Brassicaceae.

Mildiu: nombre que se da a varias enfermedades criptogámicas que atacan a las plantas.

Atornillado: las plantas que han producido tallos florales se dice que han “atornillado”.

Válvula Shrader: válvula de 8 mm de diámetro con un perno en su centro, sirve normalmente para inflar neumáticos.

Acolchado: técnica agrícola para elevar la temperatura del suelo alrededor de una planta para que sus raíces estén en mejores condiciones de desarrollo.

Densidad de siembra: número de plantas por unidad de área de terreno.

Jornal: cantidad de dinero que gana un trabajador por cada día de trabajo.

Decantador: depósito donde el agua pierde velocidad y las partículas contenidas en ella se aglomeran en el fondo (principalmente arenas).

Grava: rocas de entre 2-64mm.

Exponente de descarga: es un indicador de sensibilidad de un gotero a las variaciones de presión.

Hidroponía: método industrial de cultivo que utiliza como soporte para la raíz de las plantas soluciones acuosas con nutrientes químicos y arena, vidrio molido o grava.

La emergencia de las plantas: evento en un cultivo, donde se observa la aparición de las plantas en la superficie del suelo, es la etapa posterior a la germinación de la semilla o brote de yemas.

Plántula: embrión que nace.