

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño de un sistema de bombeo y recolección de agua pluvial
para un proceso de purificación de agua para el Parque
Ecológico La Asunción**

Trabajo de graduación presentado por Diego Enrique Yec Chow para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica
Industrial

Guatemala
2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño de un sistema de bombeo y recolección de agua pluvial
para un proceso de purificación de agua para el Parque
Ecológico La Asunción**

Trabajo de graduación presentado por Diego Enrique Yec Chow para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica
Industrial

Guatemala
2022

Vo.Bo.:



(f) _____
Ing. Víctor Hugo Ayerdi

Tribunal Examinador:



(f) _____
Ing. Víctor Hugo Ayerdi



(f) _____
Ing. Gustavo Barrera



(f) _____
Ing. José Bagur

Fecha de aprobación: Guatemala, 05 de Enero de 2022.

Lista de figuras	VIII
Lista de cuadros	IX
Resumen	XI
Abstract	XIII
I Introducción	1
II Justificación	3
III Objetivos	5
A Objetivo general	5
B Objetivos específicos	5
IV Marco teórico	7
A Componentes de un sistema de bombeo alimentado por paneles fotovoltaicos	7
1 Bomba de corriente directa	7
2 Bombas centrífugas	7
3 Bombas de pistones	8
4 Bombas de tornillo	9
5 Potencia requerida de una bomba	9
6 Potencia requerida de una bomba	10
7 Controlador para la bomba	10
8 Cableado eléctrico	10
B Sistema de paneles fotovoltaicos	11
C Sistema de recolección de agua pluvial	12
1 Canal de recolección de agua	12
2 Canales de transporte	13
3 Tanque de almacenamiento	13

V	Metodología	15
A	Descripción de la metodología	15
B	Identificación de las necesidades	16
C	Definición de requisitos	18
D	Diseños preliminares	21
E	Cálculos	22
F	Diseño final	27
G	Proceso de fabricación	29
VI	Resultados	41
VII	Discusión de los resultados	47
VIII	Conclusiones	49
IX	Recomendaciones	51
X	Bibliografía	53
XI	Anexos	55

Lista de figuras

1	Esquema de una bomba centrífuga	8
2	Esquema de una bomba de pistón	8
3	Esquema de una bomba de tornillo	9
4	Esquema de las conexiones eléctricas del sistema de bombeo	11
5	Sistema de recolección de agua pluvial elaborado en Mkutani, Tanzania. El cuadro amarillo resalta el canal de recolección de agua, el cuadro rojo resalta los canales de transporte y el cuadro negro resalta el tanque de almacenamiento.	12
6	Localización #1 para la instalación del sistema completo	16
7	Localización #2 para la instalación del sistema completo	16
8	Delimitación de área disponible para la instalación del sistema completo	17
9	Boceto del área delimitada	17
10	Prueba de estabilidad de voltaje de la batería	18
11	Primer diseño del sistema completo	21
12	Boceto de estructura para el panel solar	21
13	Diseño del sistema de bombeo y colección de agua pluvial	22
14	Diseño del sistema general de purificación de agua	22
15	Mapa de potencial solar en Guatemala	24
16	Precipitación media mensual en la Ciudad de Guatemala	25
17	Diseño final del colector de agua pluvial	27
18	Diseño final de la estructura para el panel solar	27
19	Bomba de agua utilizada marca DC House	28
20	Panel solar utilizado marca Jinko	28
21	Corte de tubos de soporte	29
22	Maquinado de ranuras	30
23	Ranuras en acoples de 1"	30
24	Conjuntos de tubo de 300 mm, tubo de 800 mm, codo de 45° y acople de 1"	30
25	Ranuras en codo de 45°	30
26	Torneado de acople de 4"	31
27	Acople sin vena y con agujeros avellanados	31
28	Corte de agujero en tapadera	32
29	Maquinado de soportes internos de tapadera	32
30	Corte de arandelas en acrílico	32

31	Ensamble de base sobre tapadera	33
32	Agujeros en las arandelas y tapadera	33
33	Estructura completa montada sobre el depósito	34
34	Partes que componen el embudo	35
35	Proceso de coser las partes del embudo	36
36	Parte superior terminada del colector de lluvia	37
37	Operación de corte de ventana al depósito	38
38	Remachado de esponja y lámina de ventilación	38
39	Colector de lluvia terminado	38
40	Perforación de agujeros en el taladro	39
41	Atornillado de angulares	39
42	Ensamble de estructura al panel solar	39
43	Lectura de voltaje de la batería de carro	42
44	Lectura de la salida de corriente eléctrica del panel solar	42
45	Funcionamiento de la bomba de agua	42
46	Fuga de agua en la salida del depósito	43
47	Fuga de agua en las conexiones del filtro de agua de la bomba	43
48	Resultado final del sistema de colección de agua de lluvia y sistema de bombeo	43

Lista de cuadros

1	Mediciones de voltaje de salida de la batería	18
2	Requisitos del diseño	19
3	Continuación de requisitos del diseño	20
4	Cálculo de cantidad mensual de agua pluvial colectada	26
5	Cantidad de agua pluvial recolectada del 24 de septiembre al 1 de octubre . .	41
6	Cumplimiento de requisitos de diseño	44
7	Continuación de cumplimiento de requisitos de diseño	45

Se realizó un sistema de purificación de agua por tres personas trabajando en paralelo, separándolo en tres módulos distintos: el módulo del sistema de recolección de agua de lluvia y el sistema de bombeo, el módulo de purificación del agua y el módulo de la estructura general. Este proyecto se instalará en el Parque Ecológico La Asunción en la zona 5 de la Ciudad de Guatemala. El módulo trabajado en el presente estudio fue el sistema de recolección de agua de lluvia y el sistema de bombeo, alimentado por paneles fotovoltaicos, con el objetivo de ensamblarlo correctamente a los demás módulos.

Partiendo de una visita técnica realizada al parque, se determinó que existía la necesidad de una fuente adicional de agua potable para los visitantes. Respecto al módulo trabajado y sus necesidades, se definieron varios requisitos, como: funcionalidad, seguridad, facilidad para el usuario y requisitos ambientales. Se calculó la potencia máxima demandada por todos los componentes eléctricos para determinar la bomba de agua y el panel solar a utilizar. Se realizó el diseño mecánico y planos de ambos sistemas utilizando el software de Autodesk Inventor®. Concluido el proceso anterior, se procedió a manufacturar los componentes del colector de lluvia y la estructura para el panel solar utilizando máquinas herramientas. Terminada la manufactura se ensamblaron los componentes y se realizaron pruebas para verificar su funcionamiento.

Con el diseño del colector de lluvia presentado se logró recolectar aproximadamente 113 litros de agua en cuestión de una semana. Así mismo, se logró transportar agua desde un depósito, a través de un filtro de sedimentos, hasta un colector solar utilizando únicamente un panel solar de 380W y una batería de carro como fuente de almacenamiento de energía.

A water purification system was built by three people working in parallel, separating it into three different modules: the rainwater collection and pumping system module, the water purification module and the general structure module. This project will be installed at Parque Ecológico La Asunción in zone 5 of Guatemala City. The module worked on in this study was the rainwater collection and pumping system, powered by photovoltaic panels, in order to assemble it correctly with the other modules.

Based on a technical visit to the park, it was determined that there was a need for an additional source of drinking water for visitors. Several requirements were defined for the module and its needs, such as functionality, safety, user-friendliness, and environmental requirements. The maximum power demanded by all electrical components was calculated to determine the water pump and solar panel to be used. The mechanical design and drawings of both systems were made using Autodesk Inventor® software. Once the above process was completed, the components of the rain collector and the structure for the solar panel were manufactured using machine tools. Once the manufacturing process was completed, the components were assembled and tested to verify their operation.

With the design of the rain collector presented, it was possible to collect approximately 113 liters of water in a week's time. Likewise, water was transported from a reservoir, through a sediment filter, to a solar collector using only a 380W solar panel and a car battery as an energy storage source.

Últimamente ha surgido la necesidad de buscar recursos sostenibles para llevar a cabo las actividades diarias, dado a que las prácticas utilizadas hoy en día agotan el tiempo de vida del mundo en que vivimos por la contaminación que generan (Tiwari & Mishra, 2012). Por estas razones, con este proyecto se buscó crear una manera sostenible de adquirir agua potable por métodos no convencionales.

El Parque Ecológico La Asunción es un parque natural abierto a todo público que está localizado en la zona 5 de la Ciudad de Guatemala. El parque gira en torno a crear un lugar sostenible en donde cualquier persona puede llegar para despejarse de la realidad gozando de senderos naturales, juegos para niños, canchas deportivas, churrasqueras y otros espacios de recreación. A partir de conocer que el parque es un lugar en donde diariamente concurren muchas personas y únicamente cuenta con un Ecofiltro para proveer agua potable a los usuarios, surgió la idea de crear un sistema sostenible capaz de recolectar agua de lluvia y purificarla mediante el uso de energía solar.

El proyecto desarrollado se compone por un colector de agua pluvial, un sistema de bombeo de agua, una estación de purificación del agua y un reservorio para almacenar el agua purificada. El principio detrás de estos sistemas que purifican el agua mediante la radiación solar está basado en la metodología SODIS por sus siglas en inglés que significa *solar water disinfection*. A grandes rasgos, esta metodología propone que se puede desinfectar agua de patógenos y bacterias, mediante la exposición del agua a la radiación solar y el aumento de la temperatura del agua. El concepto de la sostenibilidad del proyecto radica en que se utilizó una fuente de energía renovable para que el sistema completo funcionara. Se logró alimentar la bomba de agua, tres sensores de nivel, dos electroválvulas y un controlador LOGO! a través de un panel solar. Además, cuenta con un sistema de control haciéndolo un sistema autónomo capaz de operar sin intervención humana para la entrega de agua purificada.

Justificación

Los sectores que tienen un acceso seguro a agua potable en Guatemala, según datos otorgados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) respecto al año 2017, están por debajo del 60%. Así mismo, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) determinó que solo el 64% de los establecimientos públicos de preprimaria a diversificado encontradas en zonas rurales cuentan con fuentes mejoradas de agua. Dicho esto, la problemática que este proyecto busca resolver es la escasez de agua potable enfocada en sectores de escasos recursos dentro del país de Guatemala.

La falta de acceso a agua potable se refleja en el incremento de la tasa de morbilidad y mortalidad debido a enfermedades diarreicas agudas, las cuales surgen principalmente a raíz del consumo de agua contaminada. Cabe resaltar que la diarrea aguda representó el 24% de las muertes para el año 2014, donde los principales afectados fueron los niños menores a cinco años (OPS, 2015). Consecuentemente, esta enfermedad genera deshidratación severa en los niños, conllevando a una disminución en la capacidad cognitiva, así como un retraso en su crecimiento físico. Estos factores interfieren directamente con el desarrollo y el rendimiento de los niños. Por esta razón se decidió proporcionar una fuente de agua potable a un sector en donde concurren muchos niños y existe una escasez de agua potable.

Se desarrolló un sistema que consiste en tres módulos o subsistemas: purificación de agua potable, estructura general y diseño de componentes auxiliares. Este proyecto (GuatePotable) estará enfocado principalmente en proveer un modelo de purificación de agua, el cual a futuro podrá ser replicable y utilizado en más comunidades y poblaciones donde el acceso a agua potable es limitado.

El módulo del sistema de recolección de agua de lluvia y el sistema de bombeo tiene como propósito proveer un uso para el agua de lluvia, mediante un colector de agua pluvial, que sería desperdiciado si este no se recolectara. Al igual que asegurar que el agua pueda fluir adecuadamente, por medio de una bomba de agua, a través del sistema de filtrado integrado al sistema, de manera sostenible. Este subsistema abarca la selección apropiada de una bomba de agua y un panel solar para alimentar los distintos componentes eléctricos. Este aspecto es de gran importancia para lograr que el agua pueda ser purificada correctamente.

A. Objetivo general

1. Diseñar un sistema de bombeo de agua alimentado por paneles fotovoltaicos y un dispositivo capaz de recolectar agua de lluvia, los cuales puedan ser integrados en un proceso de purificación de agua para ser implementado en el Parque Ecológico La Asunción, zona 5 de la Ciudad de Guatemala.

B. Objetivos específicos

1. Escoger una bomba de agua capaz de administrar el caudal necesario para lograr que el agua en el depósito sea transportada a través del filtro de membrana hasta el colector solar.
2. Diseñar el sistema de alimentación eléctrica, haciendo uso de un panel fotovoltaico, adecuado a la cantidad de potencia requerida por la bomba de agua y otros componentes eléctricos dentro del sistema completo.
3. Determinar la geometría y dimensiones del colector de agua pluvial.
4. Verificar un ensamble adecuado del sistema de bombeo de agua y el dispositivo colector de agua pluvial al proceso de purificación de agua.

A. Componentes de un sistema de bombeo alimentado por paneles fotovoltaicos

Los sistemas simples de bombeo alimentados por paneles fotovoltaicos constan de seis partes: una bomba pequeña de corriente directa, un controlador para la bomba, uno o varios módulos de paneles fotovoltaicos, cableado eléctrico, acoples de tubería y tubería de policloruro de vinilo (PVC). Estos sistemas simples no requieren de baterías externas o inversores de corriente para poder operar (Yago, 2017).

1. Bomba de corriente directa

Para aplicaciones en donde no se requiere elevar agua a alturas mayores a cien pies, como el caso de este proyecto, se recomienda utilizar bombas de agua pequeñas que requieren de 12 a 24 volts. En dado caso se quiera aplicar el modelo a una escala mayor, en donde se requiera de mayor caudal de agua, se recomienda una bomba más grande de agua de 48 a 90 volts (Yago, 2017).

2. Bombas centrífugas

Los componentes principales de las bombas centrífugas son la carcasa, el rotor y las paletas. Estas bombas pueden ser diseñadas para que las paletas estén concéntricas o excéntricas al eje del rotor. La excentricidad de las paletas permite que la bomba pueda funcionar como una de desplazamiento positivo o variable. En cambio, si las paletas están configuradas de manera concéntrica, la bomba podrá funcionar únicamente como una de desplazamiento positivo. Estas configuraciones pueden observarse en la **Figura 1**. Las paletas son insertadas en cavidades situadas en el rotor y deben de mantener contacto con la carcasa para lograr mover el agua de manera efectiva. Cuando la bomba está en funcionamiento, la propia fuerza

centrífuga mantiene las paletas en contacto con la carcasa, en momentos en que estas son forzadas hacia adentro debido a la excentricidad. Existen diseños en donde se colocan resortes de baja tensión a las paletas, con el propósito de mantenerlas en contacto con las carcasa. Otros diseños utilizan pines presurizados en vez de resortes, cumpliendo con el mismo propósito. El principio de funcionamiento de este tipo de bombas consiste en una generación de vacío dentro de la carcasa debido a la rotación del eje. La propia presión atmosférica fuerza el agua hacia la carcasa y al llenarse el vacío, el agua es impulsada a la salida (Solorzano, 2016).

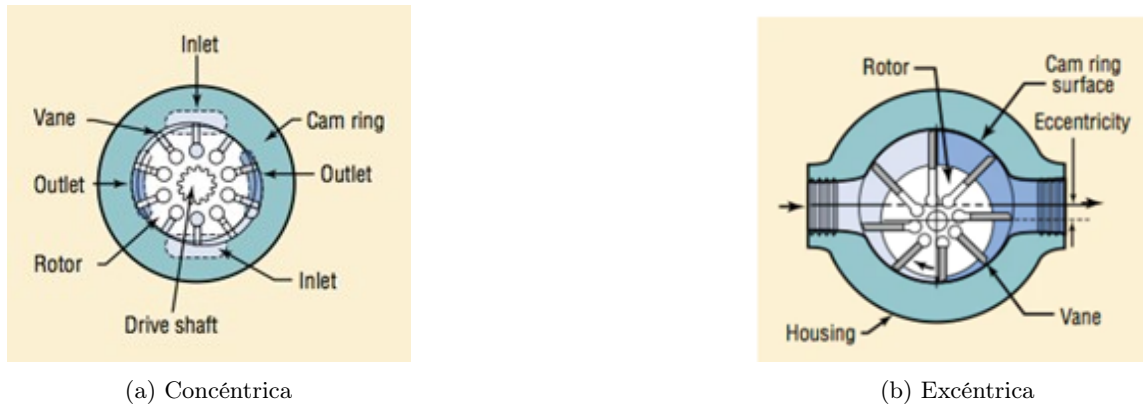


Figura 1: Esquema de una bomba centrífuga

(Solorzano, 2016)

3. Bombas de pistones

Los componentes principales en una bomba de pistones son una carcasa, varios pistones, un plato cíclico y un eje. El funcionamiento de este tipo de bomba para generar un caudal se asemeja a la de una bomba recíproca, con la diferencia que se emplean múltiples pistones en vez de solo uno. Los pistones están sujetos al plato cíclico, el cual está sujeto al eje. El plato cíclico se configura a cierto ángulo como se muestra en la **Figura 2** y puede ser modificado de manera manual o automática. El ángulo del plato sitúa los pistones a diferentes alturas durante un ciclo, lo cual permite que ingrese agua por un lado de la cabina, que sea comprimido y expulsado por otro lado de la cabina (Solorzano, 2016).

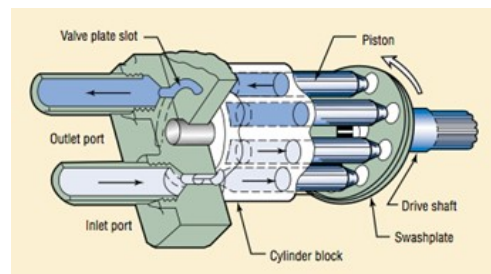


Figura 2: Esquema de una bomba de pistón

(Solorzano, 2016)

4. Bombas de tornillo

Las bombas de tornillo se clasifican dependiendo de la cantidad de tornillos que poseen, pueden llegar a tener uno, dos o tres tornillos. En la bomba de un solo tornillo, mostrado en la **Figura 3**, un rotor en forma de espiral se mueve de manera excéntrica en un estator interno. En el caso de dos tornillos, dos rotores paralelos interconectados rotan en la carcasa. Para el diseño de tres tornillos, el sistema consiste en un rotor de accionamiento central con dos rotores acoplados a él, cuando el rotor central rota los otros dos rotores también rotan. El flujo de agua a través de una bomba de tornillo es de forma axial en dirección (Solorzano, 2016). Mediante el movimiento rotatorio del tornillo, atrapan el agua en la entrada de la bomba y lo impulsan hacia la salida (Al-Badi, 2016). Los rotores trabajan como si fueran pistones sin fin, moviéndose hacia delante de manera continua. Las bombas de tornillo no producen mucho ruido debido a que no existe un contacto entre el tornillo y la carcasa (Solorzano, 2016).

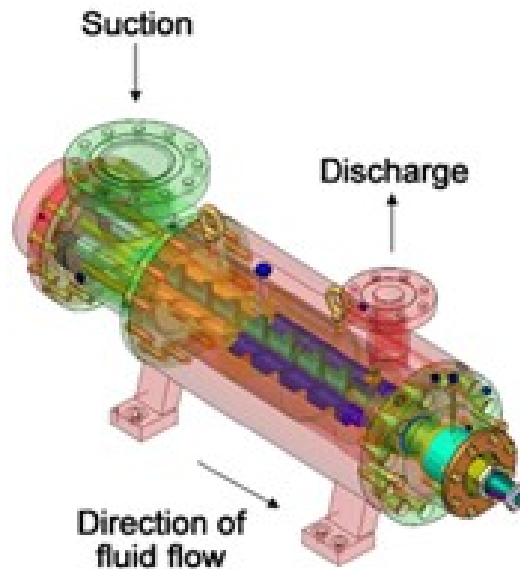


Figura 3: Esquema de una bomba de tornillo

(Circor, 2020)

5. Potencia requerida de una bomba

La potencia requerida de la bomba a utilizar se puede calcular a partir de la siguiente ecuación (Al-Badi, 2016):

$$P = \frac{\rho g(h+\Delta H)Q}{\eta_b \eta_e} \quad (1)$$

en donde, P es la potencia requerida de la bomba en W ; ρ es la densidad del agua en kg/m^3 ; g es la aceleración debido a la gravedad ($9.81 m/s^2$); h es la cabeza total de bombeo en m ; ΔH es el total de pérdidas hidráulicas en m ; Q es el caudal del agua en m^3/s ; η_b es la eficiencia de la bomba; η_e es la eficiencia del motor.

6. Potencia requerida de una bomba

La energía hidráulica requerida por día se puede calcular a partir de la siguiente ecuación (Al-Badi, 2016):

$$E_h = \rho ghV = \eta_s E_{pv} \quad (2)$$

en donde, E_h es la energía hidráulica requerida en kWh ; ρ es la densidad del agua en kg/m^3 ; g es la aceleración debido a la gravedad ($9.81 m/s^2$); h es la cabeza total de bombeo en m ; V es el volumen de agua requerido en $m^3/día$; η_s es la eficiencia del subsistema (motor y bomba) y E_{pv} es la energía fotovoltaica.

7. Controlador para la bomba

El controlador consiste en un dispositivo que detecta cuando el colector solar está lleno de agua, mediante un interruptor de flotador, y detiene la bomba cuando esto sucede. Así mismo, cumple el funcionamiento de detener la bomba si no hay agua en el depósito. Se coloca este controlador con el propósito de proteger la bomba de desgaste y calentamiento por no tener agua dentro de la carcasa. Existirán tiempos en el día en donde los rayos ultravioleta del sol no serán capaces de generar suficiente corriente para arrancar el motor de la bomba. El motor estará en una condición de estancamiento y el embobinado se empezarán a calentar. El controlador previene que esto suceda porque puede convertir el exceso de voltaje en una alta corriente, permitiendo que el motor pueda arrancar en estas situaciones. La bomba estará trabajando a un flujo de agua menor debido a la reducción en el voltaje, pero podrá funcionar. El controlador también permite apagar y encender la bomba de manera manual (Yago, 2017).

8. Cableado eléctrico

A continuación, en la **Figura 4** se muestra un esquema sencillo de las conexiones eléctricas del sistema de bombeo. En el esquema una bomba de 24 voltios es alimentado por dos módulos de paneles fotovoltaicos de 12 voltios cada uno, conectados en serie. Así mismo, están conectados a la bomba el controlador y el interruptor de flotador. También se tiene una puesta a tierra conectada a uno de los módulos de paneles fotovoltaicos. Este esquema se podría aplicar para una bomba más pequeña de 12 voltios utilizando solo un módulo de paneles fotovoltaicos (Yago, 2017).

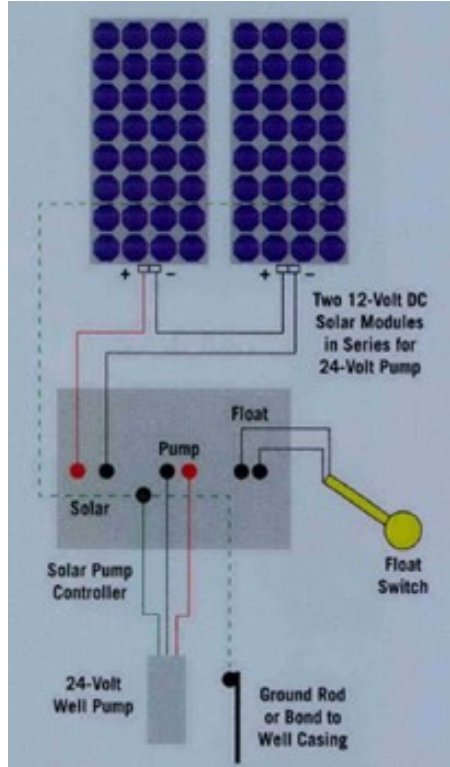


Figura 4: Esquema de las conexiones eléctricas del sistema de bombeo

(Yago, 2017)

B. Sistema de paneles fotovoltaicos

Para poder dimensionar el sistema de paneles fotovoltaicos, se debe de calcular la potencia real que entrega el panel fotovoltaico elegido. Esta potencia se puede calcular utilizando la siguiente ecuación (Al-Badi, 2016):

$$P_{PV} = \frac{E_h}{G_T \times F \times E} \quad (3)$$

en donde, P_{PV} es la potencia requerida de paneles fotovoltaicos en kW; E_h es la energía hidráulica requerida en kWh; G_T es la radiación solar diaria sobre una superficie en kWh/m²; F es el factor de seguridad por el desajuste de paneles solares, cuyo valor típico está entre 0.85 y 0.9; E es la eficiencia diaria del subsistema, cuyo valor típico está entre 0.2 y 0.6. Al final del cálculo se aplica un factor de seguridad de 1.2 a la potencia requerida para compensar por pérdidas debido al calentamiento, polvo y tiempo de uso.

La eficiencia global de todo el sistema de bombeo con los paneles fotovoltaicos se puede calcular utilizando la siguiente ecuación (Al-Badi, 2016):

$$\eta_o = \frac{E_h}{E_{in}} \times 100\% = \frac{\rho g h V}{G_T A_{PV}} \times 100\% \quad (4)$$

en donde, A_{PV} es el área del panel fotovoltaico calculado de la siguiente ecuación (Al-Badi, 2016):

$$A_{PV} = \frac{\rho g h V}{G_T \eta_s \eta_{PV}} \quad (5)$$

en donde, η_{PV} es la eficiencia del panel fotovoltaico bajo condiciones de operación.

C. Sistema de recolección de agua pluvial

Un sistema de recolección de agua pluvial para techos consta de tres unidades principales: el canal de recolección de agua, los canales de transporte y el tanque de almacenamiento (Patange, 2020). En la **Figura 5** se muestra un sistema de recolección de agua pluvial elaborado en Mkutani, Tanzania.

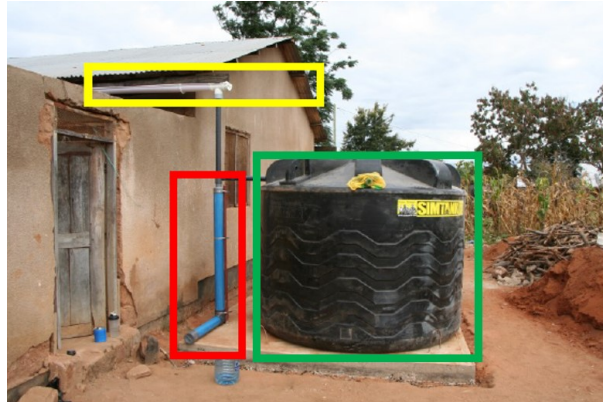


Figura 5: Sistema de recolección de agua pluvial elaborado en Mkutani, Tanzania. El cuadro amarillo resalta el canal de recolección de agua, el cuadro rojo resalta los canales de transporte y el cuadro negro resalta el tanque de almacenamiento.

(Niffenegger, 2019)

1. Canal de recolección de agua

El canal de recolección de agua cumple con el propósito de captar la mayor cantidad de lluvia que fluye por encima del techo. Para que el proceso se lleve a cabo de manera eficiente, el techo debe de tener un ángulo que permita que la lluvia fluya hacia abajo y no se quede estancada en el techo. Así mismo, se debe asegurar el canal en la parte más baja del techo, utilizando un componente de sujeción, para lograr capturar la mayor cantidad de lluvia. Los canales comúnmente son elaborados a partir de un tubo semi circular de PVC,

el cual se puede encontrar disponible en ferreterías a un bajo costo. El diámetro del tubo dependerá del área superficial del techo y de la cantidad de precipitación en el lugar de instalación. A mayor área superficial y precipitación, mayor tendrá que ser el diámetro del tubo. Se debe añadir unas láminas de acero inoxidable a lo largo del tubo de PVC opuesto al techo, con el propósito de servir como tope. De esta manera se alcanza a recolectar el agua que, de no contar con las láminas, pasaría por encima del tubo. Al extremo del tubo, en donde está la conexión a los canales de transporte, se debe colocar una malla metálica de acero inoxidable para bloquear el paso de contaminantes de gran tamaño, por ejemplo hojas o ramas de árboles, que pudieran dificultar el paso del agua a través de los canales de transporte. Esta malla se debe limpiar conforme se acumulen los contaminantes para prevenir que se estanque el agua en el canal de recolección (Patange, 2020).

2. Canales de transporte

Los canales de transporte cumplen el propósito de trasladar el agua recolectada al tanque de almacenamiento. Similar al canal de recolección, los canales de transporte se construyen comúnmente a partir de tubería de PVC. En cualquier tipo de plástico existe la posibilidad que se introduzcan químicos al fluido en contacto, los cuales pueden causar efectos nocivos para la salud del ser humano. Sin embargo, no existe una gran cantidad de datos que respalden el efecto nocivo de estos químicos en el agua (Patange, 2020).

La malla de acero inoxidable mencionada en el apartado anterior es capaz de filtrar contaminantes de tamaño relativamente grande. No obstante, existen contaminantes como por ejemplo los desechos fecales de animales, el polvo y restos de insectos muertos, que incorporados al agua de lluvia, pueden pasar a través de la malla metálica. Por esta razón, el canal de transporte debería de tener una bifurcación a mitad del camino, en donde el agua proveniente del canal de recolección se podría desviar hacia un lugar de desagüe mediante el accionamiento de una válvula divergente. La bifurcación se puede observar en el cuadro rojo de la **Figura 5**, en donde el agua puede desaguarse mediante el tubo color celeste o almacenarse en el tanque mediante el tubo color negro. En el momento que empieza a llover se puede dejar correr el agua hacia el lugar de desagüe por unos minutos, a manera de prevenir que los contaminantes entren al depósito de almacenamiento (Niffenegger, 2019).

3. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento cumple el propósito de proveer un lugar seguro para acumular el agua recolectada y poder utilizarla en otro momento. En los sistemas de recolección de agua se utilizan tanques de PVC por su bajo costo, accesibilidad y manejo en comparación a los tanques de metal. Es importante dimensionar correctamente la capacidad del tanque, para poder almacenar la mayor cantidad de agua que se recolecta. Para ello se debe tomar en consideración la precipitación anual en la región de la instalación, la intensidad máxima de la precipitación y el área superficial del techo. Por otro lado, es conveniente colocar un filtro de tela en la entrada de tanque, con el fin de filtrar partículas pequeñas y prevenir la propagación de mosquitos dentro del tanque. Se debe de limpiar este filtro del mismo modo que la malla metálica. Finalmente, el tanque de almacenamiento cuenta con un grifo de salida para poder extraer fácilmente el agua almacenada (Patange, 2020).

A. Descripción de la metodología

El proyecto entero se dividió en cinco etapas. La primera etapa consistió de una investigación previa en donde se buscó conocer acerca del proceso que se debe llevar a cabo para poder purificar agua utilizando únicamente energía solar. Así mismo, se investigó acerca de proyectos realizados previamente por otras personas en donde se implementó un sistema de bombeo o recolectores de agua pluvial en procesos de purificación de agua. Estas investigaciones se realizaron con el fin de poder determinar parámetros como el tamaño de la bomba a utilizar, requerimiento del caudal de la bomba, la potencia del panel a utilizar, el tipo de acople adecuado para el sistema, el mecanismo y los materiales a utilizar para el recolector de agua pluvial.

La segunda etapa consistió en contactar a la administración del parque, con el motivo de presentar el proyecto y llevar a cabo una planificación en conjunto. Luego de haber establecido las bases del proyecto con la administración, se realizó una visita técnica al parque en donde se decidió el lugar apropiado en donde instalar el sistema completo. Además, se obtuvo las medidas necesarias para realizar el diseño de todos los componentes.

La tercera etapa estuvo compuesta por el primer diseño de ambos sistemas. Como primer instante, se plantearon los requisitos que debían cumplir estos dos sistemas. Seguido, se definió la estructura para el colector y se realizó un modelo 3D de él. Posteriormente, se seleccionó la bomba que cumplía con los requisitos previamente establecidos. Teniendo la bomba a utilizar se diseñó el sistema eléctrico del sistema completo. Este sistema eléctrico estuvo compuesto por un panel solar, una batería, un controlador solar y las conexiones eléctricas entre estos componentes.

La cuarta etapa consistió en el desarrollo y construcción del prototipo. En esta fase se

compró la bomba de agua, el panel solar, la batería, el controlador solar, los materiales de construcción y las distintas herramientas necesarias para la construcción de ambos sistemas. Luego se fabricaron los distintos componentes del colector de agua pluvial y la estructura del panel solar. Teniendo los componentes listos, se procedió a ensamblar ambos sistemas. Después, se ensamblaron estos dos sistemas al sistema general de purificación de agua y se realizaron pruebas de funcionamiento.

La última etapa consistió en realizar modificaciones en el prototipo según las fallas encontradas en la cuarta etapa. Con estas modificaciones se llegó a obtener el resultado final para el sistema de recolección de agua de lluvia y el sistema de bombeo.

B. Identificación de las necesidades

Para lograr entender las necesidades del parque se realizó una primera visita técnica. Durante esta visita se presentaron dos posibles localizaciones para poder instalar el sistema completo, mostradas en las **Figuras 6 y 7**. Se optó por utilizar la localización #2 porque el terreno era más regular, no contaba con árboles que generaran sombra sobre el panel solar y contaba con una fuente de agua accesible en caso de que no lloviera. Habiendo seleccionado la localización a trabajar, se procedió a delimitar el área disponible para instalar el sistema completo. El área delimitada se puede observar en la **Figura 8**. A continuación, se obtuvo medidas del ancho y largo del área delimitada, al igual que las distancias entre el perímetro del área y elementos cercanos. Las mediciones tomadas se pueden observar en la **Figura 9**.



Figura 6: Localización #1 para la instalación del sistema completo



Figura 7: Localización #2 para la instalación del sistema completo



Figura 8: Delimitación de área disponible para la instalación del sistema completo

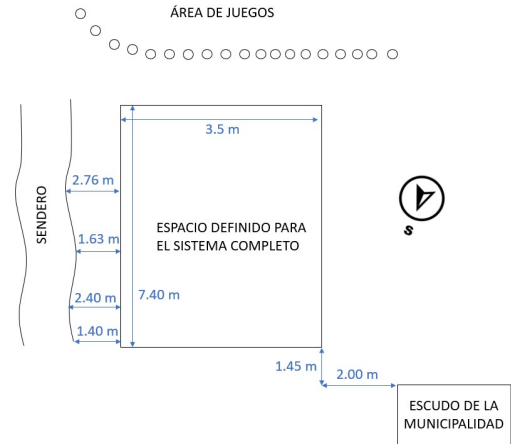


Figura 9: Boceto del área delimitada

Se tuvo una conferencia virtual con la empresa Siemens, en donde se planteó que se utilizará un controlador LOGO! para regir la activación de las electroválvulas y la bomba de agua. Dentro de los hallazgos más importantes de la conferencia fue que se decidió utilizar una sola línea eléctrica de 12 V, la cual está alimentada por la batería. Así mismo, se determinó que era necesario tener breakers de protección para el amperaje máximo, tanto para el módulo base (0.8 A) como para la pantalla TDE del LOGO! (0.5 A). El sistema de control se desarrolló en el módulo de purificación de agua.

Se realizó una visita a las oficinas centrales de La Casa de las Baterías, con el propósito de verificar si ofrecían componentes útiles para la alimentación eléctrica del sistema completo. Se determinó que se podía utilizar un panel solar para cargar una batería mediante un controlador solar. Luego, obtener la línea eléctrica a partir de la batería. Se tenía la incógnita de qué tan consistente era el voltaje de salida de la batería, ya que era un aspecto importante a tomar en cuenta para el funcionamiento y la vida útil del controlador LOGO!. Para resolver esta incógnita se armó el sistema descrito anteriormente y haciendo uso de un multímetro se midió el voltaje de salida tres veces, en intervalos de 10 minutos. Los resultados se muestran tabulados en el **Cuadro 1**. Con los resultados obtenidos se comprobó que la batería era capaz de entregar un voltaje dentro de los parámetros aceptables del controlador LOGO! (entre 10.8-28.8 V). En la **Figura 10** se puede observar el sistema ensamblado para la prueba realizada. Por parte de La Casa de las Baterías se obtuvo el panel solar como patrocinio al proyecto.

No. de corrida	Voltaje (V)
1	12.40
2	12.37
3	12.46

Cuadro 1: Mediciones de voltaje de salida de la batería



Figura 10: Prueba de estabilidad de voltaje de la batería

C. Definición de requisitos

Luego de identificar las necesidades fue necesario establecer los requisitos que el diseño debía de cumplir para ser funcional y capaz de satisfacer las necesidades vistas anteriormente. Se plantearon distintos tipos de requisitos, entre ellos: requisitos de funcionalidad, requisitos de seguridad, requisitos de facilidad para el usuario y requisitos ambientales. En los **Cuadros 2 y 3** se detallan los requisitos que debe cumplir el diseño.

Número de requisito	Descripción del requisito	Tipo de requisito
1	Se debe limpiar el panel solar utilizando solo una escalera de 1.5 metros, agua y un trapo de microfibra.	Usuario
2	Se debe poder acceder a la parte interna del motor de la bomba utilizando llaves inglesas y destornilladores estándar.	Funcionalidad
3	No deben entrar agentes externos al sistema.	Funcionalidad y Seguridad
4	El panel solar debe estar posicionado hacia el sur.	Funcionalidad
5	El panel solar debe tener una inclinación de 15° con respecto al piso.	Funcionalidad
6	No debe haber ningún componente que le haga sombra al panel solar.	Funcionalidad
7	El panel solar, la bomba de agua y el colector pluvial deben poder trasladarse del parqueo del Parque Ecológico La Asunción hasta el espacio a la par del escudo de la municipalidad usando únicamente un trocket si es necesario.	Usuario
8	Los componentes de este módulo no deben emitir gases contaminantes al medio ambiente.	Ambiental
9	El panel solar debe de poder alimentar la bomba y los dispositivos eléctricos dentro del módulo de purificación de agua, con la electricidad suficiente para que estos puedan operar según las especificaciones de los fabricantes.	Funcionalidad
10	Los componentes de este módulo no deben tener partes filosas que puedan cortar a alguien.	Seguridad
11	Los componentes de este módulo deben de poder ensamblarse en el parque sin necesidad de una soldadora eléctrica.	Usuario

Cuadro 2: Requisitos del diseño

Número de requisito	Descripción del requisito	Tipo de requisito
12	Todos los componentes del módulo deben mantener su integridad durante 9 horas siendo expuestos al sol.	Funcionalidad
13	Asegurar todos los componentes de este módulo a la estructura principal para que estos no puedan ser tomados con propósitos malignos.	Seguridad
14	La bomba debe ser capaz de impulsar el agua del depósito inicial hasta el colector solar.	Funcionalidad
15	El depósito inicial debe de tener una entrada auxiliar de agua para permitir la conexión de una manguera de agua en caso de que no llueva.	Funcionalidad
16	El colector de lluvia debe de poder desmontarse por una persona utilizando únicamente destornilladores y llaves inglesas, en dado caso se desee almacenar.	Usuario
17	El sensor de nivel de agua del primer tanque debe indicar el nivel mínimo para accionar la bomba, evitando así que esta se quemé.	Funcionalidad
18	No debe existir fugas de agua en los acoples entre los distintos componentes del sistema completo de purificación de agua.	Funcionalidad
19	La geometría del panel solar no debe ser mayor a 2 m de largo por 1 m de ancho.	Funcionalidad y Usuario
20	La bomba de agua debe de ser de 12V.	Funcionalidad
21	La altura del colector de lluvia no debe ser mayor a 2 m.	Funcionalidad y Usuario
22	El depósito de agua debe tener una capacidad de 450 L.	Funcionalidad

Cuadro 3: Continuación de requisitos del diseño

D. Diseños preliminares

Como primer diseño, se realizó un boceto del sistema completo, mostrado en la **Figura 11**. Para este diseño se pensó tener una sección en donde estaría el primer depósito de agua en conjunto con el colector de lluvia, la bomba, el sistema de alimentación eléctrica y el filtro. Otra sección en donde estaría el colector solar y una última en donde estaría el segundo depósito del cual las personas podrán servirse el agua purificada.

El flujo de agua iniciaría en el colector pluvial, en donde se capta el agua de lluvia y se almacena en el primer depósito. Luego, esta agua sería impulsada desde el depósito, a través del filtro de membrana, hasta llegar al colector solar. El agua estaría encapsulada en el colector solar las horas necesarias para poder ser desinfectada. Finalmente, por medio de gravedad el agua purificada sería trasladada al segundo depósito para su consumo. Se pensó tener sensores de nivel para indicar los niveles máximos y mínimos de ambos depósitos y del colector solar. Todos los dispositivos eléctricos estarían alimentados por la batería de 12 V.

Todas las secciones estarían montadas sobre una estructura hecha con tubos metálicos cuadrados. Se diseñó el colector de forma cónica con el propósito de servir como embudo hacia el primer depósito. Por otro lado, se colocó el panel solar a una altura elevada para que los mismos componentes del sistema no generaran sombra sobre el panel solar.

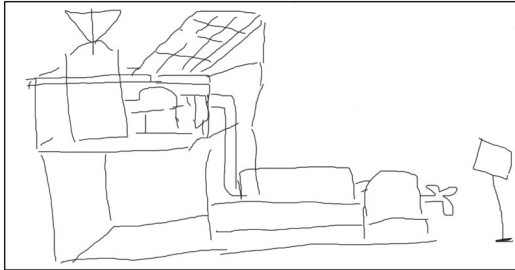


Figura 11: Primer diseño del sistema completo

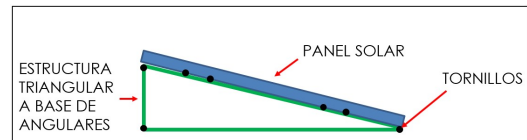


Figura 12: Boceto de estructura para el panel solar

Después de este diseño se procedió a generar un diseño del sistema de bombeo y colección de agua pluvial en el programa de Autodesk Inventor®, mostrado en la **Figura 13**. Se puede observar que el diseño contiene una estructura que sostiene todos los componentes, un depósito de agua, el colector pluvial, la bomba, los filtros, la batería y el controlador solar. En este diseño se modificó la orientación del panel solar para que este estuviera orientado hacia el sur, de esta manera estaría recibiendo la mayor cantidad de radiación durante el día. Así mismo, se incluyó una estructura que permitiría fijar el panel solar a la estructura principal. La estructura para el panel solar se diseñó con una geometría triangular por la rigidez que aporta la forma y para poder inclinar el panel solar a 15° . El diseño preliminar de la estructura para el panel solar se puede observar en la **Figura 12**. Así mismo, en la **Figura 14** se muestra el sistema general de purificación de agua con los tres módulos integrados.

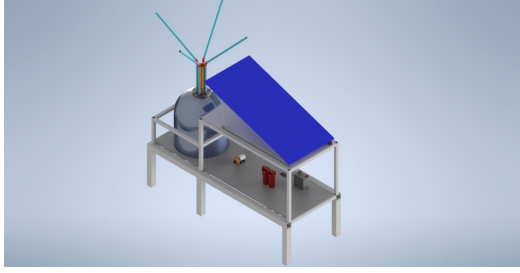


Figura 13: Diseño del sistema de bombeo y colección de agua pluvial

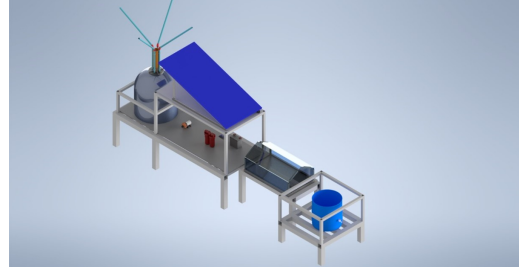


Figura 14: Diseño del sistema general de purificación de agua

E. Cálculos

Para determinar la bomba a utilizar, se debía de conocer el caudal mínimo necesario para poder cubrir las pérdidas de carga total. Este cálculo fue realizado por la persona a cargo del módulo de purificación de agua y se obtuvo un valor para la pérdida de carga total igual a:

$$\text{Pérdida de carga total} = h_{L,total} = 3.427 \text{ m}$$

Así mismo se obtuvo un valor para el caudal mínimo necesario igual a:

$$\text{Caudal mínimo necesario} = Q_{min} = 0.250 \text{ L/s}$$

El siguiente cálculo que se realizó fue la potencia requerida del panel solar para poder suplir la potencia máxima demandada por parte de los componentes eléctricos. Para obtener esta potencia se calculó el volumen diario de agua requerido por el sistema. Este dato se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Volumen diario de agua requerido por el sistema} = V = \text{Cantidad de agua consumida en un día concurrido [L]} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ L}}$$

$$V = 200 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ L}} = 0.200 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con el dato del volumen diario de agua requerido por el sistema, se procedió a calcular la energía hidráulica requerida de la siguiente forma:

$$\text{Energía hidráulica requerida} = E_h = \rho g h_{L,total} V$$

$$E_h = 1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 3.427 \text{ m} \times 0.200 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ kW}}{1,000 \text{ W}} = 0.280 \text{ kWh}$$

Luego se calculó la energía total requerida por todos los componentes del sistema completo de purificación de agua. El cálculo de la energía requerida por el controlador LOGO!, las electroválvulas y los sensores de nivel fue realizado por la persona a cargo del módulo de purificación de agua. Teniendo estos datos, se calculó la energía total requerida de la siguiente manera:

Energía total requerida por todos los componentes = $E_{Tot} = E_h + E_{LOGO} + E_{Electroválvulas} + E_{Sensores}$

$$E_{Tot} = 0.280 \text{ kWh} + 0.288 \text{ kWh} + 0.014 \text{ kWh} + 0.121 \text{ kWh} = 0.703 \text{ kWh}$$

Donde,

E_{LOGO} = Energía requerida por el controlador LOGO!

$E_{Electroválvulas}$ = Energía requerida por las dos electroválvulas

$E_{Sensores}$ = Energía requerida por los tres sensores de nivel

A partir de la energía total requerida por todos los componentes eléctricos se calculó la potencia requerida del panel fotovoltaico. Partiendo de la ecuación para calcular la producción diaria de energía de un panel fotovoltaico, se despejó para el área del panel fotovoltaico, A_{PV} , obteniendo la **Ecuación** [1] mostrada a continuación:

$$E_{pv} = A_{PV} G_T \eta_{PV} \rightarrow A_{PV} = \frac{E_{pv}}{G_T \eta_{PV}} \quad [1]$$

Luego se sustituyó la **Ecuación** [1] en la **Ecuación** [2] correspondiente al cálculo de la potencia de un panel fotovoltaico. Con esta sustitución se obtuvo la **Ecuación** [3].

$$P_{PV} = A_{PV} G_R \eta_r \quad [2]$$

$$P_{PV} = \frac{E_{pv}}{G_T \eta_{PV}} G_R \eta_r \quad [3]$$

Después, partiendo de la ecuación que relaciona la energía total demandada por los componentes eléctricos y la energía producida por el panel fotovoltaico, se despejó para la energía fotovoltaica, E_{pv} , obteniendo la **Ecuación** [4].

$$E_{Tot} = \eta_s E_{pv} \rightarrow E_{pv} = \frac{E_{Tot}}{\eta_s} \quad [4]$$

Por último se sustituyó la **Ecuación** [4] en la **Ecuación** [3] para obtener la **Ecuación** (5), la ecuación para calcular la potencia requerida del panel solar en base a variables conocidas.

$$P_{PV} = \frac{E_{Tot}}{G_T \eta_{PV} \eta_s} G_R \eta_r \quad [5]$$

Donde,

η_s = Eficiencia del subsistema

E_{pv} = Energía fotovoltaica

A_{pv} = Área del panel fotovoltaico

G_T = Radiación solar sobre una superficie

η_{pv} = Eficiencia del panel solar en condiciones de operación

G_R = Radiación solar a temperatura de referencia (25°C)

η_r = Eficiencia del panel solar a temperatura de referencia (25°C)

Para el valor de la radiación solar sobre una superficie se encontró un mapa de potencial solar publicado por el Ministerio de Energía y Minas en donde se se puede observar que para la Ciudad de Guatemala el valor de radiación solar es equivalente a $6.0 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Este mapa de potencial solar se puede observar en la **Figura 15**.

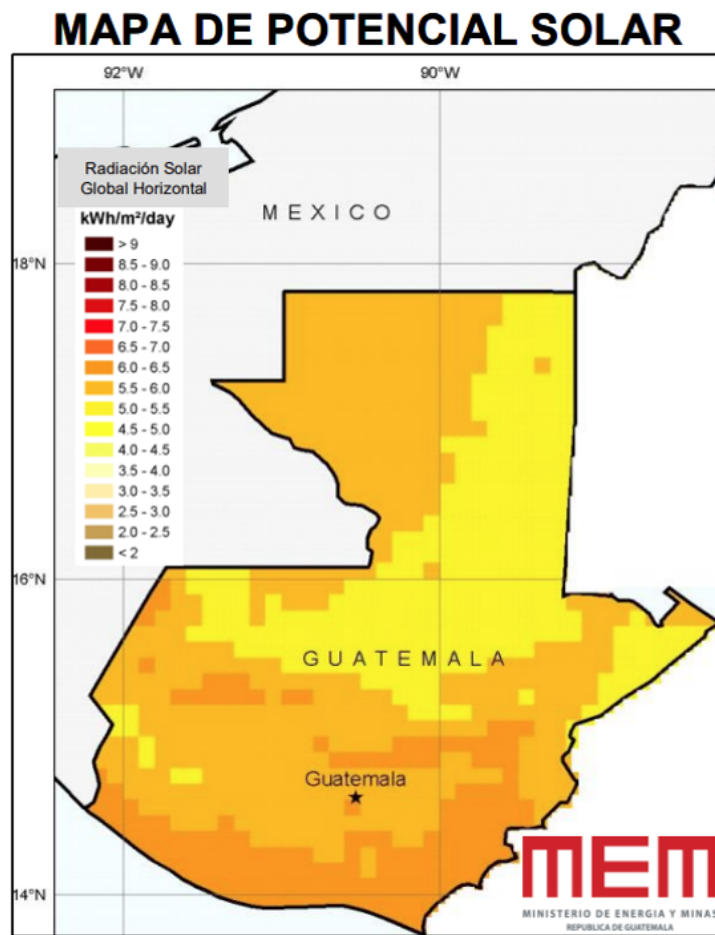


Figura 15: Mapa de potencial solar en Guatemala

(MEM, 2018)

Dado a que la temperatura de referencia es a 25°C, la radiación solar a esa temperatura es igual a 1000 W/m² (Al-Badi, 2016). La eficiencia del panel solar en condiciones de operación fue obtenida de la ficha técnica del panel solar utilizado equivalente a una eficiencia del 17%. Del mismo modo, la eficiencia del panel solar a temperatura de referencia de 25°C también se obtuvo de la ficha técnica del panel solar utilizado equivalente a una eficiencia del 20%. Finalmente, para la eficiencia del subsistema se utilizó una eficiencia igual al 85%, dado a que en el artículo publicado por Al-Badi se menciona que los sistemas de bombeo de agua mediante energía solar que emplean un sistema de control poseen una eficiencia cercana al 85%. Dicho esto se obtuvo una potencia requerida para el panel solar equivalente a:

$$P_{PV} = \frac{0.700 \text{ kWh}}{6.0 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 0.17 \times 0.85} \times 1,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 0.20 = 162.073 \text{ W}$$

Adicional, se calculó una proyección mensual de la cantidad de agua pluvial colectada por colector de agua pluvial. Para ello se obtuvo información acerca de la precipitación media en la Ciudad de Guatemala a lo largo de todos los meses del año 2020. En la **Figura 16** se muestran los datos utilizados obtenidos de Weather Atlas. Así mismo, se obtuvo el área efectiva de colección de lluvia a partir de la geometría cuadrada formada por el embudo visto desde arriba.

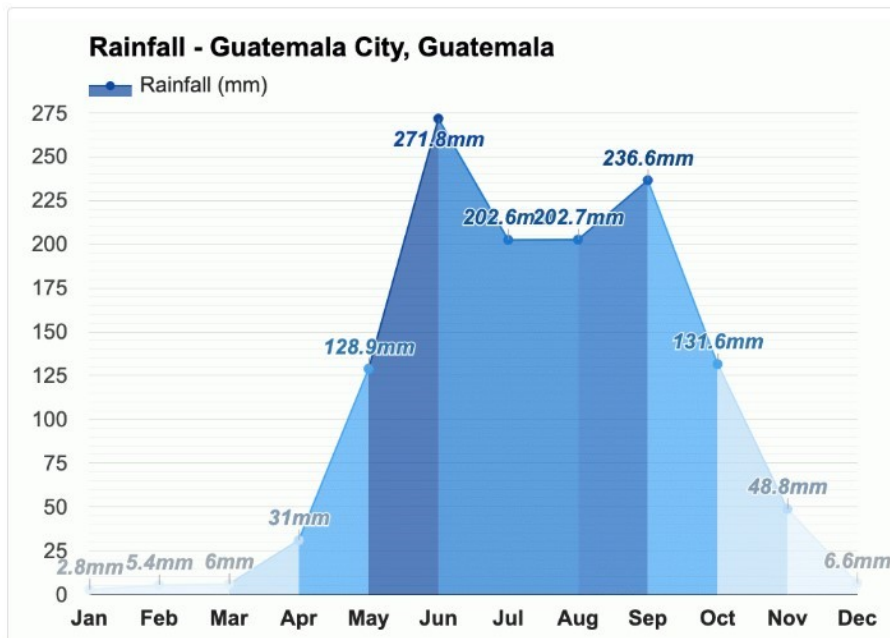


Figura 16: Precipitación media mensual en la Ciudad de Guatemala

(«Guatemala, Guatemala - Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual», s.f.)

Se calculó la proyección mensual de la cantidad de agua pluvial colectada para el mes de enero utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cantidad de agua pluvial colectada [L]} = \text{Área efectiva [mm}^2] \times \text{Precipitación media [mm]} \times \frac{1 \text{ L}}{1,000,000 \text{ mm}^3}$$

$$\text{Cantidad de agua pluvial colectada [L]} = 905,230.462 \text{ mm}^2 \times 2.8 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ L}}{1,000,000 \text{ mm}^3} = 2.53 \text{ L}$$

Se iteró este proceso para todos los meses del año y se obtuvieron los siguientes resultados:

Mes	Precipitación media (mm)	Cantidad de agua pluvial colectada (mm^3)	Cantidad de agua pluvial colectada (L)
Enero	2.8	2,534,645.29	2.53
Febrero	5.4	4,888,244.50	4.89
Marzo	6.0	5,431,382.77	5.43
Abril	31.0	28,062,144.32	28.06
Mayo	128.9	116,684,206.60	116.68
Junio	271.8	246,041,639.60	246.04
Julio	202.6	183,399,691.60	183.40
Agosto	202.7	183,490,214.70	183.49
Septiembre	236.6	214,177,527.30	214.18
Octubre	131.6	119,128,328.80	119.13
Noviembre	48.8	44,175,246.55	44.18
Diciembre	6.6	5,974,521.05	5.97
TOTAL		1,153,987,793.08	1,153.99

Cuadro 4: Cálculo de cantidad mensual de agua pluvial colectada

Para la etapa de pruebas, se calculó la cantidad de agua pluvial colectada en una semana obteniendo el volumen de agua dentro del depósito pasada la semana. Se utilizó la ecuación para el volumen de un cilindro, dado a que la geometría del depósito se asemeja a esta figura. El cálculo realizado se muestra a continuación:

$$\text{Volumen de un cilindro} = \pi \times \text{radio de la base del cilindro}^2 \times \text{altura del cilindro}$$

$$\text{Volumen del agua colectada después de una semana} = \pi \times (43.500 \text{ cm})^2 \times 19 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ L}}{1,000 \text{ cm}^3} = 112.940 \text{ L} \approx 113 \text{ L}$$

F. Diseño final

A partir de las ideas preliminares se llegaron a los diseños finales para el colector de agua pluvial y la estructura para el panel solar, exhibidos en las **Figuras 17 y 18**. A grandes rasgos, el diseño final del colector de agua pluvial consiste en un depósito de agua de 450 litros como base, una estructura de PVC y un embudo de nylon. El depósito posee una apertura a un costado para permitir la ventilación de aire y prevenir que exista desbordamiento. Así mismo, posee una entrada auxiliar de agua a un costado para permitir el ingreso de agua a través de una manguera de jardín en caso que no llueva. El diseño cuenta con una malla de plástico arriba del embudo y un colador para lavatrastos en la parte superior del tubo principal naranja para prevenir que entren hojas y otras partículas al depósito. También cuenta con un sensor de nivel que previene el funcionamiento de la bomba de agua en caso no exista agua dentro del depósito. El diseño final de la estructura para el panel solar se mantuvo similar al diseño preliminar. El único cambio que se realizó fue la adición de un angular en el medio de la estructura, el cual aumentó la rigidez de la estructura.

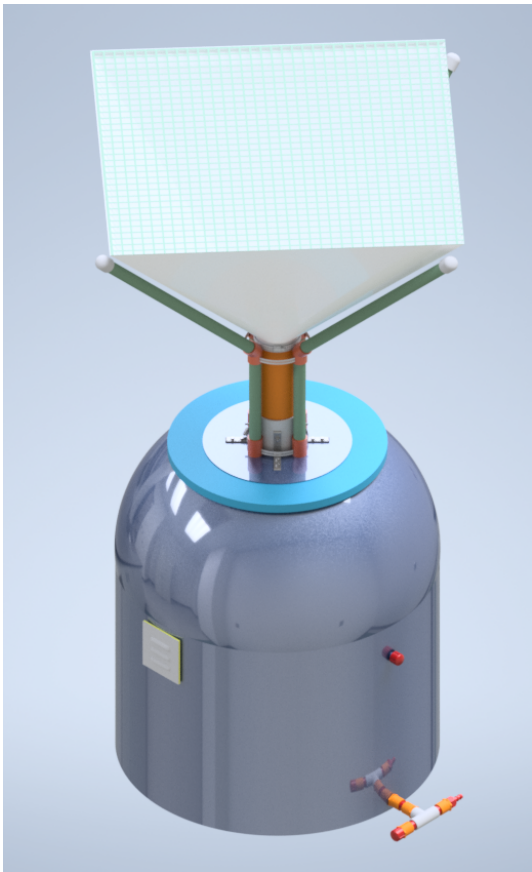


Figura 17: Diseño final del colector de agua pluvial

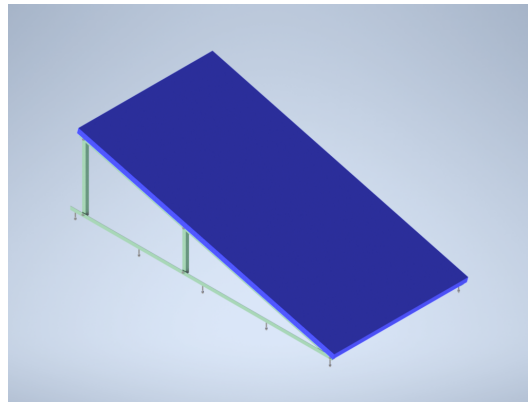


Figura 18: Diseño final de la estructura para el panel solar

Se optó por utilizar una bomba de agua de diafragma de 12V marca DC House, de corriente continua, capaz de ofrecer un caudal de $0.95 L/s$. Se tomó esta decisión ya que se diseñó para que todos los componentes eléctricos fueran alimentados por una batería de carro cuyo voltaje de salida es de 12V. Así mismo, se eligió una bomba de corriente continua ya que el panel solar a utilizar y la batería de carro funcionan con corriente continua. Dicho esto, se evitó el uso de un inversor de corriente, facilitando la instalación del sistema eléctrico. Por otro lado, esta bomba puede ofrecer un caudal por encima del caudal mínimo para sopesar las pérdidas de carga, evitando que se dieran problemas de falta de caudal en el sistema. Adicionalmente, se optó por utilizar una bomba de diafragma dado a que poseen alto rendimiento a comparación de los demás tipos de bombas de agua que trabajan a 12V. La bomba de agua utilizada se muestra en la **Figura 19**.

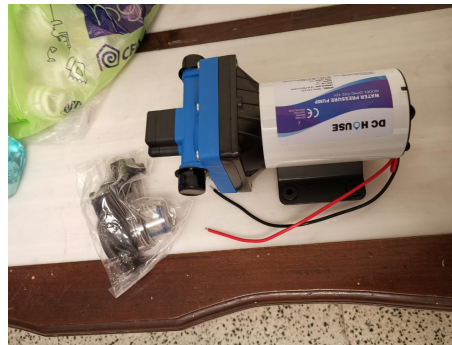


Figura 19: Bomba de agua utilizada marca DC House

Respecto al panel solar, se decidió utilizar un panel solar cuya potencia fuera un 50 % mayor de la potencia requerida por los componentes eléctricos. Dicho esto, se había diseñado el sistema para que operara con un panel solar de 245W, sin embargo el panel solar comercial más cercano a esta potencia era un panel de 270W. Se planeaba utilizar el panel de 270W, sin embargo, como se mencionó anteriormente se obtuvo el panel como patrocinio del proyecto y el panel patrocinado posee una potencia de 380W. Definitivamente, este panel solar está sobredimensionado, pero asegura que se logrará cumplir con el requerimiento de potencia por parte de los componentes eléctricos. El panel solar utilizado se muestra en la **Figura 20**.



Figura 20: Panel solar utilizado marca Jinko

Adicionalmente, se utilizó una batería de carro de 12V plomo-ácido marca Autocraft, de ciclo profundo, carga eléctrica de 96 Ah y un controlador solar marca BlueSolar de 12/24V-20A.

G. Proceso de fabricación

El proceso de fabricación inició con el sistema de recolección de agua de lluvia. El primer paso que se llevó a cabo fue cortar cuatro tubos de PVC de 1" de diámetro a 300 mm de largo, cuatro tubos de 1" de diámetro a 800 mm de largo y un tubo de 4" de diámetro a 500 mm de largo. Los tubos de 1" de diámetro fueron utilizados para crear los tubos de soporte de la estructura y el tubo de 4" de diámetro fue utilizado para crear el tubo principal por donde se transportó el agua recolectada al depósito. En la figura **Figura 21** se muestra la operación del corte de tubos.

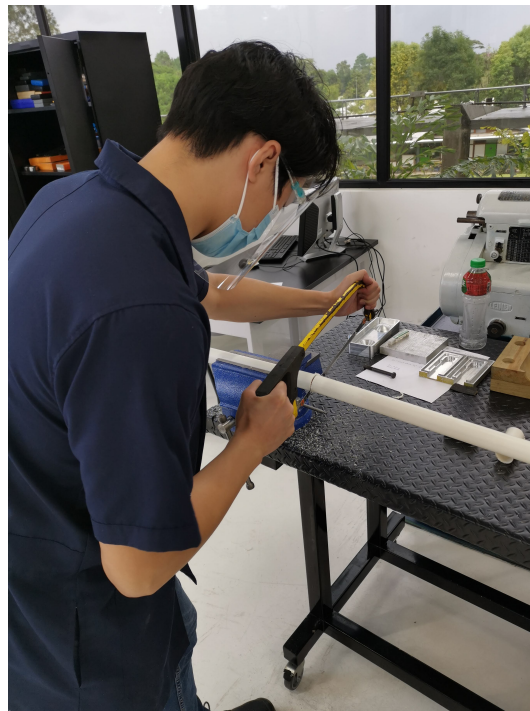


Figura 21: Corte de tubos de soporte

Teniendo los tubos cortados al largo especificado en el diseño, se procedió a utilizar la fresadora para realizar ranuras a los acoples de PVC de 1" con el motivo de crear un espacio por donde pudiera pasar una abrazadera y asegurar los tubos de soporte en la parte inferior. En la **Figura 22** se muestra la operación de ranurado en la fresadora y el resultado de esto se presenta en la **Figura 23**.



Figura 22: Maquinado de ranuras



Figura 23: Ranuras en acoples de 1"

El siguiente paso fue pegar los tubos de 300 mm y 800 mm a un codo de 45°, utilizando cemento para PVC, posicionando el tubo de 800 mm en la salida con ángulo. En la **Figura 24** se muestra este ensamble. Así mismo, se pegó el acople de 1" en el otro extremo del tubo de 300 mm. Teniendo pegados los componentes se realizaron ranuras en los codos de 45° para permitir el paso a otra abrazadera que asegura los tubos de soporte en la parte superior. La operación descrita anteriormente se puede observar en la **Figura 25**.

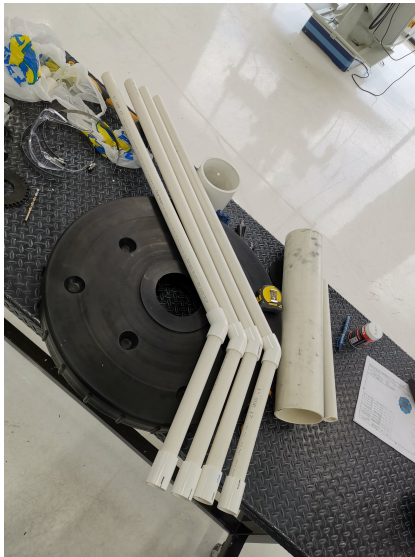


Figura 24: Conjuntos de tubo de 300 mm, tubo de 800 mm, codo de 45° y acople de 1"



Figura 25: Ranuras en codo de 45°

Finalizada la operación de las ranuras en los codos de 45° se maquinó el acople de 4". Este componente impuso el primer desafío al diseño, dado a que se necesitaba de una forma de sujetar la estructura a la tapadera del depósito sin tener que perforar el tubo principal de 4" de diámetro. Dicho esto se utilizó un acople de PVC que estaría pegado al tubo principal y atornillado a cuatro angulares mediante tornillos escondidos para fijar la estructura a la tapadera del depósito. Para lograr esto se utilizó el torno para remover la vena interna del acople y desbastar la parte interna del acople en 1 mm, permitiendo que el tubo principal pudiera atravesar el acople. Esta operación se muestra en la **Figura 26** Se perforaron cuatro agujeros a la mitad del acople separados a 90° entre sí. Estos agujeros se realizaron para poder unir los angulares de soporte al acople. Para lograr ocultar la cabeza de los tornillos se realizó un avellanado en cada agujero. El acople sin vena y con los agujeros perforados se puede observar en la **Figura 27** Después de realizar el avellanado, se atornillaron los angulares de soporte al acople mediante tornillos galvanizados de cabeza plana.



Figura 26: Torneado de acople de 4"

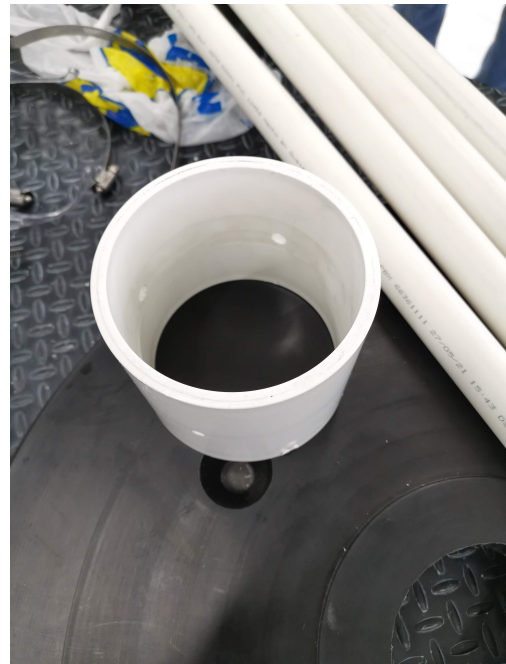


Figura 27: Acople sin vena y con agujeros avellanados

Posterior al maquinado del acople se realizó un agujero en el centro de la tapadera del depósito de diámetro igual al diámetro exterior del tubo principal, para permitir que solo el tubo principal pudiera atravesarlo. Esta operación se presenta en la **Figura 28**. Debido a agujero realizado en la tapadera, esta perdió rigidez y era necesario reforzarla para que fuera capaz de resistir el peso de la estructura de PVC. Para reforzarla se colocaron cuatro acoples de 1" de diámetro adentro de la tapadera. Se redujo en 3 mm la longitud de los acoples en el torno para que encajaran adentro de la tapadera, mostrado en la **Figura 29**. Así mismo, se cortaron dos arandelas de acrílico en la cortadora láser, de las cuales una se colocó encima de la tapadera y la otra por debajo de la tapadera para aumentar su rigidez. El corte de las arandelas se puede observar en la **Figura 30**. Seguidamente, se alineó el agujero del acople de 4" de diámetro con el agujero de la tapadera y se perforaron ocho agujeros en la tapadera y ambas arandelas alineados con los agujeros de los angulares de soporte unidos al acople

de 4" de diámetro. Esta operación se exhibe en la **Figura 31**. En la **Figura 32** se muestra el ensamble de la tapadera, las arandelas, el acople de 4" de diámetro y los angulares de soporte.

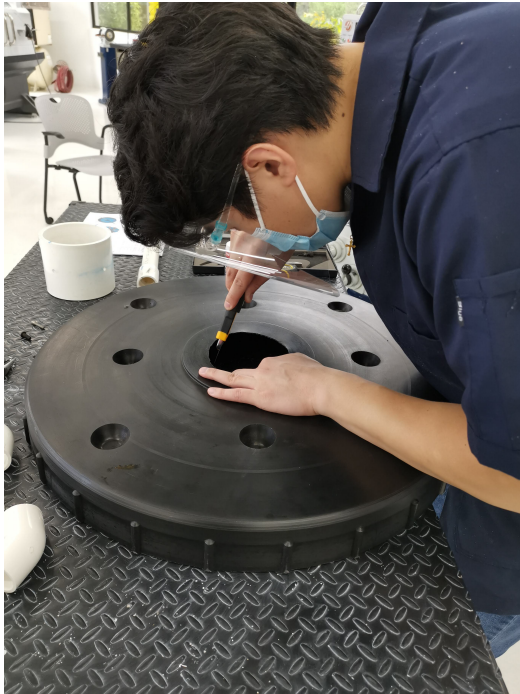


Figura 28: Corte de agujero en tapadera



Figura 29: Maquinado de soportes internos de tapadera

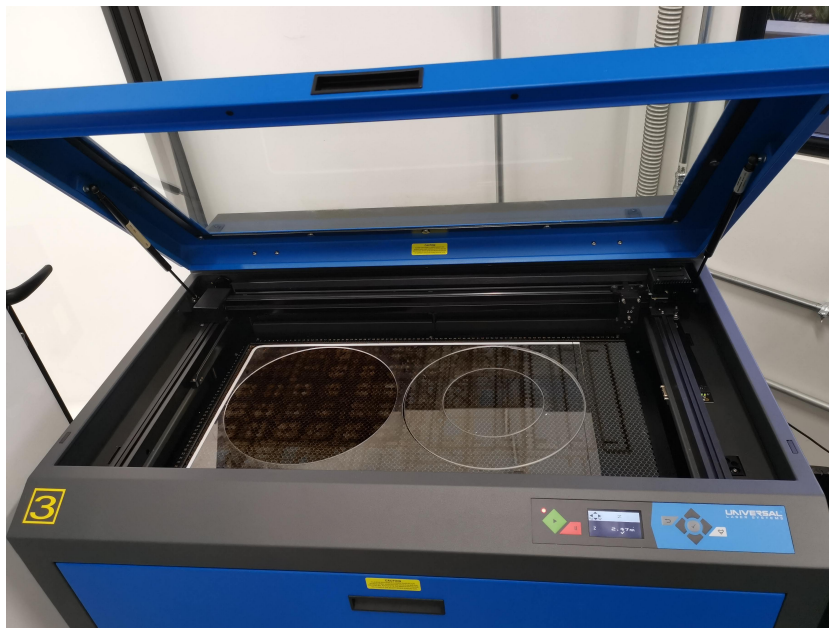


Figura 30: Corte de arandelas en acrílico



Figura 31: Ensamble de base sobre tapadera



Figura 32: Agujeros en las arandelas y tapadera

Teniendo la base de la estructura atornillada a la tapadera del depósito se introdujo el tubo principal de 4" a través del acople de 4" situando el extremo inferior del tubo a 200 mm del extremo inferior del acople. Se realizaron marcas en el tubo principal delimitando la posición inicial y final de contacto entre el tubo principal y el acople. Seguidamente se extrajo el tubo principal del acople y se aplicó cemento para PVC sobre el tubo principal cubriendo el área de contacto delimitada anteriormente. Inmediatamente se volvió a introducir el tubo principal al acople a la posición determinada anteriormente, dejando completamente unidas ambas partes. A continuación se situaron los cuatro tubos de soporte alrededor del tubo principal, en los espacios entre los angulares de soporte, espaciados a 90°. Se introdujo una abrazadera en las ranuras situadas en la parte inferior de los tubos de soporte y esta se apretó haciendo uso de un destornillador de cara plana. Este mismo procedimiento se realizó para las ranuras en la parte superior de los tubos de soporte. En la **Figura 33** se puede observar el montaje de la estructura completa sobre el depósito.



Figura 33: Estructura completa montada sobre el depósito

Después de montar la estructura completa sobre el depósito, se procedió a fabricar el prototipo del embudo. Como primer instante, se aseguró que los extremos superiores de los tubos de soporte estuvieran equidistantes entre sí, formando un cuadrado visto desde arriba. Posteriormente, se realizaron tres mediciones: la distancia entre dos extremos superiores de los tubos de soporte, la distancia entre uno de los extremos superiores de los tubos de soporte y diez centímetros por debajo del extremo superior del tubo principal y la distancia entre los centros de dos codos de 45°. Estas medidas se utilizaron para formar cada uno de los cuatro lados del embudo. Se trazó la geometría cuatro veces sobre una manta vinílica y se cortaron para tener los cuatro lados del embudo. Luego se pegaron las orillas laterales de los patrones utilizando masking tape formando el embudo. El embudo se aseguró a la estructura haciendo uso de cinchos plásticos. En el paso anterior, se encontró dificultad en doblar la parte inferior del embudo para que abrazara correctamente el tubo principal. Dicho esto, se realizó un corte triangular en la parte inferior del patrón con el propósito de facilitar su doblez. Adicional, se determinó que las pestañas localizadas en la parte superior debían de estar alineadas con las líneas laterales del patrón para facilitar su sujeción a la parte superior de los tubos de soporte. En **Figura 34** se puede observar las cuatro partes del prototipo del embudo.



Figura 34: Partes que componen el embudo

Tomando en cuenta las modificaciones descritas anteriormente, se trazaron de nuevo los cuatro lados del embudo sobre una tela de nylon color blanco y se cortaron las geometrías trazadas. Luego, se cosieron las cuatro partes por los lados laterales formando el embudo. En la **Figura 35** se muestra el proceso que se llevó a cabo para coser las partes del embudo. Posteriormente, se ensambló el embudo en la estructura prensando las pestañas a la parte superior de los tubos de soporte mediante tapones de PVC de 1" de diámetro y utilizando una abrazadera para fijar la parte inferior del embudo al tubo principal.



Figura 35: Proceso de coser las partes del embudo

Seguido del paso anterior, se tomaron medidas del perímetro de la geometría cuadrada formada por el embudo visto desde arriba. Con estas medidas, se cortó una pieza de malla plástica con la geometría cuadrada. Se realizaron tres ojeteros en la parte superior de cada lado del embudo. A través de los ojeteros, se sujetó la malla al embudo utilizando cinchos plásticos. Adicionalmente, se colocó un colador de lavaplatos en la parte superior del tubo principal. Se enroscó un flote en el agujero de entrada auxiliar de agua del depósito y se tapó con un tapón de PVC de 3/4" de diámetro. A parte, se enroscó un acople hembra de PVC de 3/4" de diámetro en el agujero de salida del depósito. Al acople se pegó, utilizando cemento para PVC, un segmento de 5 cm de largo de tubo PVC de 3/4" de diámetro. Seguido del tubo se unió con cemento para PVC otro acople hembra con rosca de 3/4" de diámetro, dejando el extremo roscado hacia afuera. Seguidamente, se roscó una "T" de PVC con rosca. En cada una de las salidas de la "T" se pegó, utilizando cemento para PVC, un segmento de 5 cm de largo de tubo PVC de 3/4" de diámetro. Seguido de cada tubo, se unió con cemento para PVC un acople hembra con rosca de 3/4" de diámetro, dejando el extremo roscado hacia afuera. En una de las salidas se añadió un accesorio de manguera reductor de diámetro de

3/4" a 1/2" de diámetro. En la otra salida se añadió un tapón de PVC de 3/4" de diámetro. En la **Figura 36** se muestra el ensamble terminado de la parte superior del colector de lluvia y ambos la entrada auxiliar y salida de agua.



Figura 36: Parte superior terminada del colector de lluvia

La última operación que se realizó al colector de lluvia, fue la creación del sistema de respiración y protección contra desbordamiento. Para ello se trazó una ventana rectangular a un costado del depósito y con ayuda de una caladora se cortó el perímetro de la ventana. Finalmente, se remachó una esponja y una lámina de ventilación sobre la ventana creada. En las **Figuras 37 y 38** se muestran las operaciones detalladas anteriormente. El resultado final del colector de lluvia se exhibe en la **Figura 39**.



Figura 37: Operación de corte de ventana al depósito



Figura 38: Remachado de esponja y lámina de ventilación



Figura 39: Colector de lluvia terminado

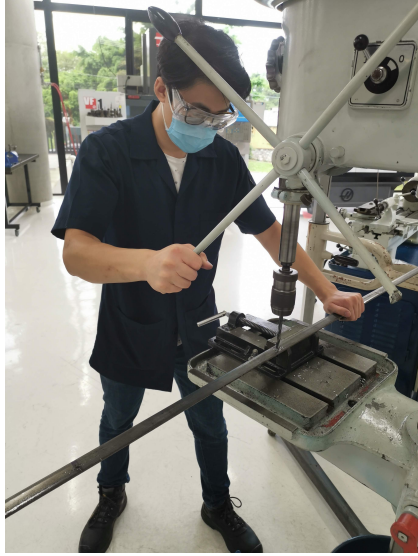


Figura 40: Perforación de agujeros en el taladro



Figura 41: Atornillado de angulares

Después de fabricar el sistema recolección de lluvia, se fabricó la base para el panel solar. Se inició cortando cuatro angulares de 77" de largo, dos angulares de 520 mm de largo y dos angulares de 320 mm de largo en la sierra de cinta. Luego, utilizando un punzón de centro y un martillo se marcaron los centros de los agujeros que llevan todos los angulares según los planos. Se procedió a realizar los agujeros en todos los angulares utilizando el taladro. En la **Figura 40** se muestra el proceso de taladrado de los angulares. Teniendo los angulares perforados, se removieron las rebabas sobre los agujeros con una broca de mayor diámetro y se redondearon los bordes afilados en el esmeril. Después se atornillaron los angulares, usando tornillos hexagonales de 5/16" de diámetro, formando dos estructuras triangulares. En la **Figura 41** se aprecia como se atornillaron los angulares. Finalmente se atornilló cada una de las estructuras triangulares a los lados del panel solar. El ensamble final se muestra en la **Figura 42**.



Figura 42: Ensamble de estructura al panel solar

Resultados

Para verificar el funcionamiento adecuado del diseño final se llevaron a cabo varias pruebas. Dentro de ellas está la cantidad de agua pluvial recolectada en una semana. El resultado se muestra en el **Cuadro 5**.

Cantidad de agua pluvial recolectada del 24 de septiembre al 1 de octubre	
Volumen	113 Litros

Cuadro 5: Cantidad de agua pluvial recolectada del 24 de septiembre al 1 de octubre

Otra prueba que se llevó a cabo fue la verificación de la conexión eléctrica entre el panel solar, el controlador solar, la batería de carro y la bomba de agua. La prueba consistió en conectar los distintos componentes mediante cables conductores y verificar que los componentes estuvieran funcionando adecuadamente. Dentro de los hallazgos encontrados está que se logró alimentar de manera exitosa la batería mediante el panel solar y la bomba de agua funcionó adecuadamente. El voltaje de la batería se mantuvo en 14.4V suministrando energía eléctrica por medio del panel solar a una corriente de 6.1A. En las **Figuras 43 y 44** se muestran las lecturas del voltaje de la batería y la salida de corriente eléctrica del panel solar durante las pruebas ejecutadas. Adicionalmente, se dejó conectado el sistema eléctrico durante tres semanas realizando varias descargas diariamente y la batería no llegó a descargarse al punto de no poder accionar los componentes eléctricos. Dado este resultado, se podría decir que la capacidad de la batería también estaba sobredimensionada con respecto al consumo energético de los componentes eléctricos. No obstante, esta batería también fue proporcionada por La Casa de las Baterías por lo que se utilizó lo que se nos ofreció, a pesar de estar sobredimensionada. En la **Figura 45** se puede evidenciar el funcionamiento adecuado de la bomba de agua.



Figura 43: Lectura de voltaje de la batería de carro



Figura 44: Lectura de la salida de corriente eléctrica del panel solar



Figura 45: Funcionamiento de la bomba de agua

Por otro lado, se realizó una prueba para verificar que no existieran fugas de agua a lo largo de todo el sistema. Para ello se ensamblaron todas las partes del sistema y se puso en marcha el sistema de bombeo de agua. Se realizó una revisión meticulosa en los acoples de los componentes observando si existía goteo de agua. Se encontró presencia de fugas en la salida de depósito y en las conexiones del filtro de la bomba. A continuación se muestran las **Figuras 46 y 47** en donde se evidencian estas fugas de agua.

Por último, se realizó el ensamble del panel solar y su base a la estructura principal en donde están resguardados todos los componentes del sistema de bombeo. El resultado final del sistema de colección de agua pluvial y el sistema de bombeo se presenta en la **Figura 48**.



Figura 46: Fuga de agua en la salida del depósito



Figura 47: Fuga de agua en las conexiones del filtro de agua de la bomba



Figura 48: Resultado final del sistema de colección de agua de lluvia y sistema de bombeo

En la etapa de pruebas también se verificó el cumplimiento de los requisitos previamente establecidos. A continuación se detallan resultados obtenidos en los **Cuadros 6 y 7**.

Número de requisito	Descripción del requisito	Tipo de requisito
1	Se debe limpiar el panel solar utilizando solo una escalera de 1.5 metros, agua y un trapo de microfibra.	Sí
2	Se debe poder acceder a la parte interna del motor de la bomba utilizando llaves inglesas y destornilladores estándar.	Sí
3	No deben entrar agentes externos al sistema.	Sí
4	El panel solar debe estar posicionado hacia el sur.	Sí
5	El panel solar debe tener una inclinación de 15° con respecto al piso.	Sí
6	No debe haber ningún componente que le haga sombra al panel solar.	No
7	El panel solar, la bomba de agua y el colector pluvial deben poder trasladarse del parqueo del Parque Ecológico La Asunción hasta el espacio a la par del escudo de la municipalidad usando únicamente un trolley si es necesario.	Sí
8	Los componentes de este módulo no deben emitir gases contaminantes al medio ambiente.	Sí
9	El panel solar debe de poder alimentar la bomba y los dispositivos eléctricos dentro del módulo de purificación de agua, con la electricidad suficiente para que estos puedan operar según las especificaciones de los fabricantes.	Sí
10	Los componentes de este módulo no deben tener partes filosas que puedan cortar a alguien.	Sí
11	Los componentes de este módulo deben de poder ensamblarse en el parque sin necesidad de una soldadora eléctrica.	Sí

Cuadro 6: Cumplimiento de requisitos de diseño

Número de requisito	Descripción del requisito	Tipo de requisito
12	Todos los componentes del módulo deben mantener su integridad durante 9 horas siendo expuestos al sol.	Sí
13	Asegurar todos los componentes de este módulo a la estructura principal para que estos no puedan ser tomados con propósitos malignos.	Sí
14	La bomba debe ser capaz de impulsar el agua del depósito inicial hasta el colector solar.	Sí
15	El depósito inicial debe de tener una entrada auxiliar de agua para permitir la conexión de una manguera de agua en caso de que no llueva.	Sí
16	El colector de lluvia debe de poder desmontarse por una persona utilizando únicamente destornilladores y llaves inglesas, en dado caso se desee almacenar.	Sí
17	El sensor de nivel de agua del primer tanque debe indicar el nivel mínimo para accionar la bomba, evitando así que esta se queme.	Sí
18	No debe existir fugas de agua en los acoples entre los distintos componentes del sistema completo de purificación de agua.	No
19	La geometría del panel solar no debe ser mayor a 2 m de largo por 1 m de ancho.	Sí
20	La bomba de agua debe de ser de 12V.	Sí
21	La altura del colector de lluvia no debe ser mayor a 2 m.	Sí
22	El depósito de agua debe tener una capacidad de 450 L.	Sí

Cuadro 7: Continuación de cumplimiento de requisitos de diseño

Discusión de los resultados

Dado a que los resultados obtenidos fueron satisfactorios y se logró ensamblar ambos el sistema de recolección de agua pluvial y el sistema de bombeo, se cumplió el objetivo general del proyecto presentando los diseños propuestos como una solución viable para recolectar agua de lluvia y transportarla de manera sostenible, utilizando únicamente energía solar. Del mismo modo, se logró cumplir con los cinco objetivos específicos planteados desde el inicio.

Respecto a la selección de la bomba, se puede decir que fue una elección sobredimensionada. No obstante, fue una buena decisión dado a que proporciona un factor de seguridad que asegura que el agua siempre llegará al colector solar dada las condiciones estudiadas. Además, ofrece la flexibilidad de poder transportar el agua a una distancia mayor a la diseñada en caso fuera necesario. Similar al sistema de bombeo, el sistema de alimentación eléctrica también está sobredimensionado. La capacidad de potencia del panel solar está por encima de la potencia requerida por los componentes eléctricos. Sin embargo, similar a lo discutido anteriormente, haber sobredimensionado el panel solar provee un factor de seguridad que asegura que todos los componentes eléctricos podrán operar exitosamente siendo activados simultáneamente. Se podría aprovechar la potencia no consumida para cargar otros dispositivos utilizados por los usuarios del parque. En cuanto al colector de agua pluvial, durante la semana de prueba se observó que se recaudaron aproximadamente 113 litros de agua pluvial y para el mes en que se realizó la prueba se esperaba recolectar aproximadamente 214 litros de agua. Esto demuestra que en tan solo una semana se logró recaudar la mitad de la cantidad proyectada, haciendo ver que el diseño fue efectivo. Cabe añadir que según el reporte semanal del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (*INSIVUMEH*), para la semana de pruebas se experimentó un incremento y desarrollo de nubosidad en horas de la tarde y noche, generando lloviznas y/o lluvias con actividad eléctrica (*INSIVUMEH*, 2021). La cantidad de agua de lluvia colectada variará año tras año, ya que las condiciones climáticas están en constante cambio. Se podría recolectar una mayor

cantidad de lluvia agrandando el área efectiva del colector.

Referente a los requisitos del proyecto establecidos, se puede observar que no se cumplieron los requisitos No. 6 y 19 durante las pruebas. El embudo generó una sombra sobre el panel solar, sin embargo el área que abarcaba la sombra no era significativa. Dicho esto, a pesar de que hubiera sombra, el panel solar fue capaz de cumplir con la demanda de potencia requerida y se aceptó que este requisito no se cumpliera. Por otro lado, el requisito No. 19 no se cumplió porque surgieron fugas de agua en la salida del depósito y en las conexiones del filtro de la bomba. No obstante, se colocaron capas de teflón sobre las superficies roscadas. Con esto se eliminaron las goteras y se dio como aprobado el requisito. Al solucionar las goteras se abarcaron todos los requisitos del proyecto dando como resultado un sistema capaz de cumplir con la necesidad planteada.

A continuación se presentan las conclusiones derivadas de la ejecución de este proyecto:

1. El sistema de bombeo de agua alimentado por paneles fotovoltaicos y el sistema recolección de agua pluvial presentados muestran una forma factible de captar y transportar agua de lluvia al colector solar dentro de un sistema de purificación de agua. Este hallazgo da lugar a otros desarrollos con fines de darle otro uso al agua de lluvia.
2. Para el sistema de bombeo, se seleccionó una bomba de agua de diafragma de 12V marca DC House, capaz de administrar 0.95 L/s. Con esta bomba se logró transportar agua desde el depósito, a través de un filtro de membrana, hasta el colector solar.
3. Se logró alimentar la bomba de agua, el controlador LOGO!, tres sensores de nivel y dos electroválvulas mediante un panel solar marca Jinko de 380W, un controlador solar marca BlueSolar de 12/24V-20A y una batería de carro de 12V marca Autocraft de plomo-ácido, ciclo profundo y carga eléctrica de 96 Ah.
4. Mediante un colector de lluvia con estructura principalmente de PVC y forma de embudo, se logró recolectar aproximadamente 113 litros de agua en una semana.
5. El sistema de recolección de agua pluvial y el sistema de bombeo cumplen con todos los requisitos establecidos de funcionalidad, seguridad, facilidad para el usuario y requisitos ambientales.

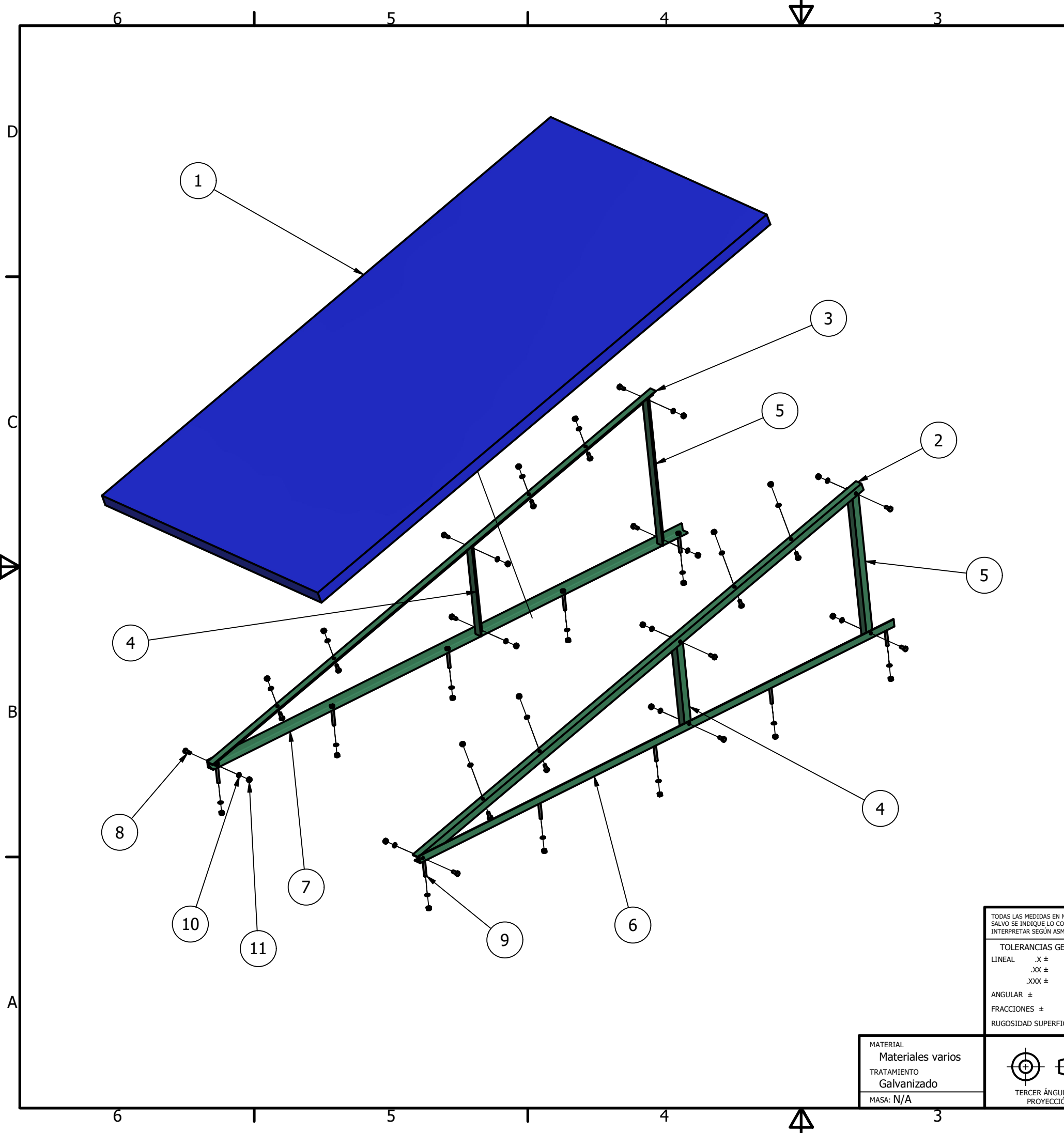
Recomendaciones

Se recomienda conectar primero la batería al controlador solar, luego el panel solar y por último la carga que se desea alimentar. Siguiendo este orden se asegura el funcionamiento correcto del controlador solar y se previene que este se dañe. Además, es de suma importancia colocar teflón en las conexiones de tuberías para evitar que existan fugas de agua en estos sitios dentro del sistema. En cuanto a la operación de ambos sistemas, se recomienda realizar los planes de mantenimiento especificados en el Manual de Usuario para lograr que los componentes de ambos sistemas trabajen adecuadamente y evitar su deterioro. Adicionalmente, se aconseja utilizar materiales de construcción que no se oxiden dado a que estarán en contacto con agua. Por falta de tiempo no se logró buscar formas de aprovechar al máximo la potencia entregada por el panel solar, por lo que se recomienda indagar en un uso para esa potencia excedente del panel solar.

- Al-Badi, A. (2016). *Sizing and modelling of photovoltaic water pumping system*. *International Journal of Sustainable Energy*, 37, 415-427. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786451.2016.1276906>
- Circor. (2020). *Three-Screw Pumps*. Retrieved from Circor. <https://www.circorpt.com/commercial-marine-three-screw-pumps>
- Guatemala, Guatemala - Información detallada del clima y previsión meteorológica mensual. (s.f.).
- INSIVUMEH. (2021). *Boletín Meteorológico Semanal* (inf. téc.). INSIVUMEH. Guatemala. <https://insivumeh.gob.gt/wp-content/uploads/2021/09/BOLET%20SEMANTAL-LUNES-27-DE-SEPTIEMBRE-A-VIERNES-1-DE-OCTUBRE-2021-2.pdf>
- MEM. (2018). *Energía solar en Guatemala*. <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%20Solar-en-Guatemala.pdf>
- Niffenegger, J. (2019). *A Useful Model for Rainwater Catchment System Design*, 14, 80-97.
- OPS. (2015). *Agua y saneamiento*. <https://www.paho.org/es/noticias/19-8-2015-agua-saneamiento>
- Patange, S. (2020). *Low cost drinking water technology - rainwater harvesting with solar purification*. *Current Science*, 6.
- Solorzano, R. (2016). *Bombas Hidráulicas*. <https://shorturl.at/mEJO7>
- Tiwari, G. N. & Mishra, R. K. (2012). *Advanced Renewable Energy Sources* [Google-Books-ID: s8gng2vA_88C]. Royal Society of Chemistry.
- Yago, J. (2017). *Solar-Powered Pumps*. *Mother Earth News*, 7.


CAPÍTULO XI

Anexos



Listado de partes			
Item	Cantidad	Nombre de parte	Descripción
1	1	PANEL SOLAR	Panel solar monocristalino Jinko de 385 watts
2	1	ANGULAR 1.1 PANEL SOLAR	Angular de 1" X 1" X 77" X 1/8" de hierro negro
3	1	ANGULAR 1.2 PANEL SOLAR	Angular de 1" X 1" X 77" X 1/8" de hierro negro
4	2	ANGULAR 2 PANEL SOLAR	Angular de 1" X 1" X 312 mm X 1/8" de hierro negro
5	2	ANGULAR 3 PANEL SOLAR	Angular de 1" X 1" X 513 mm X 1/8" de hierro negro
6	1	ANGULAR 4.1 PANEL SOLAR	Angular de 1" X 1" X 77" X 1/8" de hierro negro
7	1	ANGULAR 4.2 PANEL SOLAR	Angular de 1" X 1" X 77" X 1/8" de hierro negro
8	18	TORNILLO 5/16" X 3/4"	Tornillo de acero galvanizado hexagonal de 5/16" X 3/4" con rosca completa
9	10	TORNILLO 5/16" X 3/4"	Tornillo de acero galvanizado hexagonal de 5/16" X 2 1/2" con rosca parcial de 1"
10	28	ARANDELA 5/16"	Arandela de acero galvanizado de 5/16"
11	28	TUERCA 5/16"	Tuerca de acero galvanizado de 5/16"

TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.		DIBUJADO POR Diego Yec	FECHA 24/09/2021
TOLERANCIAS GENERALES		DISEÑADO POR Diego Yec	FECHA 24/09/2021
LINEAL	.X ± .XX ± .XXX ±	REVISADO POR Víctor Hugo Ayerdi	FECHA 11/10/2021
ANGULAR	±	APROBADO POR Víctor Hugo Ayerdi	FECHA 11/10/2021
FRACCIONES	±	NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO Sistema de purificación de agua	
RUGOSIDAD SUPERFICIAL	✓	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

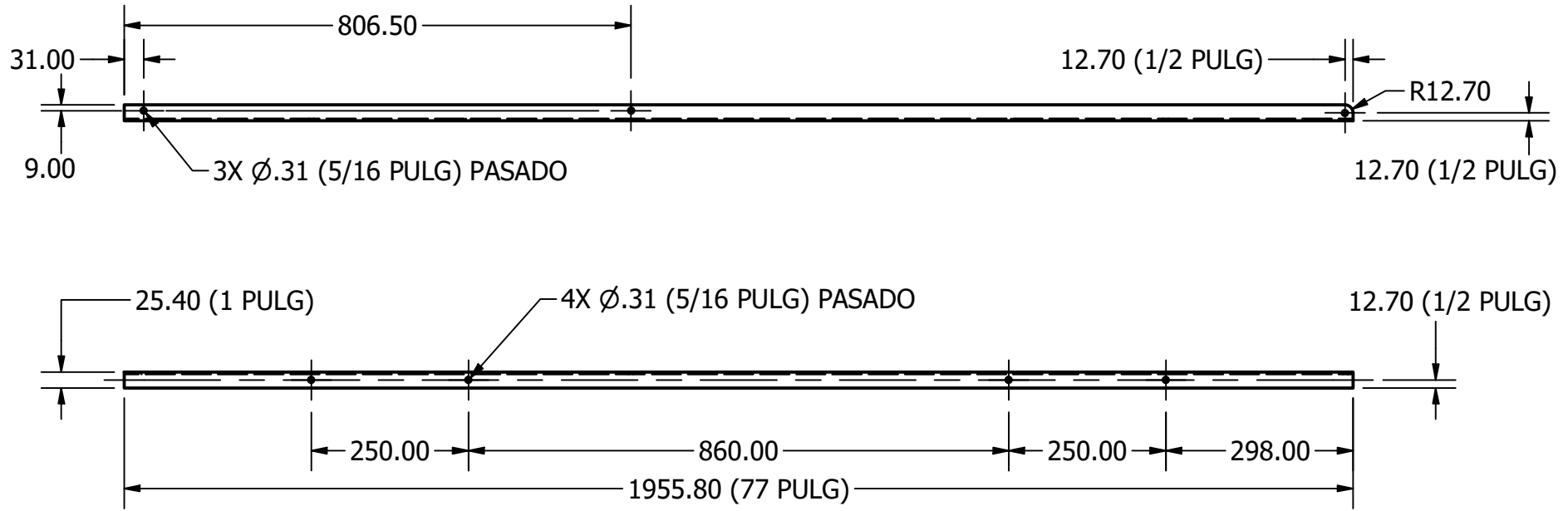
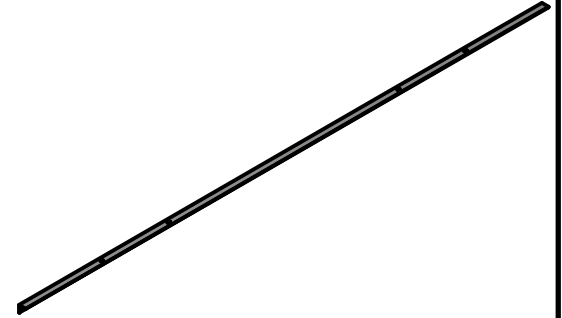
18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO: Base para el panel solar

MATERIAL	Materiales varios
TRATAMIENTO	Galvanizado
MASA:	N/A

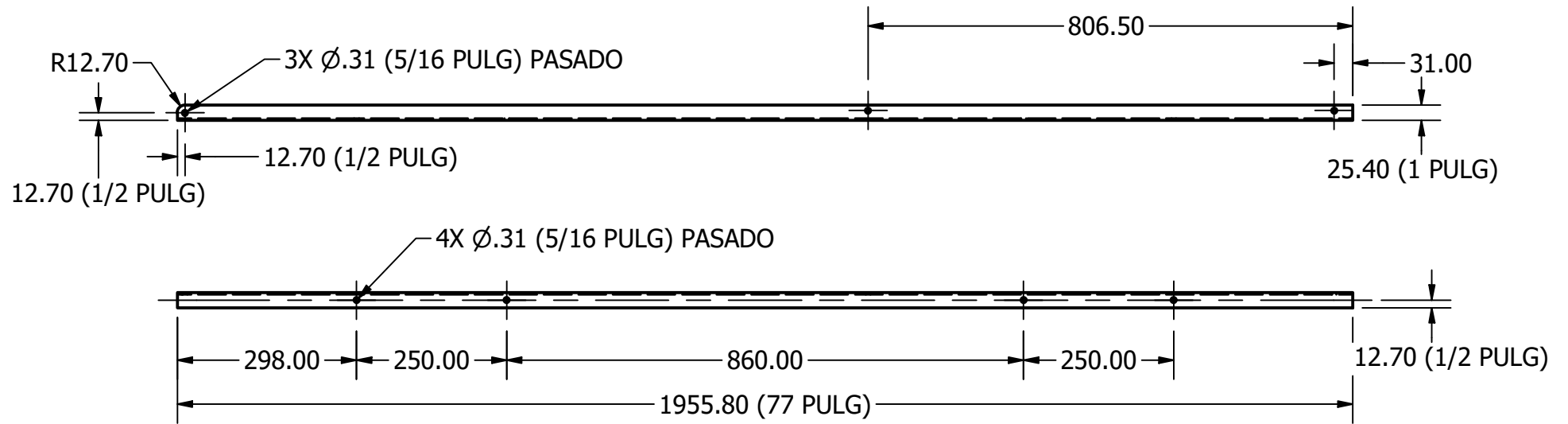
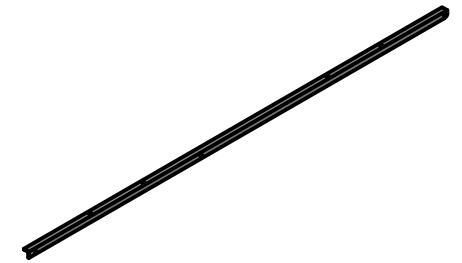


FORMATO	A3	ESCALA:	1/12	UNIDADES:	mm
PÁGINA 1 DE 7			REV	A	



NOTA:
REMOVER BORDES AFILADOS Y REBABAS

TÍTULO: Angular 1.1 Panel Solar		
NÚMERO DE DIBUJO: 2		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 2 DE 7	REV A

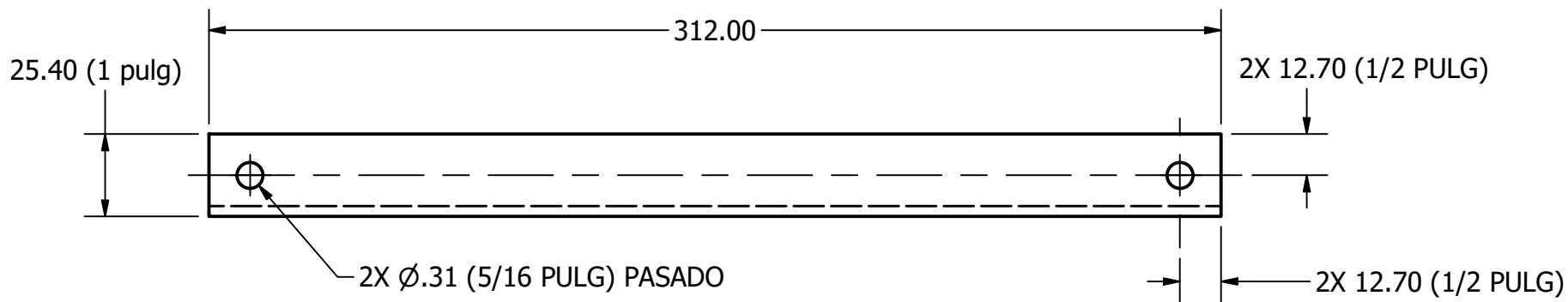


NOTA:
REMOVER BORDES AFILADOS Y REBABAS

TÍTULO: Angular 1.2 panel solar

NÚMERO DE DIBUJO: 3

FORMATO A4	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
	PÁGINA 3 DE 7	REV A



NOTA:
REMOVER BORDES AFILADOS Y REBABAS

TÍTULO: Angular 2 panel solar		
NÚMERO DE DIBUJO: 4		
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 4 DE 7	REV A

2X 12.70 (1/2 PULG)

2X Ø.31 (5/16 PULG) PASADO

25.40 (1 PULG)

2X 12.70 (1/2 PULG)

513.00

NOTA:
REMOVER BORDES AFILADOS Y REBABAS

TÍTULO: Angular 3 panel solar

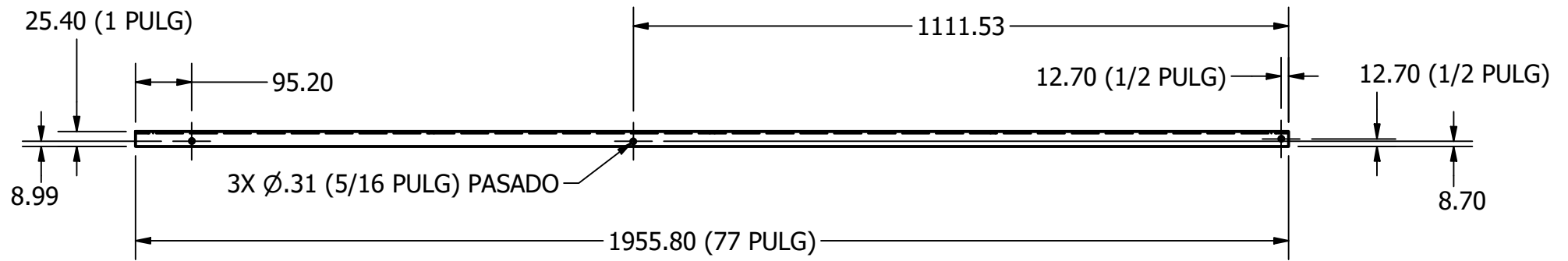
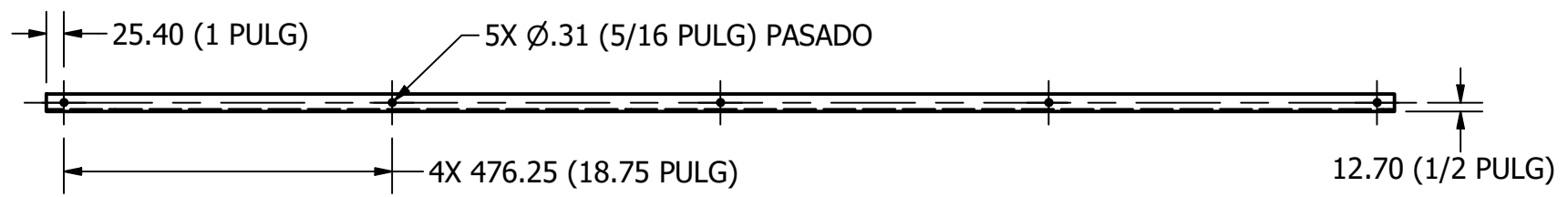
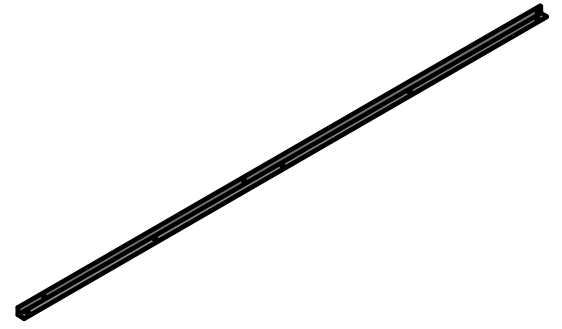
NÚMERO DE DIBUJO: 5

FORMATO ESCALA: 1:3 UNIDADES: mm

A4

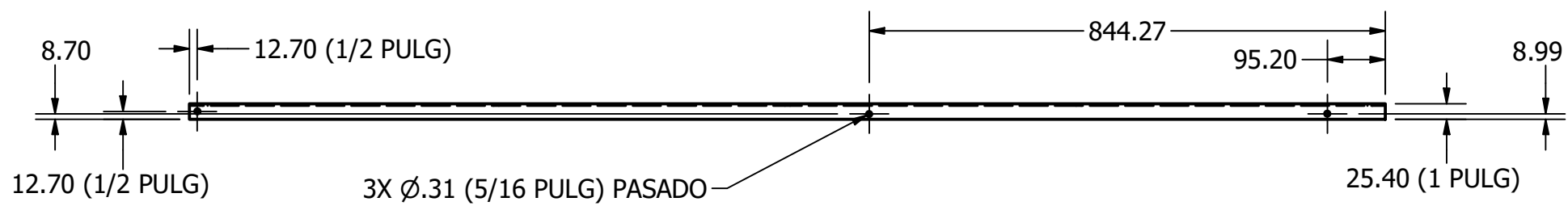
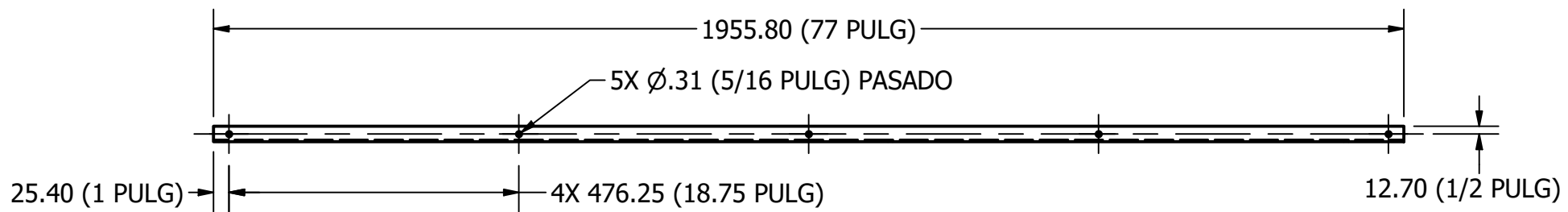
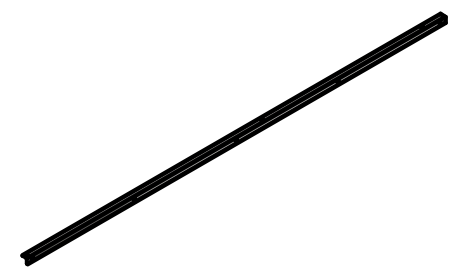
PÁGINA 5 DE 7

REV
A



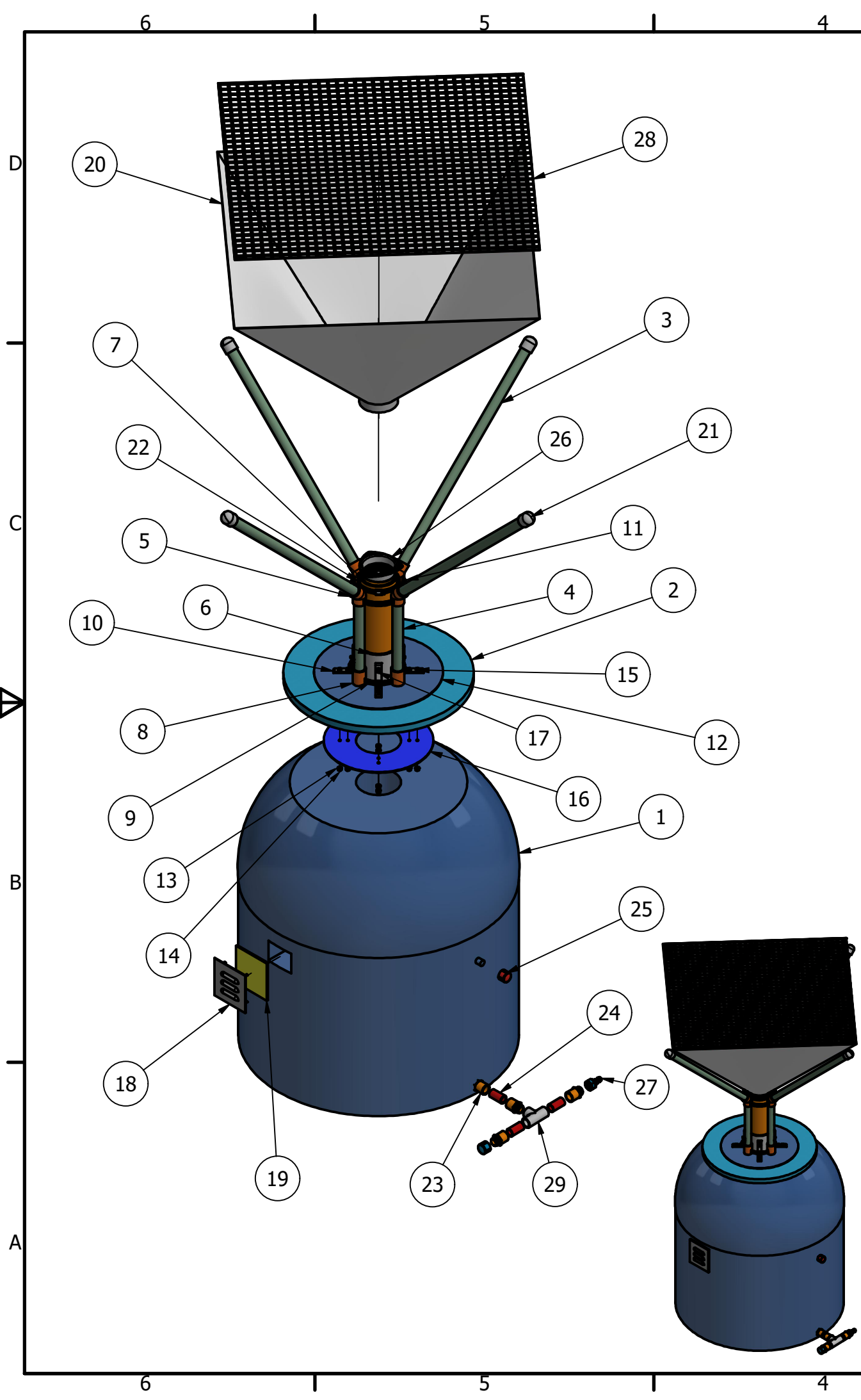
NOTA:
REMOVER BORDES AFILADOS Y REBABAS

TÍTULO: Angular 4.1 panel solar		
NÚMERO DE DIBUJO: 6		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 6 DE 7	REV A



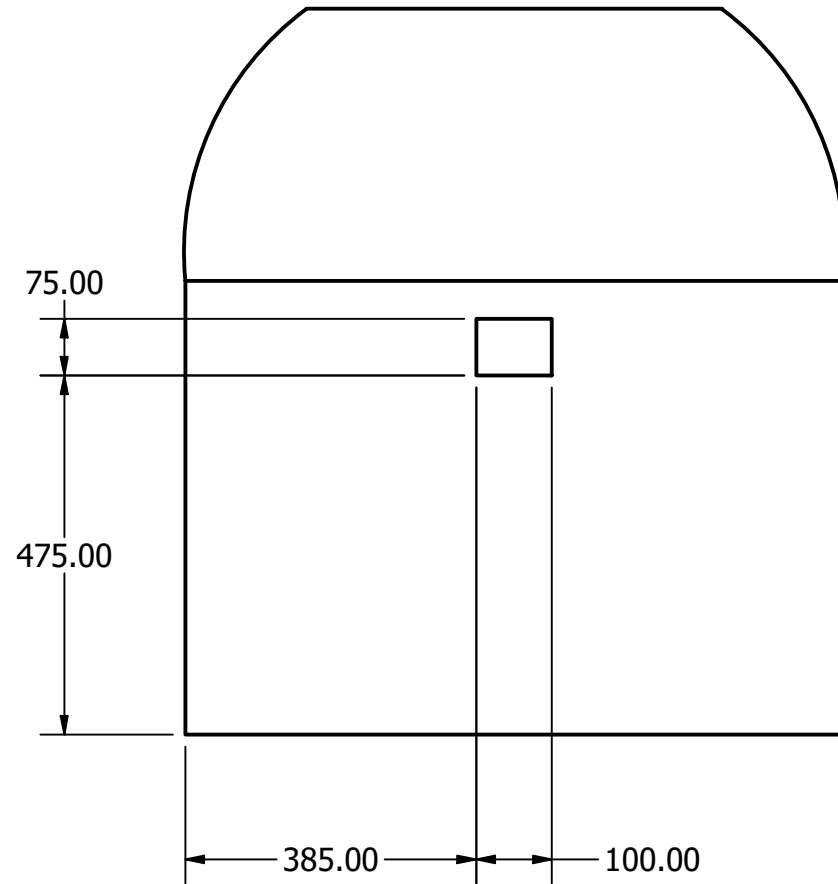
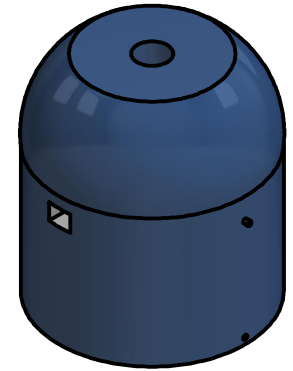
NOTA:
REMOVER BORDES AFILADOS Y REBABAS

TÍTULO: Angular 4.2 panel solar		
NÚMERO DE DIBUJO: 7		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 7 DE 7	REV A



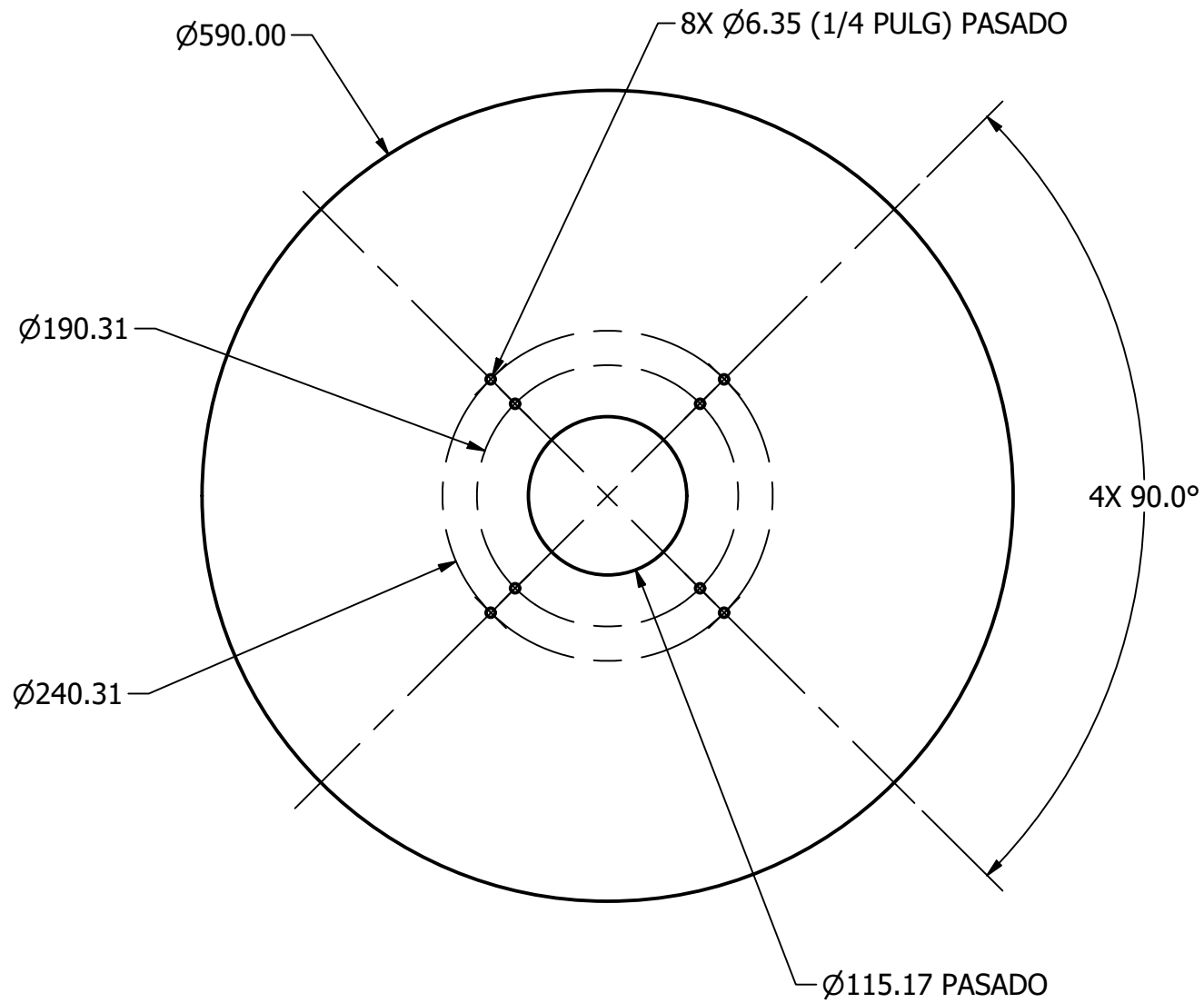
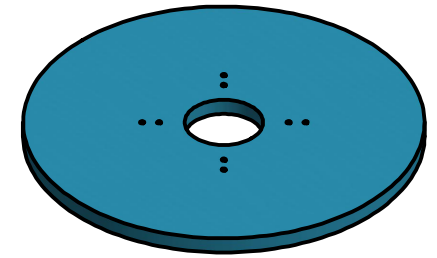
Listado de partes			
Item	Cantidad	Nombre de parte	Descripción
1	1	DEPÓSITO INICIAL	Depósito de 450L marca Rototec
2	1	TAPADERA DE DEPOSITO	
3	4	TUBO SUPERIOR DE SOPORTE	Tubo de PVC de 1 pulg de diámetro y 800 mm de largo
4	4	TUBO INFERIOR DE SOPORTE	Tubo de PVC de 1 pulg de diámetro y 300 mm de largo
5	4	CODO	Codo de PVC de 45° de 1 pulg de diámetro
6	1	ACOPLE PARA TUBO PRINCIPAL	Acople de PVC de 4 pulg de diámetro
7	1	TUBO PRINCIPAL	Tubo de PVC de 4 pulg de diámetro y 550 mm de largo
8	4	ACOPLE PARA TUBOS DE SOPORTE	Acople de PVC de 1 pulg de diámetro
9	1	ABRAZADERA INFERIOR	Abrazadera de acero galvanizado de 9 pulg de diámetro
10	4	ANGULAR	Angular simétrico de acero galvanizado de 3 pulg de largo, 1 pulg de ancho y 1/8 de pulg de espesor
11	1	ABRAZADERA SUPERIOR	Abrazadera de acero galvanizado de 9 pulg de diámetro
12	1	ROLDANA SUPERIOR	Roldana de acrílico
13	12	ARANDELA	Arandela de acero galvanizado de 1/4 de pulg de diámetro
14	12	TUERCA	Tuerca de acero galvanizado de 1/4 de pulg de diámetro
15	8	TORNILLO HEXAGONAL	Tornillo hexagonal de acero galvanizado de 1/4 pulg de diámetro y 2 1/4 de pulg de largo
16	1	ROLDANA INFERIOR	Roldana de acrílico
17	4	TORNILLO DE CABEZA PLANA	Tornillo de cabeza plana phillips de 1/4 de pulg de diámetro y 1 1/2 pulg de largo
18	1	REJILLA DE VENTILACIÓN	Rejilla de aluminio con ranuras de ventilación
19	1	ESPONJA	Esponja de grano de finura media
20	1	EMBUDO PARA EL COLECTOR DE LLUVIA	Embudo de nylon blanco
21	4	TAPÓN	Tapón roscado de PVC de 1 pulg de diámetro
22	1	ABRAZADERA PARA EL EMBUDO	Abrazadera de acero galvanizado de 6 pulg de diámetro
23	4	ACOPLE HEMBRA-MACHO CON ROSCA	
24	3	TUBO DE SALIDA	Tubo de PVC de 2/3 de pulg de diámetro y 50 mm de largo
25	2	TAPÓN 2	Tapón roscado de PVC de 3/4 de pulg de diámetro
26	1	COLADOR DE LAVATRASTES	Colador de lavatrastes de 4 pulg de diámetro
27	1	ADAPTADOR PVC A MANGUERA	Adaptador hembra con rosca de 3/4 de pulg de diámetro y niple de 1/2 pulg de diámetro
28	1	MALLA	Malla de plástico para filtrar hojas y partículas grandes
29	1	TEE PVC	Tee de PVC con rosca de 3/4 de pulg de diámetro

TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.	DIBUJADO POR Diego Yec	FECHA 24/09/2021	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 Diego Yec	FECHA 24/09/2021	
	REVISADO POR Víctor Hugo Ayerdi	FECHA 11/10/2021	
	APROBADO POR Víctor Hugo Ayerdi	FECHA 11/10/2021	
TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± .XX ± .XXX ± ANGULAR ± FRACCIONES ± RUGOSIDAD SUPERFICIAL ✓	NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO Sistema de purificación de agua		TÍTULO: Colector de agua pluvial
MATERIAL Materiales varios TRATAMIENTO Galvanizado MASA: N/A	NÚMERO DE DIBUJO: 8		FORMATO A3
ESCALA: 1 / 25		UNIDADES: mm	PÁGINA 1 DE 16
TERCER ÁNGULO DE PROYECCIÓN		REV A	



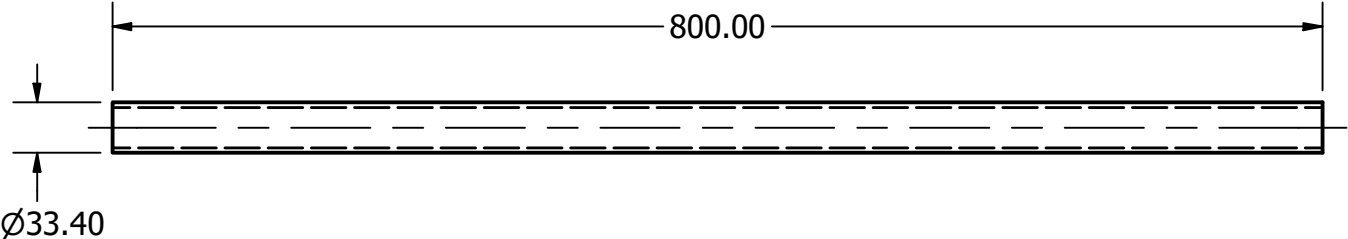
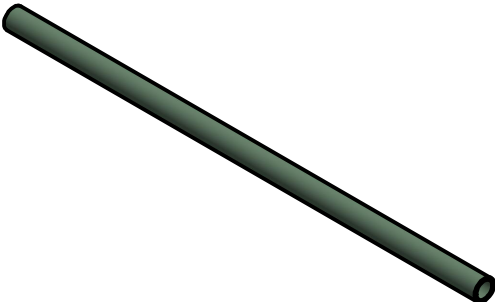
NOTA:
SE COMPRÓ EL DEPÓSITO Y SE CORTÓ LA VENTANA
MOSTRADA EN EL PLANO EN UNA PARED DEL DEPÓSITO

TÍTULO: Depósito inicial	
NÚMERO DE DIBUJO: 9	
FORMATO A4	ESCALA: 1:10
UNIDADES: mm	
PÁGINA 2 DE 16	
REV A	

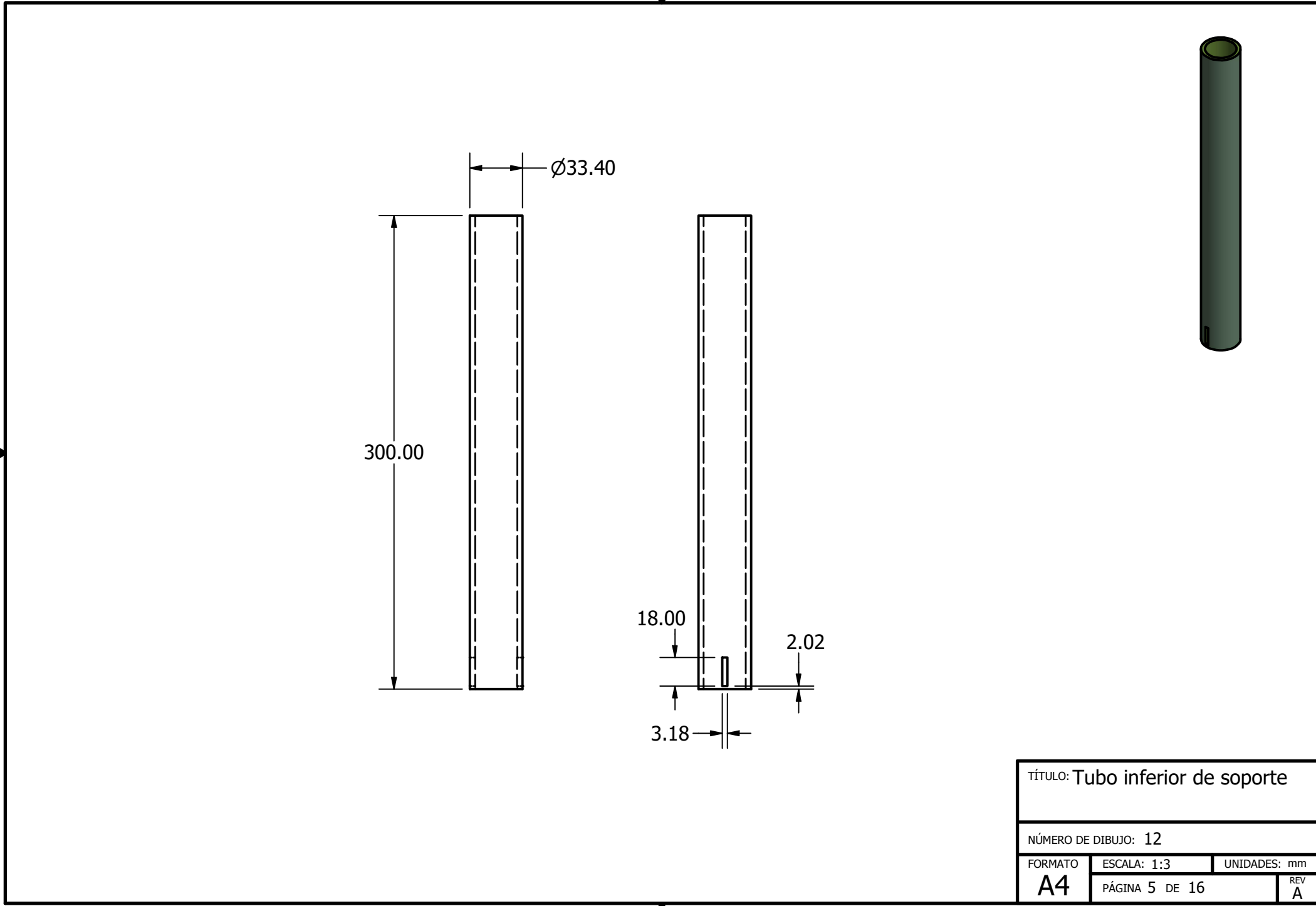


NOTAS:
EL ESPESOR DE LA TAPADERA ES DE 1 PULG
LA TAPADERA VIENE INCLUIDA CON LA COMPRA DEL DEPÓSITO

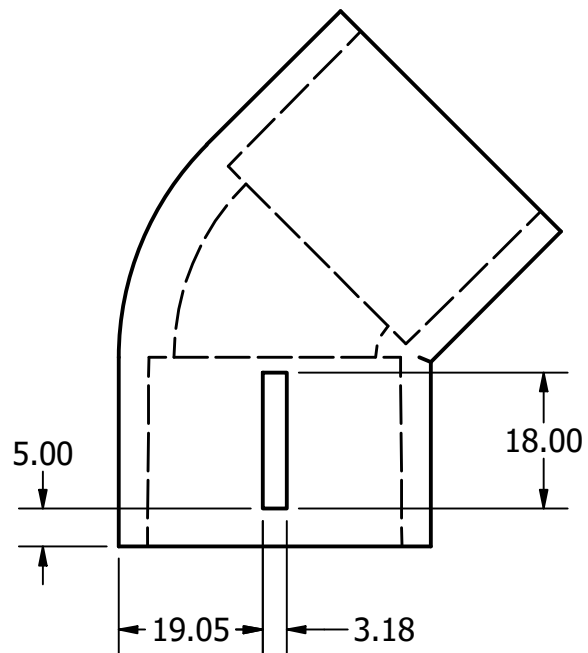
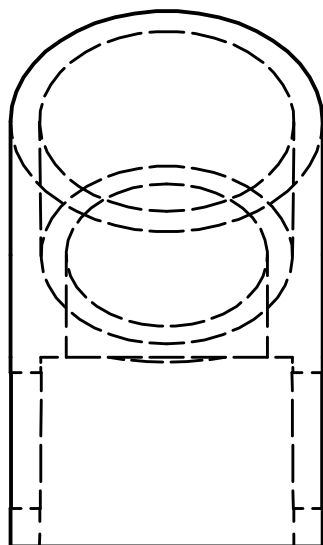
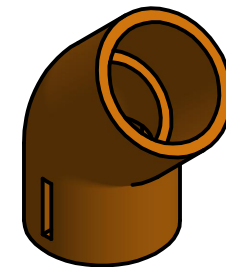
TÍTULO: Tapadera de depósito		
NÚMERO DE DIBUJO: 10		
FORMATO	ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 3 DE 16	REV A



TÍTULO:		Tubo superior de soporte	
NÚMERO DE DIBUJO: 11			
FORMATO	ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm	REV
A4	PÁGINA 4 DE 16		A

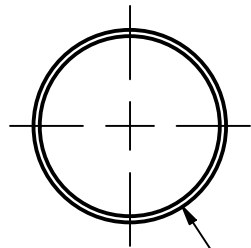
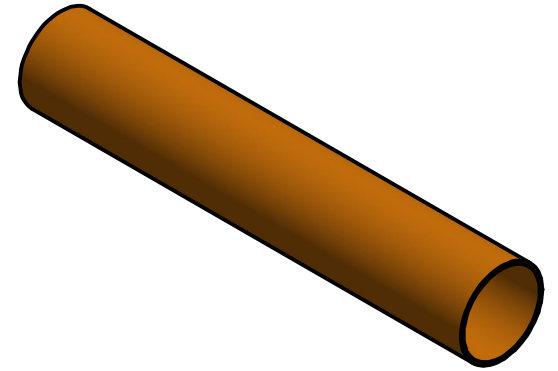


TÍTULO: Tubo inferior de soporte		
NÚMERO DE DIBUJO: 12		
FORMATO	ESCALA: 1:3	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 5 DE 16	REV A

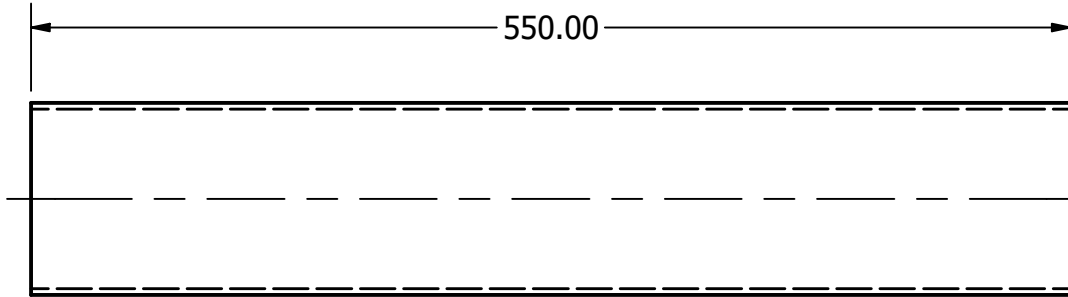


NOTA:
SE COMPRARON CODOS DE PVC DE 45° Y
SE REALIZARON LAS RANURAS EN LA FRESADORA

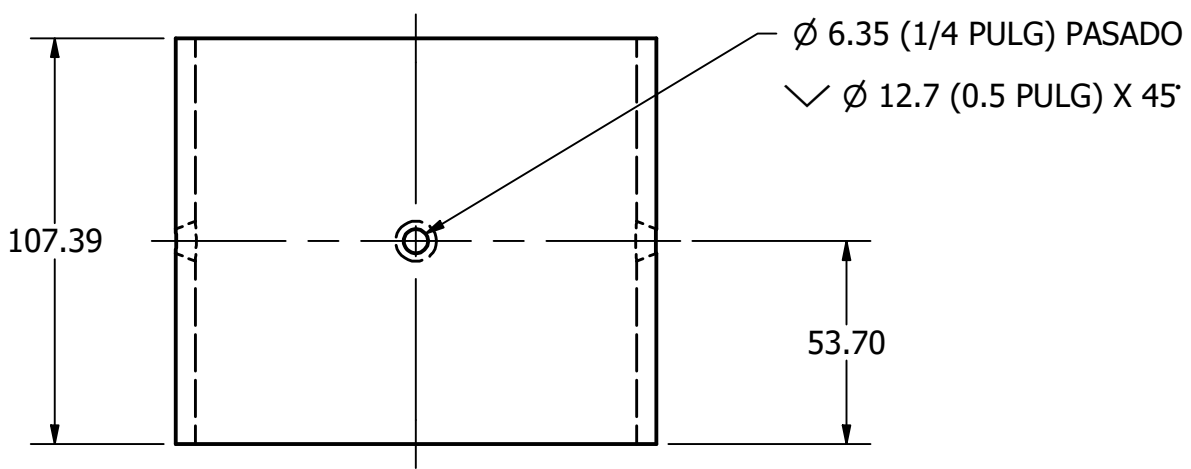
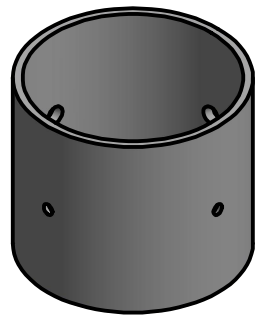
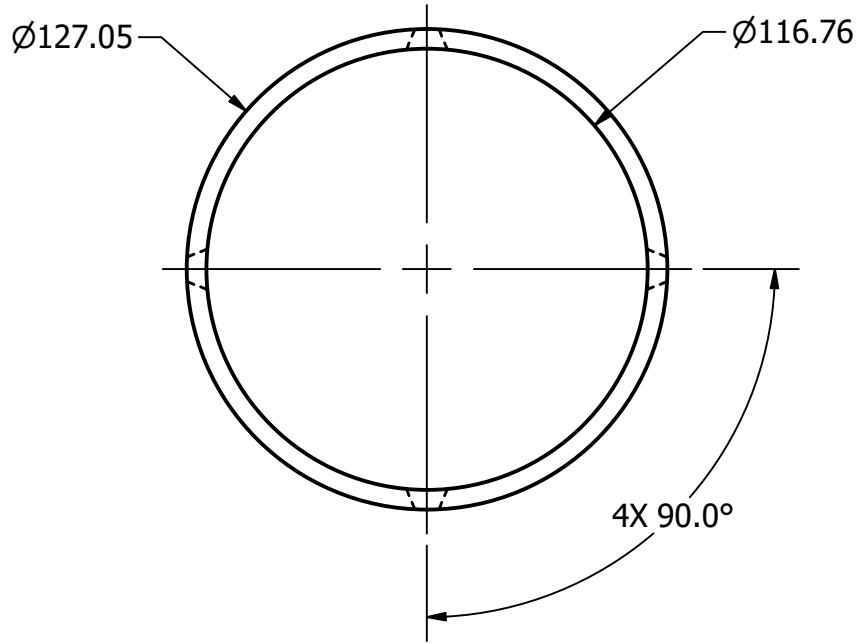
TÍTULO: Codo		
NÚMERO DE DIBUJO: 13		
FORMATO A4	ESCALA: 1:1	UNIDADES: mm
PÁGINA 6 DE 16		REV A



Ø101.60 (4 pulg)

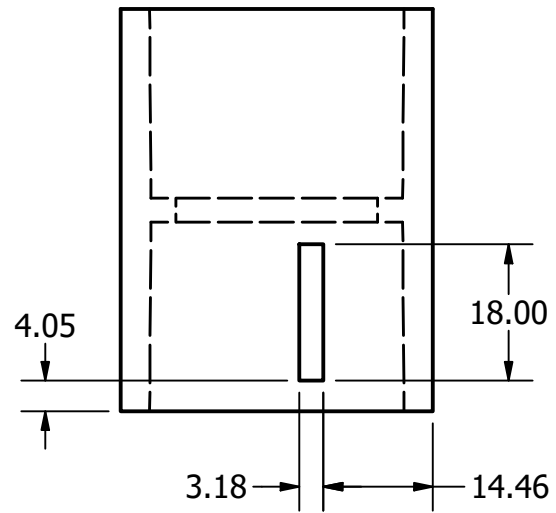
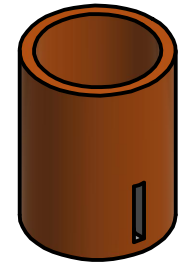


TÍTULO: Tubo principal	
NÚMERO DE DIBUJO: 14	
FORMATO A4	ESCALA: 1:4
UNIDADES: mm	
PÁGINA 7 DE 16	
REV A	



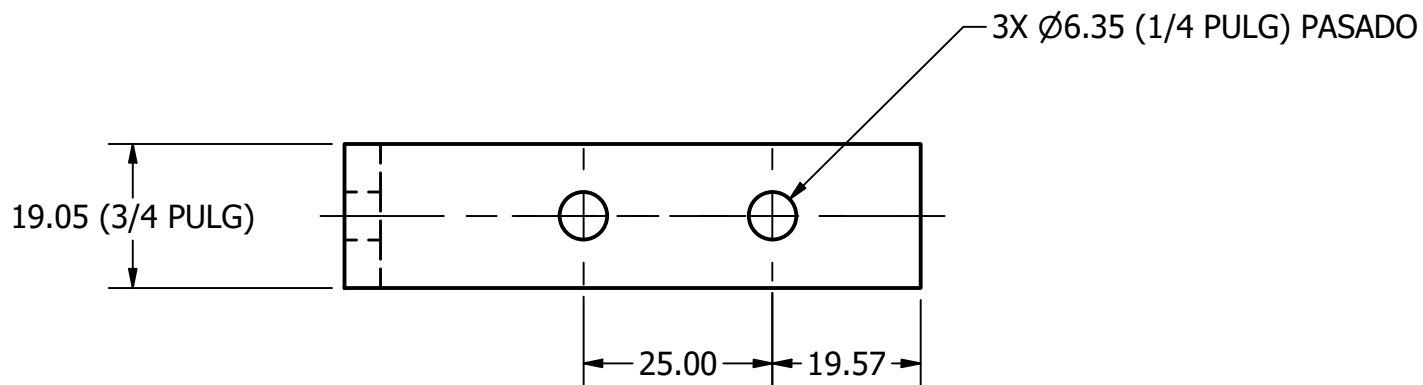
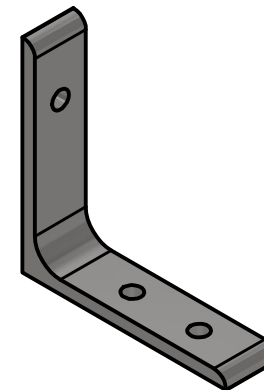
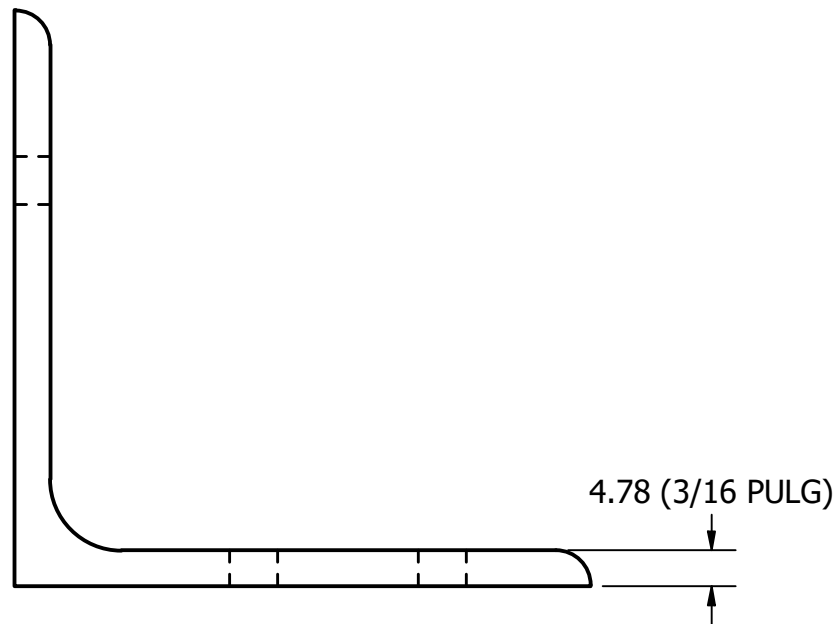
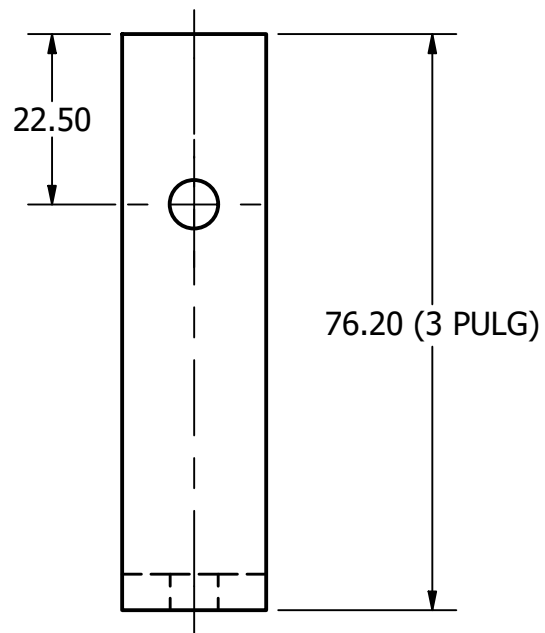
NOTA:
 SE COMPRÓ UN ACOPLE CONVENCIONAL DE 4 PULG
 DE DIÁMETRO Y SE REMOVIÓ LA VENA INTERNA.

TÍTULO: Acople de tubo principal		
NÚMERO DE DIBUJO: 15		
FORMATO	ESCALA: 1/2	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 8 DE 16	REV A



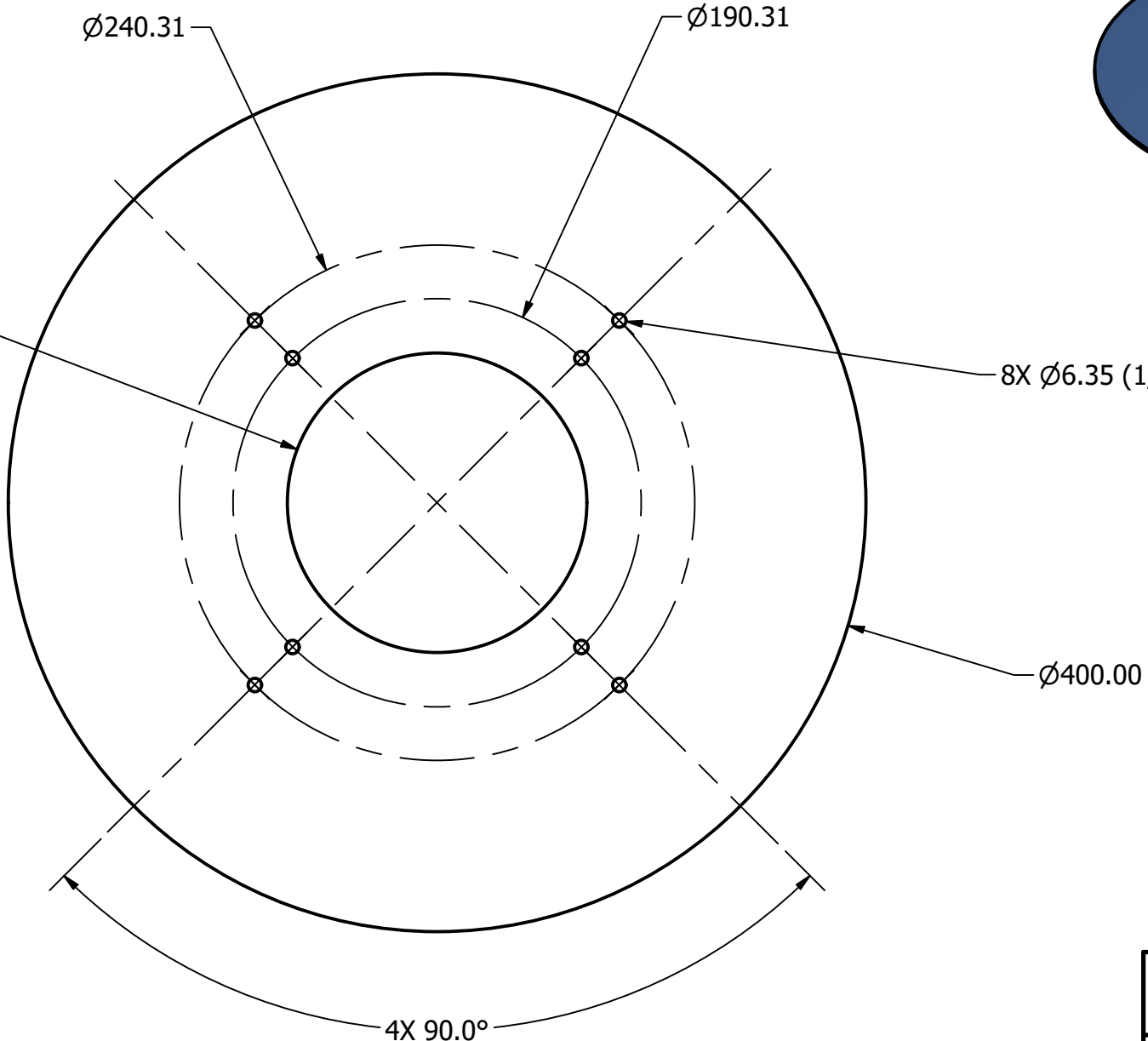
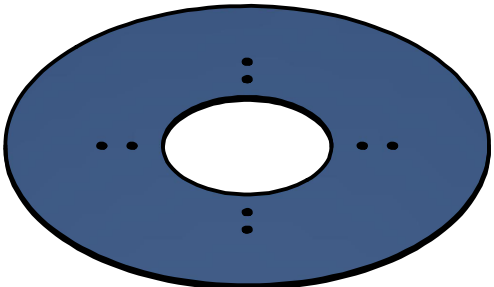
NOTA:
SE COMPRARON ACOPLES DE 1 PULG Y SE
REALIZARON LAS RANURAS EN LA FRESADORA

TÍTULO: Acople para tubos de soporte			
NÚMERO DE DIBUJO: 16			
FORMATO	ESCALA: 1:1	UNIDADES: mm	REV
A4	PÁGINA 9 DE 16		A



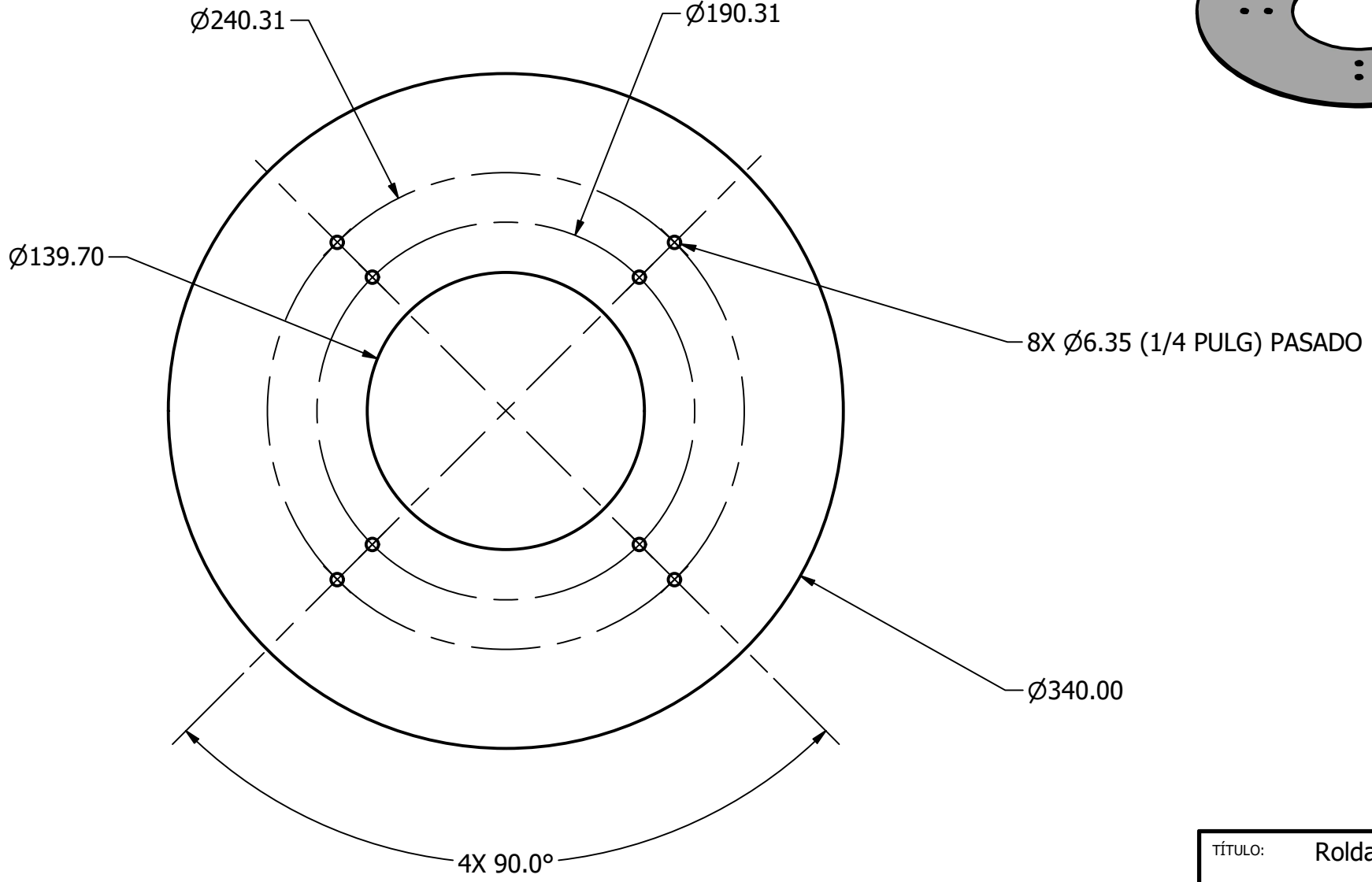
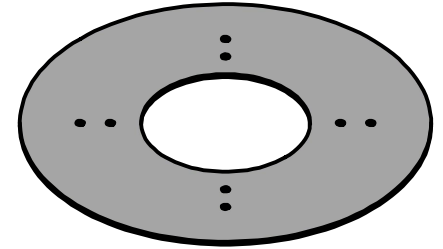
NOTA:
SE COMPRARON ANGULARES SIMÉTRICOS DE 3 PULG X 3/4 DE PULG X 3/16 DE PULG
Y SE PERFORARON LOS AGUJEROS MOSTRADOS EN EL PLANO

TÍTULO:		Angular	
NÚMERO DE DIBUJO: 17			
FORMATO	ESCALA: 1:1	UNIDADES: mm	
A4	PÁGINA 10 DE 16		REV A

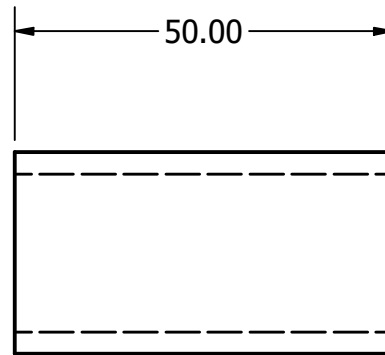
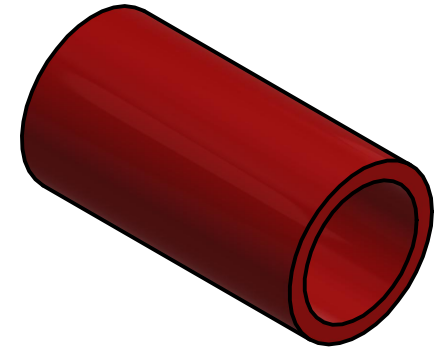


NOTA:
EL ESPESOR DE LA ROLDANA ES DE 3 mm

TÍTULO: Roldana superior		
NÚMERO DE DIBUJO: 18		
FORMATO A4	ESCALA: 1:3	UNIDADES: mm
PÁGINA 11 DE 16		REV A

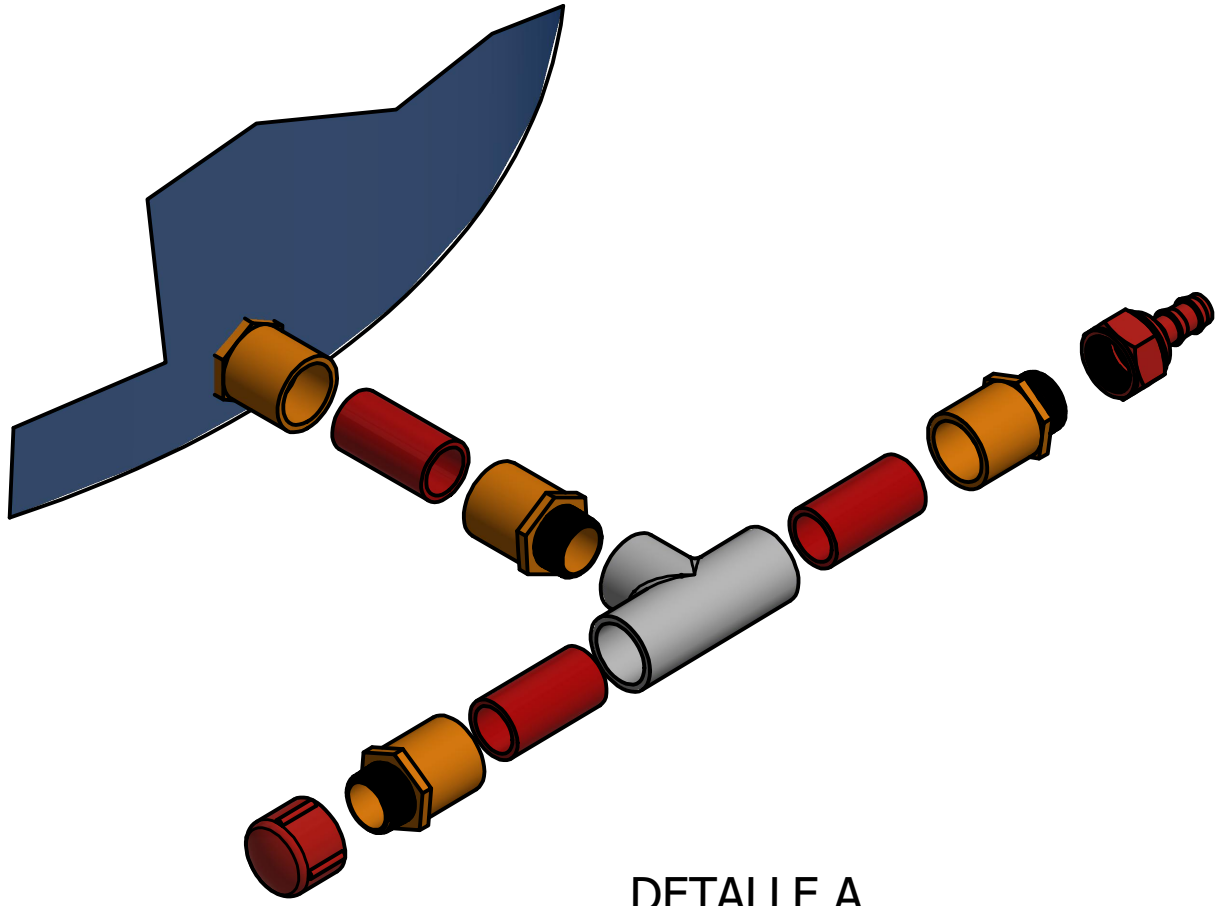
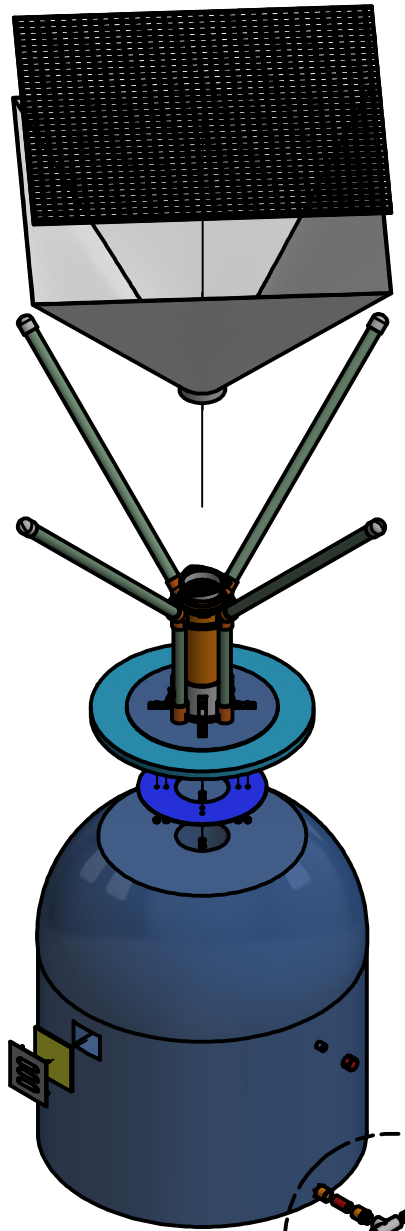


TÍTULO: Roldana inferior	
NÚMERO DE DIBUJO: 19	
FORMATO A4	ESCALA: 1:3
UNIDADES: mm	
PÁGINA 12 DE 16	
REV A	



NOTA:
SE COMPRÓ UN TUBO DE PVC DE 3/4 DE PLG Y SE CORTÓ A MEDIDA

TÍTULO: Tubo de salida		
NÚMERO DE DIBUJO: 20		
FORMATO A4	ESCALA: 1:1	UNIDADES: mm
	PÁGINA 13 DE 16	REV A

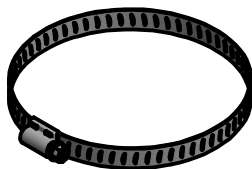


DETALLE A
ESCALA 1 / 3

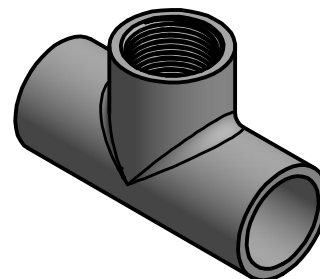
TÍTULO: Ensamble de salida del depósito		
NÚMERO DE DIBUJO: 21		
FORMATO A4	ESCALA: PÁGINA 14 DE 16	UNIDADES: mm REV A



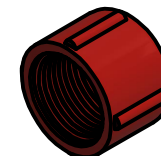
ABRAZADERA INFERIOR Y SUPERIOR
ESCALA 1:4



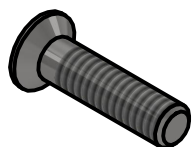
ABRAZADERA PARA EL EMBUDO
ESCALA 1:4



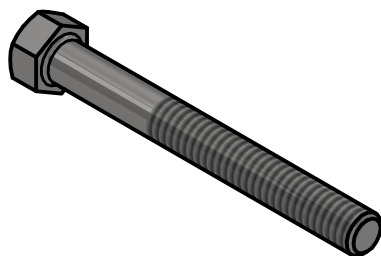
TEE PVC
ESCALA 1:2



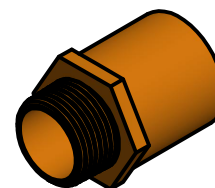
TAPÓN 2
ESCALA 1:2



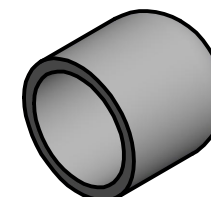
TORNILLO DE CABEZA PLANA
ESCALA 1:1



TORNILLO HEXAGONAL
ESCALA 1:1

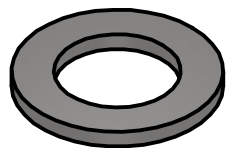


ACOPLE HEMBRA-ACHO CON ROSCA
ESCALA 1:2

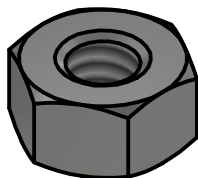


TAPÓN
ESCALA 1:2

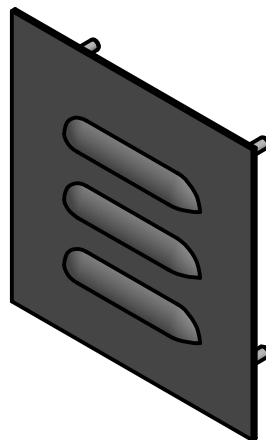
TÍTULO:		Componentes comprados	
NÚMERO DE DIBUJO: 22			
FORMATO	ESCALA:	UNIDADES: mm	REV
A4	PÁGINA 15 DE 16		A



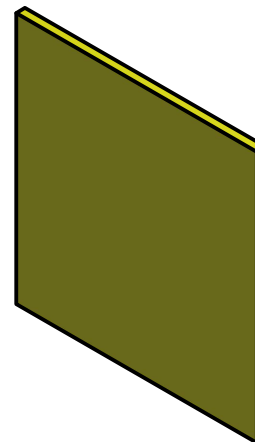
ARANDELA
ESCALA 2:1



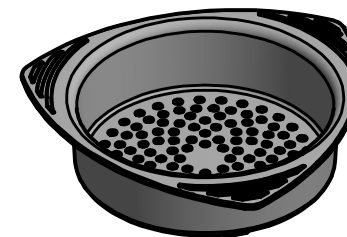
TUERCA
ESCALA 2:1



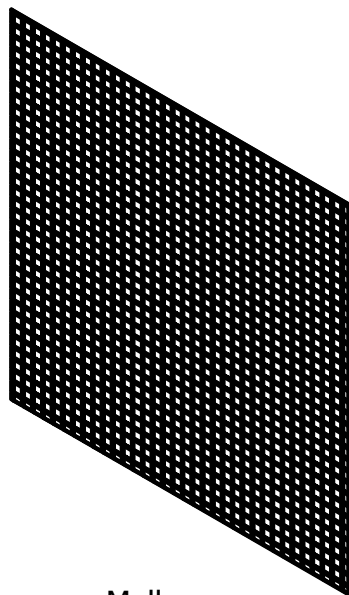
REJILLA DE
VENTILACIÓN
ESCALA 1:3



ESPONJA
ESCALA 1:3



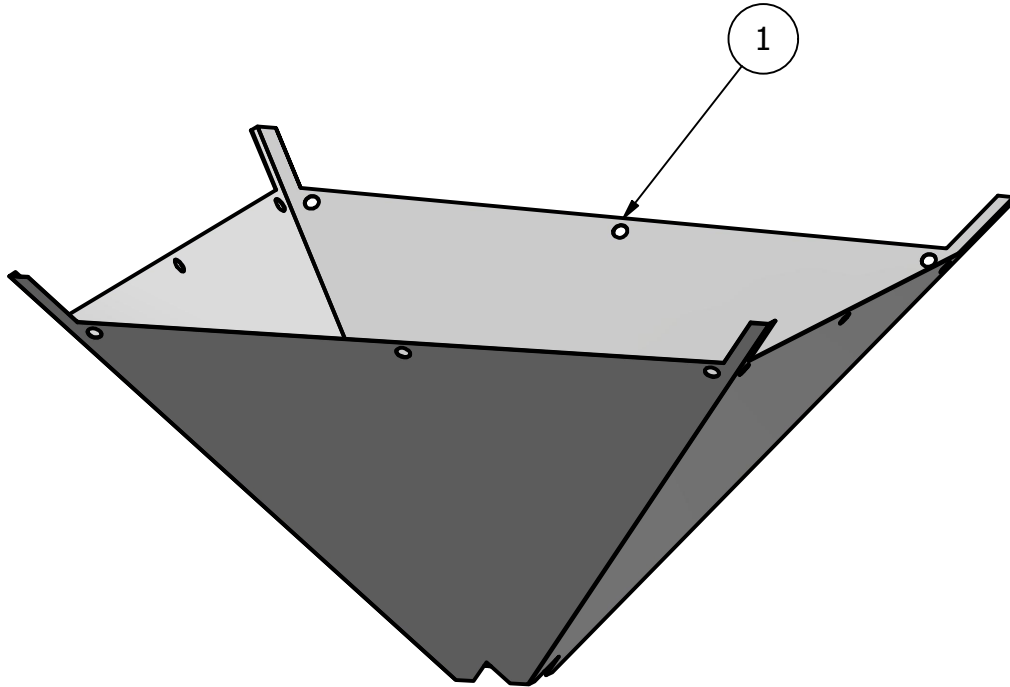
COLADOR DE
LAVATRASTES
ESCALA 1:3



Malla
ESCALA 1:15

TÍTULO:		Componentes comprados	
NÚMERO DE DIBUJO: 23			
FORMATO	ESCALA:	UNIDADES: mm	REV
A4	PÁGINA 16 DE 16		A

Listado de partes			
Item	Cantidad	Nombre de parte	Material
1	4	PARTE LATERAL DEL EMBUDO	Nylon blanco



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

Diego Yec

FECHA

24/09/2021

DISEÑADO POR

Diego Yec

FECHA

24/09/2021

REVISADO POR

Víctor Hugo Ayerdi

FECHA

11/10/2021

APROBADO POR

Víctor Hugo Ayerdi

FECHA

11/10/2021

NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO

Sistema de purificación de agua

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:

Embudo para el
colector de lluvia

NÚMERO DE DIBUJO: 15

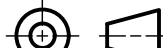
MATERIAL

Nylon blanco

TRATAMIENTO

N/A

MASA: N/A



TERCER ÁNGULO DE
PROYECCIÓN

FORMATO

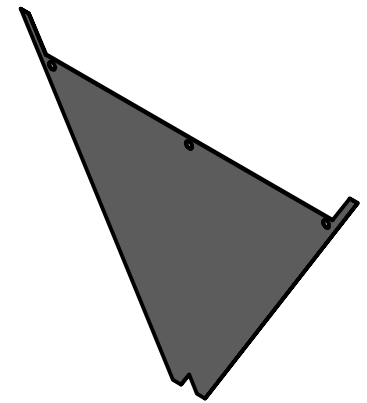
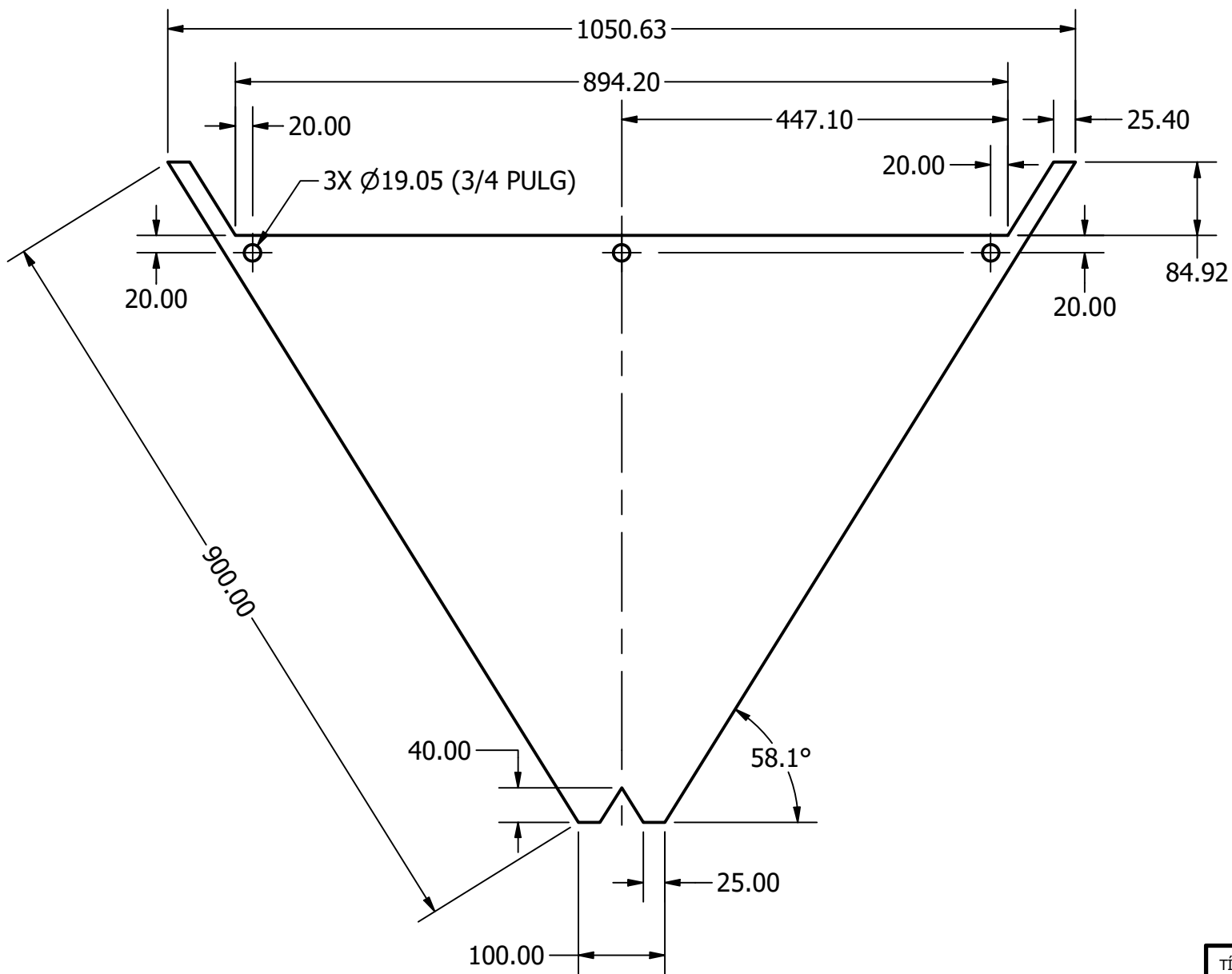
A4

ESCALA: 1 / 10

UNIDADES: mm

PÁGINA 1 DE 2

REV
A



NOTA:
 PARA FORMAR EL EMBUDO, SE DEBE DE COSER LAS
 CUATRO PARTES A LO LARGO DE LOS LADOS
 LATERALES ENTRELAPÁNDOLOS 10 mm

TÍTULO: Parte lateral del embudo		
NÚMERO DE DIBUJO: 16		
FORMATO	ESCALA: 1:7	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 2 DE 2	REV A

Manual de uso y mantenimiento

Sistema de recolección de agua pluvial y sistema de bombeo



Universidad del Valle de Guatemala

Parque Ecológico La Asunción

Elaborado por: Diego Enrique Yec Chow

2021

Índice

1. Índice.....	Página 1
2. Introducción.....	Páginas 2-3
3. Normas de seguridad.....	Página 3
4. Pictogramas.....	Página 4
5. Instrucciones de uso.....	Páginas 5-9
a. Cableado eléctrico del sistema de bombeo.....	Páginas 5-8
b. Conexión de manguera para transportar agua.....	Páginas 8-9
c. Uso de la entrada y salida auxiliar de agua.....	Página 9
6. Inspección rutinaria.....	Páginas 9-10
a. Sistema de recolección de agua pluvial.....	Página 9-10
b. Sistema de bombeo.....	Página 10
7. Mantenimiento.....	Páginas 10-12
a. Mantenimiento del sistema de recolección de agua pluvial....	Página 10
b. Mantenimiento del sistema de bombeo.....	Página 11-12
8. Solución de problemas.....	Página 12
9. Anexos.....	Páginas 13-19

Introducción

Este manual es para asegurar el funcionamiento adecuado del módulo del sistema de recolección de agua pluvial y el sistema de bombeo en el sistema de purificación de agua para el Parque Ecológico La Asunción. Ambos sistemas están diseñados para funcionar de manera autónoma luego de realizar la instalación correcta de sus componentes. La finalidad del sistema de purificación es que personas que visiten el parque puedan acercarse al depósito final y llenar por ejemplo, un pachón con agua purificada con el sistema. Todas las normas y procedimientos detallados en el manual deben seguirse de manera exacta para garantizar un buen funcionamiento y la seguridad del usuario.

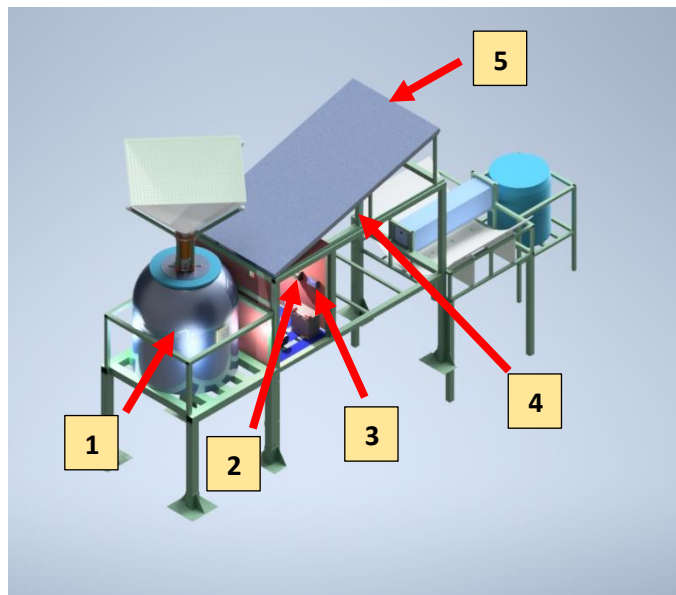


Figura #1: Sistema de recolección de agua pluvial y sistema de bombeo

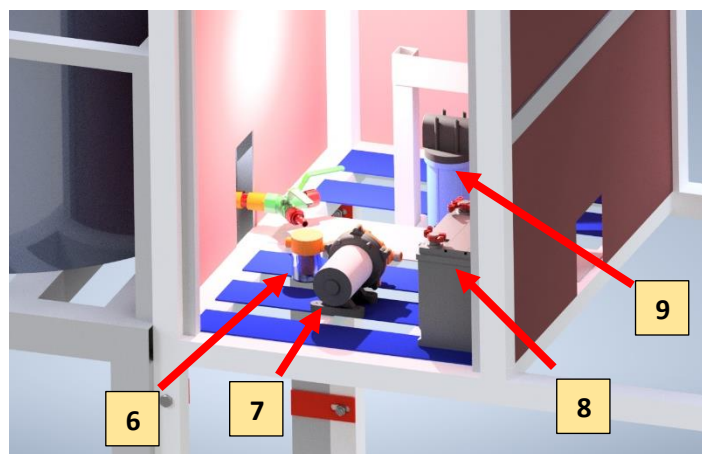


Figura #2: Componentes del sistema de bombeo

Número	Componente
1	Colector de agua pluvial
2	Controlador LOGO! 12/24 RCE marca Siemens
3	Controlador Solar marca BlueSolar de 12V/24V
4	Base para el panel solar
5	Panel solar marca Jinko de 380W de potencia
6	Filtro de la bomba de agua
7	Bomba de agua de diafragma de 12V marca DC House, de corriente continua, capaz de ofrecer un caudal de 0.95 L/s
8	Batería de 12V plomo-ácido marca Autocraft, de ciclo profundo, carga eléctrica de 96 Ah
9	Filtro de agua con cartucho para sedimentos de 5µm

Cuadro #1: Listado de componentes principales

Normas de Seguridad

1. Mantener cerrada con candado la puerta del espacio en donde están todos los componentes eléctricos para evitar que se mojen y que estos sean tomados con malas intenciones.
2. No se debe conectar ningún componente eléctrico directamente al panel solar, ya que se pueden dañar por sobrevoltaje.
3. No se debe juntar los cables conductores del panel solar, ya que se produce un corto circuito.
4. No se debe juntar los cables conductores de salida de la batería, ya que se produce un corto circuito.
5. Desconectar la bomba de agua del LOGO! cuando se deba ejecutar su mantenimiento.
6. No tocar la parte superior del panel solar con las manos, dado a que este puede estar caliente y causar quemaduras.

Pictogramas

Utilizar guantes de cuero mientras se realiza mantenimiento al panel solar.



Protección obligatoria de las manos

Manipular las conexiones eléctricas con cuidado evitando que entren en contacto el extremo positivo y negativo.

Riesgo de shock eléctrico en el manejo de los cables conductores.



Riesgo eléctrico

No tocar la superficie superior del panel solar con las manos durante el día.



No tocar

Instrucciones de uso

Cableado eléctrico del sistema de bombeo:

En la **Figura #3**, se muestra un diagrama de la conexión eléctrica del sistema de bombeo. Es importante seguir los pasos detallados a continuación para conectar los componentes, ya que se pueden dañar los componentes si se realiza en distinto orden.

1. Conectar, mediante un cable conductor, la terminal negativa (-) de la batería a la entrada negativa (-) del controlador solar bajo la señalización de "Battery".
2. Conectar, mediante un cable conductor, la terminal positiva (+) de la batería a la entrada positiva (+) del controlador solar bajo la señalización de "Battery". Luego de realizar este paso, se debería de encender la pantalla del controlador solar.
3. Conectar, mediante los cables conductores MC4, la terminal negativa (-) del panel solar a la entrada negativa (-) del controlador solar bajo la señalización de "PV".
4. Conectar, mediante los cables conductores MC4, la terminal positiva (+) del panel solar a la entrada positiva (+) del controlador solar bajo la señalización de "PV".
5. Conectar, mediante un cable conductor, la terminal negativa (-) de la batería a la entrada "M" del controlador LOGO!.
6. Conectar, mediante un cable conductor, la terminal positiva (+) de la batería a la entrada superior del interruptor termomagnético.
7. Conectar, mediante un cable conductor, la entrada inferior del interruptor termomagnético a la entrada "L+" del controlador LOGO!.
8. Conectar, mediante un cable conductor, la terminal negativa (-) de la bomba de agua a la entrada "2" de "Q1" en controlador LOGO!.
9. Conectar, mediante un cable conductor, la terminal positiva (+) de la bomba de agua a la entrada "1" de "Q1" en el controlador LOGO!.

Para desconectar los componentes se debe seguir la siguiente secuencia de pasos.

1. Desconectar la conexión entre la terminal positiva (+) de la bomba de agua y la entrada "1" de "Q1" en el controlador LOGO!.
2. Desconectar la conexión entre la terminal negativa (-) de la bomba de agua y la entrada "2" de "Q1" en controlador LOGO!.
3. Desconectar la conexión entre la entrada inferior del interruptor termomagnético y la entrada "L+" del controlador LOGO!.
4. Desconectar la conexión entre la terminal positiva (+) de la batería y la entrada superior del interruptor termomagnético.
5. Desconectar la conexión entre la terminal negativa (-) de la batería y la entrada "M" del controlador LOGO!.
6. Desconectar la conexión entre la terminal positiva (+) del panel solar y la entrada positiva (+) del controlador solar bajo la señalización de "PV".
7. Desconectar la conexión entre la terminal negativa (-) del panel solar y la entrada negativa (-) del controlador solar bajo la señalización de "PV".

8. Desconectar la conexión entre la terminal positiva (+) de la batería y la entrada positiva (+) del controlador solar bajo la señalización de "Battery".
9. Desconectar la conexión entre la terminal negativa (-) y la batería de la entrada negativa (-) del controlador solar bajo la señalización de "Battery".

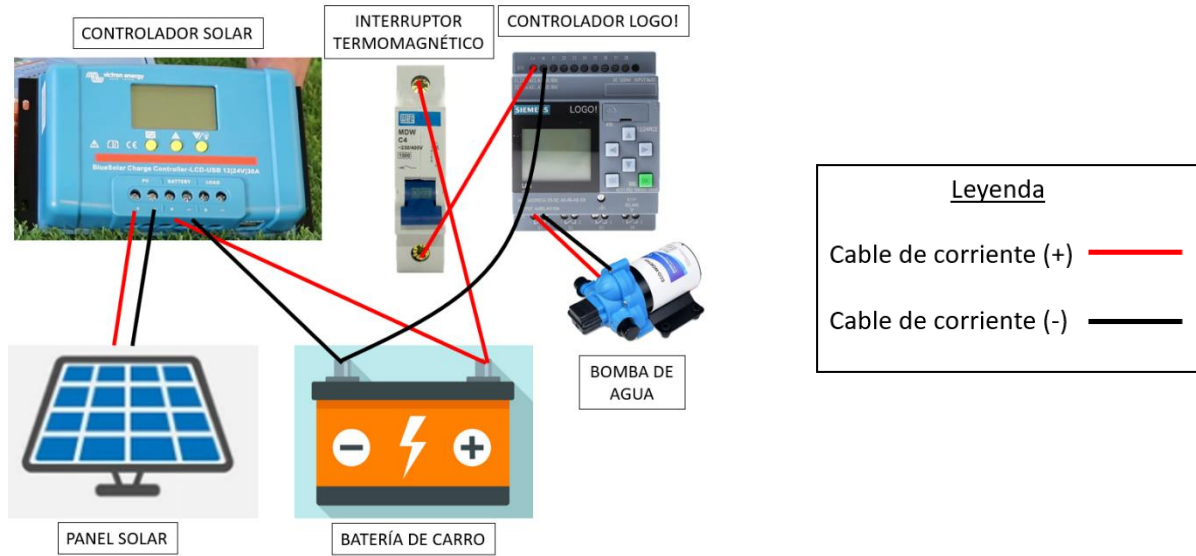


Figura #3: Cableado eléctrico del sistema de bombeo



Figura #4: Entradas en el controlador LOGO!



Figura #5: Entradas en el interruptor termomagnético



Figura #6: Terminales en la batería de 12V



Figura #7: Terminales en la batería de 12V

Conexión de mangueras para transportar agua:

En la **Figura #8** se muestra un esquema de la conexión de mangueras entre el depósito de agua, el filtro de la bomba de agua, la bomba de agua, el filtro de membrana y el colector solar. Seguir los pasos que se detallan a continuación.

1. Roscar la salida del filtro de la bomba a la entrada de la bomba.
2. Conectar, mediante una manguera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, la salida del tinaco a la entrada del filtro de la bomba. Colocar una abrazadera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en cada extremo de la manguera.
3. Colocar el filtro de membrana dentro de la carcasa plástica del filtro.
4. Colocar un adaptador hembra de tubería PVC de $\frac{3}{4}$ " de diámetro a manguera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en la entrada y salida del filtro de membrana.
5. Conectar, mediante una manguera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, la salida de la bomba a la entrada del filtro de membrana. Colocar una abrazadera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en cada extremo de la manguera.
6. Conectar, mediante una manguera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, la salida del filtro de membrana a la entrada del colector solar. Colocar una abrazadera de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en cada extremo de la manguera.

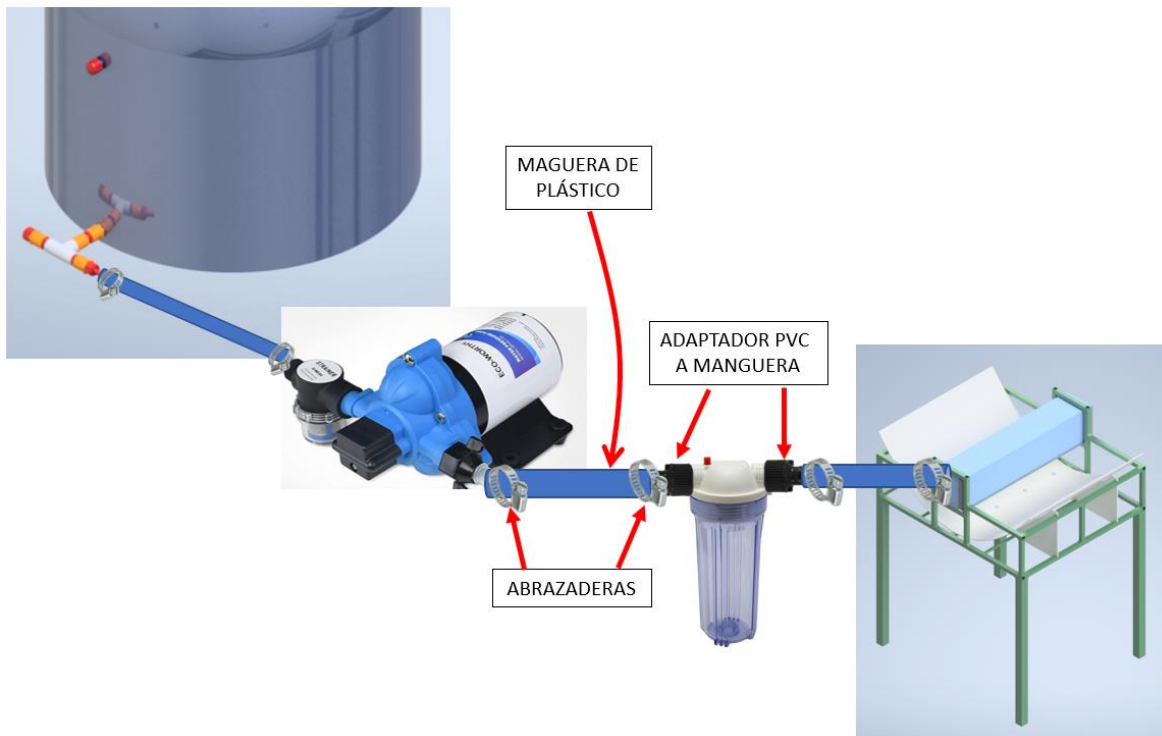


Figura #8: Conexión de manguera para transportar agua

Uso de la entrada y salida auxiliar de agua

En caso de que no llueva y se desee llenar el tinaco con agua se debe de quitar el tapón de PVC, situado en la parte superior del tinaco, y conectar una manguera convencional de jardín. El sistema cuenta con un flote para bloquear el paso de agua cuando se llega al nivel de agua máximo. En caso se deba drenar el agua recolectada o hacer otro uso de ella, se debe remover el tapón de PVC situado en la parte inferior del tinaco. De igual manera, se puede conectar una manguera convencional de jardín.

Inspección rutinaria

Sistema de recolección de agua pluvial

1. Asegurarse que la tapadera del tinaco esté roscada adecuadamente.
2. Verificar que está puesto el tapón en la entrada y salida auxiliar de agua.
3. Asegurarse que el embudo esté sujetado correctamente a la estructura de PVC mediante los cuatro tapones y la abrazadera.
4. Verificar que las abrazaderas y los tornillos estén apretados.
5. Asegurarse que la manguera de ½" de diámetro esté sujeta correctamente a la salida del tinaco.
6. Revisar que no exista acumulación de desechos sobre la malla plástica y el colador de cocina que obstruyan el paso del agua. En caso se observe acumulación de desechos, sacudir la malla plástica y/o el colador de cocina y utilizar agua si es necesario.

7. Revisar que los componentes no estén rotos o dañados. Si se encuentra algún elemento dañado deberá ser reemplazado en la brevedad posible.

Sistema de bombeo

1. Asegurarse que la manguera de ½” de diámetro esté sujeta adecuadamente en la entrada del filtro de la bomba, en la salida de la bomba, en ambos la entrada y la salida del filtro de membrana y en la entrada del colector solar.
2. Revisar que el cableado eléctrico esté conectado de manera correcta siguiendo el diagrama presentado en la **Figura #3**.
3. Revisar que no existan cables sueltos, flojos o pelados.
4. Revisar el estado de la batería en el controlador solar.
5. Verificar que los tornillos de la base para el panel solar estén apretados. De no estar apretados, proceder a apretarlos utilizando llaves inglesas.

Mantenimiento

Mantenimiento del sistema de recolección de agua pluvial

En el siguiente cuadro se muestra el plan de mantenimiento para el sistema de recolección de agua pluvial.

Operación	Periodicidad
Lavado interno y externo del tinaco utilizando agua y jabón para trastos.	Trimestral
Lavado interno y externo del embudo de nylon utilizando agua y jabón para trastos.	Trimestral
Lavado del colador de lavatrastos y malla plástica utilizando agua y jabón para trastos.	Trimestral
Lavado interno y externo de los accesorios de PVC utilizando agua y jabón para trastos.	Trimestral
Reemplazo de esponja de grano de finura media.	Trimestral

Cuadro #2: Mantenimiento del sistema de recolección de agua pluvial



Mantenimiento del sistema de bombeo

En el siguiente cuadro se muestra el plan de mantenimiento para el sistema de bombeo.

Operación	Periodicidad
Remoción de polvo y partículas contaminantes sobre los componentes eléctricos mediante el uso de una escobilla suave.	Semanal
Lavado de la superficie superior del panel solar utilizando únicamente agua y un trapo de microfibra.	Mensual
Lavado de la carcasa plástica el filtro de membrana utilizando agua y jabón para trastos.	Mensual
Limpieza interna y externa del filtro de la bomba de agua utilizando agua y jabón para trastos.	Mensual
Limpieza interna y externa de las mangueras utilizando agua, jabón para trastos y un cepillo para desagües.	Mensual
Reemplazo del filtro de membrana.	Semestral
Reemplazo de empaques de la bomba y limpieza interna de la bomba utilizando agua y un trapo de microfibra.	Semestral

Cuadro #3: Mantenimiento del sistema de bombeo

Nombre de la pieza	Lugar en dónde comprarla	Representación gráfica
Adaptador PVC macho $\frac{3}{4}$ "	Ferreterías Novex, EPA, Cemaco	
TEE PVC con rosca $\frac{3}{4}$ "	Ferreterías Novex, EPA, Cemaco	
Acople plástico para manguera hembra $\frac{1}{2}$ "	Ferreterías Novex, EPA, Cemaco	

Nombre de la pieza	Lugar en dónde comprarla	Representación gráfica
Esponja de grano de finura media	Ferreterías Novex, EPA, Cemaco	
cartucho para sedimentos de 5µm	Ferreterías Novex, EPA, Cemaco	

Cuadro #4: Componentes de recambio

Solución de problemas

Localización de la anomalía	Anomalías de funcionamiento	Posible causa	Posible solución
Conexiones de componentes roscados	Fugas de agua	No se crea un sello adecuado.	<ul style="list-style-type: none"> Colocar varias capas de teflón sobre la rosca. Colocar un empaque de plástico en la parte interna de la rosca.
Controlador solar	No enciende la pantalla o no se está cargando la batería.	<ul style="list-style-type: none"> Falla en el cableado eléctrico. Corto circuito dentro del controlador solar. 	<ul style="list-style-type: none"> Verificar el cableado eléctrico siguiendo el esquema presentado en la Figura #3. Verificar el voltaje de la batería mediante un multímetro. En caso la batería esté muerta, llevar la batería a un centro de venta de baterías de 12V para su diagnóstico. Reemplazo de los cables conductores. Reemplazo del controlador solar.

Cuadro #5: Solución ante posibles problemas

Cantidad	Nombre de componente
Sistema de recolección de agua pluvial	
1	Depósito de 450L marca Rototec
4	Tubo de PVC de 1 pulg de diámetro y 800 mm de largo
4	Tubo de PVC de 1 pulg de diámetro y 300 mm de largo
4	Codo de PVC de 45° de 1 pulg de diámetro
1	Acople de PVC de 4 pulg de diámetro
1	Tubo de PVC de 4 pulg de diámetro y 550 mm de largo
4	Acople de PVC de 1 pulg de diámetro
2	Abrazadera de acero galvanizado de 9 pulg de diámetro
4	Angular simétrico de acero galvanizado de 3 pulg de largo, 1 pulg de ancho y 1/8 de pulg de espesor
2	Roldana de acrílico
12	Arandela de acero galvanizado de 1/4 de pulg de diámetro
12	Tuerca de acero galvanizado de 1/4 de pulg de diámetro
8	Tornillo hexagonal de acero galvanizado de 1/4 pulg de diámetro y 2 1/4 de pulg de largo
4	Tornillo de cabeza plana Phillips de 1/4 de pulg de diámetro y 1 1/2 pulg de largo
1	Rejilla de aluminio con ranuras de ventilación
1	Esponja de grano de finura media
1	Embudo de nylon blanco
4	Tapón roscado de PVC de 1 pulg de diámetro
1	Abrazadera de acero galvanizado de 6 pulg de diámetro
4	Tubo de PVC de 2/3 de pulg de diámetro y 50 mm de largo
2	Tapón roscado de PVC de 3/4 de pulg de diámetro
1	Colador de lavatrastes de 4 pulg de diámetro
1	Adaptador hembra con rosca de 3/4 de pulg de diámetro y niple de 1/2 pulg de diámetro
1	Mallad de plástico para filtrar hojas y partículas grandes
1	Tee de PVC con rosca de 3/4 de pulg de diámetro
Sistema de bombeo	
1	Controlador LOGO! 12/24 RCE marca Siemens
1	Controlador Solar marca BlueSolar de 12V/24V
1	Panel solar marca Jinko de 380W de potencia
1	Bomba de agua de diafragma de 12V marca DC House, de corriente continua, capaz de ofrecer un caudal de 0.95 L/s
1	Batería de 12V plomo-ácido marca Autocraft, de ciclo profundo, carga eléctrica de 96 Ah
1	Filtro de agua con cartucho para sedimentos de 5µm
4	Angular de 1" X 1" X 77" X 1/8" de hierro negro
2	Angular de 1" X 1" X 312 mm X 1/8" de hierro negro
2	Angular de 1" X 1" X 513 mm X 1/8" de hierro negro
18	Tornillo de acero galvanizado hexagonal de 5/16" X 3/4" con rosca completa
10	Tornillo de acero galvanizado hexagonal de 5/16" X 2 1/2" con rosca parcial de 1"
28	Arandela de acero galvanizado de 5/16"
28	Tuerca de acero galvanizado de 5/16"
2	Metros de manguera de plástico de 1/2" de diámetro

Cuadro #6: Listado de partes

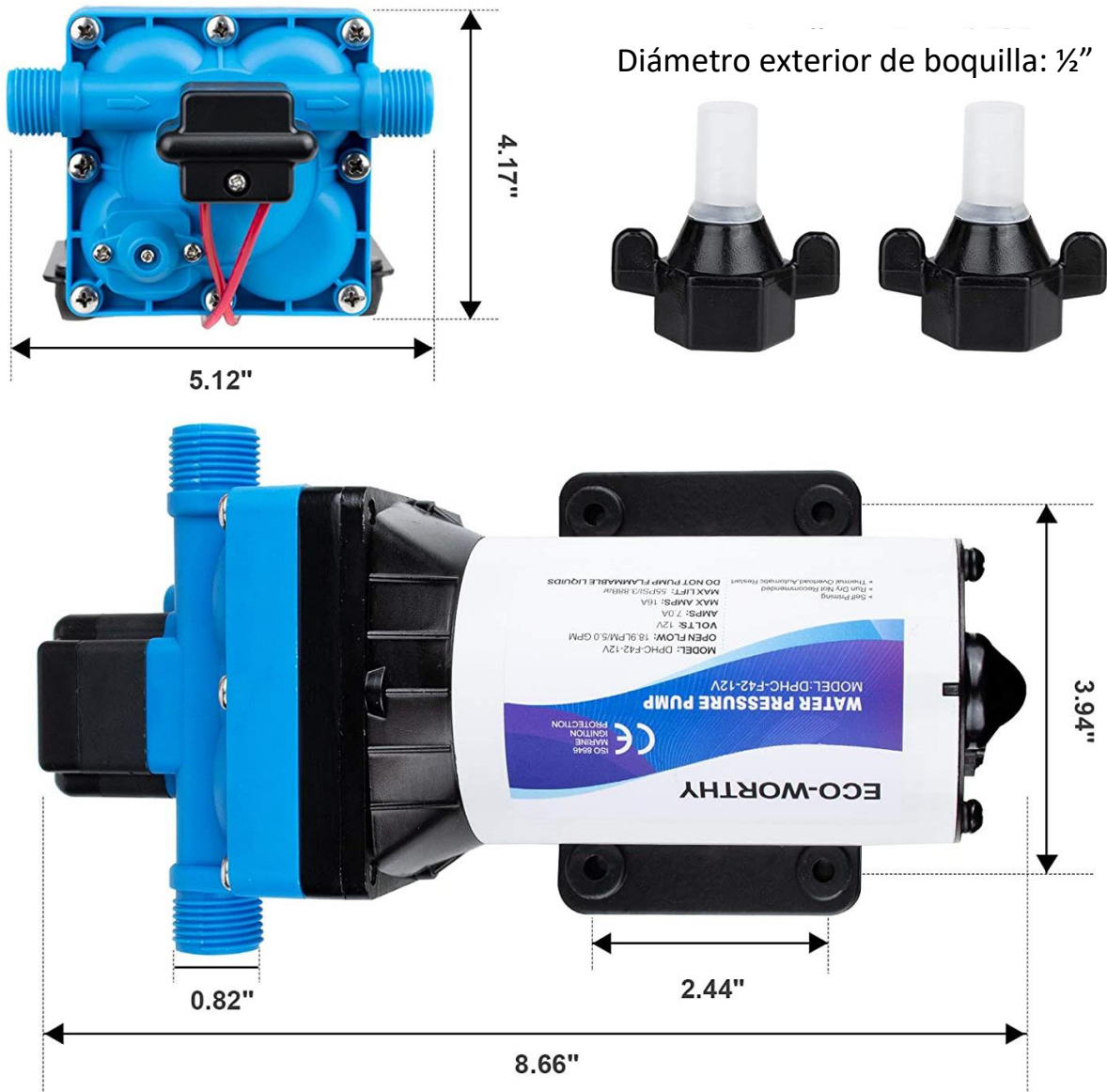


Figura #9: Dimensiones de la bomba de agua

Especificaciones de la bomba de agua

- [Especificaciones]: bomba de agua de diafragma eléctrico de 12V DC, capacidad de flujo de 5.0 GPM, 7 amperios (16 amperios máximos)
- [Rendimiento]: Autocebado de hasta 9.8 pies verticales
- [Ajuste de presión]: interruptor de presión ajustable incorporado, el rango es de 40 PSI a 80 PSI, se enciende / apaga a 55 PSI
- [Característica]: Fácil de instalar y silencioso
- [Servicio]: Garantía de 4 años, si tiene alguna pregunta, no dude en contactarnos, le responderemos dentro de las 24 horas

Controlador de carga BlueSolar PWM-LCD&USB 12/24V y 48V

www.victronenergy.com

Pantalla de cristal líquido

Para seguimiento y configuración

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. Algunas cargas (especialmente los inversores) es mejor conectarlas directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

Las tensiones de conexión y desconexión son ajustables

Programación día/noche de la salida de carga

Esta opción permite preajustar el ON-time después del crepúsculo

Algoritmo de carga de batería programable

Algoritmos preprogramados para baterías AGM, GEL, inundadas o LiFePO4 (sólo con BMS interno)

Dos salidas USB de 5 voltios

Corriente máxima (ambas salidas juntas): 2A



**Controladores de carga BlueSolar
LCD&USB 12/24-5/10/20**



**Controladores de carga BlueSolar
LCD&USB 12/24-30 y 48-10/20/30**

BlueSolar PWM Controlador de carga	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30	48-10	48-20	48-30
Tensión de la batería	12/24 V con detección automática de la tensión de entrada				48V		
Corriente de carga nominal	5A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
Desconexión automática de las cargas consumidoras	Sí						
Tensión solar máxima	28V / 55V (1)				100V (1)		
Autoconsumo	< 10 mA						
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión + temporizador						
Protección	Inversión de la polaridad de la batería (fusible)		Cortocircuito de salida		Sobretemperatura		
Protección contra sobrecarga	Desconexión tras 60 s en caso de alcanzar el 130% de carga						
	Desconexión tras 5 s en caso de alcanzar el 160% de carga						
	Desconexión inmediata en caso de cortocircuito						
Puesta a tierra	Positivo común						
Rango de temp. de funcionamiento	-35 to +60°C (carga completa)						
Humedad (sin condensación)	Máx. 95%						
BATERÍA							
Tensión de carga de "absorción"	Ajuste de fábrica: 14,4V / 28,8V				Ajuste de fábrica: 57,6V		
Tensión de carga de "flotación" (2)	Ajuste de fábrica: 13,7V / 27,4V				Ajuste de fábrica: 54,8V		
Desconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 11,2V / 22,4V				Ajuste de fábrica: 44,8V		
Reconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 12,6V / 25,2V				Ajuste de fábrica: 50,4V		
USB							
Tensión	5V						
Corriente	2A (total de 2 salidas)						
CARCASA							
Clase de protección	IP20						
Tamaño de los terminales	6 mm ² / AWG10			16mm ² / AWG6			
Peso	0,15kg			0,3kg			
Dimensiones (al x an x p)	96 x 169 x 36 mm (3,8 x 6,7 x 1,4 pulgadas)			101x184x47mm (4,0 x 7,4 x 1,8 pulgadas)			
NORMAS							
Seguridad	EN60335-1, IEC 62109-1						
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, ISO 7637-2						
1) Para 12V utilice paneles solares de 36 celdas Para 24V utilice paneles solares de 72 celdas, o 2 de 36 cel serie8 Para 48V utilice 2 paneles solares de 72 celdas o 4 de 36 celdas en serie				2) El controlador conmuta al nivel de tensión de flotación 2 horas después de alcanzada la tensión de absorción Siempre que la tensión de la batería caiga por debajo de 13V, se inicia un nuevo ciclo de carga.			



Figura similar

Display	
Con display	Sí
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 12 V DC	Sí
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)

Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Intensidad de salida	
<ul style="list-style-type: none"> • para señal "1" rango admisible para 0 a 55 °C, máx. 	10 A
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
<ul style="list-style-type: none"> • Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial 	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
<ul style="list-style-type: none"> • IP20 	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	Sí

Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
<ul style="list-style-type: none"> • mín. 	-20 °C; Sin condensación
<ul style="list-style-type: none"> • máx. 	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
<ul style="list-style-type: none"> • mín. 	-40 °C
<ul style="list-style-type: none"> • máx. 	70 °C

Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm

Última modificación: 14/03/2020 

Cheetah 72M

380-400 Watt

MONO PERC MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory

IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product





PERC








KEY FEATURES


- 

5 Busbar Solar Cell
5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 

High Efficiency
Higher module conversion efficiency (up to 20.17%) benefit from Passivated Emmitter Rear Contact (PERC) technology.
- 

PID Resistance
Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.
- 

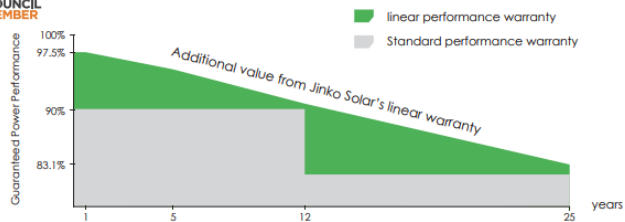
Low-light Performance:
Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environment.
- 

Severe Weather Resilience
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- 

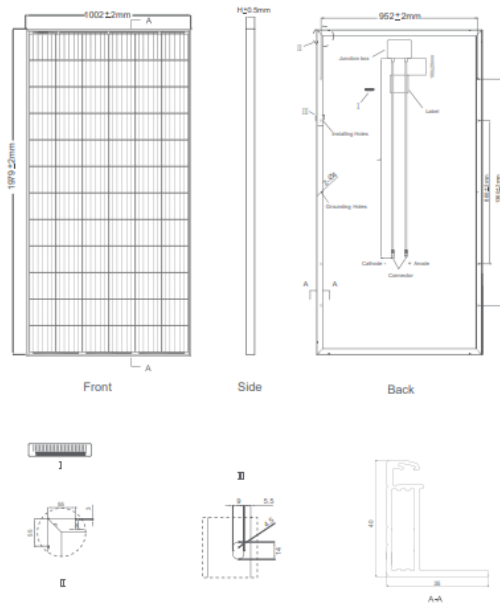
Durability Against Extreme Environmental Conditions
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

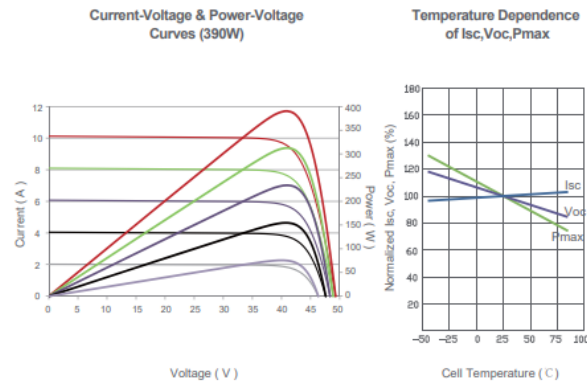
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC	158.75×158.75mm
No. of cells	72 (6×12)	
Dimensions	1979×1002×40mm	(77.91×39.45×1.57 inch)
Weight	22.5 kg	(49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box	IP67 Rated	
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² , Length 1200mm or Customized Length	

Packaging Configuration

(Two pallets=One stack)
27pcs/pallet, 54pcs/stack, 594pcs/40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM380M-72		JKM385M-72		JKM390M-72		JKM395M-72		JKM400M-72	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	380Wp	286Wp	385Wp	290Wp	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.5V	38.6V	40.8V	38.8V	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V
Maximum Power Current (Imp)	9.39A	7.42A	9.44A	7.48A	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.9V	47.5V	49.1V	47.7V	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V
Short-circuit Current (Isc)	9.75A	7.88A	9.92A	7.95A	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A
Module Efficiency STC (%)	19.16%		19.42%		19.67%		19.92%		20.17%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.37%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM380-400M-72-A2-EN