



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de un planta potabilizadora portable a base de luz
ultravioleta y energía fotovoltaica de uso militar.*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Sergio de la Mota Gallego

DIRECTORES: Víctor Ángel Alfonsín Pérez
Rocío Maceiras Castro

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

UniversidadeVigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de un planta potabilizadora portable a base de luz
ultravioleta y energía fotovoltaica de uso militar.*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

Hoy en día el agua potable no es algo tan común como se está acostumbrado a pensar en Occidente, hay mucha gente que no puede acceder a ella.

El proyecto de fin de grado que aquí se presenta, trata acerca del diseño de una planta de agua potabilizadora portable a base de luz ultravioleta y energía fotovoltaica para un uso final militar. El fin es que los militares puedan acceder a una vía de agua potable durante la realización de las misiones en el extranjero en países donde sus habitantes no dispongan de este medio.

Para su desarrollo, en primer lugar se hace referencia la situación en la que se encuentra el agua dulce que puede ser consumida por el ser humano. Se comienza buscando filtros para realizar las etapas de adsorción y filtración. A continuación, se han seleccionado los elementos que van a ser utilizados para el diseño de la planta potabilizadora, entre los que cabe destacar la lámpara de luz ultravioleta y los paneles solares que aportan energía para su funcionamiento. Los paneles fotovoltaicos van a ser de dos tipos, unos rígidos fijados al remolque y otros flexibles que se podrían ser transportados y utilizados si lo situación lo requiriese.

Para otorgarle al sistema la posibilidad de almacenar energía con la intención de utilizarla en momentos cuando la luz solar no incida con suficiente fuerza, se añade al sistema un conjunto de baterías.

Además, para concluir dicho trabajo, se ejecuta una búsqueda del resto de los elementos que formarán parte de la planta potabilizadora: inversor de corriente y regulador de la carga solar.

A continuación se muestra el diseño de la planta potabilizadora montada como un remolque para los vehículos de Infantería de Marina y de Ejército de Tierra, todo ya incluido en el interior del remolque.

Para concluir con el trabajo se desarrolla un estudio de la viabilidad de uso en diversas partes del planeta, eligiendo 3 zonas: la primera con mucha irradiación, Chile, la segunda con una irradiación media, Madrid, y para terminar una zona con poca irradiación, Noruega.

PALABRAS CLAVE

Agua, potable, portable, autónomo, solar

AGRADECIMIENTOS

Quiero a agradecer el resultado de este trabajo de fin de grado a toda la gente sin la cual me habría sido imposible terminarlo:

En primer lugar a mi familia y amigos, que me han ayudado de la forma que han podido. Me han empujado cuando me faltaban fuerzas y me han apoyado cuando lo he necesitado.

A mi querido grupo 4, los cuales siempre han estado ahí, con sus consejos, con sus risas, con sus buenos ratos y con su apoyo incondicional.

Como no a mis tutores, Rocío Maceiras Castro y Víctor Ángel Alfonsín Pérez, los cuales han sido los que me han estado guiando y dando sus consejos durante estos últimos 2 meses. Es una pena de que no dispongamos de los medios ni el dinero para poder haber llevado el proyecto a la práctica y haberlo podido probar.

Muchas gracias a todos.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	4
1 Introducción y objetivos	5
1.1 Introducción	5
1.2 Objetivos	6
2 Estado del arte	8
2.1 Pastillas potabilizadoras y similares	8
2.2 Purificador de agua mediante absorción	9
2.3 Purificador con bomba manual	10
2.4 Purificadores de uso doméstico.....	11
2.5 Planta potabilizadora de agua	12
3 Diseño de la planta potabilizadora portable	13
3.1 Adsorción	14
3.1.1 Intercambio iónico	15
3.1.2 Alúmina	15
3.1.3 Carbón activo.....	16
3.1.4 Filtro seleccionado para la adsorción	16
3.2 Filtrado	17
3.2.1 Selección de filtros	17
3.3 Desinfección por luz ultravioleta	19
3.3.1 Introducción	19
3.3.2 Selección de lámpara de luz ultravioleta.	23
3.4 Elementos auxiliares	25
3.4.1 Bomba de agua	25
3.4.2 Batería:.....	29
3.4.3 Inversor de corriente para la lámpara de luz ultravioleta.....	36
3.4.4 Panel solar.....	37
3.4.5 Regulador de carga solar.....	40
3.5 Diseño de la planta potabilizadora de agua portable.....	41
4 Estudio de viabilidad	45
4.1 Estudio de 3 zonas diferentes para utilizar el sistema.....	45
4.1.1 Chile.....	48

4.1.2 Madrid.....	49
4.1.3 Noruega.....	50
5 Conclusiones y líneas futuras	51
5.1 Conclusiones	51
5.2 Líneas futuras	51
6 Bibliografía.....	52
Anexo I: Lámpara de luz ultravioleta.....	57
Anexo II: Bomba	59
Anexo III: Batería.....	61
Anexo V: Panel solar flexible	63
Anexo VI: Medidor de la batería.....	65
Anexo VII: Mapa irradiancia	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Purificador Filterpen [3]	9
Figura 2-2: Purificador 2000 - Bomba manual [5]	10
Figura 2-3: Purificador de agua Brita [6]	11
Figura 2-4:: Planta potabilizadora de agua prefabricada [7]	12
Figura 3-1: Proceso de adsorción [36]	15
Figura 3-2: Filtro de carbón activo 10µm [39].....	16
Figura 3-3: Filtro 5 µm [50]	17
Figura 3-4: Filtro 1 µm [40]	18
Figura 3-5: Espectro electromagnético [17].....	19
Figura 3-6: Luz ultravioleta [46]	20
Figura 3-7: Efecto de la luz UV en el ADN [49]	20
Figura 3-8: Longitud de onda - eliminación microorganismos [13]	21
Figura 3-9Lámpara luz UV [15].....	23
Figura 3-10: Bomba de agua [17].....	26
Figura 3-11: Regulador de corriente [19].....	27
Figura 3-12: Electrólisis [20]	29
Figura 3-13: Batería litio - ion [27]	30
Figura 3-14: Batería plomo ácido [25]	32
Figura 3-15: Batería litio - ion [29]	34
Figura 3-16: Transformador eléctrico [31].....	36
Figura 3-17: Panel solar rígido [32]	38
Figura 3-18: Panel solar flexible [33].....	39
Figura 3-19: Regulador de carga solar [34].....	40
Figura 3-20: Diseño externo de la planta	41
Figura 3-21: Planta de arriba	42
Figura 3-22: Planta de abajo.....	42
Figura 3-23: Paneles solares sin desplegar	43
Figura 3-24: Paneles solares desplegados	44
Figura 4-1: Irradiación global [36].....	45
Figura 4-2: Irradiación Sudamérica [37]	48
Figura 4-3: Irradiación España [35]	49
Figura 4-4: Irradiación Europa [36]	50

Índice de Tablas

Tabla 3-1: Relación microorganismo – radiación [13].....	21
Tabla 3-2: Relación microorganismos vivos – tiempo [13]	22
Tabla 3-3: Bomba relación presión – consumo [18]	27
Tabla 3-4: Tipos de baterías con litio [28]	31
Tabla 3-5: Comparativa baterías	35
Tabla 5-1: Comparación entre elementos internos y el hueco existente	44
Tabla 5-2: Comparación entre paneles solares y superficie del remolque	44

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

En la actualidad, del total de agua existente en nuestro Planeta, el 97% es agua salada que forma parte de los océanos y mares, lo cual nos deja tan solo un 3% para el consumo de todos los seres vivos que habitamos en la Tierra.

Del 3% de agua dulce se encuentra un 69% aproximadamente, en forma de hielo que forma los casquetes polares y los glaciares, un 30% aproximadamente, es agua subterránea la cual tendremos que encontrar para poder explotar.

Lo cual tan sólo nos deja con un 1% del 3% de agua dulce existente, un 0.03% del agua total que se puede encontrar por encima de la corteza terrestre, en definitiva, muy poca cantidad.

Este 1% de agua dulce no significa que sea agua apta para el consumo humano. El agua que pudiera ser consumida por el ser humano no puede tener un exceso de sales minerales. Además, no todos los minerales pueden ser ingeridos, ya que pueden generar efectos contraproducentes. Algunos de estos minerales llegan a ser beneficiosos, incluso indispensables para nuestra vida diaria, como pueden ser hierro, potasio, manganeso, zinc, cromo, calcio, sodio, fósforo, cloro, y otros oligoelementos. Los que se deberán de eliminar completamente del agua son los metales pesados como pueden ser el aluminio, mercurio, plomo, etc. [1] En los ranchos de combate de la Infantería de Marina y del Ejército de Tierra se proporciona una pastilla que potabiliza y añade minerales al agua que va a ser consumida.

El problema del agua es que es un recurso indispensable para la vida humana en el que se encuentra en conflicto constante entre la velocidad a la que es contaminada, por el ser humano la mayoría de las veces, y la velocidad con la que se trata de potabilizarla para consumo propio [2].

La Organización Mundial de la Salud recomienda un consumo diario de 3 litros de agua, de los cuales un 30% (1 litro) se consume a través de la ingesta de alimentos sólidos, lo que deja un consumo de 2 litros de agua diarios en estado líquido aproximadamente.

He aquí el motivo del trabajo, para que los militares de todo el mundo que se vayan de misión a un país en el que, no como ocurre en occidente, el agua potable no es tan común, puedan cumplir su misión y regresar a sus respectivas viviendas con una excelente salud.

La duración de las misiones puede durar desde tan solo unos pocos meses hasta años, por lo tanto un elemento tan indispensable para el ser humano como puede ser el agua debe de estar más que garantizado.

Las características del agua que se va a potabilizar durante el desarrollo de este trabajo las se van a suponer como desconocidas, debido a que es imposible adivinar en qué lugares se van a realizar misiones en un futuro.

1.2 Objetivos

El primer objetivo ha sido realizar una pequeña investigación sobre los diferentes aparatos y sistemas que pueden ser similares al que se pretende diseñar, buscando información sobre portabilidad y sistemas autónomos.

Otra característica que se espera conseguir es un sistema completamente autónomo, que tampoco necesite ningún controlador externo en sus diferentes etapas, que consiga producir grandes cantidades de agua y que sea autónomo a la hora de obtener la energía que necesite para funcionar, que tan solo sean necesarios unos pequeños mantenimientos como puedan ser cambio o limpieza de filtros, reparación puntual o sustitución de algún elemento que se haya roto, etc.

Lo que se quiere diseñar es una planta potabilizadora de uso militar que aguante perfectamente en situaciones extremas en las que se haya que realizar las misiones, como pueden ser el desierto con extremo calor o en zonas con latitudes muy altas en las que el frío sea común.

Sería de gran utilidad poder diseñar la planta para unas características específicas de agua, pero es imposible predecir el agua que se va a potabilizar en un futuro, se pretende diseñar una planta que proporcione agua potable a partir de agua de procedencia desconocida.

Para llevar a cabo el proyecto se va a seguir el orden de las diferentes fases de las que compone el proceso convencional de potabilización de agua. El proceso de potabilización de agua convencional requiere de las siguientes acciones:

- Adsorción.
- Coagulación.
- Floculación.
- Sedimentación.
- Filtración.
- Desinfección.

Se espera poder evitar las etapas de coagulación, floculación y sedimentación, realizando una filtración más exhaustiva.

Se hablará de todo el espectro de ondas electromagnéticas, enfocándose en la luz ultravioleta. Se hace un estudio de todas las frecuencias de la luz ultravioleta y de sus respectivas frecuencias para estudiar si todas las longitudes de onda afectan del mismo modo a los microorganismos a la hora de desinfectar el agua. Se realizará un estudio de mercado para obtener una lámpara de luz ultravioleta que se adecúe a lo que se espera del sistema.

Se efectuará una búsqueda del resto de los elementos que van a necesitar corriente eléctrica para posteriormente buscar un panel solar que proporcione la electricidad que se necesita para el funcionamiento de todos los componentes eléctricos del sistema.

Se buscará una bomba que proporcione un caudal considerable para poder obtener un máximo litros de agua en un mínimo de tiempo.

A continuación se realizará una búsqueda de una batería que suministre la potencia necesaria para el funcionamiento de nuestro sistema. Además, esta permitirá utilizar el sistema durante un periodo considerable sin la electricidad que proporcionen los paneles fotovoltaicos, simulando condiciones de

mal tiempo. La batería también permitirá que los distintos componentes del sistema no absorban distintos picos de tensión que se puedan producir por la diferente intensidad de luz que incida sobre los paneles solares.

Una vez encontradas las necesidades eléctricas de nuestro sistema, se ha realizado una búsqueda de información sobre los diferentes paneles solares que se pueden encontrar comercialmente, con el fin de encontrar uno que se adecúe a nuestro sistema. Para maximizar la vida útil de la batería, se buscará un regulador de carga de la batería, con el objetivo de minimizar los picos de corriente y tensión que se produzcan por los paneles solares y la electricidad que producen.

Una vez elegidos todos los elementos para el sistema procederá a un estudio de diferentes zonas de irradiancia del Planeta, y a continuación, se estudiará si funcionaría el sistema propuesto, todo ello acompañado con los cálculos respectivos. Esta parte se efectúa con la intención de estudiar el funcionamiento de la planta en diferentes zonas con diferente irradiancia, y por lo tanto, diferentes intensidades de luz solar recibidas durante todo el año.

Habiendo sido estudiadas todas las partes, se ha pasado a la etapa de diseño, y una vez finalizada estudiará el tipo de portabilidad que se busca, ya sea personal (del tipo mochila) o a nivel de ser transportado (remolque de cualquier tipo de vehículo militar).

Todos los estudios se han elaborado teniendo en cuenta el factor durabilidad, asegurando además una gran vida útil de todos sus elementos hasta en condiciones extremas de calor y frío, y teniendo en cuenta factores determinantes como son el peso de los diferentes elementos que componga la planta.

Finalmente, se han expuesto las conclusiones a las que se han llegado tras la realización del trabajo, argumentando si ha podido llegar o no a los requerimientos que se pretendían obtener para la realización de la planta potabilizadora para uso militar y por qué. Se mostrarán algunos de los apartados que pueden resultar como partes más débiles del trabajo, así como por dónde se podrían llevar futuras líneas de investigación, estudio y análisis, y como se cree que se podría llegar a conseguir los requerimientos iniciales que han sido propuestos pero que no se han podido conseguir, hablando del motivo por el cual consideramos que este sistema tenga esa característica, considerándola o no fundamental en equipos similares.

2 ESTADO DEL ARTE

Se ha realizado una búsqueda previa a la elaboración del diseño de la planta potabilizadora, acerca de equipos similares que se pueden encontrar en el mercado actual para el tratamiento del agua con el fin de adecuarla para el consumo humano. Y se han encontrado similitudes que se podrían utilizar en la planta que va a ser propuesta en varios de ellos.

2.1 Pastillas potabilizadoras y similares

En los comercios nos podemos encontrar distintas formas para potabilizar el agua dependiendo de las cantidades de agua que queramos potabilizar. Se puede encontrar diversos artículos que permitirán potabilizar el agua añadiendo/ filtrando el agua, existiendo la posibilidad de almacenarla:

- Pastillas potabilizadoras: son el método más común para potabilizar agua. Estas pastillas se introducen en el agua que se va a ingerir. Son efervescentes y tardan un rato en actuar, el agua no es potable momentos después de haberla introducido. Estas pastillas desinfectan el agua, eliminando a los microorganismos que contiene y que podrían causar alguna enfermedad a las personas que la ingirieran [3]. Están compuestas por cloro entre otros componentes. Si la intención es potabilizar grandes cantidades de agua, no sería posible. Dependiendo de la pastilla sirven para potabilizar cantidades de agua entre 0,5 y 2L de agua por unidad.
- Líquido potabilizador: tiene el mismo funcionamiento que las pastillas potabilizadoras, pero en vez de añadir pastillas, se añaden gotas del líquido según la cantidad de agua que se quiera potabilizar. Otra ventaja es que sirven para potabilizar más cantidad de agua.
- Polvos potabilizadores: estos polvos tienen el mismo fundamento que el líquido y las pastillas mencionadas anteriormente, pero son los que sirven para potabilizar una mayor cantidad de agua de los 3. Con un bote de 100gr se pueden llegar a potabilizar hasta 10000L de agua en 2 horas. Además, conservan el agua en estado potable durante 6 meses.
- Depósito de agua por gravedad: este tipo de filtros se caracterizan por poder ser utilizados para potabilizar grandes cantidades de agua, y son especialmente recomendados para grandes grupos que se van a mantener en la misma zona, debido a que son ligeramente más grandes y frágiles que los anteriores.

2.2 Purificador de agua mediante absorción

La diferencia fundamental entre este tipo de potabilizador es que no tiene la posibilidad de almacenar el agua, aunque tiene un funcionamiento muy parecido al depósito de agua por gravedad:



Figura 2-1: Purificador Filterpen ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Este purificador de agua portable ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.(¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) está fabricado por la empresa MFH y a pesar de ser muy pequeño tiene bastantes similitudes con la planta que va a ser propuesta:

Se trata de una tubo purificador de agua portable que está fabricado con resinas de halogenuros. Los halógenos, como el cloro, eliminan a los microorganismos. Este simple purificador se ha fabricado con el fin de utilizarlo en excursiones y viajes, en los cuales se encuentra agua en aparente buen estado, pero no se sabe con certeza si es potable, pudiendo tener agentes patógenos, y algunos minerales en exceso como cloro, metales pesados y otras impurezas.

- Elimina un 99,9% de los microorganismos que se pueden encontrar en el agua.
- Filtra unos 800L de agua de media. Teniendo en cuenta que el ser humano necesita 2 L de agua en esta líquido consumida diariamente, nos daría para 400 días, algo más de un año, mucho más que suficiente para bastantes excursiones.
- No es apto para utilizarlo con agua salada.
- No requiere de electricidad para su funcionamiento.
- Dimensiones:
 - Longitud: 18cm.
 - Diámetro: 2.5cm.

El mayor problema que da este tipo de sistemas potabilizadores es que no permite almacenar el agua potable, se tiene que consumir in situ.

2.3 Purificador con bomba manual



Figura 2-2: Purificador 2000 - Bomba manual [5]

En el mercado se pueden encontrar purificadores como el que se puede ver en la Figura 2-2, que tiene un funcionamiento similar al anterior, desinfección pero esta vez en vez de succionar, obtendremos el agua mediante una bomba manual.

Elimina un 99,99% de los microorganismos, filtrando un mínimo de 2000L con un caudal de 0,3 L/minuto. Este caudal es insuficiente para conseguir la cantidad de agua que se quiere obtener, para poder mantener a un buen grupo de militares en una misión en el extranjero, en un país en el que fuera necesario potabilizar el agua existente en la zona.

Los problemas que se pueden plantear al utilizar este tipo de aparatos es que tienen un caudal demasiado pequeño. Estos sistemas solucionan el problema de almacenamientos que tienen otros sistemas.

2.4 Purificadores de uso doméstico.



Figura 2-3: Purificador de agua Brita [6]

Se pueden encontrar muchos sistemas que retiran minerales que se encuentran en exceso, en este caso Cal, la cual, además añade mal sabor al agua.

En este caso, a través de sucesivos filtrados, elimina la cal que contiene el agua, mejorando el sabor de la comida y de la bebida, y llegando a mejorar la vida de los electrodomésticos que la usen.

El caso que ha elegido es muy simple, y es para uso doméstico y no industrial, pero tiene cierta relación con las funcionalidades que se buscan para la planta potabilizadora portable.

2.5 Planta potabilizadora de agua



Figura 2-4:: Planta potabilizadora de agua prefabricada [7]

Se ha encontrado que la empresa colombiana NyF vende una planta potabilizadora prefabricada que tiene cierta semejanza con la planta potabilizadora que se pretende diseñar. Está fabricado en fibra de vidrio y tiene su funcionamiento limitado a 12 horas al día. Esta planta también utiliza una lámpara de luz ultravioleta. Elimina el 99,99% de los microorganismos existentes en el agua. Elimina también los metales pesados a través de un proceso ionizador electrolítico. Este sistema está diseñado para ser conectado a la red eléctrica, por lo que necesita una potencia mucho mayor de la que se va a necesitar en la planta que va a ser propuesta, 800W. Para obtener con el sistema que se propone esta potencia, se necesitan gran cantidad de paneles solares para poder adecuarlos a todas las situaciones posibles.

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de trabajo: 110V – 60Hz.
- Potencia: 800W
- Caudal: 3000 Lph.
- Peso: 150Kg.
- Dimensiones
 - ♦ Ancho: 1m.
 - ♦ Largo: 1m.
 - ♦ Alto: 1,2m.

3 DISEÑO DE LA PLANTA POTABILIZADORA PORTABLE

Para el diseño de una planta de potabilización portable uno de los factores más importantes a tener en cuenta es la turbidez del agua

La turbidez, según el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad es la propiedad de un líquido para dejar pasar la luz debido a la presencia de sólidos en suspensión que dificultan su paso por difracción, dispersión o por absorción [7]. Esta se mide en NTU, cuyas siglas significan Unidad de Turbidez Nefelométricas. Un nefelómetro es una máquina que sirve para medir partículas en suspensión en un líquido.

Según la Organización Mundial de la Salud, la turbidez del agua para consumo humano tiene que estar por debajo de 5, e idealmente por debajo de 1 NTU [7]. Como consecuencias de un alto nivel de turbidez destaca principalmente la adhesión de metales pesados a estas partículas en suspensión, por eso el interés a mostrar en la disminución de la misma lo máximo posible, empezando por el origen del agua.

Como primer paso para la realización de este proyecto se comenzará con el estudio de las diferentes fases que se realizan en las plantas potabilizadoras industriales que existen actualmente y comprobar su posible implementación en un sistema portable, y que son enumeradas a continuación:

- Adsorción.
- Coagulación.
- Floculación.
- Sedimentación.
- Filtración.
- Desinfección.

De todos estos procesos habituales para el tratamiento de potabilización de aguas, los procesos de coagulación, floculación y sedimentación tratan de conseguir que las pequeñas partículas en suspensión que contiene el agua se aglutinen y sedimenten añadiendo productos químicos. Son sistemas adecuados para potabilizar enormes cantidades de agua y abastecer amplias zonas de un país. Pero tienen los inconvenientes de que son procesos poco viables para una planta de la potabilización portable, ya que son procesos útiles únicamente a gran escala. Además, de todo esto, necesitan un tiempo para su funcionamiento relativamente largo, lo cual no lo hace adecuado para una planta portable.

En la planta potabilizadora que se va a presentar no tiene como fin el abastecer una cantidad tan grande de agua como para realizar estas etapas, pero si la de abastecer de agua conjuntos de militares basados en zonas cercanas a ríos o lagos cuya agua pueda ser potabilizada.

Con el fin de evitar el uso de grandes depósitos para las etapas de coagulación, floculación y sedimentación, se ha intentado suplir dichas etapas realizando una fase de filtrado más extensa y exhaustiva. Además, el no uso de las mismas, va a permitir acelerar el proceso de potabilización, factor que va a ser importante para el objetivo de este proyecto. Por lo tanto, la planta potabilizadora realizaría únicamente las fases de adsorción, filtración y desinfección, que serán descritas cada una de ellas a continuación en los siguientes apartados.

3.1 Adsorción

Es la primera etapa de todo el proceso. En ella se lleva a cabo la eliminación de todos los metales pesado que resultan tóxicos para el ser humano. Primeramente se quiere dejar clara la diferencia entre absorber y adsorber:

- Absorber: ejercer una atracción sobre un fluido con el que está en contacto, de modo que las moléculas de este penetren en aquella.
- Adsorber: atraer y retener en la superficie de un cuerpo moléculas o iones de otro cuerpo.

Antes de explicar los diferentes métodos de adsorción, ha de quedar claro que el proceso consta de 2 materiales genéricos: un sólido y una sustancia disuelta. El sólido recibe el nombre adsorbente y la sustancia disuelta el nombre de adsorbato. Si el adsorbente y el adsorbato permanecen en contacto el suficiente tiempo, llegarán a un equilibrio de adsorción.

Los adsorbentes atraen a los contaminantes a través de procesos físicos y químicos. Mediante estos procesos se consigue que los adsorbatos queden adheridos a las superficies de los adsorbentes para su posterior eliminación.

Dependiendo del grado de saturación del adsorbente existen 3 zonas:

- Zona A: el adsorbente está totalmente saturado y por lo tanto ya no podría continuar haciendo su función. Se ha alcanzado un equilibrio de adsorción entre adsorbente y adsorbato. Si se quisiera seguir utilizándolo se tendría que retirar y cambiar por otro.
- Zona B: el equilibrio del que se ha hablado anteriormente todavía no ha sido alcanzado. El adsorbente todavía no ha sido saturado y por lo tanto se podría continuar utilizando.
- Zona C: el equilibrio tampoco se ha alcanzado, pero a diferencia de la zona B, hemos terminado de adsorber todo el adsorbato.

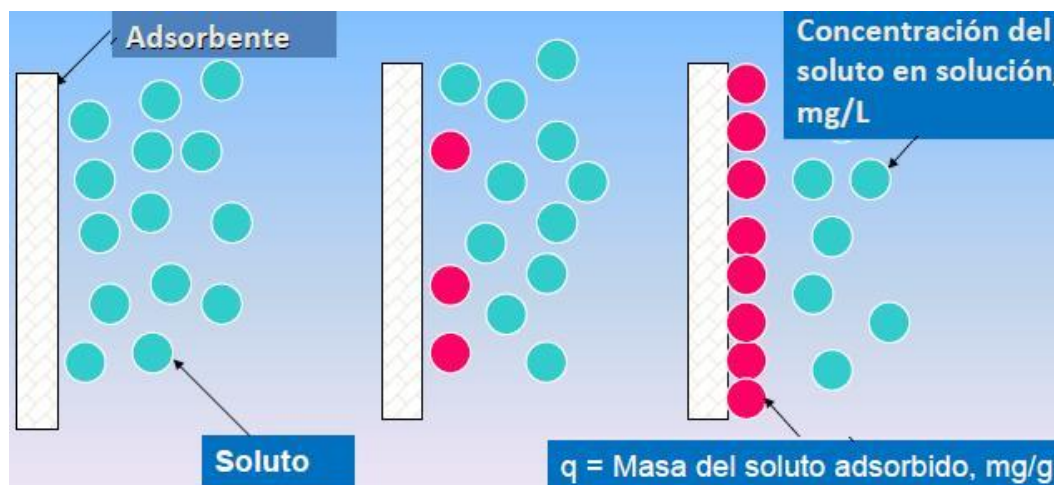


Figura 3-1: Proceso de adsorción [36]

Para lograr la adsorción (Figura 3-1) existen diferentes métodos, como pueden ser el uso de carbón activo, alúmina (óxido de aluminio) o mediante intercambio iónico en la fuente de suministro de agua, y de los que se va a hablar a en los siguientes apartados.

3.1.1 Intercambio iónico

En este proceso solo se consiguen eliminar los contaminantes inorgánicos no neutros, es decir, con carga eléctrica, como el cromo, el arsénico, el radio, el uranio y el exceso de flúor.

Se trata de pasar el agua por unos cordones de resina catiónica (con carga positiva) y por otra aniónica (con carga negativa) para de esta forma conseguir eliminar todos los iones disueltos en el agua. El rendimiento de este proceso se incrementa bastante cuando antes de pasar el agua por estas resinas, se ha hecho un primer filtrado con el fin de eliminar todas las partículas no disueltas en el agua.

A su paso por las resinas, todos ellos generan una solución salina (cloruro de sodio). En las resinas catiónicas, el ion de Sodio, y en las resinas aniónicas, el ion de cloro desplazan el catión/ anión respectivo del lugar de intercambio.

Una de las ventajas que tiene este proceso es que existe la posibilidad de diseñar resinas con una preferencia específica por iones de interés, de tal manera que este proceso se puede adaptar a un gran número de contaminantes diferentes. También es posible adaptar un sistema común a un tamaño específico de tamaño de la planta de tratamiento.

3.1.2 Alúmina

La alúmina es el nombre por el cual se conoce el óxido de aluminio (Al_2O_3). Se encuentra en la naturaleza en como parte de feldespatos y arcillas principalmente. Hay varios tipos de alúminas que se pueden encontrar, como pueden ser la alúmina alfa, la beta o la gamma, hidratadas, etc. Algunas específicas para la adsorción de algunos iones.

Es uno de los adsorbentes más utilizados en el tratamiento del agua. Tienen una superficie de entre 100 y 400 m^2 por gramo de alúmina. Existen alúminas que permiten su correcto funcionamiento a temperaturas extremas de hasta 800°C.

Normalmente esta viene impregnada en muy baja medida por óxidos de cromo, molibdeno y vanadio, de tal forma que estos actúan de catalizadores de las reacciones químicas, es decir, facilitando que estas reacciones químicas se produzcan. Se utiliza principalmente para la adsorción de arsénico, hierro, azufre, flúor, es decir, iones de carga negativa.

El empleo de esta materia puede llegar a ser muy caro. Depende del origen del agua puede llegar a ser necesario el empleo de otros materiales para reajustar el pH antes del tratamiento.

3.1.3 Carbón activo.

Es el método más seguro de los tres. El carbón activo es un material que tiene mucha facilidad para reaccionar químicamente con metales, de tal manera, que estos, al estar en contacto con él, reaccionan químicamente y se quedan formando parte de otro compuesto químico, siendo eliminados del agua. Además este proceso es reversible, de tal manera que podría llegarse a limpiar de no poder cambiar por un carbón activo nuevo. Tiene una textura muy similar a la arena. Filtros de este elemento son muy utilizados en viviendas y en procesos de extracción de aguas subterráneas.

Un inconveniente que tiene es que no podría ser modificado para adsorber un tipo de metal específicamente, pero por otro lado, es imposible conocer previamente las características del agua que se va a tratar [37].

El carbón activo es un elemento que se caracteriza por tener una superficie del orden de 1500 m^2 por cada gramo, siendo además extremadamente poroso. Tiene una estructura similar a la del grafito [38]. Es por todas estas características por lo que se ha decidido usar el carbón activo para eliminar los metales pesados del agua a potabilizar.

3.1.4 Filtro seleccionado para la adsorción

Una vez conocidas las diferentes alternativas para el proceso de adsorción, se ha seleccionado el filtro de carbón activo, debido a las características anteriormente descritas, tales como su seguridad para realizar una correcta adsorción y su posibilidad de limpieza en lugar de cambio.

Una vez realizado un estudio de los filtros comerciales existentes y sus características se ha optado por un filtro de carbón activo de $10\mu\text{m}$ (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) [39]:

Se trata de un filtro de carbón activo tubular que mide 20'' (pulgadas) y 1,5'' de radio cuyo tamaño de la entrada y de la salida del filtro es de 1 pulgada. Además hace un segundo filtrado de 10 micras. Colocando 2 bombas en caso de conectar ambas al sistema, sería un filtro común, no sería independiente de cada bomba. El fabricante asegura la eliminación del 99% de cloro y del 95% de compuestos químicos orgánicos, metales pesados, olor, turbidez y partículas en suspensión.



Figura 3-2: Filtro de carbón activo $10\mu\text{m}$ [39]

3.2 Filtrado

Como se ha mencionado anteriormente y con el fin de evitar los procesos de floculación, coagulación y sedimentación, se va a realizar un filtrado más exhaustivo de lo normal para eliminar todas las partículas en suspensión casi por completo.

Este filtrado es de vital importancia en el proceso de potabilización, ya que de él depende, en parte, la eficiencia del proceso de desinfección. Si se encuentran muchas partículas en suspensión en el agua que se introduce en la lámpara de luz ultravioleta, estas pararán los rayos de luz ultravioleta que produce la lámpara lo que no produciría el efecto de desinfección del agua que se busca. Es por esto que el proceso de filtrado va a costar de 2 elementos, un filtro de 5 μ m y otro de 1 μ m.

3.2.1 Selección de filtros

Una vez vistas las diferentes alternativas existentes en el mercado se seleccionarán los elementos que conformarán las dos etapas de filtrado:



Figura 3-3: Filtro 5 μ m [50]

Para la primera de estas etapas se ha seleccionada un filtrado de 5 μ m, en concreto un filtro fabricado por la empresa Vigaflow (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) [50]. De los filtros que se han estudiado es el que proporciona mayor durabilidad.

Se trata de un filtro de 5 μ m que mide 10'' de largo y 2,5'' de diámetro, con una entrada y salida de tamaño de 1'', igual que el filtro de carbón activo. El fabricante nos asegura una turbidez menor de 2 NTU durante los 6 primeros meses de uso, que corresponde con lo que la Organización Mundial de la Salud establece como agua potable, pero no como idóneo. Tiene temperatura máxima de funcionamiento a 65°C.

Para continuar con la etapa de filtrado se va a realizar otro filtrado más específico mediante el uso de un filtro de 1 μ m. Con el filtrado de 5 μ m se ha conseguido que el agua, hablando de partículas en suspensión, sea considerada como potable, pero no es lo que lo OMS considera como ideal. Se va a tratar de conseguir este nivel de filtrado con un filtro de 1 μ m para entrar en ese ideal de NTU<1 que establece la OMS.

El filtro que se ha seleccionado es un filtro que fabrica la empresa Asfilter:



Figura 3-4: Filtro 1 µm [40]

Asfilter asegura un artículo de alta calidad y el mejor filtrado de 1 micra, y un NTU<1, consiguiéndose la idealidad del agua a potabilizar. Este filtro es de vital importancia ya que a continuación de él, el agua pasará a entrar en la lámpara de luz ultravioleta. La eficacia de la lámpara de luz ultravioleta depende completamente del nivel de partículas en suspensión del agua. Sus dimensiones son de 10'' de largo y 2'' de radio, con una entrada y salida del filtro de 1''.

A través de la micro filtración, solamente conseguirían atravesar el filtro los virus, que necesitarían un filtro de entre 0,001 y 0,1 micras para ser retenidos por él, como es el caso de las membranas de una planta de ósmosis inversa. [41]

Con la intención de reducir al máximo los mantenimientos del equipo, se incorporarán 2 filtros de carbono, un filtro de 5 µm y otro de 1µm.

3.3 Desinfección por luz ultravioleta

Como último proceso para la potabilización del agua, sería su desinfección, una de las partes clave de este proyecto y por ello se ha realizado una introducción con el fin de conocer el principio de funcionamiento de este proceso.

3.3.1 Introducción

Esta etapa se realizará a través de una lámpara de luz ultravioleta, la cual, incidiendo sobre los diferentes microorganismos, les dañará el ADN, imposibilitando su reproducción, pero no eliminándolos. Antes de pasar a esta parte se explicará la procedencia de los rayos de luz ultravioleta.

Las ondas que se reciben del Sol las se dividen en lo que ha sido llamado espectro electromagnético. El espectro electromagnético es la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas:

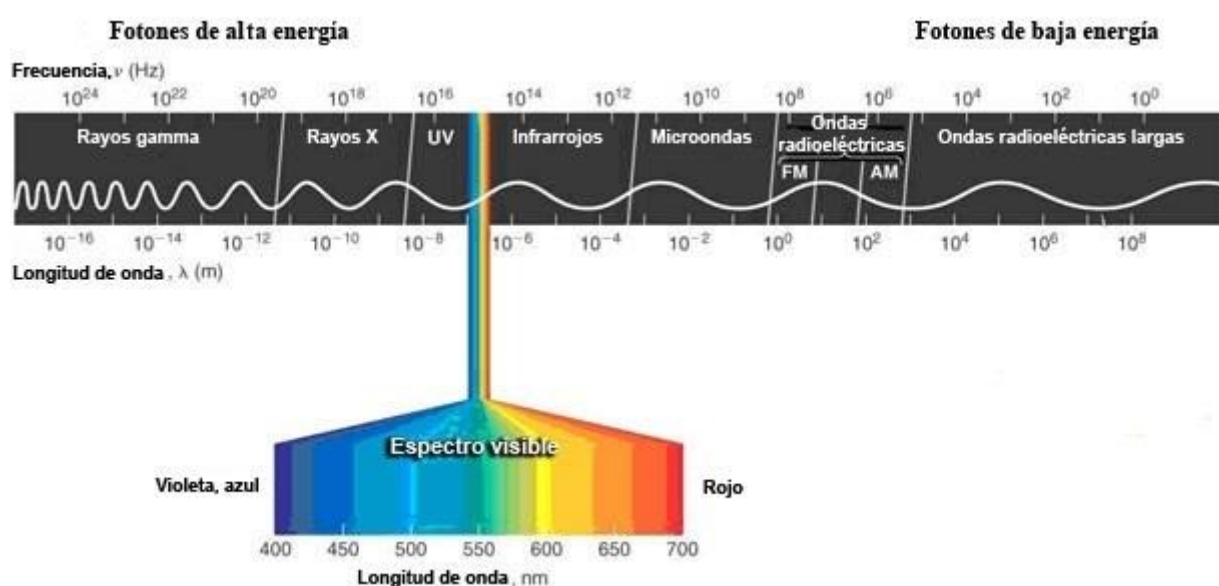


Figura 3-5: Espectro electromagnético [17]

Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el espectro electromagnético de ondas está dividido de la siguiente manera:

- Ondas radioeléctricas: tienen mayor longitud de onda que la luz visible. Se utilizan principalmente en las comunicaciones.
- Ondas Infrarrojas (IR): estas ondas tienen mayor longitud de onda que la luz visible pero menor que las ondas de radio. Todo cuerpo por encima de los 0°K (-273°C) emiten este tipo de radiación. Por este motivo se utilizan principalmente en equipos de visión nocturna. También se utilizan en los mandos a distancia y para conectar a corta distancia ordenadores con algunos periféricos.
- Espectro visible: son las únicas ondas que pueden ser percibidas por el ojo humano. De ahí la gran importancia de estas ondas para nuestra vida diaria.
- La luz ultravioleta: también conocida como luz negra, que es la que resulta de nuestro interés. Entre otros usos, se utiliza en la desinfección de agua, de la cual se hablará más adelante, y en la seguridad, muchos documentos confidenciales utilizan una marca para verificar la autenticidad del mismo.

- Rayos X: este tipo de radiación electromagnética tiene la capacidad de atravesar objetos opacos. Por este motivo su principal uso es en el apoyo al diagnóstico en la medicina. También se utilizan como medio para escanear paquetes en los aeropuertos.

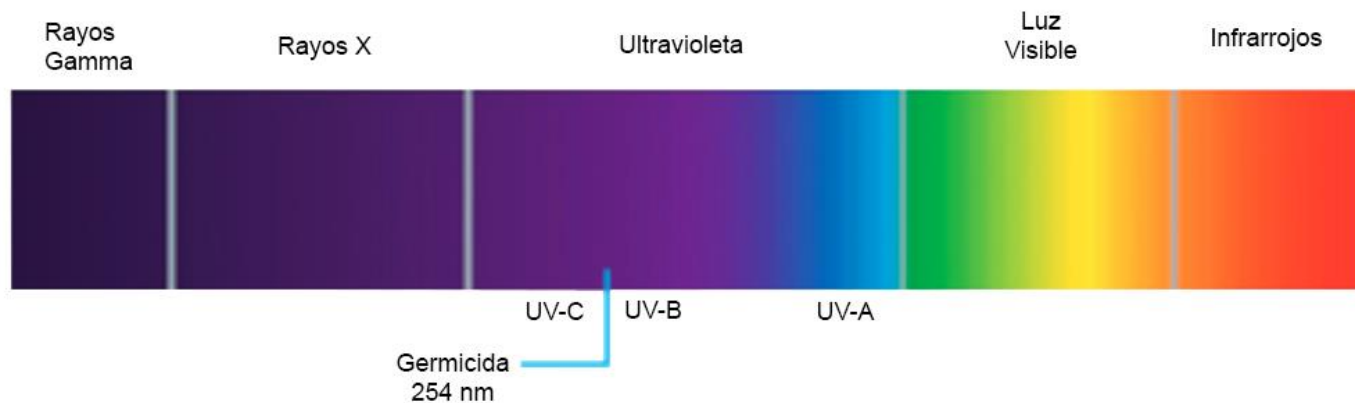


Figura 3-6: Luz ultravioleta [46]

La luz ultravioleta es completamente invisible para el ojo humano. Según las longitudes de onda que tienen la dividimos en 4 grupos [8] [9]:

- UV A: luz ultravioleta de onda larga, cuya longitud de onda de entre 400 y 320 nm.
- UV B: luz ultravioleta de onda media, cuya una longitud de onda de entre 320 y 280 nm.
- UV C: luz ultravioleta de onda corta, cuya una longitud de onda de entre 280 y 200 nm.
- VUV: luz ultravioleta de vacío, cuya una longitud de onda de entre 200 y 10 nm [10].

La función que se espera que estos rayos ultravioletas realicen es la tarea de desinfección del agua. Esto lo consiguen dañando el ADN de los microorganismos. El Ácido Desoxirribonucleico, abreviado ADN, es, según ABC [21]: ‘el ácido desoxirribonucleico responsable de contener toda la información genética de un individuo o ser vivo, información única e irrepetible en cada ser, ya que la combinación de elementos se construye de esa manera. Además, contiene los datos genéticos que serán hereditarios [...]’.

La luz ultravioleta atraviesa la pared celular y daña la estructura del ADN, consiguiendo que los microorganismos no sean capaces de aumentar su tamaño ni de realizar el proceso de mitosis, que es un mecanismo mediante el cual la célula se divide en dos, repartiendo equitativamente el ADN. Es su mecanismo de reproducción.

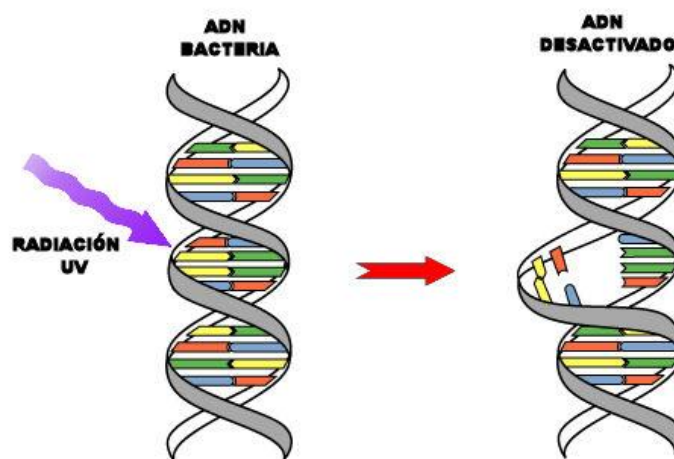


Figura 3-7: Efecto de la luz UV en el ADN [49]

No todo el rango de longitudes de onda que ocupa la energía ultravioleta es igual de efectiva a la hora de dañar el ADN los microorganismos en el proceso de desinfección del agua. La longitud de onda que daña el ADN de la mayor cantidad de microorganismos en el agua se encuentra entre 250 y 270 nm, siendo la más efectiva a 254nm. Los rayos ultravioleta de 254nm de longitud de onda se corresponden con los rayos ultravioleta de onda corta. Todos estos datos han sido obtenidos de forma experimental por diferentes agencias y vienen representados en la Figura 3-8 [13]:

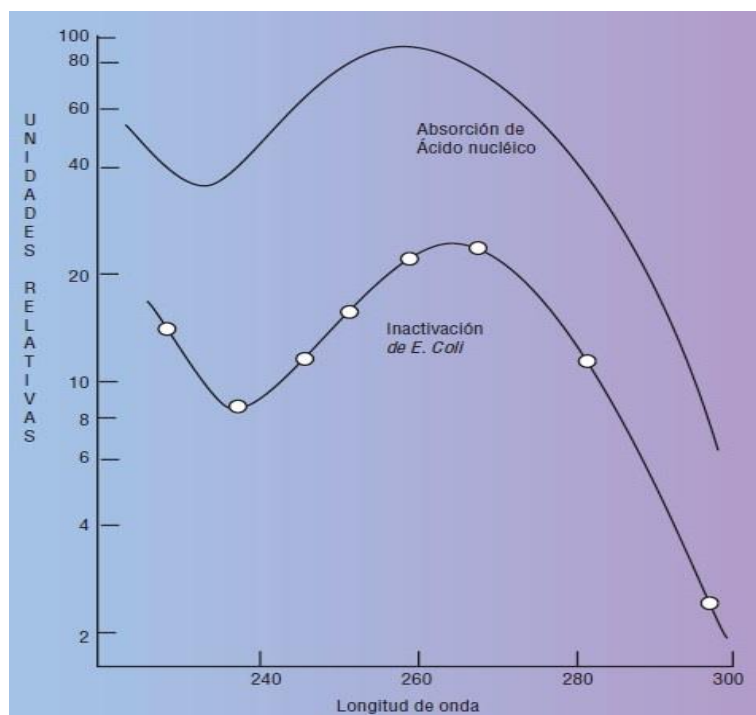


Figura 3-8: Longitud de onda - eliminación microorganismos [13]

Según el tiempo que este el agua en contacto con la lámpara de luz ultravioleta, variarán la cantidad de microorganismos afectados. Cuanto mayor sea el tiempo, los microorganismos afectados también lo serán. A continuación se puede observar la Tabla 3-1 en la que aparecen los microorganismos más comunes que nos podemos encontrar en un agua residual cualquiera [10]:

Especies	Dosis mJ/cm2
Clostridium tetani	4.9
Legionella Pneumophilla	2.04
Pseudonomas aeruginosa	5.5
Streptococcus feacalis	4.5
Virus Hepatitis A	11.0
Polivirus Hepatitis	12.0
Saccharomyces cervisiae	6.0

Tabla 3-1: Relación microorganismo – radiación [13]

Entre los microorganismos tóxicos más fáciles de encontrar en aguas de desconocida procedencia se encuentra la Legionella, capaz de causar la muerte de un individuo, la bacteria que causa el Tétanos, virus causantes de la hepatitis, etc.

Como se puede observar en la Tabla 3-2, la cantidad de microorganismos vivos va disminuyendo a medida que se les va exponiendo a una mayor dosis de luz ultravioleta:

Dosis mJ/cm²	Reducción del número del microorganismos
5.4	90.0%
10.8	99.0%
16.2	99.9%
21.6	99.99%
27.0	99.999%

Tabla 3-2: Relación microorganismos vivos – tiempo [13]

Antes de pasar a la elección de la lámpara de luz ultravioleta, se va a hablar de las mayores ventajas y desventajas que tiene la utilización este tipo de luz en la desinfección del agua [24]:

Ventajas:

- Es capaz de desactivar casi por completo los microorganismos existentes en el agua a potabilizar.
- Es un proceso un proceso físico y no una desinfección química, de tal manera que no se añade nada al agua.
- No altera el olor ni sabor del agua, ni tampoco genera algún residuo.
- No produce ningún efecto que pueda ser perjudicial para el ser humano.
- Es muy fácil de utilizar.
- El período que tarda en desinfectar el agua es mucho menor que con otros desinfectantes.
- Requiere menos espacio.

Desventajas:

- Si no se dosifica el agua lo suficiente no se desactivarán la mayor parte de los microorganismos.
- En algún caso los organismos han sido capaces de reparar los efectos que la radiación ultravioleta del ha causado.
- Se necesita realizar un mantenimiento muy exhaustivo para mantener muy controlados los sólidos en suspensión, ya que esto puede provocar que los microorganismos no reciban la suficiente dosis de radiación para desactivarlos.
- La desinfección con cloro es más barata a no ser que requiera un proceso posterior de decoloración.
- Requiere una limpieza rutinaria de las lámparas.

3.3.2 Selección de lámpara de luz ultravioleta.

En el mercado se pueden elegir diversas lámparas de luz ultravioleta. Todas las lámparas de luz ultravioleta tienen un mismo modo de funcionamiento. Lo que diferencia a unas de otras es la radiación que emiten, la presión máxima a la que pueden llegar a trabajar, tamaño, tamaño de la salida y de la entrada, lo que lleva una clara relación con el caudal y la potencia.

Las características que se buscan de la lámpara de luz ultravioleta son principalmente una dosis lo mayor posible con un consumo que no sea excesivo para que lo puedan proporcionar los paneles solares. La durabilidad es otro de los factores.

Después de observar todas estas características y de buscar en la red una lámpara de luz ultravioleta que se adecúe a lo que se busca, se ha seleccionado a siguiente lámpara:



Figura 3-9 Lámpara luz UV [15]

Se ha seleccionado un lámpara de Aqualight (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** [15]). ‘Una lámpara de luz UV para la desinfección completa del agua’, cita textualmente el fabricante. Esta lámpara ha sido escogida debido a que, entre otras características, consume tan solo 40W de potencia. Además, proporciona una completa desinfección del agua con un caudal de hasta 4,1 m³/h (68,1L/minuto). Se trata de una lámpara que cumple por encima las expectativas de lo que se necesitaba. En cuanto a la durabilidad de la lámpara, el fabricante nos asegura más de 10000 horas de funcionamiento, más de 1 año de continuo uso, avisando la propia lámpara de cuándo debe ser cambiada. Otro factor a tener en cuenta es su máxima presión de trabajo de 125psi (8,62 bares). Este factor es muy importante debido a que para que el agua atraviese los filtros de 5 μ m y el de 1 μ m, sobre todo este último, se va a necesitar que todo el conjunto trabaje a cierta presión. Con 8 bares de presión se salda más que de sobra este requerimiento.

Como se ha visto anteriormente, depende de la dosis que se le proporcione al agua, inactivará en mayor o menor medida la actuación de los microorganismos. Si esta lámpara es capaz de proporcionar un caudal mucho mayor del que le vamos a proporcionar, significa que el este menor caudal de agua recibirá una mayor radiación ultravioleta, obteniendo como resultado una mayor inactivación de microorganismos.

Entre las principales características técnicas de la lámpara se encuentran:

- Caudal máximo: 4100 litros por hora.
- Duración de la lámpara: 10000 horas.
- 40 W de potencia
- Voltaje universal 110-220 V (contiene un transformador).
- Dimensiones: 49cm x 8.9 cm (19" x 3.5")
- Elimina el 99,99% de los microorganismos - dosis de 25mW/cm².
- Certificado por la Comunidad Europea.
- Presión de operación: 125psi (8.62 bares).
- Temperatura del agua: 2°C – 40°C.
- Longitud de onda entre 200 y 300 nm, pero más del 90% se encuentran a 254nm.

3.4 Elementos auxiliares

3.4.1 Bomba de agua

Una bomba es lo un aparato que convierte la energía con la que es alimentada en otra que es transferida al agua. Según el tipo de accionamiento se pueden encontrar diversas bombas [16]:

- Electrobombas: son aquellas que son accionadas mediante un motor eléctrico. Se distinguen de las motobombas en que estas son accionadas por un motor de combustión.
- Bombas neumáticas: son bombas de desplazamiento positivo en las que se utiliza aire comprimido para ser accionadas.
- Bombas de accionamiento hidráulico: bombas en las que se utiliza agua para ser accionadas. Suelen tener una forma parecida a la de una noria.
- Bombas manuales.

Se ha tenido que escoger una electrobomba para el sistema, debido a que la forma de accionarla va a ser mediante el uso de un motor eléctrico.

Para satisfacer el resto las necesidades del sistema se han encontrado diferentes electrobombas para ser usadas con el agua. Dependiendo de si pueden ser sumergidas o no se pueden encontrar:

- Sumergibles.
- No sumergibles.

Con la intención de hacer un primer filtrado para eliminar el máximo número de partículas en suspensión, se ha elegido que sea no sumergible, debido a que es mucho más fácil hacer el prefiltrado del que se ha hablado anteriormente, ya que en las bombas sumergibles necesitan de un agua con muy pocos sólidos en suspensión para su correcto funcionamiento.

Según el tipo de uso que se le vaya a dar a la bomba se pueden encontrar:

- Bombas de aguas grises: son unas bombas que funcionan muy bien con un nivel alto de sólidos en suspensión.
- Bombas de presión: son bombas que tienen la capacidad de dar presión al sistema para el que funcionan.
- Bombas de uso doméstico: en este apartado se encuentran todas las bombas de pequeño tamaño que se utilizan para uso específico dentro un domicilio, como pueda ser una bomba de riego del jardín.
- Bombas de extracción: bombas que pueden trabajar con agua que se encuentra muy por debajo de la altura a la que se encuentra la bomba.

3.4.1.1 Selección de la bomba de agua

Aunque a primera vista puede parecer que la mejor opción es la utilización de una bomba de aguas grises, porque se desconocerán el número de partículas en suspensión del agua que va a ser tratada, se ha elegido la bomba de presión. Se ha elegido esta debido a que se procurará tratar aguas que aparentemente no contengan muchas partículas en suspensión y, a pesar de esto, se va a realizar un primer filtrado antes de que el agua entre a la bomba. Este primer filtrado no sería necesario en la bomba de aguas grises pero sería necesario hacerlo después, pero con la bomba de aguas grises no permite incrementar la presión del sistema para que pase el agua por los diferentes filtros. Es por esto que ha sido seleccionada la bomba a presión.

Después de que se investigue sobre los tipos de bombas que se pueden utilizar con un sistema portable, y partiendo de que este se va a utilizar en misiones militares, por lo cual, con el fin de determinar las partículas en suspensión, se deben realizar varios filtrados antes de que el agua entre en la bomba con el fin de maximizar la vida útil de la misma. Estos filtros deberán estar siempre en perfecto estado.

La bomba no debe consumir una potencia excesiva para que los paneles solares, de los que se hablarán a continuación, la puedan abastecer. Las principales características que se han buscado para la bomba que se va a introducir en la planta potabilizadora son:

- Tamaño de la entrada y la salida de la toma de agua, que debe de ser compatible con el resto del sistema.
- Caudal de salida que se espera conseguir.
- Que consuma una potencia que pueda ser abastecida por las células fotovoltaicas.
- Pueda proporcionar al sistema la presión necesita para que circule el agua por todos los filtros.

La bomba comercial que se ha seleccionado para nuestra planta potabilizadora portable se muestra en la Figura 3-10:



Figura 3-10: Bomba de agua [17]

Una de las características por las que se ha elegido esta bomba debido a reducido tamaño, lo que permitirá ser introducida dentro del remolque para que no se encuentre a la intemperie. Además tiene un consumo de potencia máximo de 108 W, que podría ser abastecido por las células fotovoltaicas, si bien este valor depende la presión que le esté proporcionando al sistema.

La bomba tiene un tamaño de entrada y de salida de 0,5 pulgadas, en lugar de 1 pulgada como tiene la lámpara de luz ultravioleta. Esto es debido a que se pretende dejar la posibilidad de montar otra bomba en paralelo, de tal manera que si la situación lo requiriese, se pueda utilizar la planta potabilizadora con 2 bombas, proporcionando el doble de caudal, y si no lo requiriese, utilizarlo con tan solo una, de tal manera que se consuma la mínima energía.

Especificaciones técnicas [18]:

- Voltaje: 24VDC.
- Tamaño de la toma y salida: 0,5 pulgadas (12.7cm).
- Peso: 2.9kg.
- Intensidad de corriente:

PRESIÓN (PSI)	CAUDAL (L/MIN)	RPM MIN/MÁX	CORRIENTE (A)	VOLTAJE (VDC)
ABIERTA	13.6	2460/2465	3.0	24
10	12.0	2455/2460	3.1	24
20	11.0	2425/2430	3.6	24
30	9.9	2390/2395	4.1	24
40	8.8	2375/24380	4.5	24
50	7.9	2350/2370	5.0	24

Tabla 3-3: Bomba relación presión – consumo [18]

Como se puede observar en la Tabla 3-3, según la presión que busquemos en el circuito, la bomba consumirá un diferente número de Vatios. Para fijar un tope superior en el número de Vatios, va a ser introducido en nuestra planta potabilizadora portable un regulador de corriente (Figura 3-11) para, manteniendo el voltaje constante, regular la carga que consume la bomba:



Figura 3-11: Regulador de corriente [19]

El regulador debería de ir oculto en el interior de un cuadro eléctrico para protegerlo de la lluvia, ya que es más vulnerable a la meteorología.

Lo que se va a colocar la bomba fuera del agua, pero con una manguera de su correcto diámetro (12.7cm) que vaya introducida en el agua que se quiere potabilizar. Siempre se tendrá que tener en cuenta que cuanto más pegada este la manguera al suelo, más sedimentos del fondo serán absorbidos, alejándola del mismo lo máximo posible.

La manguera conectada a la salida de la bomba llevaría el agua hasta el resto de los equipos para empezar el proceso de potabilización.

Se va diseñar la planta potabilizadora teniendo en cuenta que es posible que se necesite mayor caudal de agua en algún momento puntual. Es por eso que se elige una bomba de tamaño de entrada y de la salida de 0,5'' (pulgadas) siendo la entrada a la lámpara de luz ultravioleta de 1''. La intención es dejar la opción de arrancar una segunda bomba en paralelo, ya bien sea por si se necesita para mayor caudal de agua o por la avería de una de la otra.

3.4.2 Batería:

3.4.2.1 Introducción: funcionamiento de la batería

Una batería es: dispositivo capaz de transformar la energía química en energía eléctrica. La batería consta de 3 elementos principalmente:

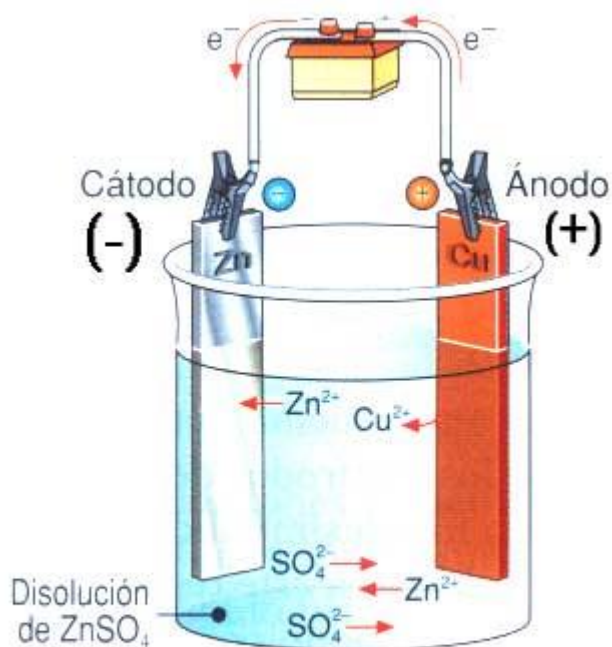


Figura 3-12: Electrólisis [20]

- **Cátodo:** es donde se encuentran las partículas positivas. Está formado por iones positivos (con carencia de electrones), de tal manera que tienden, por su naturaleza, a atraer electrones (que contienen carga negativa).
- **Ánodo:** es el que contiene iones negativos. Estos electrones, al encontrarse en exceso y unirlos a un material que carece de ellos, tienden a desplazarse. Este movimiento es el que nos genera corriente eléctrica.
- **Electrolito:** es el encargado de unir el ánodo y el cátodo. Dependiendo de la tecnología que se utilice se pueden encontrar en forma de líquido, de gel o de forma sólida absorbida por un material.

En la Figura 3-12 se muestra un ejemplo de batería con un cátodo de Zinc (Zn), un ánodo Cobre (Cu) y un electrolito formado por una disolución de $ZnSO_4$.

3.4.2.2 Tecnologías existentes

Según la composición de los electrodos (ánodo y cátodo) de las baterías se pueden encontrar [33]:

- Plomo ácido: son las baterías más antiguas. Resisten muy bien cargas y descargas continuas. El mayor inconveniente que tienen es su gran peso. Su ánodo y cátodo están formados por dióxido de plomo (PbO_2) y plomo (Pb) respectivamente y como electrolito utilizan ácido sulfúrico (H_2SO_4).
- Níquel - cadmio: el cátodo está formado por hidróxido de níquel ($\text{Ni}(\text{OH})_2$) y el ánodo formado por hidróxido de cadmio ($\text{Cd}(\text{OH})_2$). El electrolito es una disolución de hidróxido de potasio (KOH). El mayor inconveniente de este tipo de baterías es que contienen cadmio, un material muy contaminante, y el efecto memoria de las recargas sobre la batería.
- Níquel - metal hidruro: su ánodo está formado por hidróxido de níquel y su cátodo por una aleación de hidruro metálico. Tienen una mayor capacidad que las baterías níquel – cadmio, pero no admiten cargas tan rápidas con ellas. No contienen cadmio, y son más sensibles al calor.
- Litio - polímero: estas baterías tienen una densidad de energía de entre 5 y 12 veces mayor que las baterías de níquel a igualdad de peso. La gran desventaja de este tipo de baterías es que requieren un trato mucho más delicado, pudiendo ser deterioradas incluso llegando a la ignición o explosión. También requieren de tiempos de carga mayores con una intensidad de corriente baja. Su ánodo está formado por carbón y su cátodo por cobaltita de litio (LiCoO_2).
- Litio - ion: la diferencia entre este tipo de baterías u las de polímero de litio es que pueden ser cargadas unas 4 veces más rápido. El ánodo está formado también por carbón y el cátodo por Litio y un óxido de metal (Figura 3-13). Son las más ligeras de todas. El voltaje no varía durante toda su descarga y no requieren de un trato delicado como las de Litio - polímero.

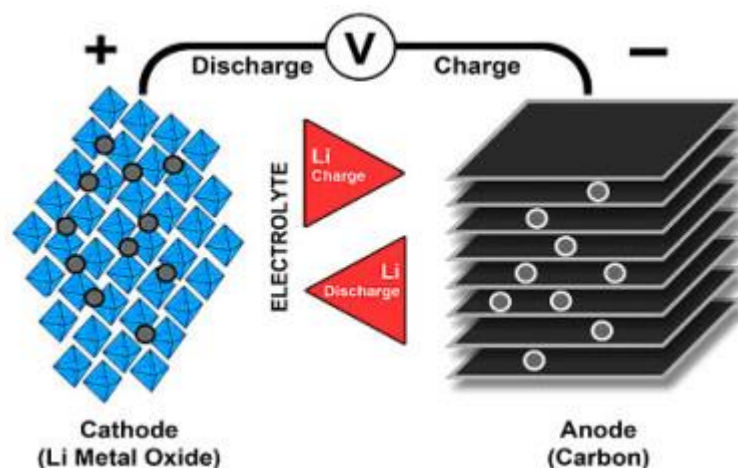


Figura 3-13: Batería litio - ion [27]

En este caso se ha elegido que el compuesto del metal sea fosfato de hierro, formando LiFePO_4 . Se ha elegido este compuesto porque es el más apto para nuestro sistema por el rango de temperaturas en las que puede funcionar, durabilidad, carga y descarga principalmente como se puede observar en la Tabla 3-4: Tipos de baterías con litio, en la que se comparan como varían las características de la batería según el uso de diferentes cátodos:

Batería	LiFePO4	LiCoO2	LiMn2O4	Li(NiCo)O2
Seguridad	Segura	Inestable	Aceptable	Inestable
Contaminación medioambiental	La más ecológica	Muy contaminante		Muy contaminante
Durabilidad	Excelente	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Relación fuerza/peso/capacidad	Aceptable	Buena	Aceptable	La mejor
Costo a largo plazo	Excelente	Alto	Aceptable	Alto
Temperatura de trabajo	Excelente (-20°C a 70°C)	Decae más allá de (-20°C a 55°C)	Decae rápidamente a más de 50°C	-20°C a 55°C

Tabla 3-4: Tipos de baterías con litio [28]

3.4.2.3 Información de los elementos eléctricos seleccionados

A continuación se va a presentar información que se va a utilizar en los cálculos que se realizan tras la selección de la batería para calcular el tiempo que podría abastecer a la planta potabilizadora suponiendo que esté completamente cargada.

La bomba de agua funciona con un voltaje de 24 en corriente continua y una intensidad de corriente de máximo 4 Ah, limitado por un regulador de corriente que se va a introducir.

La lámpara de luz ultravioleta que proporciona el fabricante que ha escogido viene con un transformador de 220V incluido, consumiendo una intensidad de corriente de 800 mAh, de tal manera que lo que se va a hacer es transformar la corriente continua de la batería mediante un inversor de corriente a corriente alterna, y que el transformador que proporciona el fabricante la vuelva a transformar la corriente que necesita la lámpara.

La intensidad total de corriente eléctrica que nos pide nuestro sistema por hora es de un total de 5Ah máximo con una bomba y de 9Ah utilizando 2.

3.4.2.4 Selección de la batería

Una batería de ciclo profundo es el tipo de batería que se va a utilizar, la diferencia entre este tipo de baterías y las baterías convencionales es que estas son capaces de resistir mayores ciclos de carga-descarga, carga y descarga continua y una descarga más profunda sin que ello afecte a las características de la batería [22] [24].

Existen dos tipos de baterías que pueden ser óptimas para utilizarlas con nuestro sistema, las denominadas Litio-ion y las denominadas Plomo ácido. La gran diferencia entre las mismas es el peso, factor fundamental debido a la portabilidad de la planta potabilizadora que se pretende diseñar, es por eso que se van a seleccionar una de cada tipo y a continuación se elegirá el motivo por el cual se escoge, porque aparentemente ambas pueden resultar óptimas para el sistema:

3.4.2.4.1 Batería de plomo ácido seleccionada

La batería de plomo que se propone se trata de la batería AGM 440Ah 24V que fabrica Fullriver:



Figura 3-14: Batería plomo ácido [25]

Se ha elegido esta batería para que sea posible conectar la bomba de agua directamente a ella sin necesidad de utilizar algún dispositivo entre medias. Es una batería que proporciona una gran cantidad de Amperios por hora, o lo que es lo mismo intensidad de corriente. Además, este tipo de baterías, al contener el electrolito absorbido por una placa de fibra de carbono que está en contacto físico con el ánodo y el cátodo, se pueden poner en cualquier posición para obtener un correcto funcionamiento [25].

La verdadera batería está compuesta por 4 módulos iguales conectados en serie como el que se puede ver en la (Figura 3-14), con los que conseguimos los 24 voltios que se quieren. Estos módulos están fabricados para poder conectarse entre sí.

Es una batería AGM de ciclo profundo que está especialmente diseñada para utilizar en instalaciones que funcionan con un sistema cuya electricidad provenga de paneles fotovoltaicos. Además, son especialmente resistentes a vibraciones y golpes.

- Con una bomba de agua:

$$Tiempo = \frac{\text{Amperios batería}}{\text{Amperios/hora consumo}} = \frac{440A}{5Ah} = 88 \text{ horas} = 3,66 \text{ días}$$

- Con 2 bombas de agua:

$$Tiempo = \frac{\text{Amperios batería}}{\text{Amperios/hora consumo}} = \frac{440A}{9Ah} = 48,8 \text{ horas} = 2 \text{ días}$$

Se podría estar 3 días y medio con una bomba y 2 días con 2 bombas sin obtener ningún tipo de electricidad con los paneles solares y pudiendo producir agua potable con la planta potabilizadora.

Las características de cada módulo son [25]:

- Capacidad: 110 Ah.
- 6V
- Peso: 56 kg.
- Longitud: 424 mm.
- Anchura: 295 mm.
- Altura: 179 mm.
- Temperatura de funcionamiento: -15°C a 40°C.

Si se colocan los módulos conseguiríamos una columna de:

- Capacidad: 440 Ah (a 25°C).
- 24V
- Longitud: 424 mm.
- Anchura: 295 mm.
- Altura: 716 mm.
- Peso: 224 kg.

Este conjunto de baterías sí que nos produciría toda la corriente que se necesita y con el voltaje que se quiere.

3.4.2.4.2 Batería de litio - ion seleccionada

La batería de litio-hierro-fosfato que se propone es la fabricada por TOPBAND: TB12100F (Figura 3-15):



Figura 3-15: Batería litio - ion [29]

Este tipo de baterías está especialmente diseñado para utilizar con vehículos, pero la diferencia de pesos entre una de este tipo y una que proporcione prestaciones similares pero de plomo ácido es muy grande.

El peso de estas baterías es tan solo 15,5 kg, proporcionando 12V y 100Ah, luego que habría que colocar 2 bloques de 2 baterías en serie en paralelo para conseguir 24V de DC y 400Ah, un total de 4 baterías.

Especificaciones técnicas: [29]

- Capacidad: 100 Ah.
- 12V
- Longitud: 327 mm.
- Anchura: 172 mm.
- Altura: 216 mm.
- Peso: 15.5 Kg.
- Temperatura de funcionamiento: -20°C a 60°C.

Colocando las baterías en una columna y conectando 2 bloques de 2 baterías en serie en paralelo, conseguiríamos:

- Capacidad: 400 Ah.
- 24V
- Longitud: 327 mm.
- Anchura: 172 mm.

- Altura: 864 mm.
- Peso: 62 kg.

$$Tiempo = \frac{\text{Amperios batería}}{\text{Amperios/hora consumo}} = \frac{400A}{5Ah} = 80 \text{ horas} = 3,33 \text{ días}$$

$$Tiempo = \frac{\text{Amperios batería}}{\text{Amperios/hora consumo}} = \frac{400A}{9Ah} = 44,4 \text{ horas} = 1,85 \text{ días}$$

3.4.2.4.3 Tabla comparativa

En la Tabla 3-5 se les muestran las diferencias entre las baterías anteriormente mostradas:

Tipo	Voltaje	Corriente	Longitud	Anchura	Altura	Peso	Temperaturas
Plomo	24	440	424	295	716	224	-15°C a 40°C
Litio	24	400	327	172	864	62	-20°C a 60°C

Tabla 3-5: Comparativa baterías

Como se puede observar, las baterías de litio y las de plomo ácido tienen unas dimensiones similares, siendo las baterías de litio algo más pequeñas. Con estas baterías se obtiene un mayor rango de temperaturas de funcionamiento y una disminución considerable del peso, 152Kg.

Se ha elegido la batería de litio como óptima para nuestro sistema en lugar de la de plomo debido a que el factor del peso es fundamental a la hora de querer construir una planta portable. A nivel de tamaño y de energía que pueden llegar a proporcionar son prácticamente similares. Las baterías de litio aguantan de peor forma el mantenerlas cargadas durante largo periodos sin utilizarse.

3.4.3 Inversor de corriente para la lámpara de luz ultravioleta.

Debido a que la lámpara ultravioleta trabaja con un voltaje de 48 voltios, y que, además, el fabricante (Aqualight en este caso) nos proporciona un transformador para conseguir esta corriente, lo que se va a hacer es introducir en la planta potabilizadora un inversor de corriente, que transforme los 24 DCV en 220 V de corriente alterna y que a continuación el transformador que proporciona el fabricante lo transforme en 48 DCV.

Todos los componentes del sistema trabajan con 24V, es por esto que se va a introducir un inversor para la lámpara de luz ultravioleta y no para el resto de componentes.

El inversor de corriente que se ha seleccionado es Inversor Solar de onda senoidal pura que fabrica BCR (Figura 3-16):



Figura 3-16: Transformador eléctrico [31]

Se ha escogido este debido a que se adecúa perfectamente a lo que se necesita, guiándose en el límite potencia que se puede obtener del mismo. Transforma 24V de corriente continua a 220V de corriente alterna hasta 150W, siendo el consumo de nuestra lámpara de tan solo 40W de potencia.

3.4.4 Panel solar.

3.4.4.1 Introducción y funcionamiento

Los paneles solares no son como las bombas o las baterías, que se pueden encontrar mucha variedad dependiendo del uso que se le va a dar. Los paneles solares son prácticamente todos iguales, lo que varía es la eficiencia de las celdas y el tamaño, el cual varía de una forma más o menos proporcional con la potencia que se va a obtener del panel solar.

El fundamento en el que se basa el funcionamiento de los paneles solares es que la luz, al incidir sobre ciertos materiales, como el Silicio (Si) produce una diferencia de potencial (diferencia de tensión) por el cual, si están conectadas a un circuito eléctrico, circulará corriente.

El silicio es el material más utilizado en la fabricación de paneles solares debido a la cantidad de él que se puede encontrar en la naturaleza.

3.4.4.2 Tecnologías existentes

Dependiendo de las funciones que vaya a realizar la célula y donde se vaya a colocar, se pueden encontrar en el mercado diferentes estructuras de las celdas fotovoltaicas [41]:

- Monocristalinas: se componen de secciones formadas por un cristal de Silicio único. Son las más caras pero las más eficientes.
- Policristalinas: las células están compuestas por un gran número de cristales de Silicio de reducido tamaño. Son menos eficientes y también menos costosas. Deben de estar montadas sobre un marco rígido.
- Amorfos: las células son manufacturas mediante la colocación de una capa de silicio amorfo no cristalino. Son los menos eficientes y costos de los 3, pero permiten su fabricación sobre superficies flexibles.

3.4.4.3 Selección del panel solar

Para la selección del panel solar que se va a elegir en nuestro sistema es imprescindible hablar del concepto de la irradiancia. La irradiancia relaciona la energía solar recibida en una superficie durante un período de tiempo. Dependiendo del valor de esta, se obtendrá mediante el uso de paneles fotovoltaicos mayor o menor cantidad de potencia eléctrica.

Debido a limitaciones de tamaño para nuestra planta potabilizadora, se va a poder tener muy en cuenta este factor, pero se van a presentar diferentes situaciones dependiendo de la irradiancia de varios lugares del globo.

Después de que se hayan elegido todos los elementos de nuestro sistema que van a necesitar electricidad para su funcionamiento, se va a necesitar una potencia de 112W (40W de la lámpara de Luz UV y 72W de la bomba de agua).

La potencia que proporcionan los fabricantes de paneles solares es la máxima que se puede obtener utilizándolos. Para obtener esta potencia máxima se debe de tener las condiciones meteorológicas idóneas y estar perfectamente colocados, es decir, lo más perpendicular posible a los rayos del Sol.

Los paneles que se seleccionen van a estar colocados en la parte superior de un remolque, sin tener en cuenta la perpendicularidad con los rayos del Sol. Luego se va a suponer que los paneles solares van a funcionar con un eficiencia de un 25%, siendo un eficiencia del 40% el que se suele obtener en los parques solares programados para que se coloquen los paneles fotovoltaicos de la manera que se obtenga la mayor cantidad de electricidad automáticamente [30].

Con una bomba se necesitaría la siguiente potencia:

$$Potencia\ total = \frac{Potencia}{Eficiencia} = \frac{112}{25\%} = 448W$$

Y con 2 bombas:

$$Potencia\ total = \frac{Potencia}{Eficiencia} = \frac{184}{25\%} = 736W$$

Se han buscado diferentes tipos de paneles solares que puedan ser válidos para el sistema, pero se ha escogido el que se puede observar en la Figura 3-17, fabricado por la empresa Rec Solar:



Figura 3-17: Panel solar rígido [32]

Se trata de un panel solar fabricado por REC Solar, que cumple nuestras expectativas:

- Tipo de célula: policristalina.
- Potencia en Vatios: 240W.
- Intensidad de corriente: 8 A.
- Voltaje en el punto de máxima potencia: 29.9V.
- Rendimiento: 14.5%.
- Peso: 18 Kg.
- Medidas:
 - Longitud: 1665 mm.
 - Anchura: 991 mm.
 - Grosor: 38 mm.

Debido a que el objetivo de esta planta potabilizadora es la utilización militar, es posible que se utilice en cuarteles basados en zonas desérticas, con muchas horas de Sol al día, pero también en cuarteles basados en posiciones como pueden ser zonas en grandes latitudes (Polo Norte o Polo Sur) o en zonas muy lluviosas en las no hay tantas horas de luz al día, se van a añadir unos paneles fotovoltaicos flexibles [34]. Estos paneles fotovoltaicos se podrían transportar o no dependiendo del lugar donde se fuera a realizar la misión.

El panel fotovoltaico flexible que más se aproxima a lo que se busca es el Flex 18W y 12 V que fabrica Techno Sun (Figura 3-18):



Figura 3-18: Panel solar flexible [33]

Se trata de un panel fotovoltaico flexible que tan solo se obtiene un voltaje de 12 voltios. Se tendría que conectar los paneles en serie para obtener un voltaje de 24 voltios que utilizar en nuestro sistema.

Las características técnicas que nos da el fabricante sobre este producto son:

- Tipo de célula: amorfa.
- Tensión máxima: 19,4 V.
- Corriente con tensión máxima: 0.93 A.
- Fusible: 10 A.
- Número de celdas: 36.
- Peso: 0.29Kg.
- Eficiencia: 20.5%.
- Dimensiones:
 - Anchura: 277mm.
 - Longitud: 434mm.
 - Grosor: 3 mm.

Además, el fabricante asegura que las pérdidas no aumentan más de un 10% durante los 10 primeros años, ni un 20% durante los 20 primeros años en la potencia de salida.

3.4.5 Regulador de carga solar.

Un regulador de carga es lo que hace que sea posible que la batería que es cargada mediante energía obtenida a partir de paneles fotovoltaicos, lo haga de la manera óptima, de tal manera que se consiga aumentar al máximo la vida útil de la batería que va a formar parte de la planta potabilizadora portable. Este es indispensable excepto para el uso de paneles autorregulados, que no es el caso.

Dentro todos los reguladores de corriente que se encuentran en el mercado, se ha escogido uno que es más sencillo de utilizar y tiene un gran display que guíe al usuario dentro de todas las interfaces y funciones que puede realizar.

Se ha elegido el regulador Steca Solarix PR1010 10A LCD (Figura 3-19), que está limitado a una corriente de 10A, siendo la máxima corriente de este sistema 9A. Entre otras de sus ventajas, es capaz de mostrar los datos de carga de forma gráfica, y datos como la tensión, corriente o estado de la carga de forma numérica:



Figura 3-19: Regulador de carga solar [34]

Características técnicas:

- Selección automática de la tensión.
- Toma de tierra en al menos uno de los terminales positivos y otro en los negativos.
- Contacto de alarma.
- Display LCD.
- Registrador de datos integrado.
- Protección contra sobrecarga, descarga total, polaridad inversa de los módulos, la carga y la batería, cortocircuito de carga y los módulos solares, sobretensión en la entrada del módulo, circuito abierto sin batería, corriente inversa por la noche y sobre temperatura.
- Fusible electrónico automático.
- Desconexión por sobretensión en la batería.

3.5 Diseño de la planta potabilizadora de agua portable

En este apartado se muestra una posible configuración de la planta potabilizadora de agua portable y que se presenta, así como una distribución de todos los elementos necesarios para ella y las 2 plantas de las que conste.

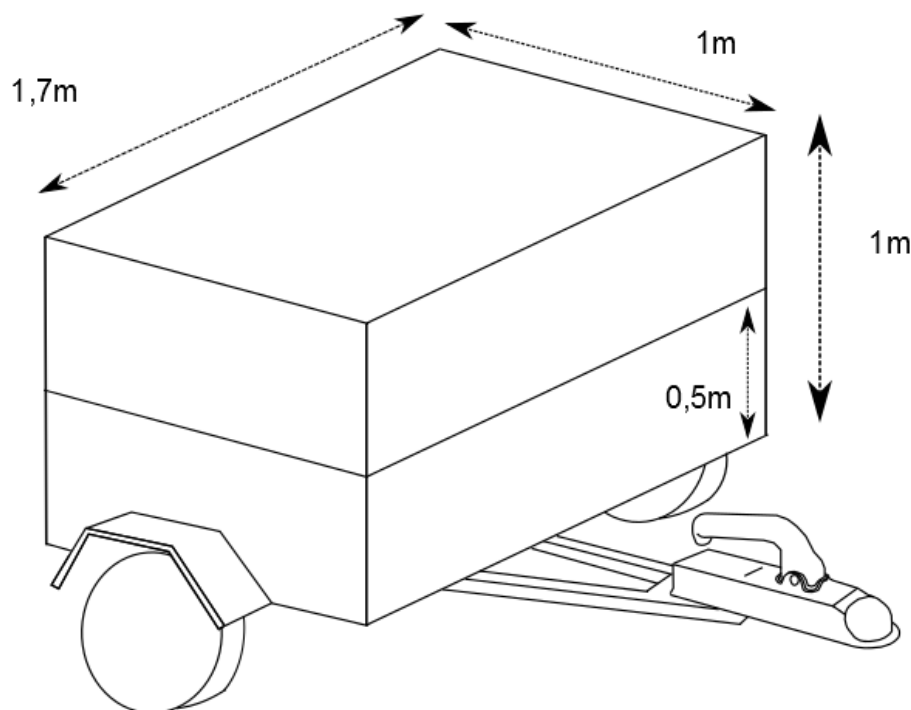


Figura 3-20: Diseño externo de la planta

En la Figura 3-20; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra las dimensiones del remolque que contendrán la planta potabilizadora portable, que será suficiente para contener las dos plantas necesarias.

Se ha dejado el suficiente espacio para que fuera posible manipular los diferentes elementos de los que está compuesta la planta de forma cómoda sin llegar a desmontarlos del sistema.

En la planta de arriba (Figura 3-21) se colocan los 2 filtros de carbón activo y los 2 filtros de 5 μ m y 1 μ m. Tras el último filtro se conecta a la lámpara de luz ultravioleta y sale al exterior completamente potable. Por otro lado se encuentran el inversor y el transformador para la lámpara que proporciona el fabricante y las baterías.

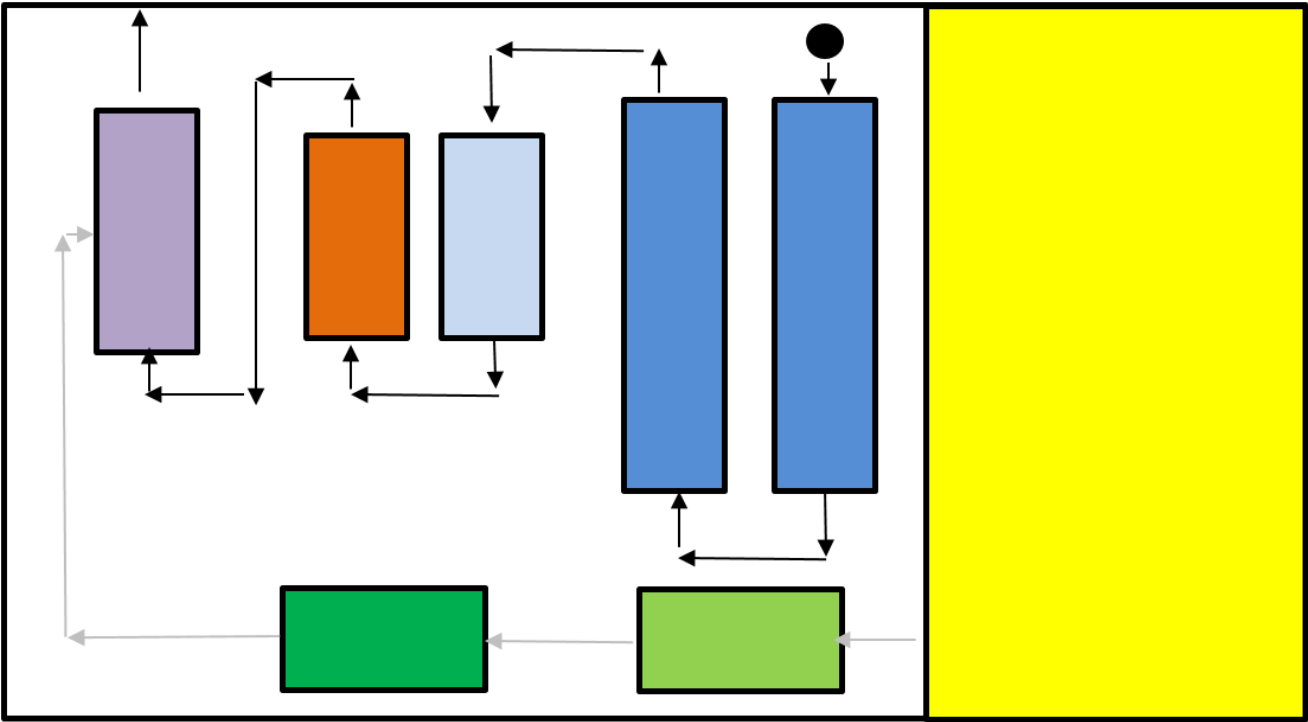


Figura 3-21: Planta de arriba

En la planta de abajo (Figura 3-22) se encuentran las 2 bombas a la izquierda y a la derecha los paneles solares flexibles:

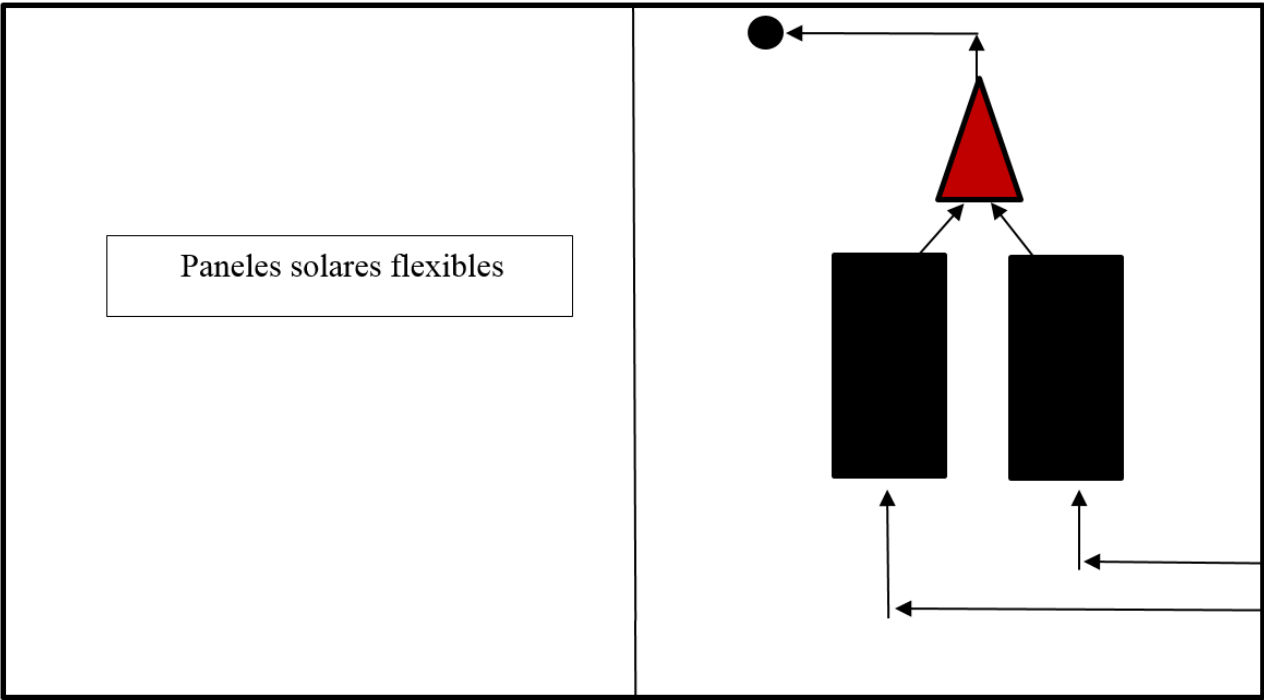
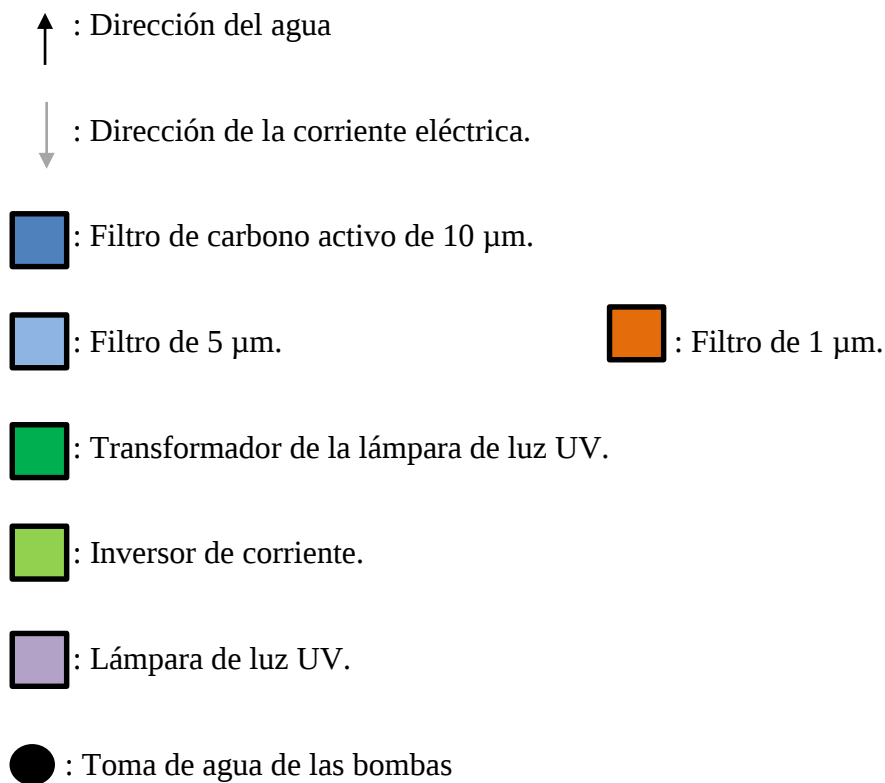


Figura 3-22: Planta de abajo

- : Bomba de agua
-  : Conexión del caudal de las 2 bombas de agua
-  : Toma de agua externa



A través de un sistema de rieles, se pretende montar los paneles solares de la siguiente manera:

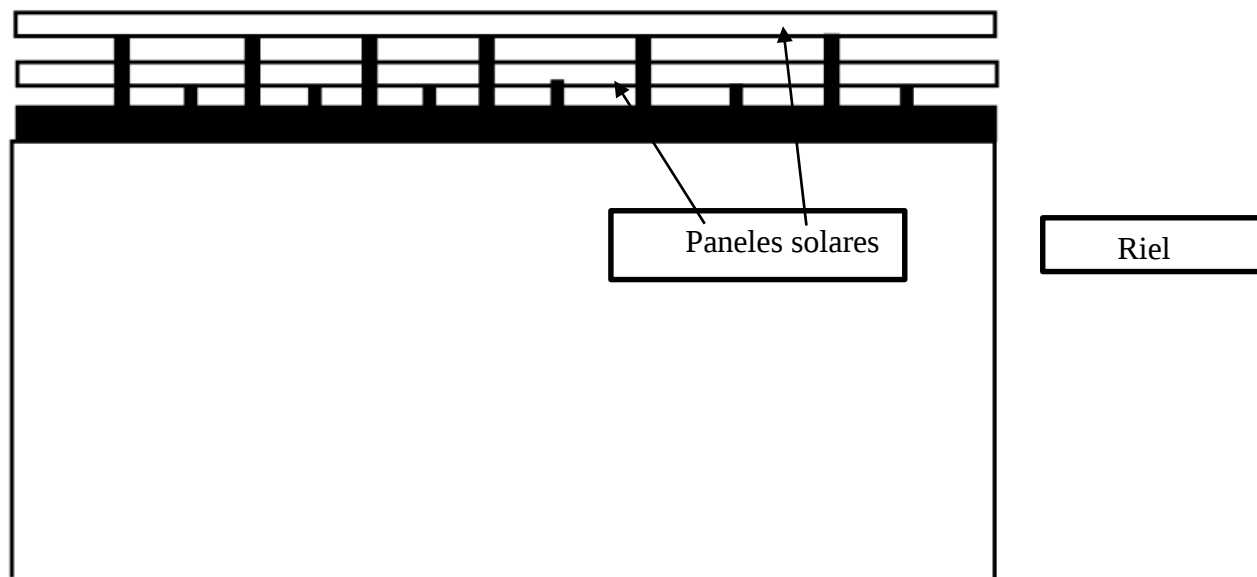


Figura 3-23: Paneles solares sin desplegar

Como se puede observar en la Figura 3-23 quedarían los paneles solares cuando están siendo transportados, uno encima del otro, de tal manera que el de arriba tapa completamente al de abajo. Cuando se quisieran poner a funcionar se encontrarían como se puede ver en Figura 3-24:

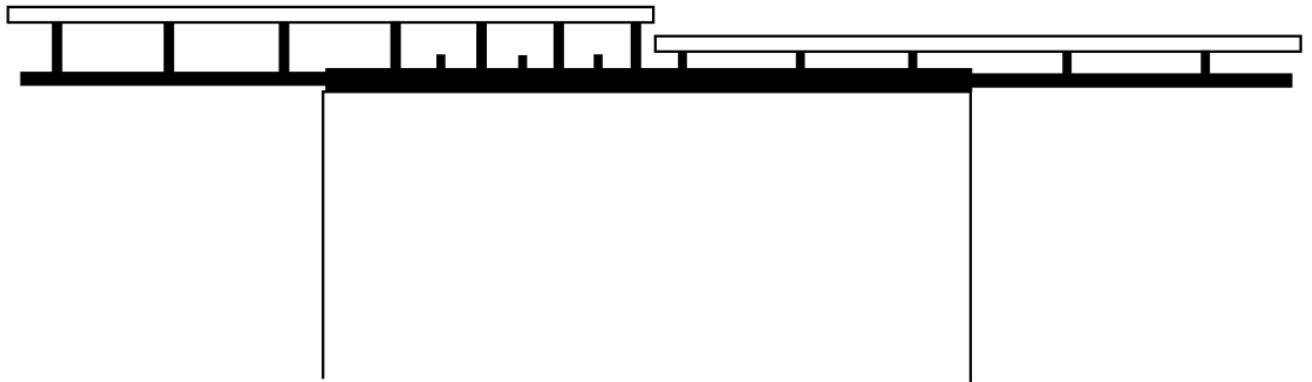


Figura 3-24: Paneles solares desplegados

Como se puede observar en Tabla 3-6, hay espacio suficiente para manipular de forma cómoda cualquier elemento en el interior de la planta:

<i>Todos los datos están en centímetros</i>	Planta	Bomba	Lámpara	Filtro 10 μ m	Filtro 1 μ m	Baterías	Transformador
Longitud	100	25,1	49	50,1	25,4	65,4	12,1
Anchura	170	12,6	8,9	7,2	6	34,4	10,2
Altura	50	11,2	8,9	7,2	6	21,6	7,3

Tabla 3-6: Comparación entre elementos internos y el hueco existente

Como se puede observar en Tabla 3-7, durante el transporte de la planta potabilizadora, no sobresaldría nada de la superficie superior del remolque. Sin embargo, sí que sobresaldría si estuvieran desplegados, lo cual solo será hecho si está siendo utilizada:

<i>Todos los datos están en centímetros</i>	Superficie superior del remolque	Paneles solares sin desplegar	Paneles solares desplegados
Longitud	100	99,1	188,2
Anchura	170	166,5	333

Tabla 3-7: Comparación entre paneles solares y superficie del remolque

4 ESTUDIO DE VIABILIDAD

4.1 Estudio de 3 zonas diferentes para utilizar el sistema.

A través del uso de un pirheliómetro se puede medir la irradiancia solar perpendicular que recibe una zona de la superficie de la Tierra, y usando esta información se conocerá para que tipos de situaciones los paneles solares de nuestra planta portable van a poder proveer a la misma de la cantidad suficiente de energía eléctrica para que funcione.

Para realizar el siguiente estudio de viabilidad se ha elegido un mapa mundial de irradiancia que realizó el pasado año 2014 la empresa [3tier](#) (Figura 4-1) [37]. La irradiancia muestra la potencia incidente por unidad de superficie de la energía solar sobre la Tierra. El mapa muestra la irradiancia dependiendo del nivel en diferentes colores:

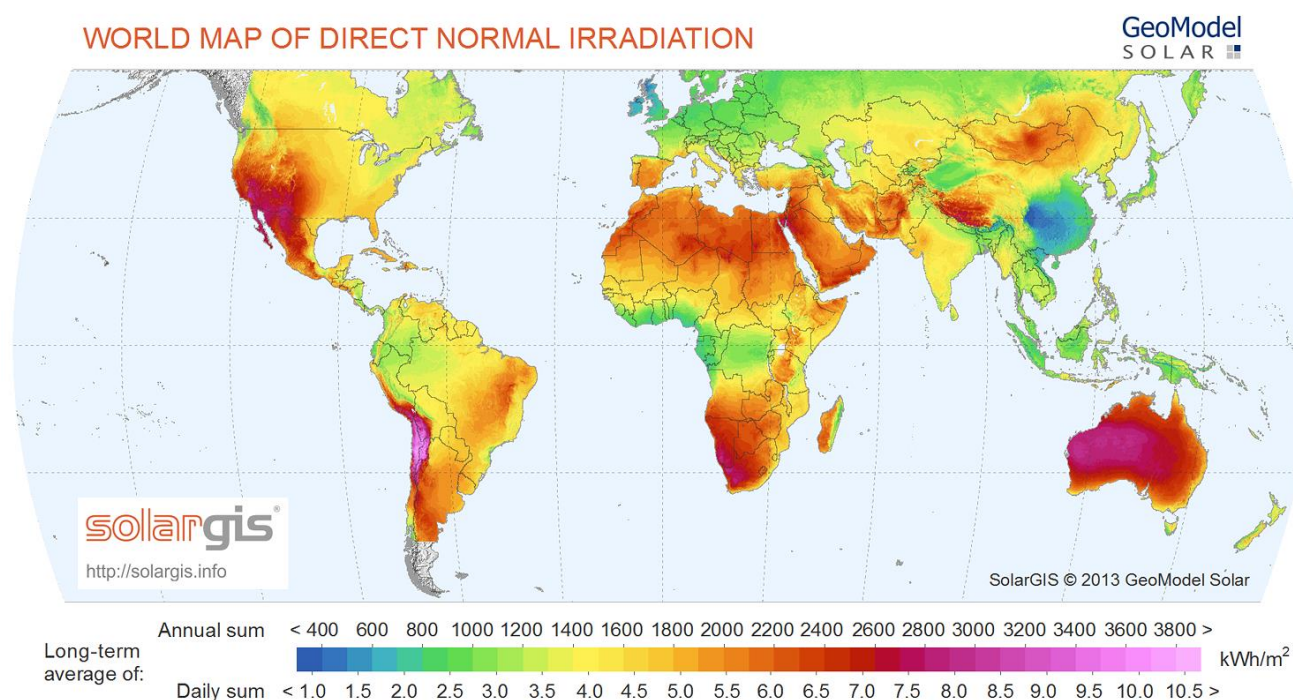


Figura 4-1: Irradiación global [36]

Se van a utilizar 3 lugares para calcular si podría funcionar nuestra planta potabilizadora portable en situaciones extremas de irradiancia y una situación media:

- Poca irradiancia: Noruega.
- Media irradiancia: Madrid.
- Mucha irradiancia: Chile.

Nuestro sistema nos proporciona un total de 480W de los paneles solares rígidos y los 180 de los 10 paneles solares flexibles, lo que hace un total de 660W. La planta potabilizadora necesita 112W con una bomba y 184W con 2 dos bombas. Para facilitar los cálculos y forzar una situación menos favorable se van a tomar potencias de 120W y 190W respectivamente. Se va a partir de la hipótesis de que los paneles solares no están correctamente colocados, luego disminuirémos su rendimiento un 50%.

- Con una bomba:

$$W_{finales} = \frac{120W_{iniciales}}{50\%} = 240 W.$$

- Con dos bombas:

$$W_{finales} = \frac{190W_{iniciales}}{50\%} = 380 W.$$

Necesitaríamos una irradiancia de 240W y 380W (suponiendo una eficiencia del 100%) para conseguir que los paneles solares nos den la potencia suficiente para hacer funcionar la planta potabilizadora. Los paneles solares tienen una eficiencia bastante baja, siendo 14.5% la de los paneles solares rígidos y 20.5% la de los paneles flexibles. Se supone que se van a utilizar los paneles solares rígidos:

Con una bomba:

$$W_{finales} = \frac{240W_{iniciales}}{14.5\%} = 1655 W.$$

Con 2 bombas:

$$W_{finales} = \frac{380W_{iniciales}}{14.5\%} = 2621W.$$

Se necesitaría una irradiancia de 1655Wh/m² y 2620Wh/m² para que nuestro sistema tuviera la energía suficiente para funcionar solo con los paneles solares rígidos si los paneles solares ocuparan una superficie total de 1m².

Los paneles solares ocupan una superficie de:

$$\text{Área} = \text{Longitud} \times \text{Anchura} = 1665 \times 991 = 1,65 m^2.$$

$$\text{Área total} = \text{Área} \times 2 = 3,3 m^2$$

Luego como resultado, bastaría con una irradiancia de valor:

Con una bomba:

$$\text{Irradiancia} = \frac{W_{finales}}{\text{Área total}} = 1655W / 3,3m^2 = 502 Wh/m^2$$

Con 2 bombas:

$$\text{Irradiancia} = \frac{W_{finales}}{\text{Área total}} = 2620W / 3,3m^2 = 795 Wh/m^2$$

Se obtienen estos datos contando tan solo con los paneles solares rígidos, si se contara también con los paneles solares flexibles se llegaría a la superficie de:

$$\text{Área 1 panel flexible} = \text{Longitud} \times \text{Anchura} = 434 \times 277 = 0,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Área final} = \text{Área Rígidos} + \text{Área flexibles} = 3,3\text{m}^2 + 1,2\text{m}^2 = 4,5 \text{ m}^2$$

Como se ha dicho anteriormente, para esta planta se pretenden utilizar 10 paneles solares flexibles, lo que haría un total de 1,2 m² más, haciendo un total de 4,5m². Con esta nueva superficie se necesitaría una irradiancia de:

- Con una bomba:

$$\text{Irradiancia} = \frac{W_{\text{finales}}}{\text{Área total}} = 1655\text{W} / 4,5\text{m}^2 = 368 \text{ Wh/m}^2$$

- Con 2 bombas:

$$\text{Irradiancia} = \frac{W_{\text{finales}}}{\text{Área total}} = 2621\text{W} / 4,5\text{m}^2 = 583 \text{ Wh/m}^2$$

Esta nueva irradiancia es ligeramente menor que la inicial debido a que se cuenta con más paneles solares.

4.1.1 Chile

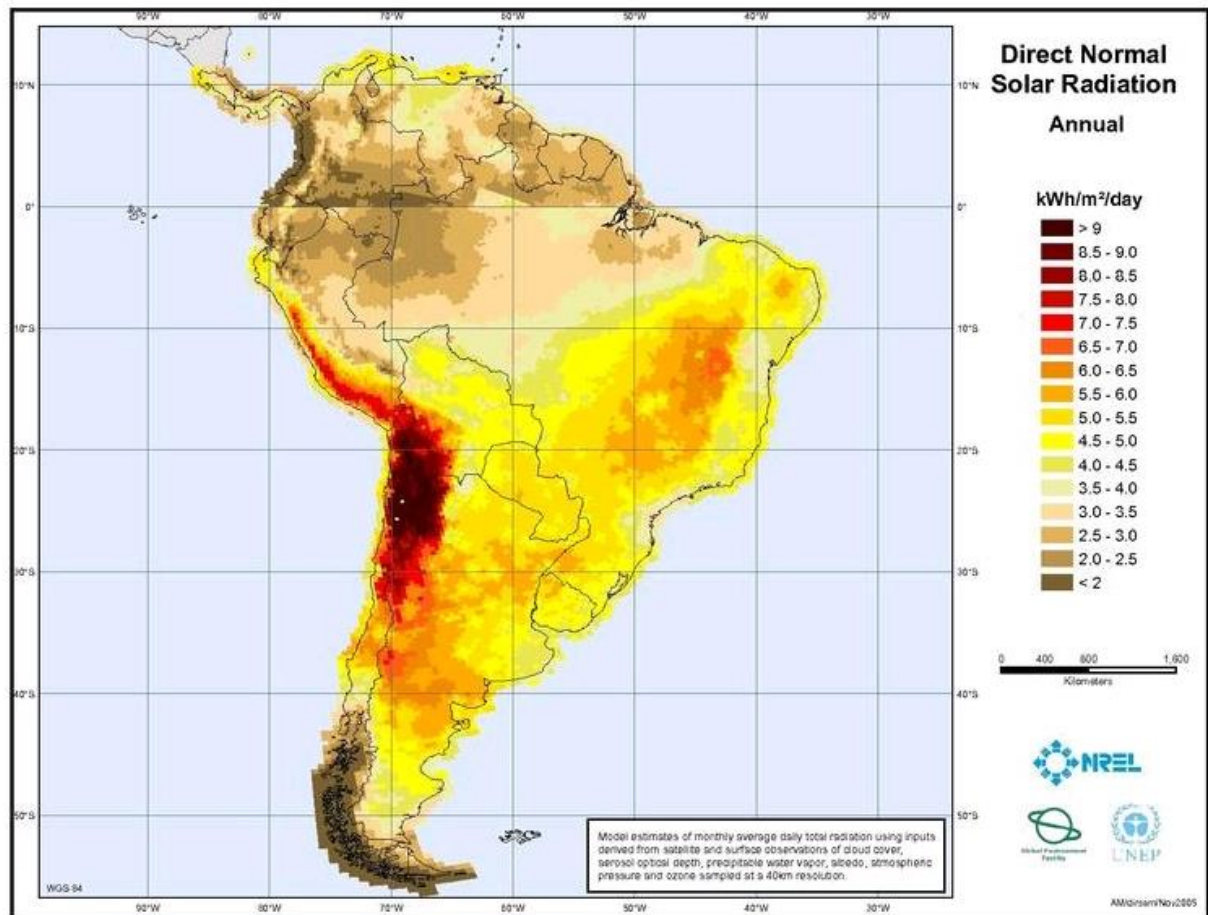


Figura 4-2: Irradiación Sudamérica [37]

Se ha elegido el país de Chile como ejemplo de ciudad con mucha irradiancia, llegando a tener una irradiancia de entre 8.5 y 9 kWh/m². Nuestro sistema no tendría ningún inconveniente para trabajar en situaciones con una irradiancia muy elevada.

Nuestra planta potabilizadora no tendría ningún tipo de inconveniente para funcionar en lugares con una irradiancia con valores como estos.

4.1.2 Madrid

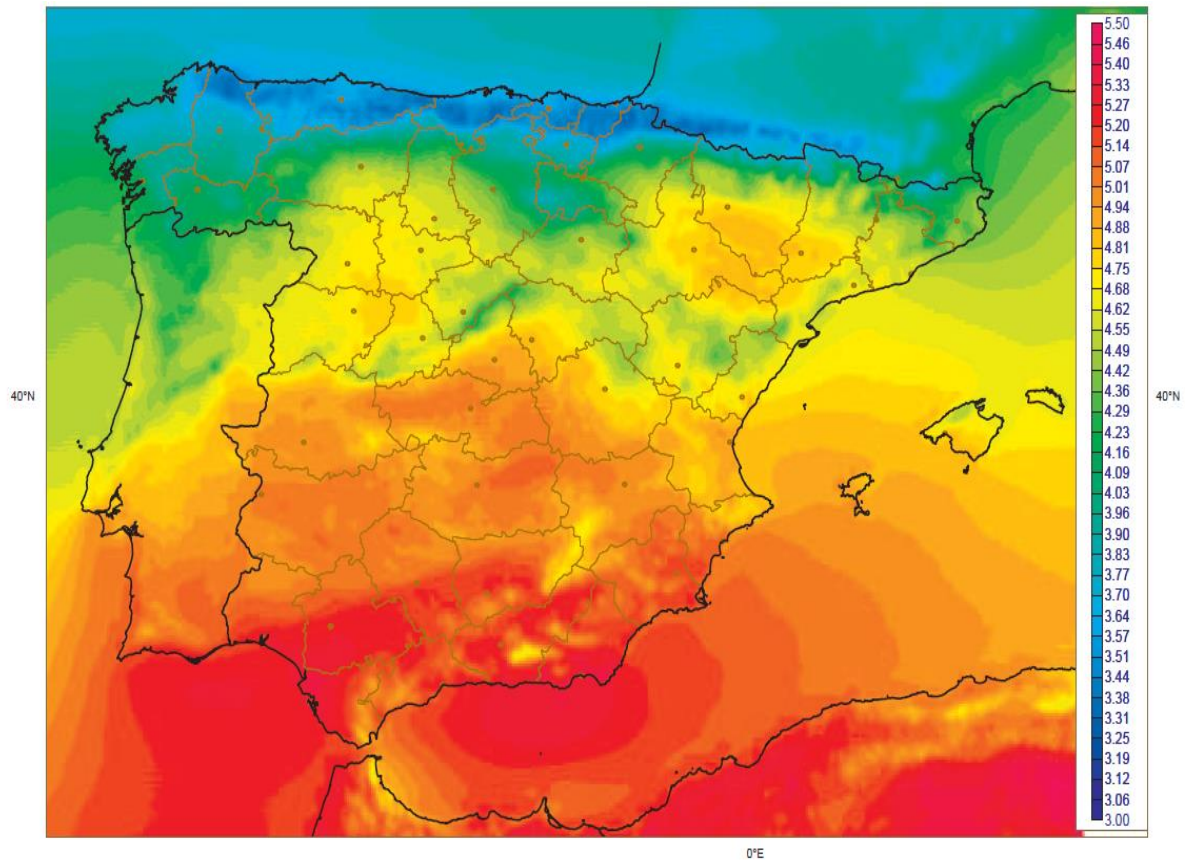


Figura 4-3: Irradiación España [35]

Para estudiar cómo se comportaría nuestra planta potabilizadora portable en un lugar de la Tierra con una irradiancia media se ha elegido la ciudad de Madrid, en España. La cual tiene una irradiancia de 5kWh/m².

Nuestra planta potabilizadora tampoco tendría problemas para funcionar de forma autónoma en lugares como Madrid, con una irradiancia media.

4.1.3 Noruega

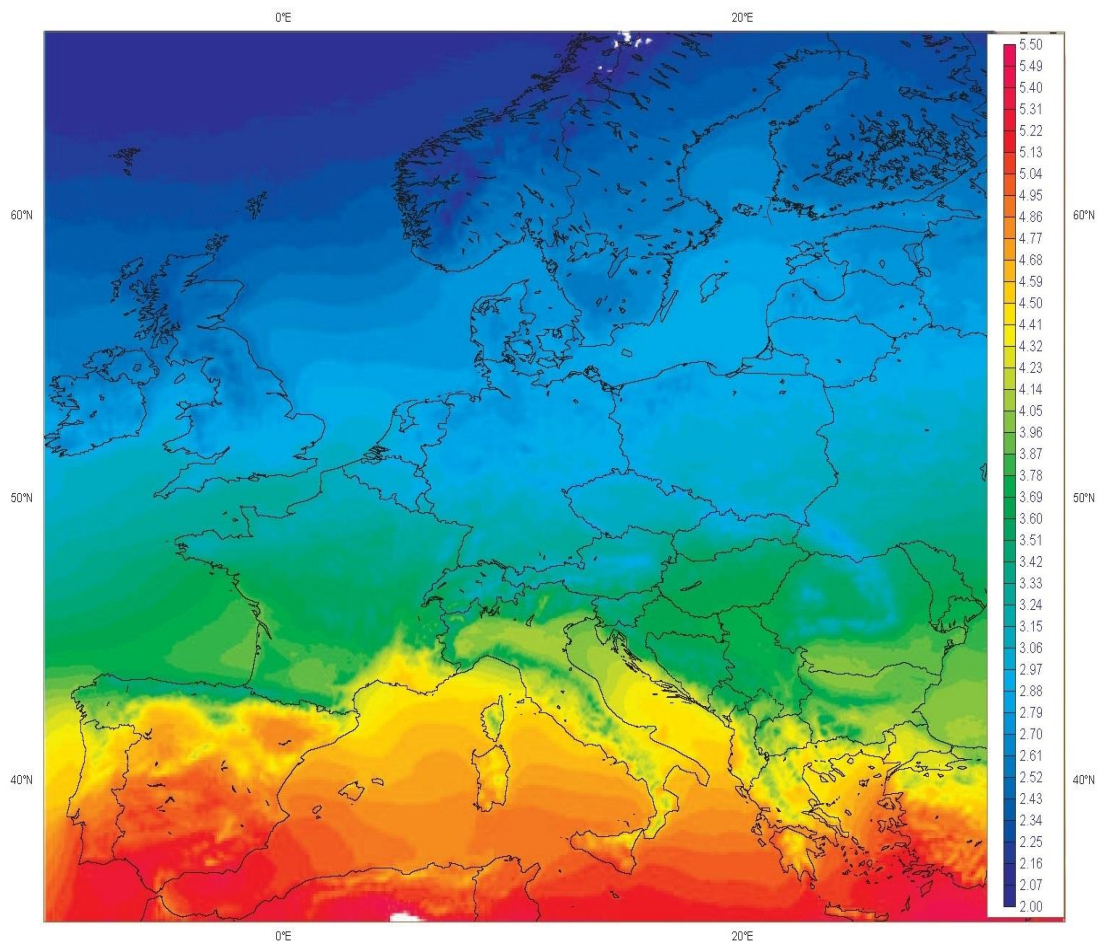


Figura 4-4: Irradiación Europa [36]

Para estudiar el funcionamiento de nuestra planta potabilizadora en una zona con muy poca irradiancia se ha escogido Noruega, país que llega a tener una irradiancia media durante todo el año de 2 kWh/m^2 . El tener como resultado de la irradiancia media 2 kWh/m^2 , implica que en momentos del año la irradiancia que se recibe es menor de 2 kWh/m^2 , y en otros la irradiancia será mayor.

El sistema empezaría a tener problemas de obtener electricidad a partir de que la irradiancia pudiera estar por debajo de los 800 Wh/m^2 utilizando solamente los paneles solares rígidos, y en valores cercanos a esta, las baterías no se cargarían prácticamente nada, lo que produce que no se pudiera utilizar la planta potabilizadora durante largos periodos. Añadiendo a la planta potabilizadora los paneles solares flexibles, se conseguiría que la irradiancia necesaria bajara a 600 Wh/m^2 .

Como se puede observar en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las zonas que menos irradianción tienen son las zonas con latitudes relativamente altas. Según aumentamos la latitud, van variando la longitud de la noche y del día, llegando a ser en países como Noruega la mayor parte del tiempo de día en verano y de noche en invierno.

Con esto se quiere hacer entender que bastante probable que la planta potabilizadora no funcione en estos lugares con grandes latitudes en los que se puede permanecer durante largos periodos de tiempo sin apenas luz solar, ni con el uso de los paneles solares flexibles.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

En Occidente la gente está acostumbrada a obtener agua potable de cualquier grifo en cualquier ciudad, pero se tiende a olvidar que hay muchos países en los que no lo es.

Se ha llegado a diseñar la planta potabilizadora de agua potable a base de luz ultravioleta y energía fotovoltaica para uso militar satisfactoriamente. Aunque la intención inicial con la que se comenzó a trabajar era, de poderse hacer, diseñar el modelo a nivel portabilidad personal, debido a la complejidad de escenarios y al peso de elementos no se ha podido conseguir. Pero se ha diseñado una planta capaz de proporcionar gran cantidad de agua potable en la gran mayoría de lugares del planeta.

Se ha conseguido evitar las fases de coagulación, floculación y sedimentación, las cuales reducirían la velocidad de potabilización de agua mucho a través de una fase más específica de filtrado. También se ha conseguido poder hacer un uso más eficiente de la energía pudiendo escoger si se utiliza 1 bomba o 2.

Se logrado que la planta potabilizadora sea completamente autónoma. Solamente depende del factor humano a la hora de llevar a cabo labores mantenimiento de la misma, y no de funcionamiento.

Por cómo está diseñada la planta, es posible realizar cambios con relativa facilidad sobre las bombas de agua o los paneles solares si hiciera falta.

En mi opinión se ha conseguido a la perfección llevar a cabo la realización de este trabajo de fin de grado, consiguiendo un buen diseño en forma de un remolque de un vehículo capaz de proporcionar bastante cantidad de agua sin nada ni nadie que tenga que estar vigilando su correcto funcionamiento.

Por último solamente añadir que que su principal uso sea de uso militar no significa que no pueda ser utilizada con otros propósitos en países en los que, como se ha dicho, no se puede acceder al agua potable.

5.2 Líneas futuras

Un factor a considerar es la existencia de bombas de agua que funcionan independientemente con sus panel solar, se podría buscar esta opción para disminuir el consumo.

La energía solar es una energía renovable que está en auge. Debido a esto se están invirtiendo grandes cantidades de dinero en mejorar los paneles solares, especialmente su eficiencia. Los paneles solares que se han seleccionado para la elaboración de este trabajo de fin de grado tienen un eficiencia de 14,5% y 20,5%. Con el desarrollo de esta energía sería muy fácil que estos valores fueran aumentando, consiguiendo cada vez que se necesiten una superficie de paneles solares menor, con su correspondiente disminución de tamaño.

La electricidad, en parte por todo el tema de la contaminación, también es un ámbito que se está tratando de mejorar, tanto en producción como en almacenamiento. Los estudios sobre la energía de fisión nuclear, los coches eléctricos (fomentados por el gradual agotamiento del petróleo) y otros factores son claras evidencias del desarrollo de la energía eléctrica en el mundo. Mejorando esto se podría disminuir el número de baterías del sistema, disminuyendo el peso de sistema, ya que el modelo que se presenta lleva 62Kg de baterías.

6 BIBLIOGRAFÍA

- 1] Lenntech, «<http://www.lenntech.es/>,» Lenntech B.V, [En línea]. Available: <http://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 2] R. Carlino, *Desarrollo de un Prototipo Purificador de Agua Autónomo Integrado a través de Luz Ultravioleta, Controlado por un Microcontrolador Utilizando Módulos Fotovoltaicos como Medio de Alimentación espaldado por Baterías*, Caracas, Venezuela, 2011.
- 3] Ferrehogar, «Guía para potabilizar agua,» Wordpress, 12 Julio 2013. [En línea]. Available: <https://ferrehogar.wordpress.com/tag/pastillas-potabilizadoras-agua-decathlon/>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 4] S. p. Emergencias, «<http://suministrosemergencias.com/>,» 2009. [En línea]. Available: <http://suministrosemergencias.com/home/2245-purificador-filterpen.html?nosto=nosto-page-search1>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 5] S. p. Emergencia, «<http://suministrosemergencias.com/>,» 2009. [En línea]. Available: <http://suministrosemergencias.com/home/411-purificador-2000.html>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 6] Brita, «<http://www.brita.es/brita/es-es/cms/cpd.grid>,» Brita, [En línea]. Available: http://www.brita.es/brita/es-es/shop/online_active_plus_new.grid?id=1004307&category=onlineactive&WT.mc_id=1004307&gclid=CjwKEAiAmaanBRCIt4364e2d6yUSJAA9VXTUjVaF9aBanaqN6OoyvFvtqptQKQ3Mxt73v0BPNb8KYBoCJO_w_wcB. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 7] NyF, «<http://www.nyfdecolombia.com/>,» NyF, 1988. [En línea]. Available: <http://www.nyfdecolombia.com/plantas/planta-tratamiento-epf20>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 8] S. S. e. I. Ministerio de Sanidad, «<http://www.msssi.gob.es/>,» Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, [En línea]. Available: http://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/15_leg.pdf. [Último acceso: 02 Marzo 2015].
- 9] Turbidez, «<http://www.lenntech.es/>,» Lenntech B.V., [En línea]. Available: <http://www.lenntech.es/turbidez.htm>. [Último acceso: 02 Marzo 2015].
- 10] J. Mírez, «<https://jmirez.wordpress.com/>,» Jorge Mírez, 20 Junio 2013. [En línea]. Available: <https://jmirez.wordpress.com/2013/06/20/j589-la-adsorcion-en-celdas-de-combutisble/>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 11] U. S. E. Protection, «<http://www.epa.gov/>,» Septiembre 2002. [En línea]. Available: http://www.epa.gov/tio/download/citizens/es_cleanup_meth.pdf. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- 12] U. d. Sevilla, «<http://www.elaguapotable.com/>,» [En línea]. Available: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].

- C. Filter, «<http://es.aliexpress.com/>,» Carbon Filter, [En línea]. Available:
13 [http://es.aliexpress.com/item/20-Inch-CTO-Activated-Carbon-Block-Filter-Home-Kitchen-Water-](http://es.aliexpress.com/item/20-Inch-CTO-Activated-Carbon-Block-Filter-Home-Kitchen-Water-Purifier-Filter/1657799964.html)
] Purifier-Filter/1657799964.html. [Último acceso: 23 Febrero 2015].
- Vigaflow, «<http://www.easy.cl/>,» Vigaflow, [En línea]. Available:
14 [http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id_prod=152733&id_cat=-](http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id_prod=152733&id_cat=-1&tpCa=2&caN0=4178&caN1=8204&caN2=0&caN3=0)
] 1&tpCa=2&caN0=4178&caN1=8204&caN2=0&caN3=0. [Último acceso: 02 Marzo 2015].
- Asfilter, «<http://www.asfilter.com/>,» Asfilter, [En línea]. Available:
15 http://www.asfilter.com/product.php?id_product=13. [Último acceso: 23 Febrero 2015].
]
- Lenntech, «<http://www.lenntech.es/>,» Lenntech, [En línea]. Available:
16 <http://www.lenntech.es/micro-y-ultra-filtracion.htm>. [Último acceso: 23 Febrero 2015].
]
- G. Facts, «<http://copublications.greenfacts.org/es/>,» Morris & Chapman, 2001. [En línea].
17 Available: [http://copublications.greenfacts.org/es/lamparas-bajo-consumo/figtableboxes/light-](http://copublications.greenfacts.org/es/lamparas-bajo-consumo/figtableboxes/light-spectrum.htm)
] spectrum.htm. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- L. UV, «<http://www.outlet-piscinas.com/>,» Luz UV, [En línea]. Available: [http://www.outlet-](http://www.outlet-piscinas.com/equipo-ultravioleta-serie-ea)
18 [piscinas.com/equipo-ultravioleta-serie-ea](http://www.outlet-piscinas.com/equipo-ultravioleta-serie-ea). [Último acceso: 25 Febrero 2015].
]
- A. M. Flores, «<http://blog.ciencias-medicas.com/>,» Dermatología, Piel, 21 Junio 2011. [En
19 línea]. Available: <http://blog.ciencias-medicas.com/archives/1423>. [Último acceso: 22 Febrero
] 2015].
- F. d. J. B. González, «<http://www.mundohvacr.com.mx/>,» 2014. [En línea]. Available:
20 [http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2009/02/uso-de-luz-ultravioleta-en-el-aire-](http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2009/02/uso-de-luz-ultravioleta-en-el-aire-acondicionado/)
] acondicionado/. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
- T. Tec-IPSA, «<http://www.alimentodo.com.ar/>,» Training Tec-IPSA, [En línea]. Available:
21 <http://www.alimentodo.com.ar/Productos/Info%20UV.htm>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]
- ABC, «<http://www.definicionabc.com/>,» ABC, [En línea]. Available:
22 <http://www.definicionabc.com/ciencia/adn.php>. [Último acceso: 02 Marzo 2015].
]
- Q. d. agua, «<http://www.quimicadelagua.com/>,» Química del agua, [En línea]. Available:
23 <http://www.quimicadelagua.com/Bacterias.Tratamiento.2.html>. [Último acceso: 26 Febrero 2015].
]
- Nösslin, «<http://www.nosslin.es/>,» Nösslin, [En línea]. Available:
24 <http://www.nosslin.es/ultravioleta.asp>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]
- Lenntech, «<http://www.lenntech.es/>,» Lenntech B.V, [En línea]. Available:
25 <http://www.lenntech.es/uv-informacion.htm>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]
- U. S. E. P. Agency, «<http://water.epa.gov/>,» Septiembre 1999. [En línea]. Available:
26 http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf. [Último acceso:
] 22 Febrero 2015].

Aquabestmart, «<http://aquabestmart.com/>,» 2013. [En línea]. Available:
27 http://aquabestmart.com/File_Upload/2013129145334111.pdf. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]

P. A. R. Cortés, «<http://perso.wanadoo.es/>,» I.E.S Los olmos, [En línea]. Available:
28 http://perso.wanadoo.es/losolmostecno/Fuente/bomba_de_agua.htm. [Último acceso: 25 Febrero
] 2015].

Technosun, «<http://www.technosun.com/es/>,» Technosun, 1976. [En línea]. Available:
29 <http://www.technosun.com/es/productos/bomba-solar-SHURFLO-2088-574-534.php>. [Último
] acceso: 22 Febrero 2015].

Technosun, «<http://www.technosun.com/es/>,» 1976. [En línea]. Available:
30 <http://www.technosun.com/es/descargas/SHURflo-2088-574-573-534-ficha-ES.pdf>. [Último
] acceso: 22 Febrero 2015].

Lustaled, «<http://es.aliexpress.com/>,» Lustaled, [En línea]. Available:
31 [http://es.aliexpress.com/item/Free-Shipping-DC12-24V-LED-Dimmer-Knob-operated-Control-
\] LED-Dimmer-Switch-PWM-12V-24V-LED/1774209816.html](http://es.aliexpress.com/item/Free-Shipping-DC12-24V-LED-Dimmer-Knob-operated-Control-LED-Dimmer-Switch-PWM-12V-24V-LED/1774209816.html). [Último acceso: 22 Febrero 2015].

B. Rico, «<http://ies.isidradeguzman.alcala.educa.madrid.org/>,» EducaMadrid.org, [En línea].
32 Available:
] [http://ies.isidradeguzman.alcala.educa.madrid.org/departamentos/fisica/temas/redox/electrolisis.h
tml](http://ies.isidradeguzman.alcala.educa.madrid.org/departamentos/fisica/temas/redox/electrolisis.html). [Último acceso: 22 Febrero 2015].

T. d. electrodos, «<http://www.icmm.csic.es/>,» Tipos de electrodos, [En línea]. Available:
33 <http://www.icmm.csic.es/jaalonso/velec/baterias/bateria.htm>. [Último acceso: 03 Marzo 2015].
]

Technosun, «<http://blog.technosun.com/>,» Technosun, 15 Diciembre 2011. [En línea].
34 Available: <http://blog.technosun.com/?p=5469>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]

D. Volt, «<http://deltavolt.pe/>,» Delta Volt SAC, 2010. [En línea]. Available:
35 <http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]

J. L. Cavsassi, «<http://www.cavadevices.com/>,» [En línea]. Available:
36 <http://www.cavadevices.com/archivos/FOLLETOS/BATERIAS%20CICLO%20PROFUNDO.pdf>
] . [Último acceso: 22 Febrero 2015].

Fullriver, «<https://autosolar.es/>,» Fullriver, [En línea]. Available:
37 https://autosolar.es/pdf/DC400-6_FULLRIVER_AGM.pdf. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]

Fullriver, «<https://autosolar.es/>,» [En línea]. Available: [https://autosolar.es/pdf/DC400-
38 6_FULLRIVER_AGM.pdf](https://autosolar.es/pdf/DC400-6_FULLRIVER_AGM.pdf). [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]

Topband, «<http://www.alibaba.com/>,» Topband, [En línea]. Available:
39 [http://www.alibaba.com/product-detail/TB12100F-High-quality-12V-100Ah-
\] lithium_724260608.html](http://www.alibaba.com/product-detail/TB12100F-High-quality-12V-100Ah-lithium_724260608.html). [Último acceso: 22 Febrero 2015].

BCR, «<https://autosolar.es/>,» BCR, [En línea]. Available:
40 https://autosolar.es/inversores/inversores-24v/inversor-onda-senoidal-24v-220v-150w_precio.
] [Último acceso: 22 Febrero 2015].

S. Facts, «<http://www.isolari.es/>,» Solar Facts, [En línea]. Available:
41 <http://www.isolari.es/tipos-de-placas-fotovoltaicas>. [Último acceso: 03 Marzo 2015].
]

M. G. Corral, «<http://www.elmundo.es/>,» elmundo, 29 Junio 2011. [En línea]. Available:
42 <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/06/29/natura/1309368625.html>. [Último acceso: 25 Febrero
] 2015].

R. solar, «<http://www.damiasolar.com/>,» REC solar, [En línea]. Available:
43 [http://www.damiasolar.com/productos/placas_solares/panel-fotovoltaico-rec-240w-
\] 24v_da0082_16](http://www.damiasolar.com/productos/placas_solares/panel-fotovoltaico-rec-240w-24v_da0082_16). [Último acceso: 22 Febrero 2015].

S. N. Laboratories, «<http://prod.sandia.gov/>,» Sandia National Laboratories, Noviembre 2005.
44 [En línea]. Available: <http://prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2005/057245.pdf>. [Último
] acceso: 22 Febrero 2015].

Technosun, «<https://autosolar.es/>,» Technosun, [En línea]. Available:
45 [https://autosolar.es/panel-solar/paneles-solares-flexibles/paneles-solares-flexibles-18w-
\] 12v_precio](https://autosolar.es/panel-solar/paneles-solares-flexibles/paneles-solares-flexibles-18w-12v_precio). [Último acceso: 22 Febrero 2015].

Steca, «<http://www.damiasolar.com/>,» Steca, [En línea]. Available:
46 http://www.damiasolar.com/productos/regulador_solar/regulador-steca-pr1515-15a_da0174_19.
] [Último acceso: 22 Febrero 2015].

3tier, «<http://www.3tier.com/en/>,» 3tier, [En línea]. Available: <http://www.3tier.com/en/>.
47 [Último acceso: 24 Febrero 2015].
]

Solargis, «<http://geosun.co.za/>,» Solargis, 2013. [En línea]. Available: [http://geosun.co.za/wp-
48 content/uploads/2014/10/DNI-Solar-map-World.png](http://geosun.co.za/wp-content/uploads/2014/10/DNI-Solar-map-World.png). [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]

Cleannergysolar.com, «<http://www.cleannergysolar.com/>,» Cleannergysolar.com, 14 Julio
49 2011. [En línea]. Available: [http://www.cleannergysolar.com/2011/07/14/mapa-de-irradiacion-
\] solar-en-america-del-sur/](http://www.cleannergysolar.com/2011/07/14/mapa-de-irradiacion-solar-en-america-del-sur/). [Último acceso: 22 Febrero 2015].

AEMET, «<http://www.aularenovables.byethost13.com/>,» AEMET, 2005. [En línea].
50 Available:
] [http://www.aularenovables.byethost13.com/joomla/index.php?option=com_content&view=catego-
ry&id=89&Itemid=473&lang=es](http://www.aularenovables.byethost13.com/joomla/index.php?option=com_content&view=category&id=89&Itemid=473&lang=es)http://www.aularenovables.byethost13.com/joomla/index.php?option=com_content&view=category&id=89&Itemid=473&lang=es. [Último acceso: 22 Febrero
2015].

C. Consulting, «<http://www.cemaconsulting.es/>,» Cema Consulting, 19 Febrero 2014. [En
51 línea]. Available: [http://www.cemaconsulting.es/wp-content/uploads/2014/02/Imagen-irradiancia-
\] global.jpg](http://www.cemaconsulting.es/wp-content/uploads/2014/02/Imagen-irradiancia-global.jpg). [Último acceso: 22 Febrero 2015].

Solener, «<http://solener.cl/>,» Solener, 2015. [En línea]. Available:
52 <http://solener.cl/productos/baterias-de-ciclo-profundo-agm-y-gel-conocer-mas/>. [Último acceso:
] 22 Febrero 2015].

B. Total, «<http://bateriastotal.com/>,» Bateríastotal.com, [En línea]. Available:
53 <http://bateriastotal.com/bat/es/content/9-diferentes-tipos-de-baterias>. [Último acceso: 22 Febrero
] 2015].

D. P. Obando, «www.olajedatos.com/,» [En línea]. Available:
54 www.olajedatos.com/documentos/baterias_plomo.pdf. [Último acceso: 22 Febrero 2015].
]

ANEXO I: LÁMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA

Ensuring the safety of your Water with Confidence.



Ultraviolet (UV-C rays/253.7nm) water disinfection systems is a unique and rapid method of water disinfection without the use of heat or chemicals to effectively destroy bacteria, virus, mold & algae. Ultraviolet (UV) light treatment is a widely recognized and proved method of disinfection of water and has several advantages over other disinfection methods such as chlorination, ozonation, etc. UV light does not add anything to the water, such as undesirable color, odor, taste or flavor, nor does it generate harmful by products. It adds only energy in the form of ultraviolet radiation. Also, UV disinfection requires only a fraction of the contact times required by other disinfection methods. It is fast, efficient, effective, economical and environmentally-friendly.

Advantages: effective, economical, safe, fast& easy, automatic and chemical free

Applications: drinking water, food, processing, medical, industries

Power Supply – Electronic Controller

Electronic Controllers became the standard in the lighting industry. They allow significant energy and money saving in nearly all applications. The lamp operation is flicker free and the ballast produces virtually no noise or hum.

Advantages: High efficiency, lighter weight and smaller size, high power factor, insensitivity to line voltage variation and operation on multiple supply voltages.

BAP365, Power Supply for PV18, PV24, PV35, PV42, PV52



www.aquabestmart.com

100V – 250V/50Hz-60Hz. Máx 0.96A@110V. [0.48A@220V](#).

18.0x9.5x4.9cm (7.08''x3.07''x1.9'')

UV lamp



Specifications

Model	PV18 / PV18T
Flow rate 30mJ/cm2	4.1 m3/hr - 68.1 lpm
Flow rate 40mJ/cm2	2.9 m3/hr - 49.2 lpm
Inlet	1''
Dimensions	49x8.9cm (19''x3.5'')
Lamp Watts	40W

Germicidal Lamp

Model	UV Lamp Part	Power	BF to BF	Current	Quartz Sleeve Part	Length	Spring Part
PV18 / PV18T	GHO422T5L/4-LT	40W	422mm	800mA	QS452	452mm	SP4446

ANEXO II: BOMBA

SPECIFICATIONS:

MODEL NUMBER: 2088-574-534

PUMP DESIGN: Positive Displacement 3 Chamber Diaphragm Pump

Note: Pump is coated with a plastic compound for improved corrosion resistance.

CHECK VALVE: (1-Way Operation) Prevents Reverse Flow

CAM: 3.0 Degree

MOTOR: Permanent Magnet, P/N 11-181-00, Thermally Protected

VOLTAGE: 24 VDC Nominal

PRESSURE SWITCH: Splash-Proof, Adjustable from 30 to 50 PSI.

Factory Set @ 45 PSI Shut-Off, Turn On 25 PSI 5 PSI

LIQUID TEMPERATURE: 130 Degrees Fahrenheit (54 Degrees Centigrade) Max.

PRIME: Self-Priming Up To 9.0 Ft. Vertical,

Max. Inlet Pressure 30 PSI (2.1 Bar)

PORTS: 1/2"-14 Male Parallel Thread

MATERIAL OF CONSTRUCTION:

PLASTICS- Polypropylene

VALVES- Santoprene

DIAPHRAGM- Santoprene

FASTENERS- Stainless Steel

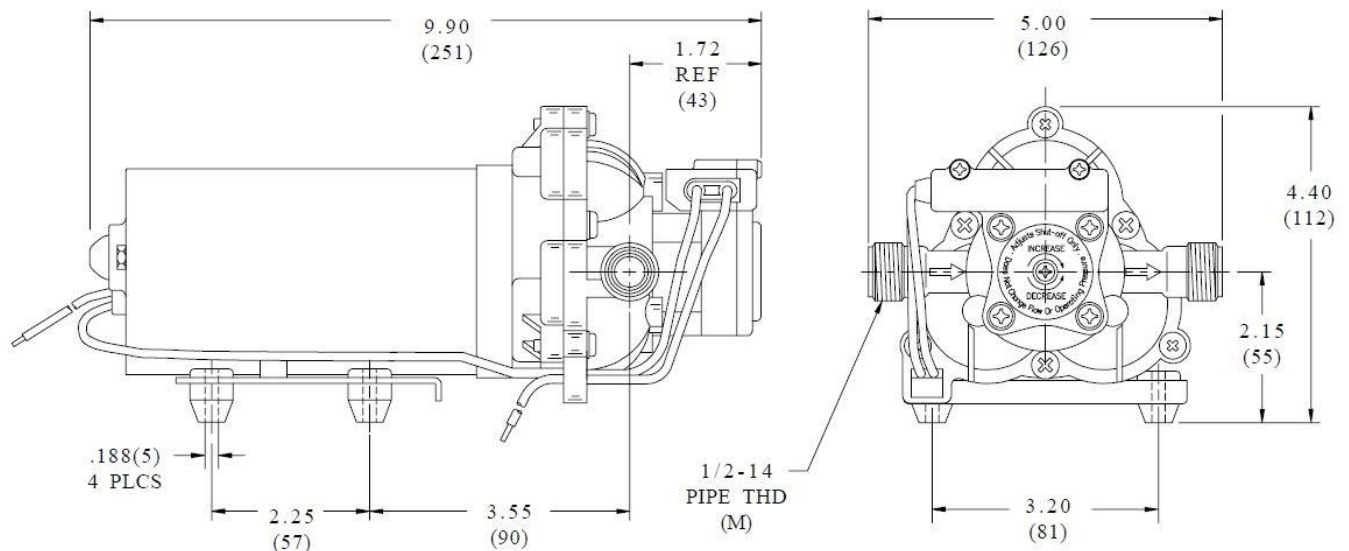
NET WEIGHT: 6.4 Lbs (2.9 Kg)

DUTY CYCLE: Continuous (See Temperature Rise Chart)

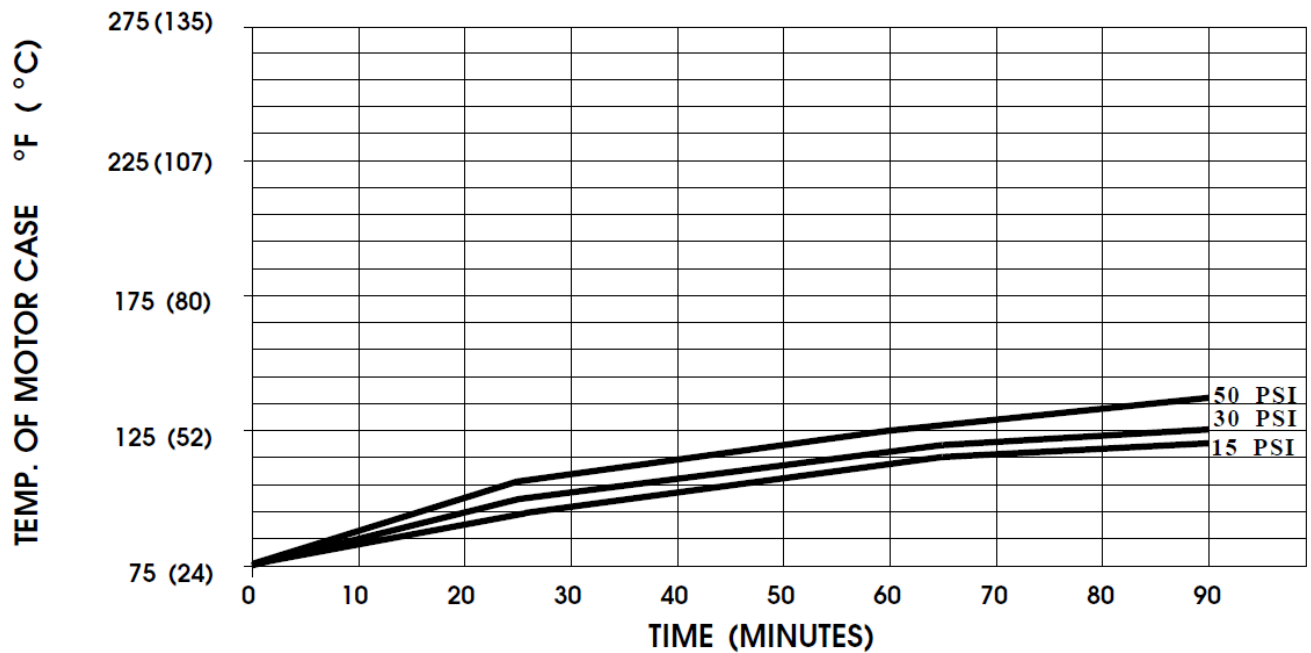
TYPICAL APPLICATIONS: Industrial

APPROVALS: U.L. Marine/N.S.F. Listed

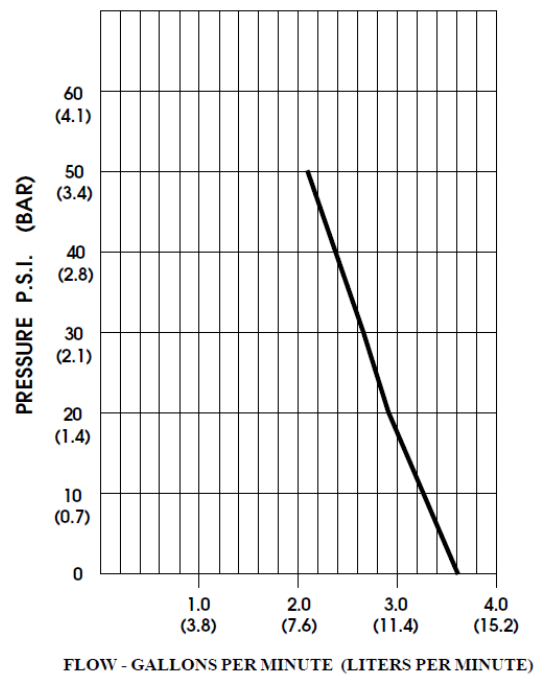
DIMENSIONS:



TEMPERATURE RISE

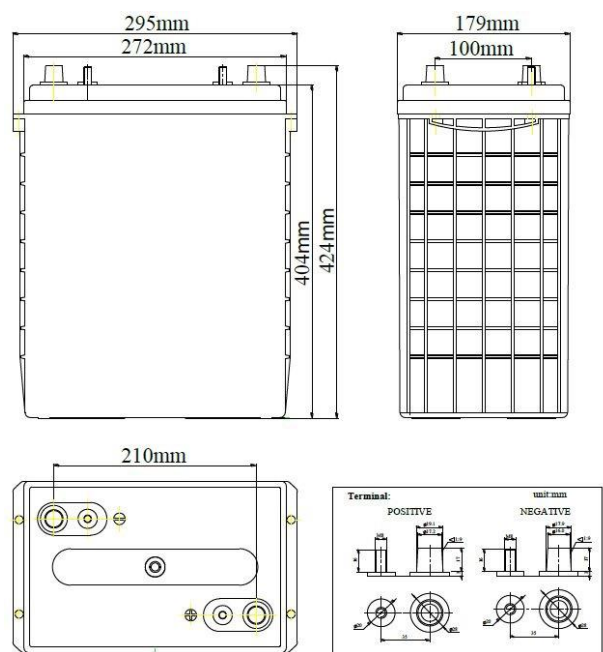


PRESSURE (PSI)	FLOW (GPM/LIT)	RPM MIN/MAX	CURRENT (AMPS)	VOLTAGE (VOLTS)
OPEN	3.60/13.6	2460/2465	3.0	24VDC
10	3.17/12.0	2455/2460	3.1	"
20	2.92/11.0	2425/2430	3.6	"
30	2.63/9.9	2390/2395	4.1	"
40	2.34/8.8	2375/2380	4.5	"
50	2.10/7.9	2350/2370	5.0	"

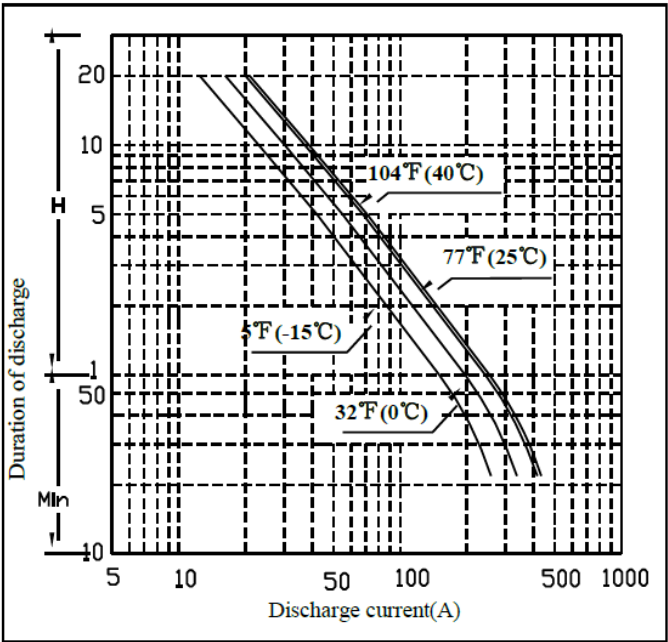


THIS GRAPH IS FOR USE AS A DESIGN GUIDE. IT IS BASED ON RUNNING CONTINUOUSLY WITH AN AMBIENT TEMPERATURE OF 75 F IN STILL AIR. THE THERMAL BREAKER WILL OPEN WHEN THE CASE TEMPERATURE REACHES 280 F.

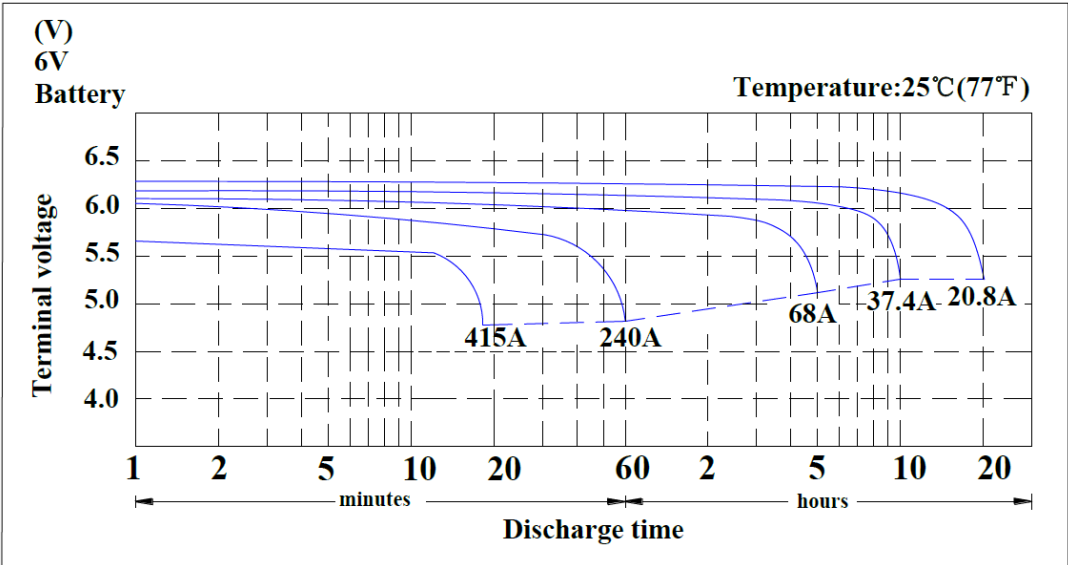
ANEXO III: BATERÍA



Duration of discharge vs. Discharge current



Discharge characteristics 77°F (25°C)



Specifications

Nominal Voltage		6V
Rated Capacity (20 hour rate)		415Ah
Dimension	Total Height (with terminals)	424mm(16.69inches)
	Height	404mm(15.90inches)
	Length	295mm(11.61inches)
	Width	179mm(7.05inches)
Weight		Approx. 55.7 kg (122.8 lbs)

Characteristics:

Capacity 77°F(25°C)	20 hour rate (20.8A to 5.25Volts)	415AH
	10 hour rate (37.4A to 5.25Volts)	374AH
	5 hour rate (68A to 5.1Volts)	340AH
Internal Resistance	Full charged 77°F(25°C)	1.6mΩ
Capacity affected by Temperature (20 hour rate)	104°F(40°C)	102%
	77°F(25°C)	100%
	32°F(0°C)	85%
	5°F(-15°C)	65%
Self-Discharge 77°F(25°C)	Capacity after 3 month storage	91%
	Capacity after 6 month storage	82%
	Capacity after 12 month storage	64%
Max. Discharge Current 77°F(25°C)	2000A(5s)	

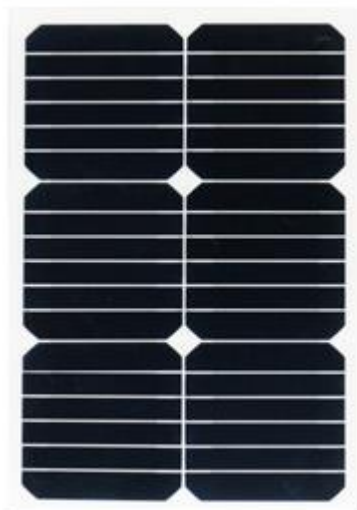
ANEXO V: PANEL SOLAR FLEXIBLE

TECHNOSUN

www.technosun.com

PV-FLEX Series

Módulos fotovoltaicos curvables de alta eficiencia



Características:

Módulo solar flexible de alta eficiencia con la célula de más alta eficiencia del mercado (Sunpower), tiene rendimientos de hasta el 20% o más altos, que permiten una generación de energía 25-30% más altos que los módulos fotovoltaicos convencionales del mismo tamaño.

Al utilizar la técnica de contacto posterior, la célula puede ser recubierta con los materiales flexibles para acabar formándose el panel solar flexible de alta eficiencia. Este tipo de panel solar puede ser utilizado en una amplia gama de campos.

Aplicaciones:

- Yates y embarcaciones.
- Generación de energía en tejados.
- Coches eléctricos para golf.
- Coches patrulla.
- Coches para turismo.
- Viajeros.

Flex018W12V

Especificaciones técnicas

Potencia máxima	18W
Tensión máxima	19,4V
Corriente máxima	0,93 ^a
Tensión en circuito abierto	23,7V

Corriente corto circuito	1,03A
Máxima tensión del sistema	600V
Fusible	10A
Ancho	277mm
Alto	434mm
Profundo	3mm
Peso	0,29kg
Grado de flexibilidad	Máx. 30°

Además, nos ofrece una garantía de 2 años.

ANEXO VI: MEDIDOR DE LA BATERÍA



Datos técnicos:

Tensión de servicio:	12 V o 24 V; reconocimiento automático
Rango de tensión:	12 V 6,9 V – 17,2 V
Rango de tensión:	24 V 17,3 V – 43 V
Temperatura de servicio admisible:	-10 °C hasta +50 °C
Temperatura de almacenaje:	-20 °C hasta +80 °C
Consumo de energía mA:	12,5 mA
Frecuencia de modulación de Duración de anchura de impulso (PWM)	30 Hz
Tensión máx. de entrada:	< 47 V
Tensión mín. de la batería:	6,9 V
Corriente:	10A
Peso:	350g
Dimensiones:	
Largo:	187mm
Ancho:	96mm
Altura:	44mm
I do not think that	

ANEXO VII: MAPA IRRADIANCIA

