



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE SAN FELIPE DEL PROGRESO
Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de México

**“DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA COMUNIDADES DE BAJOS RECURSOS Y/O ALTO
CONSUMO ENERGÉTICO”**

**TITULACIÓN INTEGRAL CON LA MODALIDAD DE INFORME TÉCNICO DE
RESIDENCIAS PROFESIONALES**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

PRESENTA:

P. ABRAHAM MONROY ESTRELLA

ASESOR INTERNO:

FIS. EDGARDO MARTÍNEZ ESCOBAR

ASESOR EXTERNO:

I.E. JUAN MANUEL ACOSTA HERNÁNDEZ

REVISORES:

MTRO. GILBERTO ALEJANDRO ZAVALA MORENO

I.C.C. FRANCISCO ALBA DIONICIO

SAN FELIPE DEL PROGRESO, ESTADO DE MÉXICO, MAYO 2023

San Felipe del Progreso, México, a 09 de mayo de 2023.

I.C.E. ERICK GARCÍA GONZÁLEZ
JEFE DE DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
P R E S E N T E

Por este conducto me es grato informarle que la o el Pasante de **INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES, C. ABRAHAM MONROY ESTRELLA** con número de cuenta **2017350020**, ha concluido a mi entera satisfacción el trabajo escrito que lleva por título **"DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA COMUNIDADES DE BAJOS RECURSOS Y/O CONSUMO ENERGÉTICO"**, el cual fue desarrollado como parte del proceso para la Titulación, mediante la opción **"TITULACIÓN INTEGRAL EN LA MODALIDAD DE RESIDENCIA PROFESIONAL"**, conforme a lo establecido en el Lineamiento para la Titulación Integral Apartado 4.4, Numeral 4.4.3., por lo que autorizo se dé continuidad a su proceso de titulación.

Sin más por el momento, quedo de usted.

A T E N T A M E N T E



I.E. JUAN MANUEL ACOSTA HERNÁNDEZ
ASESOR EXTERNO



FIS. EDGARDO MARTÍNEZ ESCOBAR
ASESOR INTERNO



San Felipe del Progreso, México, a 23 de mayo de 2023.

I.C.E. ERICK GARCÍA GONZÁLEZ
JEFE DE DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
P R E S E N T E

Por este conducto la Comisión Revisora informa que el trabajo escrito que lleva por tema **“DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA COMUNIDADES DE BAJOS RECURSOS Y/O ALTO CONSUMO ENERGÉTICO”**, presentado por el Pasante de Ingeniería en Energías Renovables C. **ABRAHAM MONROY ESTRELLA** con número de cuenta **2017350020**, el cual fue desarrollado como parte del proceso para la Obtención del Título Profesional, mediante la opción **“PROYECTO DE TITULACIÓN INTEGRAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL”**, conforme a lo establecido en el Reglamento para la Obtención de Títulos Profesionales de la Institución, **se aprueba para su reproducción en formato digital**, misma que ya fue autorizada por la o el asesor **FIS. EDGARDO MARTÍNEZ ESCOBAR**.

Sin más por el momento.

ATENTAMENTE
Comisión Revisora



I.C.C. FRANCISCO ALBA DIONICIO
REVISOR



**MTRO. GILBERTO ALEJANDRO ZAVALA
MORENO**
REVISOR

c.c.p. - Presidente/a de Academia de Ingeniería en Energías Renovables
Archivo

Edición: 3
Código: FO-210C2201000501L-01-15
Fecha: 12 de septiembre de 2022

210C2201000105L-0143/2023
San Felipe del Progreso a 26 de mayo de 2023, México

ABRAHAM MONROY ESTRELLA
PASANTE DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
P R E S E N T E

Por este conducto me es grato informar a usted que el trabajo escrito denominado "DISEÑO DE ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA COMUNIDADES DE BAJOS RECURSOS Y/O ALTO CONSUMO ENERGÉTICO" desarrollado en apego a los lineamientos de esta Institución, fue aprobado por la Comisión Revisora, razón por la cual se le autoriza para que proceda a reproducir en formato digital dicho documento, debiendo entregar a esta División cinco (5) ejemplares y con ello estar en condiciones de sustentar el Acto de Recepción Profesional

Ruego a usted tomar nota de que, en cumplimiento a lo especificado por el Reglamento para la Obtención de Títulos Profesionales, deberá cumplir con lo estipulado De los Requisitos, presentando documentos originales para cotejo entregando copia al Departamento de Titulación.

ATENTAMENTE



T.C.E. ERICK GARCÍA GONZÁLEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

TESSFP
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES
SAN FELIPE DEL PROGRESO
C.C.T. 150701000 CLAVE 150701000
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
EN ENERGÍAS RENOVABLES

c.c.p. - Archivo

Edición: 3
Código: FO-210C2201000501L-01-16
Fecha: 12 de septiembre de 2022

DEDICATORIA

A MI MADRE

Jocabed M., por su apoyo incondicional, su amor, sus consejos, por sus palabras de aliento, por creer en mí, por siempre desearme lo mejor, por enseñarme el camino del bien, por siempre darme todo para lograr mis metas, porque ella siempre será mi mejor ejemplo a seguir.

A MIS ABUELOS

Inés Estrella y Abraham Monroy, por apoyarme, por ayudarme a aprender en la práctica técnicas que facilitan y nutren mi conocimiento, por aconsejarme, por enseñarme a no rendirme.

A MIS TÍOS Y FAMILIA

Por apoyarme siempre, por ayudarme en todos los aspectos, por motivarme a ser un profesionalista y sobresalir, por estar en lo bueno y lo malo.

A MIS AMIGOS

Gracias por aconsejarme, por apoyarme, por acompañarme en mi crecimiento como persona, por darme momentos buenos llenos de alegría.

A DIOS

Gracias por permitirme llegar hasta donde estoy, por permitirme despertar y ver cosas nuevas cada día, por librarme de los peligros que día a día se encuentran, por darme la dicha de convivir con personas buenas.

A MIS PROFESORES

Por aportarme mucho conocimiento, por enseñarme a buscar las mejores soluciones, por ayudarme a explotar mis habilidades, por enseñarme a ser un buen alumno.

Resumen

En este proyecto se diseña un sistema de bombeo de agua que aprovecha la energía solar fotovoltaica para poblados con marginación o bien que se encuentran sin la disponibilidad de agua en la comunidad, basado en el conocimiento teórico con parámetros importantes como lo son la HSP (Horas Solar Pico), características del pozo, capacidad de la bomba y la carga dinámica con la finalidad principal del dimensionamiento del sistema de generación solar y el equipo de extracción, así mismo como punto adicional se seleccionan los modelos recomendados que conformarán al sistema, tales como; tipo de módulo, tipo de bomba y centro de control para el correcto funcionamiento y, adicional a ello se agrega una distribución típica recomendada del orden y características técnicas, por medio de herramientas electrónicas como Excel donde se realiza una hoja de cálculo para complementar y facilitar los dimensionamientos de bombeo solar. Haciendo uso del Software de AutoCAD se genera un plano constructivo con características dimensionales y partes del sistema que conformará a un sistema transportable.

ÍNDICE

Introducción	6
PROBLEMAS A RESOLVER	7
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos	8
Justificación.....	9
CAPÍTULO I	10
MARCO TEÓRICO	10
1.1 Sistema de Bombeo.....	11
1.1.1 Bombas Centrifugas.....	11
1.1.2 Bombas centrifugas de turbina para pozos profundos.....	12
1.1.3 Bombeo solar contra bombeo convencional.....	12
CAPITULO II.....	14
POTENCIA DE LA BOMBA.....	14
2.1 Potencia consumida de la bomba.....	15
2.2.1 Altura Hidráulica total H.....	15
2.2.2 Carga Estática Total (He).....	17
2.2.3 Perdidas Hf.....	17
2.2.4 No. Reynolds.....	18
2.2.5 Carga de Velocidad (Hv).....	24
CAPITULO III.....	25
SISTEMA FOTOVOLTAICO	25
3.1 Sistema Fotovoltaico.....	26
3.1.1 Modulo Fotovoltaico	26
3.1.2 Selección de Modulo Fotovoltaico.....	26
3.1.2 Elección de Conductores en Celdas Fotovoltaicas	27
3.1.3 Tensión Máxima	28
3.1.4 Corriente Máxima de los circuitos.....	29
CAPITULO IV	30
RESULTADOS	30
DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR.....	31
MEMORIA DE CALCULO	31

DIMENSIONAMIENTO DE BOMBEO SOLAR.....	31
DISEÑO DE LA ESTACIÓN EN AUTOCAD	43
Datos Constructivos de la Estación.....	43
ISOMETRICO DE LA ESTACION.....	47
DETALLES OPERACIONALES.....	49
GABINETE GENERAL.....	49
CONTROLADOR Y SUS FUNCIONES	50
CAPITULO V	56
CONCLUSIÓN.....	56
5.1 Conclusiones de proyecto.....	57
ANEXOS.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

Introducción

A lo largo de los años la humanidad se ha encontrado con una diversidad de problemas en su entorno, en donde el impacto directo hacia el mismo es determinante, ha representado una gran batalla por la exigencia de poder satisfacer las necesidades a las que día a día se enfrenta. Los cambios tecnológicos y el gran paso que se ha dado actualmente en este ámbito, han reflejado el poder que tiene el ser humano para enfrentarlo, si bien esto beneficia para poder vivir cómodamente también se ve afectado por el uso irracional de los recursos que lo involucran, pues esto ha llevado al aumento de la contaminación medioambiental. Es por ello que por medio de la energía renovable se ha encontrado una reducción o amortización de los cambios drásticos que han surgido aprovechando recursos inagotables de la energía, como lo es la energía solar fotovoltaica. En México se tiene una gran fuente de radiación solar misma que se puede aprovechar a su máximo potencial sin problema, para diferentes aplicaciones que tienen que ver con la vida diaria, entre ellos, abastecimiento de energía para los hogares, riego agrícola, purificación de agua, refrigeración, iluminación, bombeo solar, entre muchos más. Con estos cambios e innovaciones se podría aumentar la calidad de vida de una población ya que el no contar con los servicios necesarios para vivir conlleva a que los habitantes se desplacen. Una persona necesita 100 L de agua al día para poder satisfacer sus necesidades de higiene y para preparar sus alimentos (CONAGUA2015). La falta de recursos eléctricos para poder llevar a cabo la tarea de bombear el agua hasta sus viviendas implica costos muy altos de obra y en casos particulares por la lejanía es difícil hacerla llegar hasta el lugar donde se requiere, en función de este problema y aprovechando la energía solar disponible es que se puede lograr un cambio para no solo uno, sino, muchos lugares donde la falta de agua es prioridad.

Problemas a Resolver

El agua es un recurso natural importante para cualquier tipo de actividad; para su consumo, para el riego de cultivos, para el proceso de alimentos, para la higiene y limpieza personal, entre otros. Contar con este recurso tan indispensable mejora la calidad de vida de una sociedad, impulsándola al crecimiento y a aumentar los servicios necesarios para una población. Para que las comunidades pueda llevar a cabo sus actividades de la vida cotidiana se requiere de este valioso líquido, también cabe mencionar que otro de los problemas que afectan los sistemas convencionales o conocidos para bombeo de agua, es el costo de la infraestructura para la implementación ya que son muy elevados y el mantenimiento de los mismos a poco tiempo es muy constante lo que provoca que a corto plazo sea muy caro contar con este tipo de sistemas, al último de los casos, al no tener otro medio para extraer el agua los habitantes optan por este tipo de sistema, sin embargo, se enfrentan al problema de raíz, dificultando aún más el obtener agua, pues esta es la disponibilidad de una red eléctrica cercana de alguna compañía de suministro de energía para poder conectar y operar este sistema ya que en la mayoría de los casos para la ampliación eléctrica no cumplen con los requisitos necesarios ni la economía suficiente para pagar las ampliaciones con empresas particulares, empeorando más la situación y reduciendo sus posibilidades, es por ello que con la implementación de los sistemas solares se plantea una solución efectiva que ayudara a impulsar el crecimiento en materia de infraestructura, para casos de desastres naturales, extracción de agua en zonas aisladas para el abasto de poblaciones, etc. con posibilidades de crecer la dimensión de tal sistema.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar una estación de bombeo fotovoltaico móvil.

Objetivos Específicos

- Diseñar por medio de AutoCAD la Estación y sus partes.
- Crear una hoja de cálculo para dimensionar el equipo de bombeo y el sistema fotovoltaico.
- Seleccionar los equipos adecuados para el sistema solar FV y su operación en condiciones seguras.

Justificación

Las necesidades y demandas de agua en la actualidad han crecido por el aumento en las poblaciones y el desarrollo en el campo de la industria, para los casos de las comunidades muchas han crecido exponencialmente en lugares donde no cuentan con el recurso o con los sistemas necesarios para poder llevarlo a sus hogares, muchas otras el tener la disponibilidad del recurso del agua les es complicado mantener un sistema que depende de una red convencional por las altas facturas eléctricas y el mantenimiento constante que deriva del mismo sistema, es por ello que haciendo uso de las energías renovables en materia de aprovechamiento de la energía solar y con herramientas digitales, tales como AutoCAD, se tiene a fin llevar a cabo el diseño y dimensionamiento del sistema de bombeo solar que, al término del proceso se tendrá una representación gráfica constructiva de una estación, que sea capaz de ser trasladada a cualquier lugar con disponibilidad del recurso solar de manera temporal o fija y que, a su vez se aproveche para realizar actividades que tengan que ver con cubrir demandas de este líquido en lugares donde no hay disponibilidad de pozos de agua, utilizando como medio de extracción el sistema de bombeo solar para ser depositado en tanques cisterna y trasladarlo a donde se requiera, así mismo, está pensado en aplicaciones de desastres naturales; para drenar ciudades inundadas, para no dejar sin abasto de agua a la población, para el riego de cultivos, para aplicaciones en conjunto de otros sistemas que dependan del uso de agua o actividades que requieran aprovechar la misma.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Sistema de Bombeo

Los Sistemas de bombeo generalmente están conformados por un equipo motor-bomba, alimentado energéticamente, permitiendo a la bomba transformar el trabajo mecánico a potencia de salida. Aumentando la presión y velocidad del fluido el cual es capaz de ser transportado desde un punto de entrada inicial hasta el punto de salida final en un sistema hidráulico, por medio de un conducto o tubería.

1.1.1 Bombas Centrifugas

Las bombas se componen por un conjunto de partes, tales como cuerpo, impulsor, eje, rodamientos y válvula de purga, de estos componentes se derivan diferentes tipos de bombas, por su función y aplicación. Actualmente este tipo de bombas son las más comunes de encontrar en aplicaciones de uso doméstico.

La función del equipo de manera general es hacer girar el eje de la bomba a determinadas revoluciones, provocando que el impulsor roscado al eje rote. La consecuencia de dicha acción funcional es que por medio de la rotación de las aspas dirige las partículas del fluido que pasan sobre el mismo hacia afuera siendo el resultado de la fuerza centrífuga.

Las Bombas se clasifican en:

- De voluta
- Difusoras
- Turbinas para pozos profundos.

1.1.2 Bombas centrifugas de turbina para pozos profundos

En este tipo de bomba se pueden encontrar dos diseños particulares según su aplicación:

- El primer modelo tiene la bomba en el fondo del pozo, y un eje flexible conecta el motor, que se encuentra en la superficie, con la bomba. La aplicación de este diseño se limita por el eje y el motor; el peso del eje en pozos muy profundos se vuelve considerable y aumenta la carga que soportaría el motor. Este tipo de bombas se utilizan en profundidades mínimas ya que el motor se encuentra en la superficie de los pozos o área de extracción.
- El segundo modelo se llama comúnmente Bomba sumergible, el diseño de este equipo está conformado por un solo cuerpo, en una parte se encuentra el sistema eléctrico del motor y en la otra el cuerpo, mismos que se encuentran aislados en la misma pieza del equipo de bombeo, y por medio de un tubo o conducto se lleva el fluido desde donde se encuentra la bomba sumergida hasta el último punto de descarga. Estas bombas tienen aplicación en pozos que alcanzan los 1000 metros o más.

1.1.3 Bombeo solar contra bombeo convencional

En el campo del bombeo de agua con aplicaciones públicas para un conjunto de personas o consumidores se utilizan equipos que se alimentan de una red convencional por la disponibilidad de los equipos y materiales en el mercado.

Ventajas de bombeo convencional.

- Mayor capacidad de bombeo.
- Uso energético continuo de los equipos.

Desventajas

- Mayor frecuencia de mantenimiento
- Infraestructura demasiado cara.
- Equipos muy robustos en dimensión.

Ventajas y desventajas de bombeo solar.

Ventajas:

- Son independientes a redes convencionales.
- No requieren sistemas de generación con combustibles fósiles.
- Los equipos que bombean el agua funcionan con corriente directa aumentando su eficiencia y no requiere de baterías durante el día.
- Los sistemas son más compactos y de menor peso.
- Son equipos que se instalan fácilmente y no requieren mucha infraestructura.

Desventajas:

- La cantidad de extracción de agua puede verse afectada por el clima.
- Requiere tanques cisterna en días donde el consumo de agua baje, para recompensar los días de poca extracción
- Al iniciar la inversión el costo puede ser alto.
- Solo se puede aplicar a lugares con disposición de radiación considerable para que sea eficiente y factible.

CAPÍTULO II

POTENCIA DE LA BOMBA

2.1 Potencia consumida de la bomba

El cálculo de la potencia de la bomba es necesario para poder saber qué equipo es el adecuado para extraer el fluido.

$$P = \frac{\rho g Q h}{\eta} \quad (1)$$

Donde:

P = Potencia (Watts)

ρ = Densidad del agua (1,000 kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Q = Caudal (m³ /s)

h = Altura hidráulica (m)

η = Eficiencia

2.2.1 Carga Dinámica Total H

La carga dinámica se define como la resistencia que se presenta al paso del fluido mientras el fluido que se bombea está en movimiento. Al encontrarse en movimiento el fluido se crean pérdidas desde que comienza a fluir en un conducto hidráulico, estas pérdidas se deben a la fricción, también conocida como pérdida por fricción. Las pérdidas de la carga dinámica están en función del flujo.

$$\text{Carga (H)} = \frac{\text{Presión (psi)} \times 2.31}{\text{Densidad relativa}} = \frac{\text{Presión (kg/cm}^2\text{)}}{Y} \quad (2)$$

$$\text{AHT} = H_e + H_f + H_v \quad (3)$$

Donde:

AHT = Carga Dinámica Total (m)

He = Carga estática total (m)

Hf = Pérdidas por fricción (m)

Hv = Carga de velocidad (m)

La carga dinámica se obtiene utilizando la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_s + AHT - H_{f1-2} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_d \quad (4)$$

Despejamos AHT de la ecuación 4 para obtener su valor:

$$AHT = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + (h_d - h_s) + H_{f1-2} + \frac{V_2^2}{2g} + h_d \quad (5)$$

Donde:

P1 y P2 = Presión sobre la superficie del líquido en los puntos 1 y 2 (m)

V1 y V2 = Velocidad que experimenta el fluido en los puntos 1 y 2 (m/s²)

hs = Altura de succión (m)

hd = Altura de descarga (m)

AHT = Carga dinámica total que se requiere para llevar el fluido de un depósito a otro (m)

Hf 1-2 = Pérdidas totales de carga que tiene el líquido en la tubería (m)

γ = Densidad del fluido a la temperatura de bombeo (kg/m³)

g = Aceleración por gravedad (9.81 m/s²)

Depreciando P1=P2 se puede facilitar el cálculo quedando de la siguiente forma.

$$AHT = (h_d - h_s) + H_{f1-2} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (6)$$

2.2.2 Carga Estática Total (H_e)

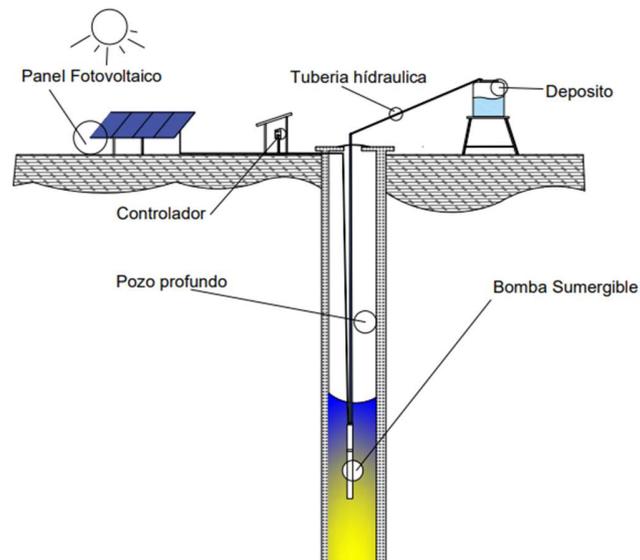
Esta dependerá del arreglo hidráulico existente, la ubicación de la bomba afecta las variables para realizar el cálculo pues esta define si es positiva o negativo dependiendo de su fuente de alimentación:

$$H_e = h_d - (\pm h_s) \quad (7)$$

Para un sistema donde el equipo de bombeo sea sumergible, la carga estática total se expresa:

$$H_e = \text{altura de descarga} + \text{nivel estatico de succion}$$

Fig. 1 bomba sumergible en pozo



2.2.3 Pérdidas H_f

Estas pérdidas son el esfuerzo necesario que se requiere para vencer la resistencia al paso del fluido por el ducto y sus componentes como codos, té,

válvulas, etc. Éstas van a ser dependientes del diámetro y tipo de tubo que se encuentre en la instalación y se calcula con la siguiente ecuación.

$$H_f = H_{fs} + H_{fd} \quad (8)$$

Donde:

H_f = Carga de fricción (m)

H_{fs} = Carga de fricción en la succión (m)

H_{fd} = Carga de fricción en la descarga (m)

En las pérdidas del sistema hidráulico se encuentran las pérdidas primarias que aparecen en el rozamiento del fluido con el conducto hidráulico.

Para determinar las pérdidas primarias se debe considerar el tipo de material y acabado interno de la tubería, ya sea liso o rugoso, el régimen en que se maneja el flujo del fluido si es laminar o turbulento.

2.2.4 No. Reynolds

Por medio del número de Reynolds se puede determinar el régimen en el que se encuentra el flujo del fluido, en él se encuentra involucrada, la viscosidad, velocidad y el diámetro de la tubería, el número de Reynolds se expresa como:

$$Re = \frac{Vd\rho}{\nu} \quad (9)$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

V = Velocidad promedio del fluido en la tubería (m/s)

d = Diámetro interno de la tubería (m)

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3)

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m^2/s)

Los regímenes se consideran con:

- El régimen laminar se presenta con números de Reynolds inferiores a 2000.
- Zona crítica comprendida entre los números de Reynolds de $2000 < R < 4000$.
- Área designada de transición cuyos límites están comprendidos entre $4000 < R < 11000$.
- El régimen turbulento se presenta con números de Reynolds superiores a 11000.

Las pérdidas primarias se determinan por medio de la ecuación de Darcy Weisbach expresada por:

$$h_f = f \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga en tramos rectos de tubo (m)

f = Coeficiente de rozamiento

L = Longitud total de tubería del mismo diámetro (m)

V = Velocidad promedio del fluido (m/s)

Para hallar el coeficiente de rozamiento (f) debemos utilizar el diagrama de Moody

Fig. 2 Diagrama de Moody (Robert L. Mott, J. A. (2015)).

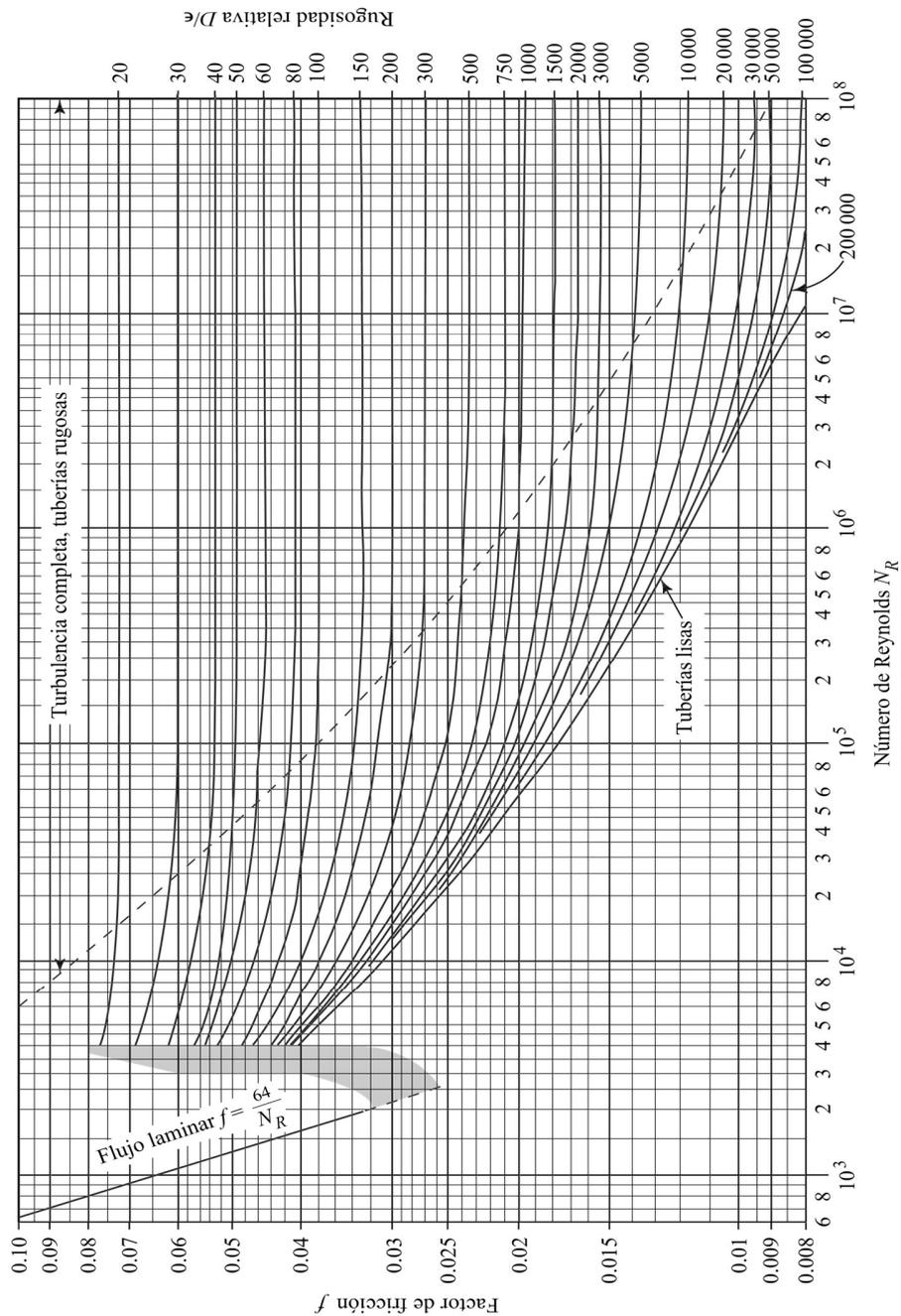


FIGURA 8.7 Diagrama de Moody. (Fuente: Pao, R. H. E. *Fluid Mechanics*, p. 284. Derechos reservados 9c. 1961. Reproducido con autorización del autor).

Las pérdidas secundarias se encuentran en el trayecto que recorre un fluido desde que se succiona hasta que se deposita o sale del conducto hidráulico estas se encuentran en los accesorios que están dentro del sistema tales como, las válvulas, expansiones, reducciones estrangulaciones, cambios de dirección, etc.

Estas pérdidas se pueden determinar con la ecuación de Darcy Weisbach:

$$h_f = K \frac{V^2}{2g} \quad (11)$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga local del accesorio (m)

k = Coeficiente de resistencia del accesorio (adimensional)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

v = Velocidad del fluido (m/s)

En los sistemas por lo regular se encuentran accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de conductos o bien para habilitar más derivaciones o poder cerrar el paso al fluido, estos accesorios generan pérdidas, cada accesorio contiene un valor diferente y dependen del diámetro del mismo y para cada pieza se debe de realizar el cálculo, el cálculo se puede realizar con la siguiente ecuación.

$$h_f = K_1 \frac{V^2}{2g} + K_2 \frac{V^2}{2g} + \dots + K_n \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

El coeficiente de resistencia o coeficiente k es un valor que se agrega a los aditamentos o accesorios por la resistencia que ejercen sobre el fluido que pasa en ellos.

$$K = \left(\frac{L_e}{D} \right) f_T \quad (13)$$

Donde:

k = Coeficiente de resistencia del accesorio (adimensional)

L_e = Longitud equivalente al conducto recto del mismo diámetro nominal (m)

D = Diámetro interno real del conducto (m)

f_T = Factor de fricción en el conducto (m/s)

(L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, 1996) menciona que algunos diseñadores de sistemas prefieren calcular la longitud equivalente del conducto para una válvula y combinar ese valor con la longitud real del conducto que está dada por:

$$L_e = \frac{KD}{f_T} \quad (14)$$

Esta resistencia respecto a cada accesorio la podemos encontrar en la tabla que proporciona (L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, 1996)

Fig. 3 Longitud Equivalente en diámetro de conducto. (Robert L. Mott, J. A. (2015)).

TABLA 10.4 Resistencia en válvulas y accesorios expresada como la longitud equivalente en diámetros de tubería, L_e/D

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo —totalmente abierta	340
Válvula de ángulo —totalmente abierta	150
Válvula de compuerta —totalmente abierta	8
—abierta $\frac{3}{4}$	35
—abierta $\frac{1}{2}$	160
—abierta $\frac{1}{4}$	900
Válvula de retención —tipo oscilante	100
Válvula de retención —tipo bola	150
Válvula de mariposa —totalmente abierta, 2-8 in	45
—10-14 in	35
—16-24 in	25
Válvula de pie —tipo disco de vástago	420
Válvula de pie —tipo disco de bisagras	75
Codo estándar de 90°	30
Codo de 90° y radio largo	20
Codo de 90° para calle	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de 45° para calle	26
Doblez de retorno cerrado	50
Te estándar —con flujo por la línea principal	20
—con flujo por la ramificación	60

(Reproducido con autorización de Crane Co. *Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe*, artículo técnico núm. 410, 2011. Todos los derechos reservados).

Para f_T los valores varían de acuerdo al tamaño del conducto y se pueden encontrar en la siguiente tabla.

1. **Fig.4** Factor de fricción en zona de turbulencia completa (Robert L. Mott, J. A. (2015)).

TABLA 10.5 Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, cédula 40, nueva y limpia

Tamaño nominal de la tubería			Tamaño nominal de la tubería		
Estados Unidos (in)	Métrico (mm)	Factor de fricción, f_f	Estados Unidos (in)	Métrico (mm)	Factor de fricción, f_f
½	DN 15	0.026	3, 3½	DN 80, DN 90	0.017
¾	DN 20	0.024	4	DN 100	0.016
1	DN 25	0.022	5, 6	DN 125, DN 150	0.015
1¼	DN 32	0.021	8	DN 200	0.014
1½	DN 40	0.020	10-14	DN 250 a DN 350	0.013
2	DN 50	0.019	16-22	DN 400 a DN 550	0.012
2½	DN 65	0.018	24-36	DN 600 a DN 900	0.011

2.2.5 Carga de Velocidad (Hv)

La carga de velocidad se define como la energía del agua que fluye por una tubería, necesaria para acelerar el fluido. La Ecuación para calcular la carga de velocidad es:

$$Hv = \frac{v^2}{2g} \quad (15)$$

Donde:

Hv = Carga de velocidad (m)

v = Velocidad del líquido (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

CAPÍTULO III

SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1 Sistema Fotovoltaico

La energía solar fotovoltaica consiste en transformar la luz directa solar en electricidad llamado efecto fotovoltaico, la energía solar es un mecanismo natural de energía renovable que se puede aprovechar en gran cantidad de lugares por su disponibilidad tan alta.

Por medio de la incidencia de la radiación solar en la célula fotoeléctrica o panel solar, produce el efecto llamado diferencia de potencial eléctrico generando así corriente eléctrica.

3.1.1 Panel Fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos están conformados por un encapsulado donde se encuentran interconectadas varias celdas, estas se encuentran entre dos placas, una de vidrio y la otra puede ser de plástico o metal. Para darle cuerpo resistente y poder colocarlos fijamente, contienen un marco metálico, estos pueden conectarse en paralelo o en serie según sea el arreglo existente en un sistema.

El propósito o función de todo el módulo es proteger a las celdas por los diferentes efectos climatológicos que pudieran llegar a afectarlas, así mismo de daños no controlados tales como especies vivas, piedras, polvo y/o objetos que pudieran dañarlo, también le proporciona una forma de trabajo conjunta o rígida.

3.1.2 Selección del Panel Fotovoltaico

Al seleccionar la placa fotovoltaica a emplear es necesario tomar en cuenta los parámetros mostrados en la ficha técnica que el fabricante proporciona, tales como:

- VOC (Voltaje de circuito abierto): Es el dato que referencia al máximo voltaje que el panel puede entregar en circuito abierto.
- IPMax: Corriente de pico máximo.
- ISC (Corriente de corto circuito): Es el dato que indica la máxima intensidad de corriente que entrega el módulo fotovoltaico.
- VP Max: El dato indica que es el voltaje pico máximo, esta varea ya que depende de IPMax y VPMMax.

La relación con los índices de la temperatura son parámetros importantes que se deben considerar ya que de el depende la eficiencia fotovoltaica del panel, por estandarización esta característica las tiene el mayor número de marcas en el mercado como La irradiación de 1000 W/m^2 , a nivel del mar, y una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. La selección del panel también dependerá de las condiciones climatológicas encontradas en las regiones de aplicación pues de ello también depende el material con el que este fabricado el módulo fotovoltaico.

3.1.2 Elección de Conductores en Celdas Fotovoltaicas

Los conductores son elementos que conforman una instalación eléctrica, pues sin ellos no es posible un correcto control de las señales de flujo eléctrico, el cuidado para la selección de los mismos es tema de seguridad y calidad en el flujo de potencia.

Conforme al Artículo 690-8 encontrado en la NOM-001-SEDE-2005, establece que de la fuente saliente del sistema fotovoltaico para carga continua la ampacidad en el conductor debe ser 125% de Corriente en cortocircuito de los módulos en paralelo o el módulo, por lo tanto, también el conductor de salida del sistema fotovoltaico y salida del inversor. De esta manera se asegura que, en sistema o accesorios eléctricos, dispositivos de sobre intensidad y cuadros de carga trabajen al 80% de ampacidad.

Las tablas encontradas la NOM-001-SEDE2005, son muy claras para el calculo de los conductores a emplear, tal es la tabla 690-7 que permite obtener el factor de corrección de la tensión para módulos de silicio cristalino y multicristalino.

Fig. 5 Factores de corrección (México, I. d. (3 de febrero de 2012))

Tabla 690-7.- Factores de corrección de la tensión para módulos de silicio cristalino y multicristalino

Factores de corrección para temperaturas ambiente menores a 25 °C (Se multiplica el tensión nominal de circuito abierto por el factor de corrección aplicable que se muestra a continuación)	
Temperatura ambiente (°C)	Factor
24 a 20	1.02
19 a 15	1.04
14 a 10	1.06
9 a 5	1.08
4 a 0	1.10
-1 a -5	1.12
-6 a -10	1.14
-11 a -15	1.16
-16 a -20	1.18
-21 a -25	1.20
-26 a -30	1.21
-31 a -35	1.23

3.1.3 Tensión Máxima

Para el cálculo de la tensión máxima se hace uso de la tabla 690-7 conforme a la NOM -001-SEDE-2005 PARA TEMPERATURAS AMBIENTE MENORES A 25° donde se debe de multiplicar la tensión nominal del circuito abierto por el factor de corrección, esta tensión se debe de usar para determinar la tensión nominal de cables, desconectores, dispositivos de protección contra sobre corriente, entre otros.

$$V_{max} = \text{voltaje de circuito abierto} * \text{Factor de corrección}$$

3.1.4 Corriente Máxima de los circuitos

La corriente máxima debe ser la suma de la corriente de corto circuito de los módulos en paralelo, multiplicado por el 125%. Dispositivos de sobre corriente: Conducir no menos del 125% de la corriente máxima calculada en 690-8 (a) Nom.001SEDE-2005. El valor resultante de agregar el 25% adicional al 125% es 156%.

Para este cálculo utilizamos la siguiente ecuación.

$I_{max} = \text{corriente de corto circuito del módulo} * \text{Numero de módulos totales}$

$I_{max} = \text{Corriente total del sistema} * 1.25$

Obtenido el valor de la corriente que circula en el sistema de los paneles seleccionamos el conductor por medio de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 para esa sección.

Para calcular las protecciones del sistema debemos multiplicar el valor obtenido de la corriente máxima por 1.25.

$I_{INT.} = I_{max} * 1.25$

Fig. 6 Tabla 310-16 (México, l. d. (3 de febrero de 2012))

TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW*, CCE, TWD-UV	TIPOS RHW*, THW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO SOLAR

Memoria de cálculo

Dimensionamiento de bombeo solar

El objetivo de la presente memoria es dar a conocer las ecuaciones necesarias para realizar el cálculo del equipo requerido para bombeo de agua con alimentación de una fuente de energía solar fotovoltaica.

1.- Parámetros requeridos.

- Litros de agua por día a extraer para cubrir la demanda.
- Altura de descarga (Nivel superficie a salida Final en metros).
- Nivel dinámico del agua en metros.
- Nivel estático del agua en metros.
- Camisa del pozo en metros.
- Hora solar pico con menos producción (HSP).
- Diámetro de la tubería en metros.
- Material del tubo (se recomienda poliducto liso).
- Número de piezas clasificándolo según el tipo (Te, Codo, Válvula, etc.).

2.- Calcular la velocidad del fluido por medio de la ecuación de caudal, donde se deduce.

$Q = \text{Demanda de Agua (L)} / \text{HSP (hrs)}$

- Realizar la conversión de HSP a segundos.
- Realizar el cálculo para caudal después de la conversión.
- El resultado final dado en L/s Convertirlo a m^3/s

Realizar la sustitución de los valores en la ecuación siguiente.

$$V = \frac{4(Q)}{\pi D^2} \quad (16)$$

3.- Obtener las pérdidas primarias con la ecuación de Darcy partiendo de hallar el factor (f) faltante para sustituir en la ecuación.

- Por medio de Reynolds se puede definir el régimen del fluido para hallar a f en el diagrama de Moody, se hace uso de la ecuación 9.

$$Re = \frac{Vd\rho}{\nu}$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

V = Velocidad promedio del fluido en la tubería (m/s)

d = Diámetro interno de la tubería (m)

ρ = Densidad del fluido (kg/m³)

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m² /s)

Algunos de los valores de la ecuación De Reynolds como lo es la viscosidad y la densidad para el tipo de fluido que se estudia se obtienen de tablas, para el tipo de fluido que se estudia se utiliza agua a 20° C.

- Al Haber obtenido Reynolds se hace uso del diagrama de Moody para obtener el factor (f), para esta parte también se hará uso de la tabla para la rugosidad relativa correspondiente al material de la tubería.

4.- Cálculo de la pérdida primaria con ecuación de Darcy, sustituir en ecuación 10.

$$hf = f \frac{\text{Longitud de la tubería total (m)}}{\text{Diámetro interno de la tubería (m)}} * \frac{\text{Velocidad del fluido}}{2g}$$

En el punto 3 se obtuvo el valor del factor (f), sustituir y resolver.

5.- Cálculo de pérdidas secundarias en los accesorios.

Para calcular estas pérdidas se hace uso de la ecuación 14:

$$Le = \frac{KD}{F_T}$$

Donde:

K = coeficiente de resistencia del accesorio (adimensional) obtenido en tablas.

F_T = Factor de fricción en el conducto (m/s) obtenido de tablas.

El factor K se obtiene por medio de la ecuación 13:

$$K = (Le/D) * F_T$$

Donde:

Le es un valor obtenido en tablas para el tipo de accesorio que se calcula. Por medio de este cálculo se obtiene K para 1 accesorio en específico, es decir este procedimiento se realiza para cada accesorio que exista en el sistema.

- Al hallar el valor de K de cada tipo de accesorio se sustituye el valor en la ecuación 14:

$$Le = \frac{KD}{F_T}$$

Al obtener las pérdidas conforme a cada tipo de accesorio realizamos una suma total de todos los valores obtenidos de Le.

6.- Calcular altura hidráulica o carga dinámica total.

La carga dinámica total es la suma de las pérdidas calculadas en el sistema, demostradas de la siguiente forma por medio de la definición en la ecuación 3 de Bernoulli respecto al sistema que se está estudiando del equipo sumergible.

AHT = hf + he + Longitud de la tubería total

Por medio de la suma de las pérdidas en el sistema previamente calculadas se obtiene el valor para la AHT.

7.- Cálculo de potencia de la bomba requerida.

Por medio de la siguiente expresión hallamos el valor final de la bomba requerida, donde se tiene la ecuación 1.

$$P = \frac{\rho g Q h}{\eta}$$

Donde:

ρ = Densidad del agua (1,000 kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Q = Caudal (m³ /s)

h = Altura hidráulica (m)

η = Eficiencia

Para el tipo de fluido que se estudia los valores ya se definieron previamente, mismos obtenidos de tablas respecto al fluido, para esta parte es importante seleccionar una bomba a emplear pues de la ficha técnica del equipo obtenemos la eficiencia de la misma para poder sustituirla, se puede también tomar un valor de

eficiencia no menor a 55% ya que por lo regular los equipos se encuentran entre este valor y 77% en el caso de no contar con el dato.

Para el presente caso de estudio se realiza el diseño del conjunto motor bomba que se encontrará sumergido en pozos donde se extraerá el agua por medio de la recolección de datos teóricos para llevarlo a cabo, así mismo por medio de una hoja electrónica realizada en Excel se simplifica los cálculos a realizar.

Para poder llevar a cabo los cálculos necesarios debemos definir una serie de parámetros que se requieren respecto al lugar de extracción y las condiciones de radiación, el abasto promedio esperado del sistema más pequeño en su categoría será de 12000 litros por día de bombeo de agua para abastecer 100 usuarios de agua potable.

Datos de Diseño:

- Altura de descarga
- Nivel dinámico
- Nivel estático
- Camisa del pozo
- Hora solar pico más crítica del estado con menos radiación disponible en el año
- Diámetro de la tubería
- Material de la Tubería
- Cantidad de piezas o accesorios que conformaran el sistema
- Potencia de la Bomba

Para la realización de los cálculos de la bomba se elabora una hoja de cálculo en Excel que nos permita facilitar los cálculos.

Vista General de la hoja de cálculo.

Fig. 7 Vistas de Hoja de Cálculo Excel.

DIMENSIONAMIENTO DE BOMBEO SOLAR				
INGRESE LOS VALORES REQUERIDOS		PERDIDAS POR FRICCIÓN		
Consumo de agua (Litros necesarios)	12000	Perdida primaria (metros)	0.2510	
Hora solar pico crítico del lugar de aplicación	3.58	Perdida secundaria (metros)	22.4	
Nivel Estático (metros)	15	Perdida en el tramo de la tubería (metros)	0.011	
Nivel dinámico (metros)	10	INSERTAR EL VALOR OBTENIDO DEL DIAGRAMA DE HOODY PARA EL FACTOR (F)		
altura de descarga (metros)	32		0.024	
Diámetro de la tubería (metros)	0.05			
COMPONENTES O ACCESORIOS QUE CONFORMAN LA TUBERÍA				
TIPO	Cantidad por	Perdida Factor K	L _o	
Válvula de globo (completamente abierta)	240	1	6.46	17
Válvula de globo (completamente abierta)	150		0	0
Válvula de compuerta (completamente abierta)	0		0	0
Válvula de compuerta - 3/4 abierta	35		0	0
Válvula de compuerta - 1/2 abierta	160		0	0
Válvula de compuerta - 1/4 abierta	900		0	0
Válvula de Verificación (tipo giratoria)	100	0	0	0
Válvula de verificación (tipo ball)	150		0	0
Válvula de mariposa (completamente abierta)	45		0	0
Codo estándar de 90°	20	2	1.54	3
Codo de radio de largo de 90°	20		0	0
Codo de codo de 90°	50		0	0
Codo estándar de 45°	16	3	0.912	2.4
Codo de codo de 45°	25		0	0
Codo de derivación cerrado	50		0	0
Tee estándar (con flujo a través de un tramo)	20		0	0
Tee estándar (con flujo a través de un tramo)	60		0	0
<small>Resistencia en válvulas y juntas (L. Hunt, Mecánica de Fluidos aplicada, 1996)</small>				
CARGA	CAUDAL	Objetivo: seleccionar el valor para el diámetro de la tubería		
	1.00000 m ³ /30	0-90°	2.015	
VELOCIDAD	0.624 m/s	POTENCIA DE LOS MÓDULOS PV		
REYNOLDS	61.97	400		
LONGITUD DE TUBERÍA	47 m			
CARGA DINÁMICA TOTAL	64.6581			
POTENCIA DE LA BOMBA REQUERIDA WATTS	1247.43	Se recomienda redondear la cantidad de paneles al número próximo.		
HP DE LA BOMBA		POTENCIA FOTOVOLTAICA (No. Paneles)		
		3.1635412		
IMPORTANTE				
Criterios de dimensionamiento para que opere correctamente el sistema de generación solar.				
1.- Para un consumo diario de 1 a 2000 l/h se recomienda un voltaje de trabajo de 12v.				
2.- Para un consumo de 2001 l/h a 4000 de consumo diario se recomienda hacer el sistema a				
3.- Para un consumo diario de 4001 l/h se recomienda un voltaje de trabajo de 48				
Estas condiciones son aplicables para un bombeo de agua con respaldo de carga en acumuladores, el tipo de bomba según la aplicación define el consumo total de watts y el arreglo conforme a sus características ya que algunos equipos de bombeo requieren de mayor voltaje de trabajo, esto permite disminuir la cantidad también de componentes de un sistema solar Fotovoltaico. La condición esta sujeta a la ficha técnica del equipo que proporciona el fabricante.				

1.- Llenado de datos generales previamente obtenidos.

Todos los valores que se requieren ingresar la misma hoja de cálculo especifican las unidades.

Fig. 8 Valores Requeridos.

INGRESE LOS VALORES REQUERIDOS	
Consumo de agua (Litros necesarios)	12000
Hora solar pico crítico del lugar de aplicación	3.58
Nivel Estático (metros)	15
Nivel dinámico (metros)	10
altura de descarga (metros)	32
Diámetro de la tubería (metros)	0.05

2.- Se ingresan los valores respecto al diámetro de la tubería para la fricción en la tubería que se encuentran en la hoja tablas fr sin salir de la hoja de cálculo de trabajo.

Fig. 9 Valor diámetro de tubería.

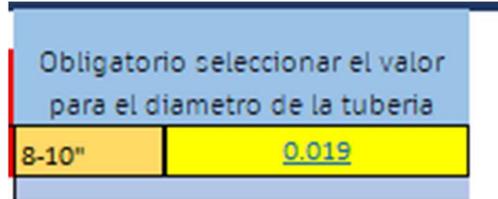
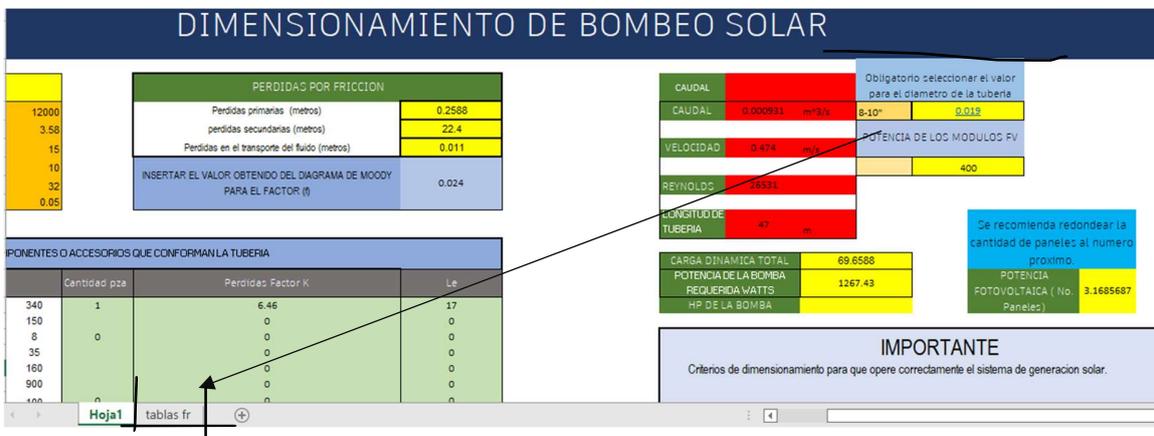


Fig. 10 Ubicación tablas fr.



3.- Al ingresar los datos solicitados en la pantalla empezara a aparecer valores que se calculan automáticamente tales como el caudal, la velocidad del fluido, No. De Reynolds y la longitud de la tubería inicialmente.

Fig. 11 Valores Resultantes.

CAUDAL	0.000931	m ³ /s
VELOCIDAD	0.474	m/s
REYNOLDS	26531	
LONGITUD DE TUBERIA	47	m

4.- Algunos parámetros al realizar la hoja de cálculo se rellenaron como valores fijados, como la densidad del agua, la viscosidad considerando temperaturas

promedio 20°C para el agua y operación de los equipos, es importante para poder llenar todos los valores de la hoja de cálculo conocer en uno de los casos la interpretación del diagrama de Moody para obtener el factor f y se pueda calcular las pérdidas por fricción, de tal modo que el valor se ingrese en el apartado correspondiente.

Fig. 12 Valor diagrama de Moody.

INSERTAR EL VALOR OBTENIDO DEL DIAGRAMA DE MOODY PARA EL FACTOR (f)	0.024
--	-------

5.- Para calcular las pérdidas secundarias es necesario que por medio de la clasificación de los componentes o accesorios del sistema previamente solicitados sea ingresado a su apartado respectivo en función de la cantidad de piezas únicamente y correspondiente al concepto que le compete.

Fig. 13 Valores para Accesorios.

COMPONENTES O ACCESORIOS QUE CONFORMAN LA TUBERIA				
TIPO	Cantidad pza		Perdidas Factor K	Le
Válvula de globo (completamente abierta)	340	1	6.46	17
Válvula de ángulo (completamente abierta)	150		0	0
Válvula de compuerta (completamente abierta)	8	0	0	0
Válvula de compuerta - 3/4 abierta	35		0	0
Válvula de compuerta - 1/2 abierta	160		0	0
Válvula de compuerta - 1/4 abierta	900		0	0
Válvula de Verificación (tipo giratorio)	100	0	0	0
Válvula de verificación (tipo bola)	150		0	0
Válvula de mariposa (completamente abierta)	45		0	0
Codo estándar de 90°	30	2	1.14	3
Codo de radio de largo de 90°	20		0	0
Codo de calle de 90°	50		0	0
Codo estándar de 45°	16	3	0.912	2.4
Codo de calle de 45°	26		0	0
Codo de devolución cerrada	50		0	0
Te estándar (con flujo a través de un tramo)	20		0	0
Te estándar (con flujo a través de una rama)	60		0	0

Resistencia en válvulas y juntas (L. Mott, Mecánica de fluidos aplicada, 1996)

6.- Al continuar con el llenado de los valores solicitados se obtienen resultados arrojados de las pérdidas por fricción que se encuentran en el sistema.

Fig. 14 Valores pérdidas por fricción.

PERDIDAS POR FRICCION	
Perdidas primarias (metros)	0.2588
perdidas secundarias (metros)	22.4
Perdidas en el transporte del fluido (metros)	0.011

7.- Por medio de todos estos valores obtenemos el resultado para la potencia de la bomba necesaria, generado automáticamente por la hoja.

Fig. 15 Valores AHT.

CARGA DINAMICA TOTAL	69.6588
POTENCIA DE LA BOMBA REQUERIDA WATTS	1267.43

8.- Al obtener la potencia necesaria se calcula automáticamente la potencia fotovoltaica para alimentar la bomba.

Fig. 16 Valor potencia FV.

Se recomienda redondear la cantidad de paneles al numero proximo.	
POTENCIA FOTOVOLTAICA (No. Paneles)	3.1685687

9.- Al tener los datos calculados por la hoja tales como, metros de tubería y los litros por minuto que se requieren, se asigna una ficha técnica del fabricante CONNERA

para hacer la selección del equipo con base en la curva de potencia que nos proporciona.

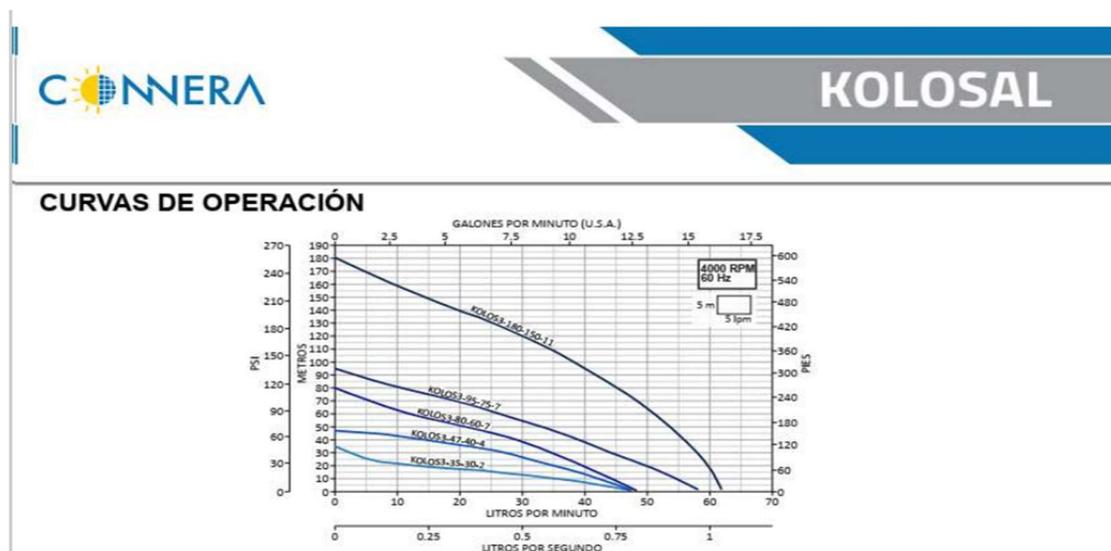
Datos:

Fig. 17 Valores de Datos.

CAUDAL	55.87 L/min	Obligatorio para el día
CAUDAL	0.000931 m ³ /s	8-10"
VELOCIDAD	0.474 m/s	
REYNOLDS	26531	
LONGITUD DE TUBERIA	47 m	
CARGA DINAMICA TOTAL	69.66	
POTENCIA DE LA BOMBA REQUERIDA WATTS	1267.43	
HP DE LA BOMBA	1.70	

Teniendo estos datos seleccionamos el equipo que corresponda a nuestra demanda requerida.

Fig. 18 Curva de Operación (CONNERA.2022).



Para el caso de la demanda a cubrir el modelo que se selecciona es la **KOLOS3-95-75-7**, que va a cubrir la demanda máxima sin problema alguno ya que esta dimensionada con un valor de protección del sistema mayor a la demanda.

Fig. 19 Tabla de Especificaciones (CONNERA.2022).

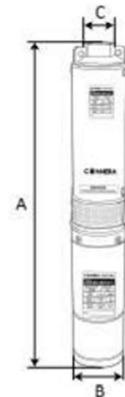
TABLA DE ESPECIFICACIONES

CÓDIGO	KOLOS3-35-30-2	KOLOS3-47-40-4	KOLOS3-80-60-7	KOLOS3-95-75-7	KOLOS3-180-150-11
POTENCIA MOTOBOMBA (W)	300	400	600	750	1500
RANGO DE VOLTAJE DE ENTRADA (Vcd)	18-36	24-72	50-112		60-135
VOLTAJE DE OPERACIÓN (Vcd)	24	48	72		110
MÁXIMO VOLTAJE DE ENTRADA CONTROLADOR (Vcd)	48	96	150	180	
MÁXIMA CORRIENTE DE OPERACIÓN MOTOR (A):	12.5	8.3		10.4	13.6
MÁXIMA VELOCIDAD DEL MOTOR (RPM)	4000				
CLASE AISLAMIENTO	F				
POTENCIA SOLAR (w)	≥500	≥600	≥750	≥1000	≥2000
CONEXIÓN ELÉCTRICA	Vcd				
*CALIBRE CABLE SOLAR	10 AWG (4mm ²)				

*Si la distancia entre el controlador y la bomba es menor de 30 m el calibre del cable solar debe ser de al menos 2mm² (14 AWG). Si la distancia entre el controlador y la bomba es mayor a 30 m el calibre del cable solar debe ser de al menos 4mm² (10 AWG).

DIMENSIONES Y PESOS MOTOBOMBA

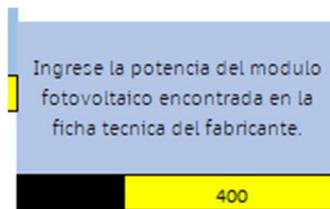
CÓDIGO		KOLOS3-35-30-2	KOLOS3-47-40-4	KOLOS3-80-60-7	KOLOS3-95-75-7	KOLOS3-180-150-11	
DIMENSIONES	mm	A	480	610	740	740	920
	mm (pulg)	B	76.2 (3)				
	pulg	C	1.25				
PESO NETO (kg)			2.8	3	3.55	4	



10.- Selección del Módulo Fotovoltaico.

a) Para seleccionar el módulo fotovoltaico se hará uso del catálogo de paneles FV Monocristalinos de la marca CONNERA, donde se proporciona la ficha técnica de cada panel conforme a su potencia, para suministrar la potencia del equipo de bombeo recurrimos a la hoja de cálculo ingresando el valor de la potencia en watts del panel.

Fig. 20 Valor potencia del Módulo.

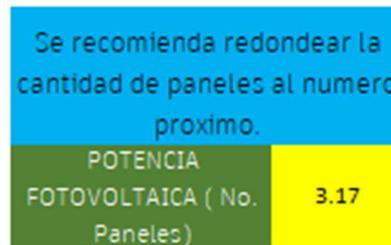


Ingrese la potencia del modulo fotovoltaico encontrada en la ficha tecnica del fabricante.

	400
--	-----

Al ingresar el valor en la celda, la celda correspondiente nos genera el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda del consumo.

Fig. 21 Valor potencia FV.



Se recomienda redondear la cantidad de paneles al numero proximo.

POTENCIA FOTOVOLTAICA (No. Paneles)	3.17
--------------------------------------	------

Tal como lo muestra el apartado de la celda, se recomienda redondear el valor al número inmediato, se debe tomar en cuenta el voltaje de trabajo del equipo seleccionado para realizar el arreglo necesario, en este caso la ficha de la bomba muestra que trabaja a un voltaje de 48v y con 4 paneles de 400 watts se puede cubrir el arreglo de la bomba.

- Selección del Módulo: El Código del módulo requerido es ASTRALDHC400-M144 MONOCRISTALINO, que cumple con las certificaciones y requerimientos de seguridad.

Fig. 22 Características Eléctricas. (CONNERRA)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS STC

(Standard test conditions)

CÓDIGO	ASTRALDHC385-M144	ASTRALDHC390-M144	ASTRALDHC395-M144	ASTRALDHC400-M144	ASTRALDHC405-M144	ASTRALDHC410-M144
Potencia nominal (Pm _{ax})	385 W	390 W	395 W	400 W	405 W	410 W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	48.5 V	48.7 V	48.9 V	49.1 V	49.3 V	49.5 V
Voltaje en Pm _{ax} (Vmp)	40.4 V	40.6 V	40.8 V	41.0 V	41.2 V	41.4 V
Corriente en cortocircuito (Isc)	10.08 A	10.14 A	10.21 A	10.27 A	10.33 A	10.39 A
Corriente en Pm _{ax} (Imp)	9.53 A	9.61 A	9.69 A	9.76 A	9.84 A	9.91 A
Eficiencia del módulo	18.98%	19.23%	19.48%	19.72%	19.97%	20.22%
Tolerancia de potencia	0~+3%					
Coefficiente de temperatura de Isc	0.05%/°C					
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.29%/°C					
Coefficiente de temperatura de Pm _{ax}	-0.37%/°C					
Especificaciones eléctricas STC	1000 W/m ² irradiancia, 25°C Tmódulo, AM 1.5, distribución espectral					

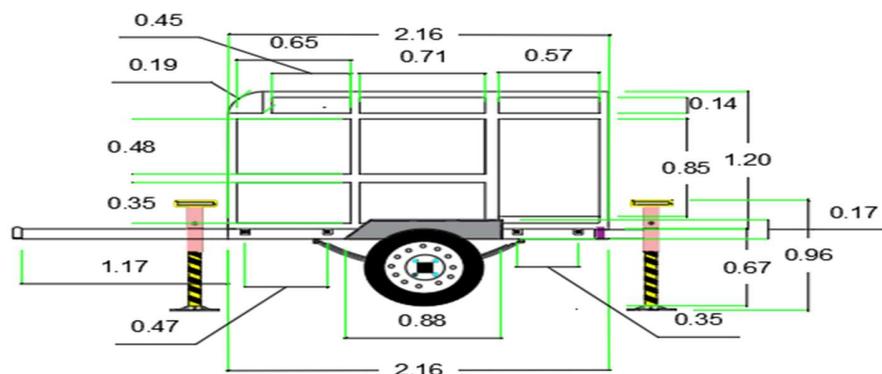
DISEÑO DE LA ESTACIÓN EN AUTOCAD

Datos Constructivos de la Estación

Las unidades de dimensionamiento en el diseño se encuentran acotadas en metros, en escala 1:1, los tamaños del sistema corresponden o se adecuan a las medidas de los equipos.

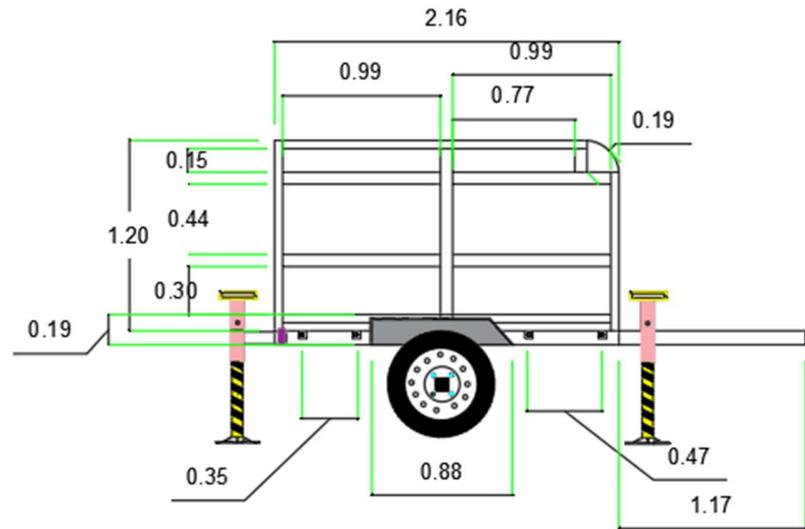
- Cara Frontal Izquierda.

Fig. 23 Plano A.



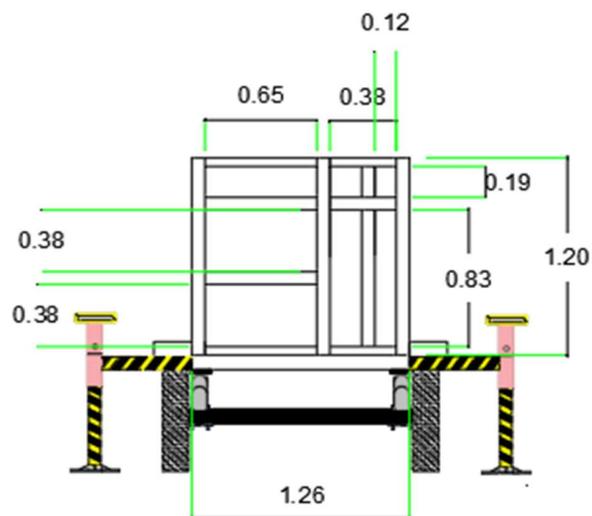
➤ Cara Frontal Derecha.

Fig. 24 Plano B.



➤ Cara trasera.

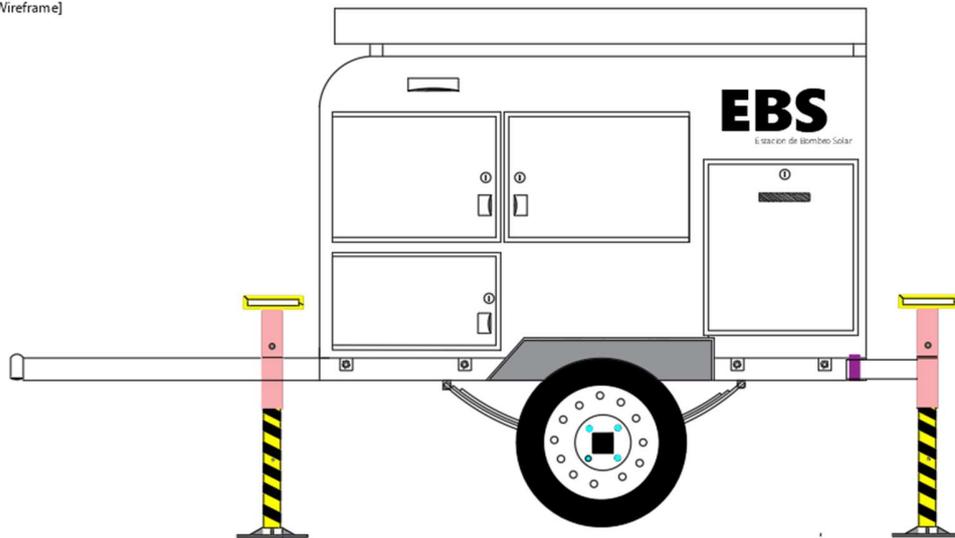
Fig. 25 Plano C.



➤ Vista Frontal Izquierda, Acabado Final.

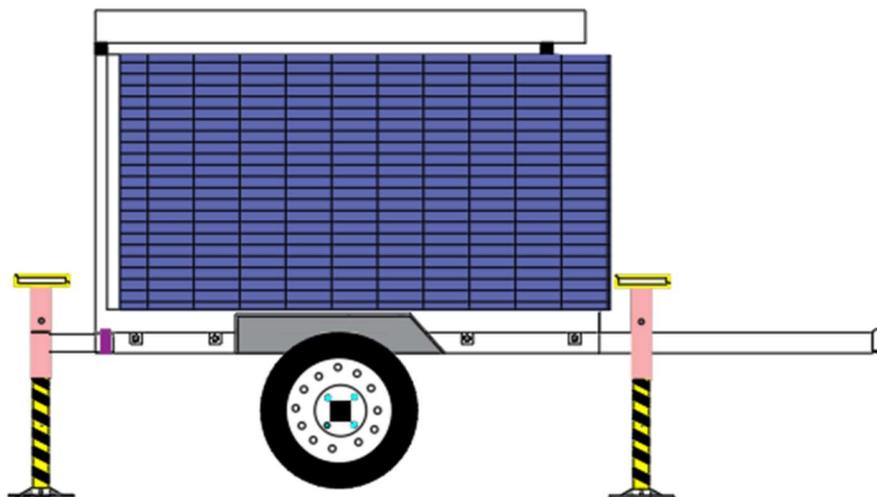
Fig. 26 Plano D.

2D Wireframe]



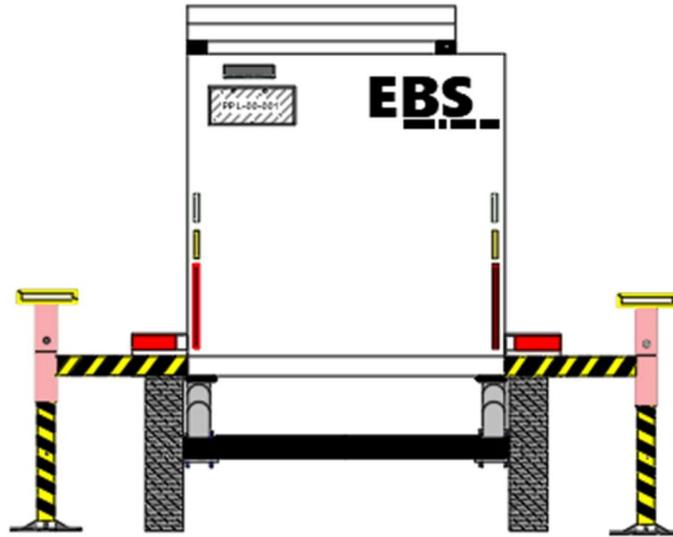
➤ Vista Frontal Derecha, Acabado Final.

Fig. 27 Plano E.



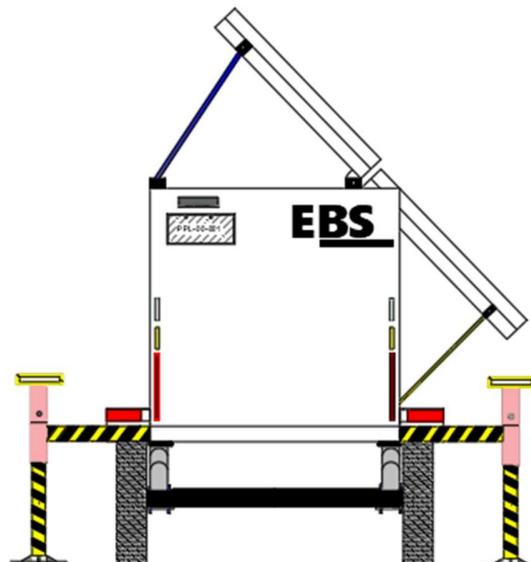
- Vista Trasera, Acabado Final.

Fig. 28 Plano F.



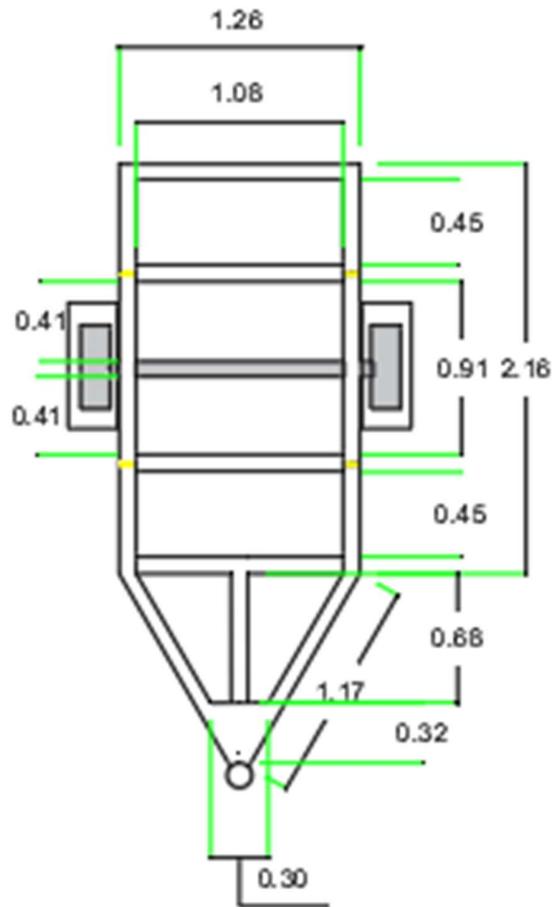
- Vista Trasera Panel Desplegado, Acabado Final.

Fig. 29 Plano G



- Diseño del tren de carga.

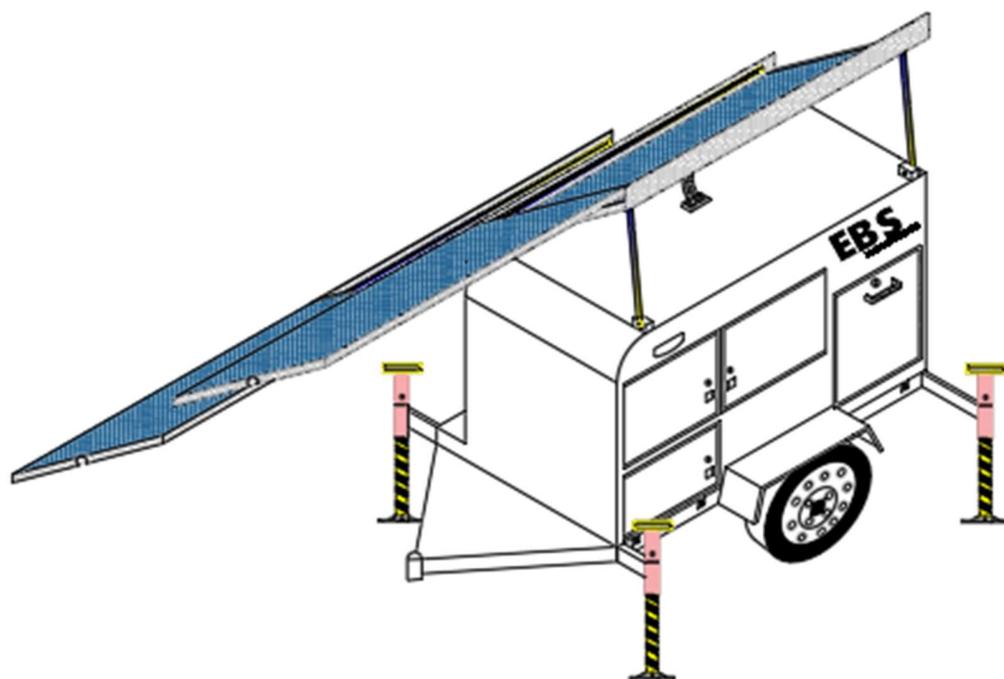
Fig. 30 Plano H.



ISOMÉTRICO DE LA ESTACIÓN

- Extracción máxima de agua 20,000 L al día.
- Orientación solar, en dirección al sur para México.
- Fijación de paneles inclinados con pernos y tornillería.
- Aseguramiento de Soporte de estación con pernos.
- Anivelar en cualquier terreno la estación.

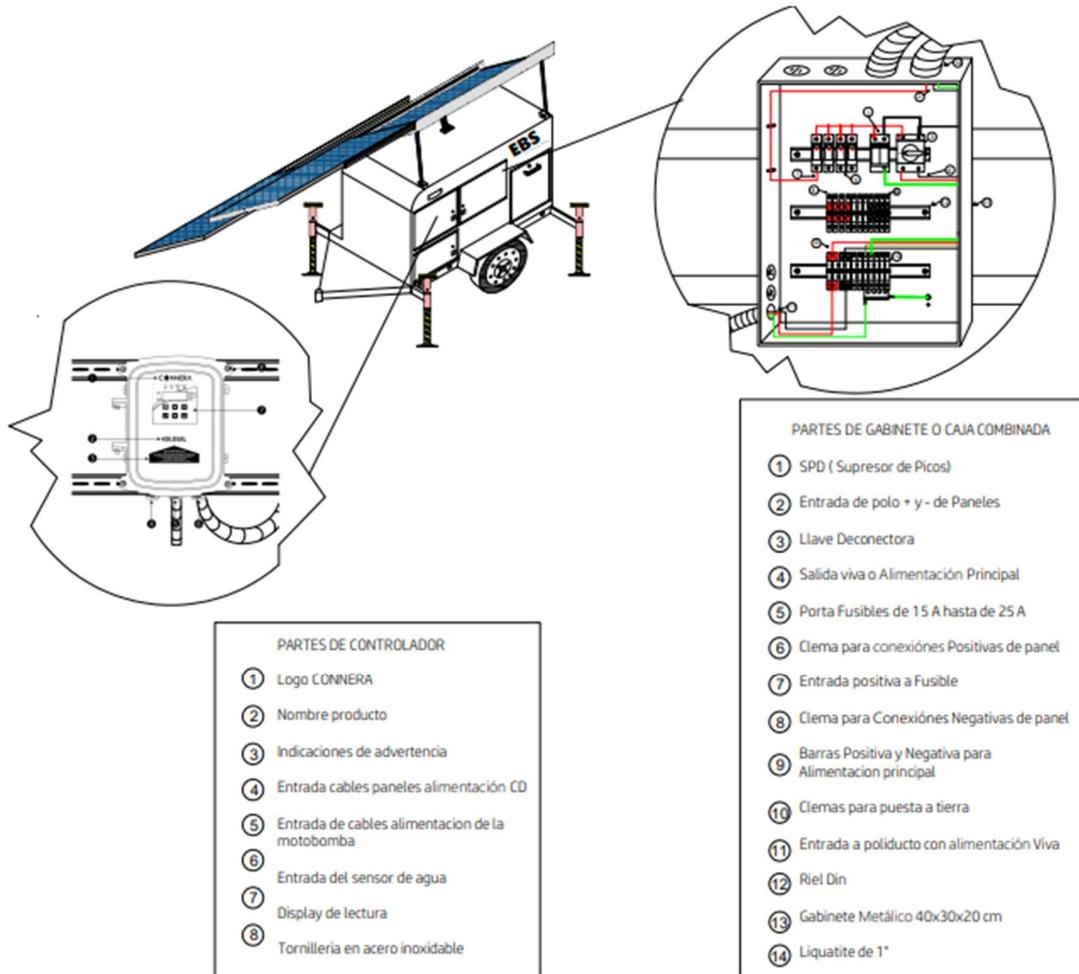
Fig. 31 Plano Isométrico.



DETALLES OPERACIONALES

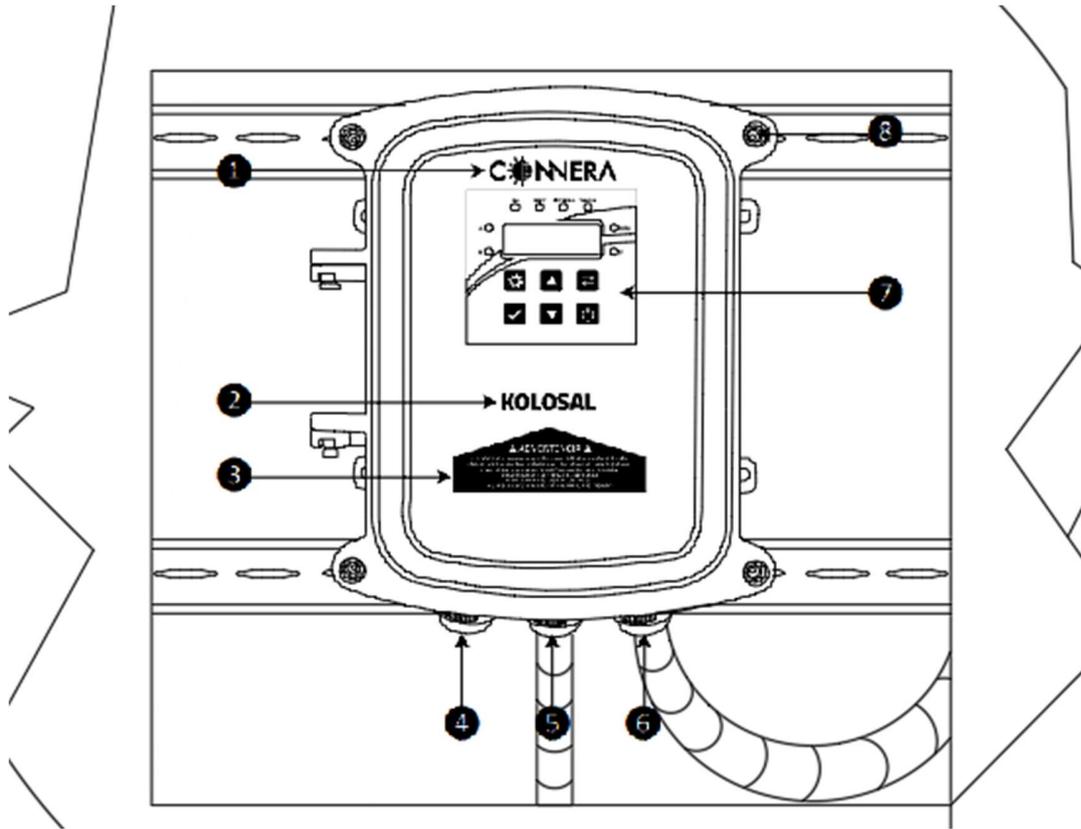
➤ GABINETE GENERAL.

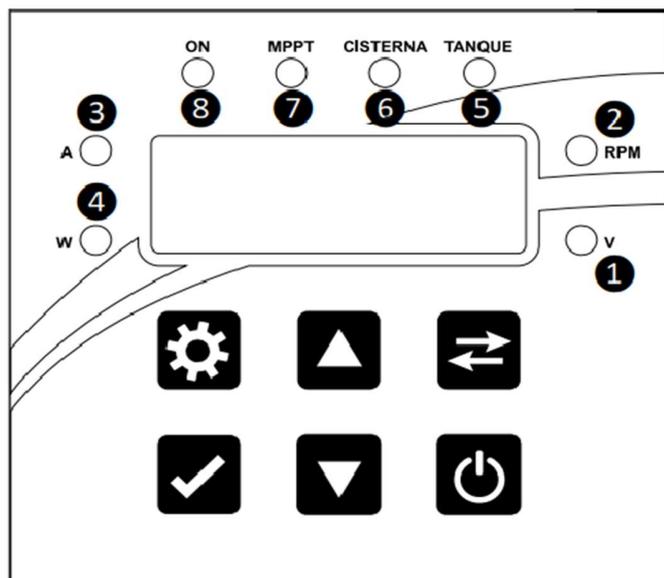
Fig. 32 Gabinete General.



CONTROLADOR

Fig. 33 Control.



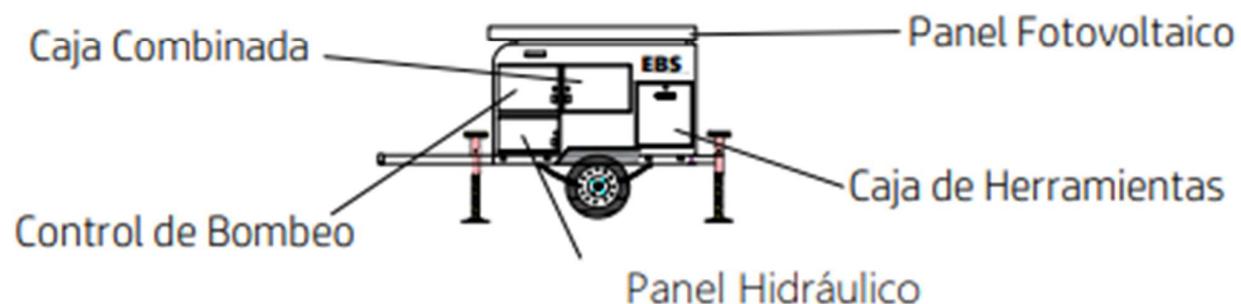


PARTES DE DISPLAY

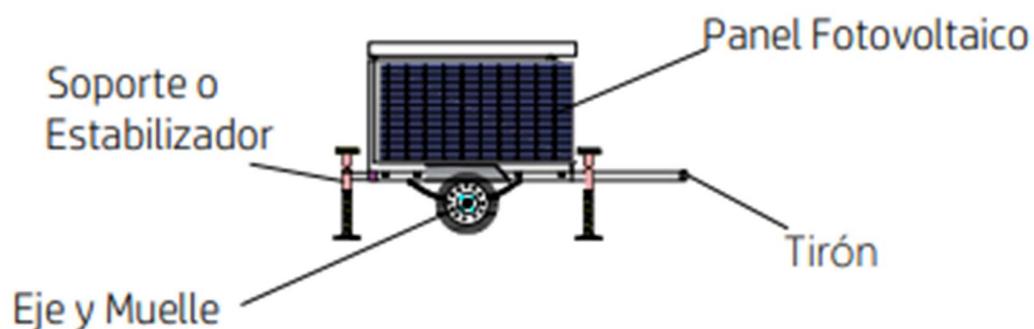
- ① Voltaje (V): Indica de voltaje suministrado por el arreglo solar
- ② Velocidad (RPM): Indica las revoluciones por minuto del motor
- ③ Corriente (A): Indica la corriente consumida por el motor
- ④ Potencia (W): Indica la potencia de salida
- ⑤ Tanque: Indica nivel de tanque lleno
- ⑥ Pozo o cisterna: indicadora de falta de agua
- ⑦ MPPT: Luz Indica que esta en funcionamiento con energia solar (Parpadeo)
- ⑧ On: El led parpadea en periodos de inactividad y es constante en periodos de funcionamiento.

PARTES DE ESTACIÓN

Vista Izquierda

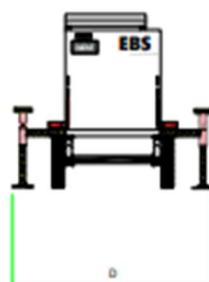
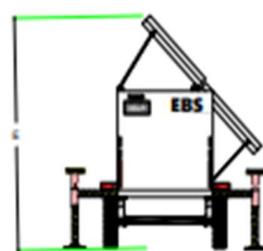
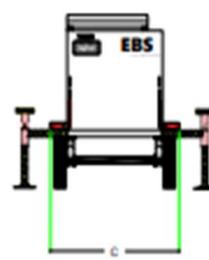
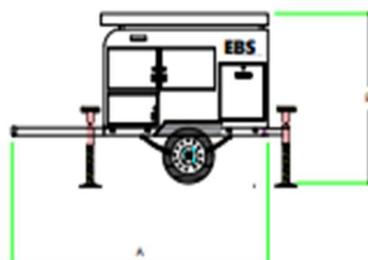


Vista Derecha



ELABORÓ: ABRAHAM MONROY ESTRELLA		FECHA: Noviembre 2022	REVISÓ: ING. JUAN MANUEL ACOSTA H. FIS. EDGARDO MARTÍNEZ ESCOBAR	PLANO: DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES
No. LÁMINA: 01/04	ESCALA: 1:1	LUGAR: CONTEPEC, MICHOACÁN	NOMBRE DE PROYECTO: ESTACIÓN DE BOMBEO SOLAR TRANSPORTABLE	

DETALLE DIMENSIONALES



	A	B	C	D	E
Metros	3.39 m	2.9 m	1.70 m	2.67 m	2.82 m

ELABORÓ:
ABRAHAM MONROY ESTRELLA

FECHA:
Noviembre 2022

REVISÓ:
ING. JUAN MANUEL ACOSTA H.
FIS. EDGARDO MARTÍNEZ ESCOBAR

PLANO:
DIMENSIONES DE ESTACIÓN

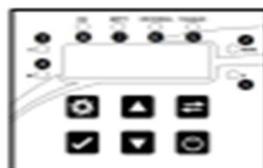
No. LÁMINA:
02/04

ESCALA:
1:1

LUGAR:
CONTEPEC, MICHOACÁN

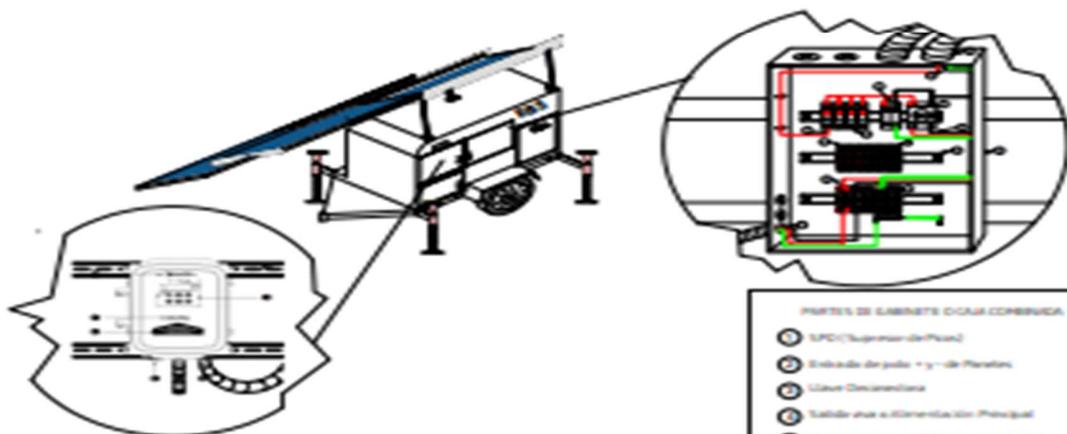
NOMBRE DE PROYECTO:
ESTACIÓN DE BOMBEO SOLAR TRANSPORTABLE

DETALLE DE OPERACIÓN



PARTE DE DISPLAY

- 1 Voltaje (V): Indica el voltaje suministrado por el arreglo solar.
- 2 Velocidad (RPM): Indica las revoluciones por minuto del motor.
- 3 Corriente (A): Indica la corriente consumida por el motor.
- 4 Potencia (W): Indica la potencia de salida.
- 5 Tiempo: Indica el nivel del tanque lleno.
- 6 Presión o cisterna: Indica la falta de agua.
- 7 RPM: Luz indica que anda en funcionamiento con energía solar (Parpadea).
- 8 On: El led parpadea en periodos de inactividad y en, cuando en periodos de funcionamiento.



PARTE DE CONTROLADOR

- 1 Logo-CONESA
- 2 Nombre producto
- 3 Indicaciones de advertencia
- 4 Entrada cables, panel, alimentación CC
- 5 Entrada de cables, alimentación de la motobomba
- 6 Entrada del sensor de agua
- 7 Display de lectura
- 8 Tarjeta en acero inoxidable

PARTE DE GABINETE O CABA COMBINA

- 1 SPD (Supresor de Pico)
- 2 Entrada de polo + y - de Panel.
- 3 Láser Decodificadora
- 4 Tablero de alimentación Principal
- 5 Puerto Fusibles de 15 A hasta de 25 A
- 6 Orificios para conexiones. Positivos de panel
- 7 Entrada positivos a Inversor
- 8 Orificios para Conexiones Negativas de panel
- 9 Bancos Positivos y Negativos para Alimentación principal
- 10 Demarcación para a tierra
- 11 Entrada a positivo con alimentación 12v
- 12 Neg. On
- 13 Gabinete Metálico 50x30x20 cm
- 14 Llave de 1"

ELABORÓ: ARIANAH MONROY ESTRELLA		FECHA: Noviembre 2020		REVISÓ: ING. JUAN MANUEL ACOSTA R. ING. EDUARDO MARTÍNEZ ESCOBAR		PLANO: FUNCIONES OPERACIONALES	
Nº LÁMINA: 03/04	ESCALA: 1:1	LUGAR: CONTEPEC, MICHOACÁN	NOMBRE DE PROYECTO: ESTACIÓN DE BOMBEO SOLAR TRANSPORTABLE				

DETALLE DE PERFIL PARA CONSTRUCCIÓN



Datos:

- B= 3 3/4"
- D= 3 3/4"
- Calibre = 6
- Espesor (mm)= 4.77
- Peso Kg por pza. 6m = 74.054
- Peso Kg por 1m = 12.14

Aplicación en base de carrocería de estación



Datos:

- B= 2"
- D= 3 1/2"
- Calibre = 11
- Espesor (mm)=
- Peso Kg por pza. 6m = 35.38
- Peso Kg por 1m = 5.8

Aplicación en armadura de cabina



ELABORÓ: ABRAHAM MONROY ESTRELLA		FECHA: Noviembre 2022	REVISÓ: ING. JUAN MANUEL ACOSTA H. FIS. EDGARDO MARTÍNEZ ESCOBAR	PLANO: DETALLE DE PERFILES
No. LÁMINA: 04/04	ESCALA: 1:1	LUGAR: CONTEPEC, MICHOACÁN	NOMBRE DE PROYECTO: ESTACIÓN DE BOMBEO SOLAR TRANSPORTABLE	

CAPÍTULO V
CONCLUSIÓN

5.1 Conclusiones de proyecto

Para finalizar se puede decir que el diseño de equipos y la distribución en programas o herramientas que ayudan a poder ver de manera esquemática los elementos que componen un conjunto de equipos es esencial para poder adelantarse a detalles futuros, ya que con ellos se puede planificar la construcción de los sistemas que se quieran, AutoCAD es una herramienta que se debe llevar en la práctica diaria por la serie de funciones que permite esquematizar dimensionamientos, fotovoltaicos y distribuir los elementos de manera precisa, en la búsqueda y el estudio teórico se encuentran grandes variedades en cuanto a dimensiones de los equipos siendo situaciones que dificultaron la selección de equipos necesarios ya que varían respecto a la marca y la potencia o condiciones de funcionamiento, en el diseño se encontró también más software que permiten simular proyectos de ingeniería tales como sketchUP, este programa es otra herramienta muy utilizada ya en el campo de diseño para poder en manera de render ver una foto de acabado real de lo que se quiera construir.

Por otra parte, en los cálculos del dimensionamiento solar para el bombeo de agua es muy extenso y es tardado, la hoja de cálculo realizada en Excel, herramienta, también necesaria en el campo, ayudó a realizar los cálculos más rápido y no solo eso, sino que sirve para poder probar con diferentes variables, posibles soluciones para el arreglo del sistema brindando una amplia vista de las probables soluciones. Es recomendable realizar antes de pasar a la hoja de cálculo, una memoria descriptiva del sistema de ecuaciones que se vaya a utilizar, futuramente esta herramienta ayudaría a aumentar la capacidad de extracción de agua según sea la aplicación o las necesidades requeridas.

Como resultado final del diseño, el plano es la muestra en dimensión de lo que conforma la estación, en la selección del eje hay gran variación entre marcas y tipos de eje, sin embargo cualquier selección funcionaría para su construcción, por la parte del dimensionamiento se puede decir que la extracción de agua calculada y

además de que el equipo de bombeo fue el más adecuado por el tamaño de la estación, si puede solventar una producción de agua que va desde los 12000 L hasta los 20,000 L, en condiciones favorables de radiación solar, esto quiere decir que 200 personas se abastecen por día.

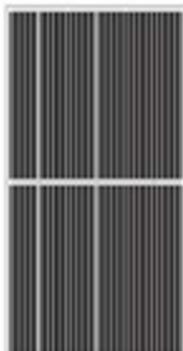
5.2 Experiencia Profesional Adquirida

En mi estancia durante la empresa ELECTROLEDS, pude desempeñar diversos tipos de actividades que me permitieron en materia práctica desarrollar más habilidades que optimizan la velocidad de trabajo, llevar lo teórico y complementarlo con la práctica es una experiencia que cada día llevo a querer aprender más. Personalmente se aprendió a no tener miedo a la hora de opinar cuando se tienen bases pues las opiniones pueden ser valiosas aportaciones que ayudan a resolver grandes problemas, el trabajo en equipo es el adecuado ya que siempre es multidisciplinario poder conocer cómo trabajan los diferentes oficios que hay en la empresa, la estancia ahí me otorgó gran experiencia laboral en materia administrativa hasta la prestación del servicio como técnico en instalación.

ANEXOS

PANEL SOLAR MONOCRISTALINO DOBLE VIDRIO HALF-CELL

ASTRALDHC385 ~ 410

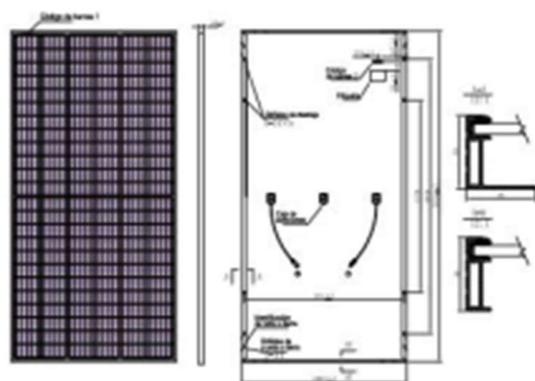

30
 AÑOS
 GARANTÍA

EN POTENCIA DE SALIDA LINEAL

12
 AÑOS
 GARANTÍA

CONTRA DEFECTOS DE FABRICACIÓN

CERTIFICACIONES

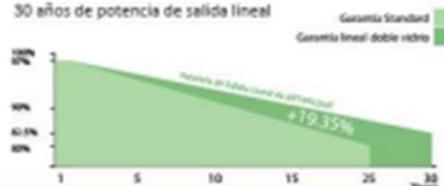
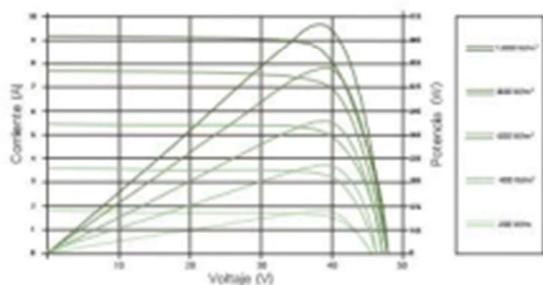
DIMENSIONES

VENTAJAS

- La tecnología Half-Cell incrementa la eficiencia del circuito eléctrico interno al reducir la corriente, la temperatura y las pérdidas por resistencia. Logrando así una mayor eficiencia y potencia de salida comparado a los paneles tradicionales.
- Mayor eficiencia ya que gracias al recubrimiento de grafeno se consigue incrementar un 0.5% la absorción de luz y hasta 2W la eficiencia del panel.
- El vidrio anti-reflejante con recubrimiento de grafeno puede incrementar la potencia de generación y la autolimpieza del panel, reduciendo así los costos de mantenimiento.
- Diseño de doble vidrio reforzado con calor.
- Panel solar más ligero que facilita la transportación, manejo e instalación.
- Excelente rendimiento de potencia incluso en condiciones de poca luz.
- Excelente resistencia contra PID (degradación por potencia inducida, por sus siglas en inglés).
- Libre de las alteraciones que provocan la aparición de los caminos de caracol (Snail trail free).

GARANTÍA

Más rendimiento debido a que su degradación anual es de sólo 0.5%

- 12 años contra defecto de fábrica
- 30 años de potencia de salida lineal


CURVAS DE OPERACIÓN


CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS STC

(Standard test conditions)

CÓDIGO	ASTRALDHC385-M144	ASTRALDHC390-M144	ASTRALDHC395-M144	ASTRALDHC400-M144	ASTRALDHC405-M144	ASTRALDHC410-M144
Potencia nominal (P _{máx})	385 W	390 W	395 W	400 W	405 W	410 W
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	48.5 V	48.7 V	48.9 V	49.1 V	49.3 V	49.5 V
Voltaje en P _{máx} (V _{máx})	40.4 V	40.6 V	40.8 V	41.0 V	41.2 V	41.4 V
Corriente en cortocircuito (I _{sc})	10.08 A	10.14 A	10.21 A	10.27 A	10.33 A	10.39 A
Corriente en P _{máx} (I _{máx})	9.53 A	9.61 A	9.69 A	9.76 A	9.84 A	9.91 A
Eficiencia del módulo	18.98%	19.23%	19.48%	19.72%	19.97%	20.22%
Tolerancia de potencia	0~+3%					
Coefficiente de temperatura de I _{sc}	0.05%/°C					
Coefficiente de temperatura de V _{oc}	-0.29%/°C					
Coefficiente de temperatura de P _{máx}	-0.37%/°C					
Especificaciones eléctricas STC	1000 W/m ² irradiancia, 25°C Tmódulo, AM 1.5, distribución espectral					

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOCT

(Nominal operating cell temperature)

CÓDIGO	ASTRALDHC385-M144	ASTRALDHC390-M144	ASTRALDHC395-M144	ASTRALDHC400-M144	ASTRALDHC405-M144	ASTRALDHC410-M144
Potencia nominal (P _{máx})	282.4 W	286.3 W	290.3 W	293.9 W	298.0 W	301.7 W
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	44.9 V	45.1 V	45.3 V	45.4 V	45.6 V	45.8 V
Voltaje en P _{máx} (V _{máx})	37.3 V	37.5 V	37.8 V	38.0 V	38.2 V	38.4 V
Corriente en cortocircuito (I _{sc})	8.14 A	8.19 A	8.25 A	8.30 A	8.34 A	8.39 A
Corriente en P _{máx} (I _{máx})	7.57 A	7.63 A	7.69 A	7.74 A	7.79 A	7.85 A
Especificaciones eléctricas NOCT	800 W/m ² irradiancia, 20°C Temperatura ambiente, velocidad del viento de 1 m/s					

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Tipo de célula	Monocristalina 158.75 x 79.375 mm
Peso	26.5 kg
Dimensiones	2024 x 1002 x 30 mm
Cables de salida	PV1-F, Longitud 350mm, 4.0 mm ²
Celdas en serie	144 (6 x 24)
Doble vidrio	Templado 2.0 mm + 2.0 mm
Marco	Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 68, 3 diodos
Conectores	MC4

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máximo voltaje del sistema	1500 Vcc
Rango de temperatura de operación	-40°C a 85°C
Valor máximo del fusible en serie	20 A
Máxima carga estática frontal (nieve)	5400 Pa (kg/m ²)
Máxima carga estática posterior (viento)	2400 Pa (130 km/h)
Temperatura de funcionamiento nominal (NOCT)	45°C ± 2°C
Nivel de aplicación	Clase A

EMPAQUE

Cantidad de paneles por tarima	36
Dimensiones de la tarima (Ancho x Largo x Alto)	1117 x 2050 x 1150 mm
Peso de la tarima	933 Kg

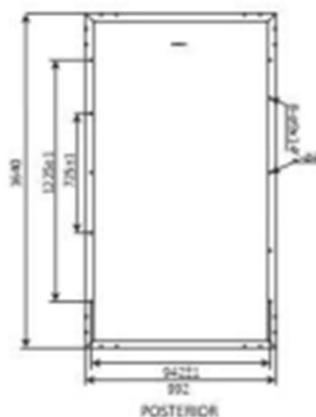
PANEL SOLAR POLICRISTALINO

ASTRALIII270~280

CALIDAD CONFIABLE

- Tolerancia positiva (0+5w)
- Ensamblado con los más estrictos controles de calidad

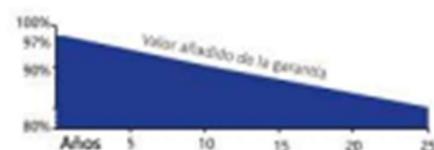
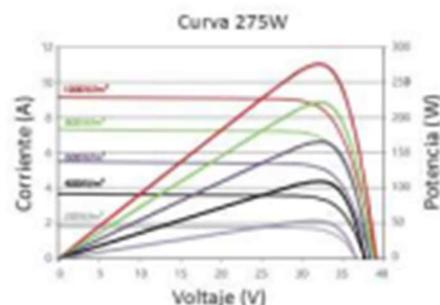
CERTIFICACIONES

DIMENSIONES

VENTAJAS:

- Alta fiabilidad.
- Vidrio anti-reflejante que mejora la absorción de la luz y hace más fácil que el panel se limpie con el agua de lluvia.
- Marco altamente resistente para resistir vientos de hasta 2,400Pa (130 km/h) y cargas de nieve de 5,400Pa (551 kg/m).
- Excelente rendimiento de potencia incluso en condiciones de poca luz.
- Excelente desempeño en las pruebas de corrosión de ambiente salino y amoníaco.
- Excelente resistencia contra PID (degradación por potencia inducida, por sus siglas en inglés).
- Clasificación de células por corriente, esto permite reducir las pérdidas hasta en un 2%.
- Célula con capacidad de recolección de corriente más uniforme, con esto se reduce la pérdida interna de corriente.
- Libre de las alteraciones que provocan la aparición de los caminos de caracol (Snail trail free).

GARANTÍA:

- 12 años contra defecto de fábrica
- 25 años de potencia de salida lineal


CURVAS DE OPERACIÓN


CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS STC

(Standard test conditions)

CÓDIGO	ASTRALIII270-P60	ASTRALIII275-P60	ASTRALIII280-P60
Potencia nominal (Pmáx)	270 W	275 W	280 W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	39.06 V	39.48 V	39.8 V
Voltaje en Pmáx (Vmp)	31.84 V	32.02 V	32.27 V
Corriente en cortocircuito (Isc)	9.04 A	9.06 A	9.13 A
Corriente en Pmáx (Imp)	8.49 A	8.6 A	8.69 A
Eficiencia del módulo	16.60%	16.90%	17.21%
Tolerancia de potencia		0 ⁺ ±5Wp	
Coefficiente de temperatura de Isc		0.05%/°C	
Coefficiente de temperatura de Voc		-0.32%/°C	
Coefficiente de temperatura de Pmáx		-0.40%/°C	
Especificaciones eléctricas STC	1000 W/m ² irradiancia, 25°C Tmódulo, AM 1.5, distribución espectral		

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOCT

(Nominal operating cell temperature)

CÓDIGO	ASTRALIII270-P60	ASTRALIII275-P60	ASTRALIII280-P60
Potencia nominal (Pmáx)	200 W	204 W	208 W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	35.86 V	36.24 V	36.54 V
Voltaje en Pmáx (Vmp)	29.61 V	29.78 V	30.01 V
Corriente en cortocircuito (Isc)	7.28 A	7.30 A	7.35 A
Corriente en Pmáx (Imp)	6.78 A	6.87 A	6.94 A
Especificaciones eléctricas NOCT	800 W/m ² irradiancia, 20°C Temperatura ambiente, velocidad del viento de 1 m/s		

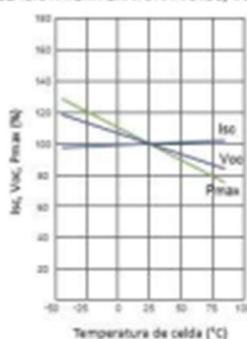
ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Tipo de célula	Policristalina 156.75 x 156.75 mm
Peso (kg)	18
Dimensiones	1640 x 992 x 35 mm
Cables de salida	PV1-F, Longitud 900 mm, 4.0 mm ²
Celdas en serie	60 (6 x 10)
Vidrio frontal	Templado 3.2 mm
Marco	Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 67
Conectores	MC4

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máximo voltaje del sistema	1500 Vcd
Rango de temperatura de operación	-40 a 85°C
Valor máximo del fusible en serie	15 A
Máxima carga estática frontal (nieve)	5400Pa (kg/m ²)
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa (130 km/h)
Temperatura de funcionamiento nominal (NOCT)	45°C ± 2°C
Nivel de aplicación	Clase A

RELACIÓN TEMPERATURA VS ISC, VOC, PMAx



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS STC

(Standard test conditions)

CÓDIGO	ASTRALIII270-P60	ASTRALIII275-P60	ASTRALIII280-P60
Potencia nominal (Pmáx)	270 W	275 W	280 W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	39.06 V	39.48 V	39.8 V
Voltaje en Pmáx (Vmp)	31.84 V	32.02 V	32.27 V
Corriente en cortocircuito (Isc)	9.04 A	9.06 A	9.13 A
Corriente en Pmáx (Imp)	8.49 A	8.6 A	8.69 A
Eficiencia del módulo	16.60%	16.90%	17.21%
Tolerancia de potencia		0/+5Wp	
Coefficiente de temperatura de Isc		0.05%/°C	
Coefficiente de temperatura de Voc		-0.32%/°C	
Coefficiente de temperatura de Pmáx		-0.40%/°C	
Especificaciones eléctricas STC	1000 W/m ² irradiancia, 25°C Tmódulo, AM 1.5, distribución espectral		

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOCT

(Nominal operating cell temperature)

CÓDIGO	ASTRALIII270-P60	ASTRALIII275-P60	ASTRALIII280-P60
Potencia nominal (Pmáx)	200 W	204 W	208 W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	35.86 V	36.24 V	36.54 V
Voltaje en Pmáx (Vmp)	29.61 V	29.78 V	30.01 V
Corriente en cortocircuito (Isc)	7.28 A	7.30 A	7.35 A
Corriente en Pmáx (Imp)	6.78 A	6.87 A	6.94 A
Especificaciones eléctricas NOCT	800 W/m ² irradiancia, 20°C Temperatura ambiente, velocidad del viento de 1 m/s		

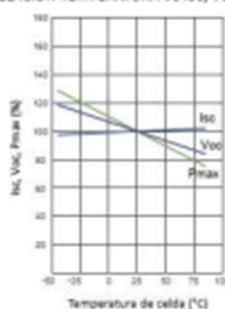
ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Tipo de célula	Policristalina 156.75 x 156.75 mm
Peso (kg)	18
Dimensiones	1640 x 992 x 35 mm
Cables de salida	PV1-F, Longitud 900 mm, 4.0 mm ²
Células en serie	60 (6 x 10)
Vidrio frontal	Templado 3.2 mm
Marco	Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 67
Conectores	MC4

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máximo voltaje del sistema	1500 Vcd
Rango de temperatura de operación	-40 a 85°C
Valor máximo del fusible en serie	15 A
Máxima carga estática frontal (nieve)	5400Pa (kg/m ²)
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa (130 km/h)
Temperatura de funcionamiento nominal (NOCT)	45°C ± 2°C
Nivel de aplicación	Clase A

RELACIÓN TEMPERATURA VS ISC, VOC, PMAX



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS STC

(Standard test conditions)

CÓDIGO	ASTRALIII270-P60	ASTRALIII275-P60	ASTRALIII280-P60
Potencia nominal (P _{máx})	270 W	275 W	280 W
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	39.06 V	39.48 V	39.8 V
Voltaje en P _{máx} (V _{mp})	31.84 V	32.02 V	32.27 V
Corriente en cortocircuito (I _{sc})	9.04 A	9.06 A	9.13 A
Corriente en P _{máx} (I _{mp})	8.49 A	8.6 A	8.69 A
Eficiencia del módulo	16.60%	16.90%	17.21%
Tolerancia de potencia		0 ⁺ +5Wp	
Coefficiente de temperatura de I _{sc}		0.05%/°C	
Coefficiente de temperatura de V _{oc}		-0.32%/°C	
Coefficiente de temperatura de P _{máx}		-0.40%/°C	
Especificaciones eléctricas STC	1000 W/m ² irradiancia, 25°C T _{módulo} , AM 1.5, distribución espectral		

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOCT

(Nominal operating cell temperature)

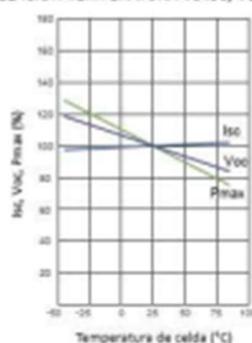
CÓDIGO	ASTRALIII270-P60	ASTRALIII275-P60	ASTRALIII280-P60
Potencia nominal (P _{máx})	200 W	204 W	208 W
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	35.86 V	36.24 V	36.54 V
Voltaje en P _{máx} (V _{mp})	29.61 V	29.78 V	30.01 V
Corriente en cortocircuito (I _{sc})	7.28 A	7.30 A	7.35 A
Corriente en P _{máx} (I _{mp})	6.78 A	6.87 A	6.94 A
Especificaciones eléctricas NOCT	800 W/m ² irradiancia, 20°C Temperatura ambiente, velocidad del viento de 1 m/s		

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

Tipo de célula	Policristalina 156.75 x 156.75 mm
Peso (kg)	18
Dimensiones	1640 x 992 x 35 mm
Cables de salida	PV1-F, Longitud 900 mm, 4.0 mm ²
Celdas en serie	60 (6 x 10)
Vidrio frontal	Templado 3.2 mm
Marco	Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 67
Conectores	MC4

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máximo voltaje del sistema	1500 Vcd
Rango de temperatura de operación	-40 a 85°C
Valor máximo del fusible en serie	15 A
Máxima carga estática frontal (nieve)	5400Pa (kg/m ²)
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa (130 km/h)
Temperatura de funcionamiento nominal (NOCT)	45°C ± 2°C
Nivel de aplicación	Clase A

 RELACIÓN TEMPERATURA VS ISC, VOC, P_{MAX}


Propiedades De Diseño Y Dimensiones

MEDIDA	ESPESOR		CALIBRE	PESO			ÁREA	MOMENTO DE INERCIA
	pulg.	mm		kg/m	kg/pza.	lb/pie		
D x B								
								cm ⁴
1"x1"	0.075	1.910	14	1.33	8.113	0.89	1.7	1.52
25x25	0.095	2.281	13	1.62	9.882	1.09	2.07	1.75
	0.133	3.378	10	2.10	12.81	1.41	2.68	2.04
	0.075	1.910	14	1.71	10.431	1.15	2.18	3.17
1 1/4" x 1 1/4"	0.090	2.281	13	2.20	13.42	1.48	2.62	3.62
1 1/2" x 1 1/2"	0.075	1.910	14	2.09	12.749	1.40	2.66	5.71
1 1/2" x 3/8 x 3/8	0.110	2.794	12	2.94	17.934	1.98	3.74	7.56
	0.125	3.175	11	3.27	19.941	2.20	4.18	8.21
	0.154	3.801	9	3.89	23.729	2.61	4.96	9.24
2" x 2"	0.075	1.910	14	2.85	17.385	1.92	3.63	14.28
51 x 51	0.110	2.794	12	4.05	24.705	2.72	5.16	19.43
	0.125	3.175	11	4.54	27.694	3.05	5.79	21.37
	0.156	3.801	9	5.50	33.550	3.70	7.02	24.88
	0.188	4.775	6	6.43	39.223	4.32	7.74	26.64
	0.250	6.350	2	8.05	49.105	5.51	9.68	30.80
2 1/2" x 2 1/2"	0.125	3.175	11	5.80	35.380	3.90	7.40	44.08
2 1/2" x 64 x 64	0.141	3.801	9	6.47	39.467	4.35	8.25	48.36
	0.188	4.775	6	8.34	50.874	5.60	10.63	59.32
	0.250	6.350	2	10.58	64.538	7.11	12.71	67.42
3" x 3"	0.125	3.175	11	7.07	43.127	4.75	9.01	78.93
76 x 76	0.156	3.801	9	8.66	52.826	5.82	11.05	84.24
	0.188	4.775	6	10.24	62.464	6.88	13.06	108.40
	0.250	6.350	2	13.11	79.971	8.81	15.68	125.29
	0.125	3.175	11	8.33	50.813	5.60	10.63	128.54
3 1/2" x 3 1/2"	0.156	3.801	9	10.24	62.464	6.88	13.06	154.51
89 x 89	0.188	4.775	6	12.14	74.054	8.81	15.48	179.01
	0.250	6.350	2	15.63	95.343	5.60	19.93	220.16
	0.125	3.175	11	9.60	58.560	6.45	12.24	195.49
4" x 4"	0.156	3.801	9	11.82	72.102	7.94	15.07	236.16
102 x 102	0.188	4.775	6	14.04	85.644	9.43	17.91	275.07
	0.250	6.350	2	18.16	110.776	12.2	23.16	341.94
	5/16"	7.950		22.07	134.627	14.83	28.13	398.8
	3/8"	9.530		25.7	156.770	17.27	32.77	445.4
	1/2"	12.710		32.19	196.359	21.63	41.03	512.00
4 1/2" x 4 1/2"	0.125	3.175	11	10.86	66.246	7.30	13.85	282.40
114 x 114	0.156	3.801	9	13.40	81.740	9.00	17.08	342.44
	0.188	4.775	6	15.94	97.234	10.71	20.33	400.48
	0.250	6.350	2	20.69	126.209	13.90	26.38	501.9

RADIO DE GIRO	COLOR
r	
cm	
0.95	AZUL
0.92	VERDE
0.87	ROJO
1.20	AZUL
1.18	VERDE
1.46	AZUL
1.42	BLANCO
1.40	VERDE
1.37	ROJO
1.98	
1.94	
1.92	BLANCO
1.88	VERDE
1.85	ROJO
1.78	AZUL
2.44	BLANCO
2.42	VERDE
2.36	ROJO
2.31	AZUL
2.96	BLANCO
2.92	VERDE
2.88	ROJO
2.82	AZUL
3.48	BLANCO
3.44	VERDE
3.40	ROJO
3.32	AZUL
4.00	BLANCO
3.96	VERDE
3.92	ROJO
3.84	AZUL
3.76	
3.68	
3.53	
4.51	BLANCO
4.48	VERDE
4.44	ROJO
4.36	AZUL

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Camille Evaln, J. L. (2020). *BOMBEO SOLAR*. Obtenido de pseau.org:
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/acf_bombeo_solar_pautas_para_el_diseio_del_sistema_electrico_en_la_instalacion_de_bombas_solares_guia_2020.pdf

CONAGUA. (22 de marzo de 2015). *Día mundial del agua*. Recuperado el 12 de septiembre de 2022, de conagua.gob.mx:
HTTPS://WWW.CONAGUA.GOB.MX/CONAGUA07/CONTENIDO/DOCUMENTOS/CARRERA_AGUA_2015.PDF

Cros, C. V. (2022). *Excel 2022 Manual*. (ES, Ed.) MÉXICO: ANAYA MULTIMEDIOS. Recuperado el noviembre de 2022

Cruz, F. M. (2022). *AutoCAD 2022* (ES ed.). MÉXICO: ANAYA MULTIMEDIA. Recuperado el septiembre de 2022

Davila, G. S. (27 de noviembre de 2022). *Tipos de Bombas*. Obtenido de SCRIB:
<HTTPS://ES.SCRIBD.COM/DOCUMENT/394040561/GILBERTO-SOTELO-DAVILA-HIDRAULICA-GENERAL-VOL-II>

Game, J. E. (4 de agosto de 2009). *Bombas y Motores*. Obtenido de espol:
<HTTP://WWW.DSPACE.ESPOL.EDU.EC/HANDLE/123456789/6349>

Jiménez, F. C. (5 de enero de 2017). *Regimen de los Fluidos*. Obtenido de RepositorioTEC, Tecnológico de Costa Rica:
<HTTPS://REPOSITORIOTEC.TEC.AC.CR/BITSTREAM/HANDLE/2238/10194/DIN%C3%A1MICA%20DE%20FLUIDOS%20VISCOSOS.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y#:~:TEXT=EL%20N%C3%BAMERO%20DE%20REYNOLDS%20NR,ES%20LA%20LAMINAR%20O%20TURBULENTO>

México, I. d. (3 de febrero de 2012). *NOM-001-SEDE-2005*. Recuperado el 25 de noviembre de 2022, de isademexico:

[HTTP://WWW.ISADEMEXICO.COM/FILESDOWNLOAD/SENER/NOMS/NOM-001-SEDE-2005/NOM-001-SEDE-2005.PDF](http://www.isademexico.com/filesdownload/sener/noms/nom-001-sede-2005/nom-001-sede-2005.pdf)

Mott, R. L. (2008). *Mecanica de Fluidos*. Recuperado el 10 de noviembre de 2022, de [wordpress: HTTPS://AVDIAZ.FILES.WORDPRESS.COM/2008/10/FLUIDOS-MOTT-6ED.PDF](https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf)

UNAM. (2023). *Celdas Fotovoltaicas*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería Eléctrica: [HTTP://WWW.PTOLOMEO.UNAM.MX:8080/JSPUI/BITSTREAM/132.248.52.100/624/4/A-4.PDF](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/624/4/A-4.pdf)

Robert L. Mott, J. A. (2015). *Mecanica de Fluidos* (Séptima edición ed.). (S. Fonseca, Ed., & j. E. Murrieta, Trad.) México: PEARSON.