

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERIA EN ENERGIA**



**“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
AUTÓNOMO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE  
EN LA PLATAFORMA DE DESCARGA DE LA PESQUERA  
EXALMAR -CHIMBOTE PERÚ”**

**INFORME PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**AUTORES :**

**Bachiller ABAD MARIÑOS, Paúl Simón**

**Bachiller FLORES MENDO, Edwinds Alex**

**ASESOR :**

**Mg. GUEVARA CHINCHAYÁN Robert Fabián**

**NUEVO CHIMBOTE – PERU, 2016**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA.**

## **CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

La presente tesis ha sido revisado y desarrollado en cumplimiento al objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el título profesional en la Universidad Nacional del Santa (R: D: N<sup>a</sup> 471-2002-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente:

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**Título: “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA PLATAFORMA DE DESCARGA DE LA PESQUERA EXALMAR -CHIMBOTE PERÚ”**

TESISTAS: Bach. ABAD MARIÑOS, Paul Simón

Bach. FLORES MENDO, Edwinds Alex

---

**Mg. GUEVARA CHINCHAYÁN Robert Fabián**

**ASESOR**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL EN ENERGIA**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR DE TESIS**

Damos la conformidad del presente Informe, desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.Nº 471-2002-CU-R-UNS); titulado:

**TESIS PARA OBTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGIA**

**Título: “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA PLATAFORMA DE DESCARGA DE LA PESQUERA EXALMAR -CHIMBOTE PERÚ”**

TESISTAS: Bach. ABAD MARIÑOS, Paul Simón

Bach. FLORES MENDO, Edwinds Alex

Revisado y Evaluado por el siguiente Jurado Evaluador:

---

Lic. Javier Francisco Risco Franco

Presidente

---

Mg. Pedro E. Paredes Gonzáles

Secretario

---

Mg. Robert F. Guevara Chinchayán

Integrante

## DEDICATORIA

*A Dios, por darnos fortaleza y sabiduría, cuando más lo necesitamos y por su palpable amor a través de cada uno de los que nos rodean. Gracias a Dios es posible realizar las metas por que ante cualquier dificultad siempre está allí con esa ayuda incondicional para superar cualquier adversidad.*

*A mis padres: Simón y Juana por el afecto que me brindan día a día, por su apoyo permanente e incondicional desde el día que nací., sin su ayuda no hubiera sido posible terminar mis estudios y poder realizar este trabajo.*

*A mi hermano Hans por ser un gran amigo y por su ayuda constante.*

**PAUL SIMON ABAD MARIÑOS**

## AGRADECIMIENTO

*Expresamos nuestro agradecimiento, a nuestra querida “Alma Mater”, Universidad Nacional del Santa, por habernos acogido durante los años de estudio y sobre todo habernos formado como profesionales, cuyas aulas quedan en memoria de sacrificio, esfuerzo y empeño; logrando nuestros objetivos trazados y por abrimos las puertas de un futuro mejor.*

*A nuestros padres, porque confiaron en nosotros y porque nos motivaron a salir adelante, brindándonos ejemplos dignos de superación y entrega, gracias a ellos, pudimos alcanzar la meta de ser unos profesionales.*

*A nuestros hermanos, gracias por habernos apoyado y ser nuestros grandes amigos para obtener el deseo de superación y anhelos de triunfar en la vida.*

*A los docentes, quienes nos orientaron durante nuestra formación académica y que nos brindaron sus acertados consejos y enseñanzas.*

*Un especial agradecimiento a nuestro asesor, Mg. Robert F. Guevara Chinchayán por sus aportes valiosos y su apoyo incondicional en todo momento, por ser un amigo dentro de nuestra etapa como estudiantes y por el apoyo para el inicio, desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.*

*A todas las personas que en forma directa o indirecta nos apoyaron en la elaboración del presente trabajo de investigación de manera desinteresada.*

PAUL & EDWINDS

## INDICE DE CONTENIDOS

INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

**Pág.**

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>CAPITULO I: DENOMINACIÓN DEL PROYECTO.</b>         | <b>1</b> |
| 1.1      | Denominación del proyecto                             | 2        |
| 1.2      | Enunciado del problema                                | 2        |
| 1.3      | Hipótesis   | 2        |
| 1.4      | Justificación   | 3        |
| 1.5      | Importancia   | 3        |
| 1.6      | Objetivos   | 3        |
| 1.7      | Antecedentes  | 4        |
| <br>     |   |          |
| <b>2</b> | <b>CAPITULO II: GENERALIDADES.</b>                    |          |
| 2.1      | Descarga de materia prima                             | 7        |
| 2.2      | Actividad en la plataforma de descarga                | 7        |
| 2.2.1    | Transporte de pescado                                 | 7        |
| 2.3      | Método de utilización del equipo                      | 7        |
| 2.4      | Plataforma de descarga                                | 9        |
| 2.5      | Principales equipos de la plataforma de descarga      | 10       |
| 2.5.1    | Compresor principal LEROI de tornillo                 | 10       |
| 2.5.2    | Tanque de transferencia                               | 12       |
| 2.5.3    | Bomba de vacío sistema Transvac.                      | 13       |
| 2.5.4    | Tanque separador de aceite                            | 14       |
| 2.5.5    | Intercambiador de calor de placas separador de aceite | 15       |
| 2.5.6    | Bomba enfriador de aceite                             | 16       |
| 2.5.7    | Motor CAT MARINE C-18                                 | 18       |
| 2.5.8    | Electrobomba de agua de limpieza                      | 19       |
| 2.5.9    | Grupo electrógeno FG-WILSON                           | 20       |

### **3 CAPITULO III. MARCO TEORICO.**

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3.1    | Energía solar  | 23 |
| 3.2    | El sol   | 23 |
| 3.3    | Radiación solar  | 23 |
| 3.4    | La constante solar   | 24 |
| 3.5    | Radiación solar extraterrestre                             | 24 |
| 3.6    | Radiación global   | 25 |
| 3.7    | Influencia de la atmosfera en la radiación solar           | 25 |
| 3.8    | Tipos de radiación   | 25 |
| 3.8.1  | Radiación directa  | 25 |
| 3.8.2  | Radiación difusa   | 25 |
| 3.8.3  | Radiación reflejada  | 26 |
| 3.9    | Energía Fotovoltaica                                       | 26 |
| 3.10   | Descripción de los sistemas fotovoltaicos                  | 26 |
| 3.11   | Componentes de los sistemas solares fotovoltaicos          | 27 |
| 3.11.1 | Panel solar  | 27 |
| A      | Características físicas                                    | 27 |
| B      | Características eléctricas                                 | 27 |
| C      | Tipos de paneles en función de los materiales              | 29 |
| 3.11.2 | Regulador de carga   | 31 |
| 3.11.3 | Batería  | 33 |
| A      | Tipos de baterías de plomo para aplicaciones solares       | 34 |
| A.1    | Baterías líquidas  | 34 |
| A.2    | Baterías VRLA  | 34 |
| 3.11.4 | Inversor   | 36 |
| 3.12   | Corrosión en estructuras                                   | 36 |
| 3.12.1 | Corrosión  | 36 |
| 3.12.2 | Estructura existentes para soportes de un panel solar      | 40 |
| A.     | Acero inoxidable   | 40 |
| B.     | Acero Galvanizado  | 42 |
| C.     | Acero Estructural ASTM A-36                                | 43 |
| 3.13   | Recubrimiento en ambiente marinos.                         | 46 |
| 3.14   | Método para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico | 49 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.14.1 | Estimación del consumo  | 49 |
| 3.14.2 | Calculo del ángulo óptimo   | 50 |
| 3.14.3 | Dimensionado del generador fotovoltaico                               | 52 |
| 3.14.4 | Dimensionado del sistema de acumulación                               | 53 |
| 3.14.5 | Dimensionado del regulador  | 54 |
| 3.14.6 | Dimensionado del inversor   | 55 |
| 3.14.7 | Dimensionado de la estructura   | 55 |
| 3.14.8 | Dimensionado de los cables  | 57 |
| 3.15   | Dimensionamiento de los conductores de línea de corriente continua    | 58 |
| 3.16   | Costo de un sistema renovable   | 58 |
| 3.16.1 | Inversor  | 59 |
| 3.16.2 | Estructura  | 59 |
| 3.16.3 | Cableado y otros dispositivos   | 59 |
| 3.16.4 | Construcción civil y otros trabajos de adecuación                     | 59 |
| 3.17   | Costo de instalación y mantenimiento                                  | 59 |
| 3.18   | VAN , TIR y PAY-BACK  | 60 |
| 3.19   | Gases de efecto invernadero causado por la combustión del DB5         | 61 |
| 3.20   | Gases de efecto invernadero en las industrias                         | 62 |
| 3.21   | Gases implicados en la producción del gas de efecto invernadero       | 63 |
| 3.22   | Efectos del clima en los paneles solares                              | 66 |
| 4      | <b>CAPITULOS IV. RESULTADOS</b>                                       |    |
| 4.1    | Dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo                    | 70 |
| 4.1.1  | Estimación del consumo  | 70 |
| 4.1.2  | Cálculo del ángulo optimo   | 72 |
| 4.1.3  | Selección de los módulos fotovoltaicos                                | 73 |
| 4.1.4  | Dimensión del sistema de acumulación                                  | 76 |
| 4.1.5  | Dimensionamiento del regulador  | 77 |
| 4.1.6  | Dimensionamiento del inversor   | 79 |
| 4.1.7  | Dimensionamiento de la estructura                                     | 79 |
| 4.1.8  | Dimensionado de los conductores                                       | 83 |
| 4.2    | Determinación del consumo de combustible en la plataforma de descarga | 84 |



|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 4.3 | Emisiones de gases de efecto invernadero en las industrias | 85  |
| 4.4 | Evaluación técnica –económica                              | 86  |
| 5   | <b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>          |     |
| 5.1 | Discusión de resultados                                    | 91  |
| 5.1 | Conclusiones   | 92  |
| 5.2 | Recomendaciones  | 94  |
| 6   | <b>BIBLIOGRAFIA</b>  | 96  |
|     | <b>ANEXOS</b>  | 100 |

| <b>INDICE DE FIGURAS</b> |  | <b>Pág.</b> |
|--------------------------|--|-------------|
| 2.1                      | Momento de descarga de embarcaciones pesqueras                       | 7           |
| 2.2                      | Bomba de succión   | 8           |
| 2.3                      | Bandeja de descarga  | 8           |
| 2.4                      | Inicio de descarga   | 9           |
| 2.5                      | Utilización de la bomba de succión en la extracción de materia prima | 9           |
| 2.6                      | Plataforma de descarga   | 10          |
| 2.7                      | Compresor principal  | 11          |
| 2.8                      | Tanque de transferencia  | 12          |
| 2.9                      | Bomba de vacío sistema Transvac                                      | 13          |
| 2.10                     | Tanque separador de aceite   | 15          |
| 2.11                     | Intercambiador de calor de placas de separador de aceite             | 16          |
| 2.12                     | Bomba enfriador de aceite  | 17          |
| 2.13                     | Motor CAT MARINE C-18  | 18          |
| 2.14                     | Electrobomba de agua de refrigeración                                | 19          |
| 2.15                     | Grupo electrógeno FG-WILSON  | 20          |
| 3.1                      | Valor de la constante solar  | 24          |
| 3.2                      | Curva característica de corriente y voltaje                          | 28          |
| 3.3                      | Representación de la corrosión por picadura                          | 37          |
| 3.4                      | Representación de la corrosión por cavidades                         | 38          |
| 3.5                      | Representación de la corrosión por fractura bajo tensión             | 39          |
| 3.6                      | Representación de la corrosión Galvánica                             | 40          |
| 3.7                      | Esquema de colocación del panel a su ángulo óptimo                   | 50          |
| 3.8                      | Distancia entre paneles y posibles obstáculos                        | 56          |
| 3.9                      | Separación entre paneles   | 56          |
| 4.1                      | Dimensiones de los módulos conectados en serie                       | 80          |
| 4.2                      | Diseño de estructura soporte en inventor                             | 81          |
| 4.3                      | Esquema representativo para el dimensionamiento del cableado.        | 83          |

## INDICE DE TABLAS

|      | Pag   |    |
|------|---|----|
| 2.1  | Datos y características del compresor del tornillo                              | 11 |
| 2.2  | Datos y características del tanque de transferencia                             | 13 |
| 2.3  | Datos y características de la bomba de vacío                                    | 14 |
| 2.4  | Datos y características del tanque de separador de aceite                       | 15 |
| 2.5  | Datos y características del intercambiador de calor                             | 16 |
| 2.6  | Datos y características de la bomba enfriador de aceite                         | 16 |
| 2.7  | Datos y características del motor CAT MARINE C-18                               | 18 |
| 2.8  | Datos y características de la electrobomba de agua de refrigeración             | 20 |
| 2.9  | Datos y características del grupo electrógeno FG-WILSON                         | 21 |
| 3.1  | Eficiencia y área de los materiales utilizados en las celdas solares            | 31 |
| 3.2  | Composición del Acero Estructural   | 44 |
| 3.3  | Propiedades del Acero Estructural ASTM A- 36                                    | 45 |
| 3.4  | Factores de emisión de GEI  | 63 |
| 3.5  | Valores de la radiación global media mensual                                    | 68 |
| 4.1  | Demanda de la potencia y de la energía necesaria para la plataforma de descarga | 70 |
| 4.2  | Demanda de la potencia y de la energía necesaria para la plataforma de descarga | 71 |
| 4.3  | Valores de la radiación Global media mensual                                    | 72 |
| 4.4  | Valores de la radiación Global media  | 73 |
| 4.5  | Modelos de módulos fotovoltaicos  | 74 |
| 4.6  | Características técnicas del módulo fotovoltaico                                | 75 |
| 4.7  | Características de la baterías disponibles                                      | 77 |
| 4.8  | Resultados de la batería optima   | 77 |
| 4.9  | Características físicas del módulo fotovoltaico SHINESOLAR SS100-36P            | 79 |
| 4.10 | Características Técnicas de la estructura Modular                               | 81 |
| 4.11 | Valores calculados de la cantidad de pintura para la estructura                 | 83 |
| 4.12 | Valores de sección máxima por tramo del SFV                                     | 84 |
| 4.13 | Presupuesto general del sistema fotovoltaico                                    | 85 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 4.14 | Análisis económico en la instalación de SFA | 88 |
| 4.15 | Índice de Rentabilidad                      | 89 |
| 4.16 | Resultados del análisis económico           | 89 |

## RESUMEN

El aprovechamiento del hombre de las fuentes de energía renovable, entre ellas las energías solares, eólica e hidráulica, es muy antiguo; desde muchos siglos antes de nuestra era ya se utilizaban y su empleo continuó durante toda la historia hasta la llegada de la "Revolución Industrial", en la que, debido al bajo precio del petróleo, fueron abandonadas.

Durante los últimos años, debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

Las energías renovables son inagotables y además tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Por ejemplo, la energía solar fotovoltaica suministra electricidad los días despejados (por lo general con poco viento, debido al dominio del anticiclón), mientras que en los días fríos y ventosos, frecuentemente nublados, son los aerogeneradores los que pueden producir mayor energía eléctrica.

En este informe se dimensiono un sistema fotovoltaico aislado para la plataforma de descarga de pesquera Exalmar S.A.A con la finalidad de sustituir el consumo del GG.EE. FG Wilson P40-3S, lo cual significa un costo de 14 608 U\$\$ anuales que se dejaran de gastar con la implementación de este proyecto.

También en este informe hablamos de la necesidad de usar materiales adecuados para una instalación en el mar con el fin de poder alargar la vida útil de dicha instalación.

## **Abstract**

The utilization for the renewable man of the sources of energy, between them the solar, wind powers and hydraulics, is very ancient; from many centuries before our age already they were in use and his employment continued during the whole history up to the arrival of the "Industrial Revolution ", in which, due to the low oil price, they were left.

During the last years, due to the increase of the cost of the fossil fuels and the environmental problems derived from his exploitation, we are present at a revival of the renewable energies.

The renewable energies are inexhaustible and in addition they have the additional advantage of complementing itself between yes, favoring the integration between them. For example, the photovoltaic solar power supplies electricity the clear days (in general with little wind, due to the domain of the anticyclone), whereas in the cold and windy, frequently cloudy days, they are the wind generators those that can produce major electric power.

In this report I measure a photovoltaic system isolated for the platform of unload of fishing Exalmar S.A.A with the purpose of replacing the consumption of the GG.EE. FG Wilson P40-3S, which means a cost of 14 608 U\$\$ annual that were stopping spending by the implementation of this Project.

Also in this thesis we speak about the need of using materials adapted for an installation in the sea in order to be able to lengthen the useful life of the above mentioned installation.

# **CAPITULO I**

## **DENOMINACION DEL PROYECTO**

## **1.1. DENOMINACION DEL PROYECTO**

“Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la empresa Pesquera Exalmar -Chimbote Perú”.

## **1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

¿En qué medida, utilizando energía solar se puede reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la Pesquera Exalmar Chimbote?

## **1.3. HIPOTESIS**

El dimensionar un sistema fotovoltaico autónomo es una alternativa de uso de energía renovable para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la Pesquera Exalmar Chimbote para lo cual se debe conocer que factores se requiere para dimensionar un sistema fotovoltaico.

Los factores que permiten dimensionar un sistema fotovoltaico son:

- Estimación del consumo o cálculo de la demanda requerida.
- Área disponible para el montaje de los paneles fotovoltaicos
- La condición climática del lugar donde se hará la instalación
- Calculo correcto del ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaico.
- El cálculo del dimensionamiento del sistema fotovoltaico
- La selección de los materiales adecuados para dimensionamiento
- Los tipos de placas solares que uno piensa usar como por ejemplo si son policristalinos, mono cristalino, el tipo de pintura que se va a emplear y que permita alargar la vida útil de la instalación ya que debido a que se encuentra cerca del mar hay problemas de oxidación y corrosión.



## **1.4.JUSTIFICACION**

El presente trabajo se justifica porque es una alternativa para reducir el consumo de combustible e impulsa el uso de energía renovable, generando un ahorro de energía convencional.

También se justifica bajo un marco legal:

- Ley de la promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables, Decreto Supremo 050-2008 –EM.

## **1.5.IMPORTANCIA**

- El estudio para el dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos es importante porque brinda una alternativa de uso de energía renovable como fuente energética para la descarga de materia prima en la industria pesquera para minimizar el uso de combustibles fósiles y emisiones de dióxido de carbono y otros contaminantes al medio ambiente.
- Impulsa el uso productivo de energía renovable y diversifica la matriz energética.
- También es importante porque sirve de guía para aplicar en otras plataformas de descarga de empresas pesqueras a nivel mundial.

## **1.6.OBJETIVOS**

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar un estudio para dimensionar un sistema fotovoltaico autónomo en la plataforma de descarga de la pesquera Exalmar Chimbote para reducir el consumo de combustible.

### **1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar y evaluar los equipos eléctricos y consumo de energía eléctrica en la plataforma de descarga.
- Obtener los parámetros para dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo.
- Seleccionar los equipos óptimos para el sistema fotovoltaico autónomo.
- Determinar la disminución del consumo de combustible en plataforma de descarga.
- Determinar la disminución de emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero al medio ambiente.
- Realizar una evaluación técnico-económica del sistema fotovoltaico autónomo.

### **1.7. ANTECEDENTES**

El trabajo de Guerra (2014) sobre el estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el noroeste del Perú, su objetivo consistió en determinar la velocidad de corrosión atmosférica sobre dos aceros de bajo carbono, en diferentes ubicaciones del Lote X para luego categorizarla de acuerdo a la norma ISO 9223 y mapearla. Por lo cual el utilizo probetas de acero, AISI/SAE 1020 y ASTM A 36 ya que estos materiales son usados en la construcción de facilidades de producción, transporte y recolección de petróleo, siendo de mayor uso el acero ASTM A36.

Estas probetas fueron instaladas en 10 estaciones y expuestas al ambiente atmosférico en el periodo de septiembre del 2010 a noviembre del 2012. La ubicación de las estaciones fue seleccionada en función de la distancia al mar, altitud, topografía del terreno e impactos industriales, entre otros aspectos.

En este trabajo Guerra concluyo que en ambiente marino, el acero ASTM A36 es de mayor resistencia a la corrosión atmosférica que el acero especificado bajo norma AISI/SAE 1020. Gracias a la información obtenida de velocidad de corrosión de este estudio, el autor también sugiere estudiar el desempeño de recubrimientos orgánicos como alternativas de mitigación de la corrosión atmosférica en instalaciones ubicadas en ambientes cercanos al mar.

El trabajo del Ing. Chomba Astuquipan Carlos e Ing. Loyola Ekonon Miguel (2012) sobre el Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico con conexión a red del edificio de la escuela de Ingeniería en Energía , cuyo objetivo fue reducir el consumo de energía eléctrica de la red pública , indican que realizaron un dimensionado de un sistema Fotovoltaico con conexión a red en el edificio de la escuela de Ingeniería en Energía, con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica que abastece la empresa Hidrandina SAC .

Así mismo ellos determinaron una demanda de consumo de energía eléctrica del edificio de 131 121.6 Wh/día con una potencia de equipos instalada de 26.7 kW, con lo cual se utilizó 138 módulos solares, constituidos en 6 ramales en paralelo y cada ramal conformado por 23 módulos en serie.

Nuevo Chimbote, 2008. Ing. Roque Núñez Hans e Ing. Ortega Domínguez Abel. “Selección e instalación de paneles Fotovoltaicos en el campamento base de Iscozacín”; determinaron que la demanda máxima del consumo de energía eléctrica por vivienda es de 212 W siendo las cargas 3 focos ahorradores de 11 W y radio de 20 W utilizando un panel de 100 Wp con una autonomía de 7 días sin sol. Determinaron en el análisis económico un VAN= S/. 6,402.82 > 0 indicando que el proyecto es rentable

Avalo (2014) en su informe de tesis cuyo título es: efectos de la implementación de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a equipos de baja potencia a una embarcación pesquera de la empresa HAYDUK, cuyo objetivo fue implementar un sistema fotovoltaico en una embarcación pesquera para suplir la demanda de los equipos electrónicos de baja potencia dando como resultado una potencia nominal de 1.9 kW y espacio disponible para 6 Kw sobre el techo del puente de mando , concluyendo que se puede suministrar más energía para suplir demandas mayores.

# **CAPÍTULO II**

## **GENERALIDADES**

## **2.1.DESCARGA DE MATERIA PRIMA**

Tiene como finalidad drenar toda el agua que viene con el pescado cuando éste es transportado desde las embarcaciones pesqueras y de conducirlo hasta la tolva de pesaje, a través de un muelle flotante denominado “plataforma de descarga”, que succiona y descarga el pescado hacia el segundo sistema de recepción.



*Figura 2.1:* Momento de descarga de embarcaciones pesqueras.

## **2.2.ACTIVIDAD EN LA PLATAFORMA DE DESCARGA**

### **2.2.1. Transporte de pescado:**

Cuando las embarcaciones hacen su entrada en puerto, con las cajas de pescado preparadas y organizadas para que la descarga pueda ser realizada más fácilmente, evidentemente, ha habido un trabajo previo importante, realizado por los mismos tripulantes, en la mar. Para lo cual utilizan el método de descarga llamado “bomba de succión o chupona “.

### **2.3.METODO DE UTILIZACION DEL EQUIPO:**

Hoy en día, prácticamente todos los puertos importantes disponen de alguna unidad de este tipo y son cada vez más las embarcaciones que lo poseen ya que facilita enormemente la descarga y el tiempo necesario para completarlo se reduce considerablemente.

El sistema en sí consta de dos unidades independientes:

- La bomba de succión.
- La bandeja de descarga.



*Figura 2.2:* Bomba de succión



*Figura 2.3:* Bandeja de descarga

Así mismo como una serie de tuberías para poder interconectarse entre ellas y con la bodega de la embarcación.

Mediante un succionador al vacío se lleva el pescado de la bolsa hacia la bodega de la embarcación. Aproximadamente a unos 500 metros de la planta está la plataforma de descarga (estación flotante) donde mediante bombas se absorbe el pescado de la bodega hacia la embarcación.

De la plataforma de descarga hacia la planta se transporta mediante bombas centrifugas y bombas al vacío, estas últimas utilizan menor cantidad de agua en relación con pescado en la proporción de 7 a 1 (siete de pescado uno de agua), mientras que las centrifugas en la proporción de 2 a 1. El transporte de las plataformas de descarga a la planta se realiza mediante dos tuberías submarinas utilizando como medio de transporte al agua.

Al momento del transporte, el pescado va perdiendo sólidos y sangre que son transportados junto con el agua, siendo esta tratada posteriormente para su limpieza.



*Figura 2.4:* Inicio de la descarga.



*Figura 2.5:* Utilización de la bomba de succión para la extracción de la materia prima.

El montaje del sistema requiere de la participación de varias personas así como la utilización de equipos mecánicos de la embarcación.

#### **2.4. PLATAFORMA DE DESCARGA**

Es una instalación que se encuentra en el mar, su superficie está a 400 metros aproximadamente de distancia de la costa. Es una estructura metálica de 33 metros de longitud por 10 metros de ancho, que cuenta con diversos equipos para el proceso de descarga de materia prima (pescado).

Tiene una capacidad nominal de descarga de 200 Ton/h la cual es abastecida a planta para su posterior proceso.



*Figura 2.6:* Plataforma de descarga - Capacidad de 200Ton/h

## **2.5. PRINCIPALES EQUIPOS DE LA PLATAFORMA DE DESCARGA**

### **2.5.1. Compresor Principal Leroi de Tornillo**

Compresor de tornillo LEROI de baja presión y alto caudal, es refrigerado por aceite. Este compresor se encarga de inyectar aire a los tanques de transferencia para descargar la mezcla agua pescado contenido en su interior. Debe operar a una presión mínima de 25 PSI y máxima de 65 PSI.

#### **Accesorios del equipo:**

Sensor de Temperatura, tiene la finalidad de enviar una señal de alerta al tablero de control cuando la temperatura de la mezcla aire/aceite llega a cierto valor normalmente a 90 °C.

La bomba de aceite, se encarga de recircular el aceite de lubricación del tanque separador de aceite hacia el compresor.

Los filtros de aire, son 02 filtros encargados de filtrar el aire que entra al compresor.





Figura 2.7: Compresor principal (tornillo)

### Descripción del Proceso:

Este equipo se encarga de inyectar aire a los tanques de transferencia para descargar la mezcla agua- pescado contenido en su interior.

Tabla 2.1. Datos y características del compresor de tornillo

| <b>Datos del Equipo</b>    |                 |
|----------------------------|-----------------|
| <b>Año de Fabricación:</b> | 2012            |
| <b>Modelo:</b>             | HG24215VIP G-16 |
| <b>Serie:</b>              | 5257 x 919      |
| <b>Marca:</b>              | LEROI BY RCT    |
| <b>Fabricante:</b>         | LEROI BY RCT    |
| <b>Procedencia:</b>        | USA             |
| <b>Longitud:</b>           | 0.86 m          |
| <b>Ancho:</b>              | 0.72 m          |
| <b>Altura:</b>             | 1.50 m          |
| <b>Lubricación :</b>       | Aceite ISO 46   |
| <b>Material:</b>           | FIERRO FUNDIDO  |

### 2.5.2. Tanque de transferencia

Es un tanque de acero inoxidable de 4 m<sup>3</sup> dependiendo de la configuración del equipo, aquí se almacena temporalmente 1,5 TM de mezcla agua - pescado, trabaja con presiones positivas y negativos (succión y descarga).

#### Accesorios:

Chapaletas de succión y descarga: Sellan automáticamente los tanques (vacío o presión) y se encuentran instaladas en el ingreso de la tubería de 14 " y chute de descarga de 18" respectivamente.

**Sensores de nivel:** Son del tipo vibratorio y se instalan dentro del tanque de transferencia para determinar el nivel alto y bajo del fluido en su interior.

Boya anti-inundación: Se monta Interiormente en la parte superior del tanque en la misma conexión destinado al ingreso de vacío y/o presión y evita que el agua y/o pescado escapen del tanque a través de estas conexiones hacia el Rack de válvulas mariposas.



*Figura 2.8:* Tanque de transferencia

#### Descripción del Proceso:

Equipo que se encarga de almacenar temporalmente el pescado entre el proceso de succión(a través de la bomba de vacío) y la descarga (a través del compresor). Un vez que el nivel de la mezcla agua/pescado llega a un nivel determinado (controlado por un control de nivel y/o un temporizador) el vacío del tanque es liberado al medio ambiente a través de

una válvulas mariposa accionada neumáticamente (válvula de venteó de tanques). A continuación el compresor inyecta aire a presión para evacuar la mezcla agua/pescado de los tanques de transferencia hasta el punto de llegada, normalmente un desagüador.

Tabla 2.2. Datos y características del tanque de transferencia

| <b>Datos del Equipo</b>       |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| <b>Año de Fabricación:</b>    | 2012                |
| <b>Marca:</b>                 | FISHMAN             |
| <b>Procedencia:</b>           | PERU                |
| <b>Diám. Descarga/Succión</b> | 14 "/16 "           |
| <b>Altura:</b>                | 2.75 m              |
| <b>Diámetro:</b>              | 1.20 m              |
| <b>Material:</b>              | ACERO INOXIDABLE    |
| <b>Capacidad:</b>             | 3.11 m <sup>3</sup> |
| <b>Peso:</b>                  | 400                 |

### 2.5.3. Bomba de vacío sistema transvac.

Es una bomba de anillo líquido especialmente diseñado para desplazar elevados volúmenes de aire con altos niveles de vacío (24 Pulg de Hg). La bomba de vacío requiere para su operación del suministro permanente de un flujo de agua de alrededor de 2.5 l/s y sirve adicionalmente para refrigerar la prensa- estopas encargadas de hacer el sello de la bomba.



Figura 2.9: Bomba de Vacío Sistema Transvac

#### Descripción del Proceso:

Esta bomba se encarga de aspirar la mezcla agua - pescado de la bodega de las embarcaciones pesqueras hasta los tanques de transferencia.

Tabla 2.3 .Datos y características de la bomba de vacío

| <b>Datos del Equipo</b>         |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| <b>Año de Fabricación:</b>      | 2012                |
| <b>Fabricante:</b>              | FISHMAN             |
| <b>Procedencia:</b>             | PERU                |
| <b>Presión de Trabajo:</b>      | -5 a -20 psi        |
| <b>Salida tubería de vacío:</b> | 6 "                 |
| <b>Altura:</b>                  | 1.36 m              |
| <b>Diámetro:</b>                | 0.78 m              |
| <b>Material:</b>                | FIERRO FUNDIDO      |
| <b>Capacidad:</b>               | 0.65 m <sup>3</sup> |
| <b>Peso:</b>                    | 500 Kg              |

#### **2.5.4. Tanque separador de aceite.**

Equipo de fierro al carbono que contiene en su interior un filtro coalescente.

##### **Accesorios del equipo:**

- ✓ Sensores de nivel: su función es enviar una señal al tablero de control con la señal de que falta aceite.
- ✓ Válvula de seguridad: Libera al medio ambiente la presión contenida dentro del separador de aire al exceder un valor máximo predeterminado, normalmente ésta se regula a 65 PSI.
- ✓ Filtro coalescente: Se encarga de separar el aceite contenido en el aire proveniente del compresor.
- ✓ Manómetro diferencial capsuhelic: Mide la diferencia de presión entre el interior y exterior del filtro coalescente.
- ✓ Cuando está lectura alcanza los 15 Psi. se requiere inspección del filtro.



Figura 2.10: Tanque separador de aceite

### Descripción de Proceso

El aire comprimido que sale del compresor mezclado con aceite ingresa al separador con el propósito de separarlo a través de un filtro coalescente instalado en su interior.

Tabla 2.4 .Datos y características del Tanque Separador de Aceite

| Datos del Equipo           |                     |
|----------------------------|---------------------|
| <b>Año de Fabricación:</b> | 2012                |
| <b>Marca:</b>              | FISHMAN             |
| <b>Fabricante:</b>         | FISHMAN             |
| <b>Procedencia:</b>        | PERU                |
| <b>Altura:</b>             | 1.82 m              |
| <b>Diámetro:</b>           | 0.76 m              |
| <b>Material:</b>           | ACERO ESTRUCTURAL   |
| <b>Presión de Trabajo:</b> | 25 a 65 PSIG        |
| <b>Capacidad:</b>          | 0.83 m <sup>3</sup> |
| <b>Peso:</b>               | 400 Kg              |

#### 2.5.5. Intercambiador de calor de placas de separador de aceite.

Este tipo de intercambiador de calor de placas utiliza una combinación de placas de transferencia de calor de tipo chevron secuenciados entre una placa de marco y la placa de presión. Las placas de transferencia de calor tienen agujeros en las cuatro esquinas que forman una cabecera que distribuye los respectivos flujos a los lados opuestos de cada placa cuando las placas se alinean. Los fluidos son confinados a la superficie de transferencia de calor de la placa o el puerto según proceda, con juntas de elastómero.



Figura 2.11: Intercambiador de calor de Placas de Separador de aceite

### Descripción de Proceso

El aceite proveniente del tanque separador de aceite, es enfriado al recorrer el circuito de placas del intercambiador de calor el cual es refrigerado con agua proveniente de la bomba auxiliar de refrigeración, este aceite enfriado retorna al compresor para ser usado nuevamente en el sistema hidráulico.

Tabla 2.5. Datos y características del intercambiador de calor

| <b>Datos del Equipo</b>    |                   |
|----------------------------|-------------------|
| <b>Año de Fabricación:</b> | 2012              |
| <b>Marca:</b>              | ITT STANDARD P-14 |
| <b>Serie:</b>              | 168553-01-5       |
| <b>Flujo:</b>              | CONTRACORRIENTE   |
| <b>Longitud:</b>           | 0.31 m            |
| <b>Ancho:</b>              | 0.12 m            |
| <b>Material:</b>           | FIERRO ACERADO    |
| <b>Presión de Trabajo:</b> | 150 PSI           |
| <b>Temperatura:</b>        | 32 - 257 ° F      |

### 2.5.6. Bomba de enfriador de aceite

Bomba de fierro fundido con impulsor de bronce y caja de rodamiento.

**Tabla 2. 6.** Datos y características bomba de enfriador de aceite

| <b>Datos del equipo del enfriador de aceite</b> |                     |
|---|---------------------|
| <b>Año de Fabricación:</b>                      | 2012                |
| <b>Modelo:</b>                                  | 4G-50-250           |
| <b>Tipo de Impulsor:</b>                        | CERRADO             |
| <b>Marca:</b>                                   | HIDROSTAL           |
| <b>Tipo:</b>                                    | CENTRIFUGA          |
| <b>Fabricante:</b>                              | HIDROSTAL           |
| <b>Procedencia:</b>                             | PERU                |
| <b>Longitud:</b>                                | 0.55 m              |
| <b>Ancho:</b>                                   | 0.37 m              |
| <b>Altura:</b>                                  | 0.40 m              |
| <b>Presión de Trabajo:</b>                      | 30 PSI              |
| <b>Material:</b>                                | FIERRO FUNDIDO GRIS |
| <b>Sistema de sellado:</b>                      | PRENSA ESTOPA       |



*Figura 2.12:* Bomba de Enfriador de aceite

### **Descripción de Proceso**

Esta bomba tiene dos funciones:

1. Subministrar agua al intercambiador de calor que refrigera el aceite de lubricación del compresor.
2. Subministrar agua a la bomba de vacío para formar el anillo líquido en su interior y refrigeración de las prensa estopa.

A la descarga de esta bomba se instala un filtro de agua de 2"x 2" que evite que partículas sólidas ingresen a la bomba de vacío y/o intercambiador de calor.

### 2.5.7. Motor cat marine power C-18

Este es un motor diesel con gobernador electrónico de seis (06) cilindros en línea, ciclo de cuatro (4) tiempos, de inyección directa, turbo alimentado y post-enfriado en el aire de la admisión; acoplado directamente a un toma fuerza caterpillar.

Es un equipo fabricado de fierro fundido, acero naval, bronce. Motor de combustión interna que usa como combustible el Diesel-2.



Figura 2.13: Motor Cat Marine Power C-18

### Descripción de Proceso

Tiene como función principal la generación de energía eléctrica para la transmisión o movimiento de todo el sistema de bombeo de vacío durante la descarga.

Tabla 2.7: Datos y características del Motor Cat Marine Power C-18

| <b>Datos del Equipo</b>    |                    |
|----------------------------|--------------------|
| <b>Año de Fabricación:</b> | 2012               |
| <b>Modelo:</b>             | C 18               |
| <b>Serie:</b>              | T2P01553           |
| <b>Marca:</b>              | CATERPILLAR        |
| <b>Tipo:</b>               | COMBUSTION INTERNA |
| <b>Fabricante:</b>         | CATERPILLAR        |
| <b>Procedencia:</b>        | USA                |
| <b>Longitud:</b>           | 1.40 m             |
| <b>Ancho:</b>              | 0.80 m             |
| <b>Altura:</b>             | 1.30 m             |



### **2.5.8. Electrobomba de agua de limpieza**

Electrobomba de gran caudal con motor trifásico de 1.9 HP, con succión y descarga de 1", se requiere que el sellado de la tubería de succión sea completamente hermético. Son construidas en fierro con impulsores de bronce, tiene un protector térmico de sobrecarga para evitar que se quemara por alta temperatura, sus rodamientos son sellados y pre-lubricados, tiene un sello mecánico marca Crane. Es diseñado para bombeo de líquidos viscosos, tiene facilidad de reparación y mantenimiento.



Figura 2.14: *Electrobomba de agua de refrigeración*

### **Descripción de Proceso**

Sirve para limpieza y manguareado de pisos, estructuras, borda y toda la zona que se requiera en la Plataforma de descarga.

Tabla 2.8. *Datos y características electrobomba de agua de refrigeración.*

| Datos del Equipo           |                |
|----------------------------|----------------|
| <b>Año de Fabricación:</b> | 2013           |
| <b>Modelo:</b>             | A1E            |
| <b>Serie:</b>              | 2013023009     |
| <b>Marca:</b>              | HYDROSTAL      |
| <b>Tipo:</b>               | A1E            |
| <b>Fabricante:</b>         | HYDROSTAL      |
| <b>Procedencia:</b>        | PERU           |
| <b>Longitud:</b>           | 0.38 m         |
| <b>Ancho:</b>              | 0.17 m         |
| <b>Altura:</b>             | 0.21 m         |
| <b>Material:</b>           | FIERRO FUNDIDO |
| <b>Potencia:</b>           | 1.9 HP         |

### 2.5.9. Grupo electrógeno FG-Wilson P40-3S

Equipo conformado por un motor de combustión interna que usa como combustible el Diesel-2, Marca PERKINS y un generador de corriente alterna.



Figura 2.15: *Grupo electrógeno FG-Wilson*

### Descripción de Proceso

Se encarga de generar y administrar corriente alterna de 220 V para el sistema Fishvac y alumbrado.

Tabla 2.9. *Datos y características Grupo electrógeno FG-Wilson*

| <b>Datos del Equipo</b>    |                        |
|----------------------------|------------------------|
| <b>Año de Fabricación:</b> | 2011                   |
| <b>Modelo:</b>             | P65-1T1SA              |
| <b>Serie:</b>              | FGWPEP22ABMU04718      |
| <b>Potencia:</b>           | FG-WILSON              |
| <b>Tipo:</b>               | 36 kW                  |
| <b>Fabricante:</b>         | FG-WILSON              |
| <b>Procedencia:</b>        | MADE IN THE U.K        |
| <b>Longitud:</b>           | 1.10 m                 |
| <b>Ancho:</b>              | 2.30 m                 |
| <b>Altura:</b>             | 1.50 m                 |
| <b>Voltaje:</b>            | 220 V                  |
| <b>Material:</b>           | PLANCHA FIERRO DE 1/8" |
| <b>RPM:</b>                | 1800                   |
| <b>Frecuencia:</b>         | 60 Hz                  |

# **CAPITULO III**

**MARCO TEORICO**

### **3. DEFINICIONES BASICAS**

#### **3.1 ENERGIA SOLAR:**

El sol representa la mayor fuente de energía existente en nuestro planeta. La energía es transmitida por medio de ondas electromagnéticas presentes en los rayos solares, las cuales son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, esta energía la podemos percibir en forma de luz y calor. Cerca del 70% de la energía solar recibida por la tierra es absorbida por la atmósfera, la tierra y por los océanos, mientras que el 30% restante es reflejado por la atmósfera de regreso al espacio.

Por otro lado la energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable, limpia y sustentable en el tiempo. Producto de la sobreexplotación de recursos no renovables y los efectos generados por su consumo, se puede percibir una creciente conciencia social y de los gobiernos, de sacar provecho de este tipo de energías. Esto es posible de ver por la mayor cantidad de sistemas de generación en base a energías renovables instalados y en proceso de instalación en nuestro, los cuales son utilizados como sistema auxiliar o principal, dependiendo de la ubicación y recursos de quien los utilice.

#### **3.2. EL SOL:**

El sol es una esfera de materia gaseosa intensamente caliente con un diámetro de  $1,39 \times 10^9$  m y es, sobre el promedio,  $1,5 \times 10^{11}$  m de la tierra. La temperatura en las regiones interiores centrales varío se estima en  $8 \times 10^6$  a  $40 \times 10^6$  °K y la densidad es estima que cerca de 100 veces la del agua.

Una sucesión de procesos radiactivos y convectivos ocurren con emisiones sucesivas, absorción y retransmisión; la radiación en el núcleo del sol es en los rayos x y rayos gamma partes del espectro, con las longitudes de onda de la radiación aumenta a medida que la temperatura desciende a grandes distancias radiales.

#### **3.3. RADIACIÓN SOLAR:**

Radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6000 ° K, en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida

de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar.

### 3.4. LA CONSTANTE SOLAR:

Como afirma **Beckman – Duffie (1980)** la constante solar ( $G_{sc}$ ) según es la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del Sol. Los resultados de su medición por satélites arrojan un valor promedio de  $1367 \text{ W/m}^2$ .

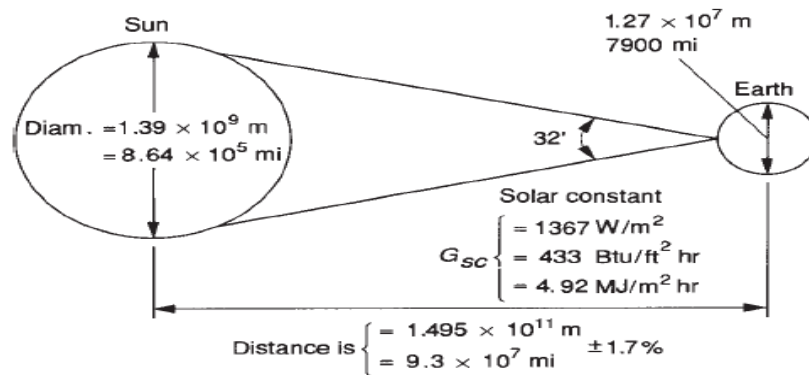


Figura 3.1: Valor de la constante solar .

### 3.5 LA RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE

Es la radiación solar diaria que se recibe sobre una superficie horizontal situada en el límite superior de la atmósfera. El valor se define a partir del valor de la constante solar. Recordamos que la constante solar se define como la cantidad de radiación que se recibe en la capa superior de la atmósfera, sobre una superficie unidad perpendicular a los rayos solares y a una distancia del sol media. En consecuencia, para calcular la radiación solar extraterrestre se debe corregir la constante solar considerando que la distancia sol-tierra varía a lo largo del año, y pasando también de una superficie perpendicular a los rayos solares a una horizontal a la tierra.

### **3.6 RADIACION GLOBAL**

Del total de radiación que procede del Sol una parte se recibe directamente (directa); y otra, proviene de la difusión y de las múltiples reflexiones que sufre la radiación a su paso por la atmósfera (difusa). Se llama radiación global a la suma de estas dos: la radiación directa y la difusa

### **3.7 INFLUENCIA DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE EN LA RADIACIÓN SOLAR**

A su paso por la atmósfera, la radiación solar es sometida a una combinación de procesos de reflexión, atenuación y difusión que alteran sus características. La reflexión en las nubes disminuye la radiación incidente en la superficie terrestre mientras que la absorción por vapor de agua, ozono y CO<sub>2</sub> produce una modificación de las características espectrales de la radiación. Además, la dispersión por partículas modifica la distribución espacial de la radiación. Dependiendo del tamaño de la partícula en interacción pueden distinguirse tres fenómenos de difusión:

### **3.8 TIPOS DE RADIACION**

#### **3.8.1 LA RADIACIÓN DIRECTA**

Es como su propio nombre indica, la que proviene directamente del sol.

#### **3.8.2 LA RADIACIÓN DIFUSA**

Radiación que proviene de otras direcciones debido a la reflexión y dispersión que producen en la radiación solar, la atmósfera y las nubes. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

### **3.8.3 LA RADIACIÓN REFLEJADA**

Es, como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no "ven" superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.

### **3.9. ENERGÍA FOTOVOLTAÍCA**

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Este tipo de energía se usa para alimentar innumerables aplicaciones y aparatos autónomos, para abastecer refugios o viviendas aisladas de la red eléctrica y para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Entre los años 2001 y 2015 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica.

### **3.10. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, pueden realizarse instalaciones de electrificación autónoma o interconectados a la red, además de otras aplicaciones más específicas.

Para **Barrero – Rivera(2011)** el caso de las instalaciones de electrificación autónoma, estas instalaciones tienen una total autonomía energética y se construyen especialmente en lugares en que, por motivos económicos, técnicos y medioambientales, no es posible hacer llegar la red de distribución eléctrica (casas rurales aisladas, sistema de señalización), asimismo para las instalaciones interconectadas a la red eléctrica, distinguimos dos tipos de



instalaciones, aquellas que aprovechan la energía producida por el propio edificio e inyectan la sobrante a la red de distribución eléctrica y los que inyectan directamente toda la producción de energía eléctrica a la red de distribución general y se aprovechan de ella para su propio consumo.

### **3.11. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAÍCOS**

#### **3.11.1 Panel solar:**

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Al conjunto así formado, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos, se le denomina panel o módulo fotovoltaico.

Para la selección de un panel solar debemos tener en cuenta ciertos criterios para la elección correcta como son:

#### **A. Características físicas.**

Los paneles adoptan siempre la forma cuadrada o rectangular, con áreas que van desde aproximadamente  $0.1 \text{ m}^2$  hasta  $1\text{m}^2$ . Son relativamente ligeros y aunque rígidos en apariencia, son capaces de sufrir ligeras deformaciones para adaptarse a los esfuerzos mecánicos a que pudieran verse sometidos.

#### **B. Características Eléctricas.**

La respuesta de un panel frente a la radiación solar vendrá determinada por la de las células que lo forman, pudiendo ser descrita mediante varios parámetros, que se definen a continuación:

##### **➤ corriente de cortocircuito ( $I_{SC}$ ).**

Es la intensidad máxima de la corriente que se puede obtener de un panel bajo unas determinadas condiciones (generalmente normalizadas).se mide cuando se conecta en corto circuito las terminales positivas y negativas de la celda. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa. El valor típico para la corriente de cortocircuito esta dado en unidades de amperes.

➤ **Corriente (I)**

En la práctica, lo usual es que un panel produzca una determinada corriente eléctrica que fluye a través del circuito externo que une los bornes del mismo y que posee una determinada resistencia  $R$ . Si la diferencia de potencial entre los bornes es  $V$ , entonces la corriente de intensidad  $i$  se produce a un voltaje  $V$ .

➤ **Voltaje máxima potencia ( $V_{MP}$ ):**

Según **Lorenzo** (2006) cuando el panel está suministrando la máxima intensidad de corriente la tensión del panel presenta una variación inversamente proporcional a la temperatura de las células, sin que tal condición provoque cambios en la corriente de salida. La Figura 3.2 muestra un ejemplo de tal curva para cinco valores de temperatura.

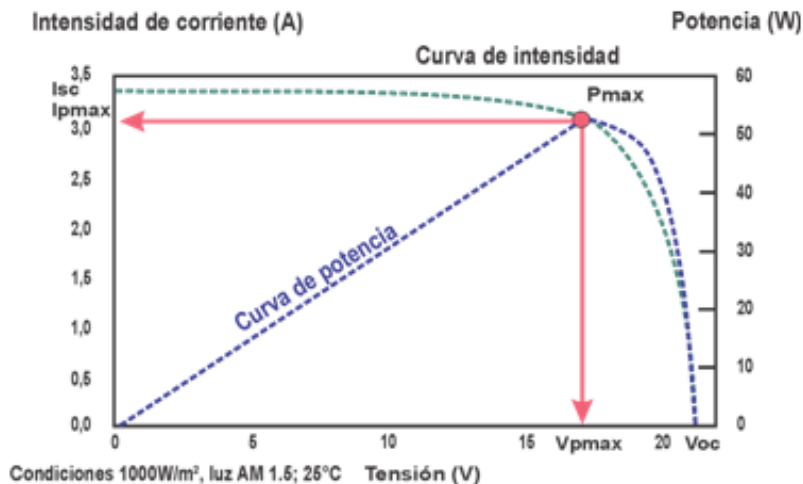


Figura 3.2 : Curva característica de corriente y voltaje , para un módulo fotovoltaico

➤ **Corriente de máxima potencia ( $I_{MP}$ ).**

Corriente suministrada a la potencia máxima. Se considera este parámetro el representativo de la corriente nominal.

La corriente proporcionada por el módulo fotovoltaico es directamente proporcional a la energía solar recibida, con escasa repercusión de la tensión de salida si la temperatura es constante.

➤ **Voltaje a circuito abierto ( $V_{OC}$ ):**

El voltaje de circuito abierto es el voltaje máximo que genera la celda solar. Este voltaje se mide cuando no existe una carga conectada a la celda. Bajo condiciones estándares de medición, el valor típico del voltaje a circuito abierto que se ha obtenido en una celda de silicio cristalino es del orden de 0.6 V

➤ **Potencia pico.**

Es la potencia eléctrica que puede suministrar una célula y se define por el punto de la curva I-V. El producto de la intensidad producida y la tensión da como resultado un valor máximo, todos los puntos restantes de la curva generan valores inferiores.

$$\text{Potencia Pico} = \text{Corriente de Corto circuito} \times \text{Voltaje a circuito abierto}$$

➤ **Factor de forma (FF):**

Es un parámetro de gran utilidad práctica, ya que nos da una idea de la calidad de las células fotovoltaicas, comparando la potencia máxima con el producto de la intensidad en cortocircuito y la tensión en circuito abierto.

### **C. Tipos de paneles en función de los materiales**

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. Los tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:

➤ **Silicio mono-cristalino:**

Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7%.

La eficiencia de estos módulos para comercializarlos ha llegado hasta el 18%. Los módulos con estas celdas son los más maduros del mercado. Proporcionando con esto confiabilidad en el dispositivo de tal manera que algunos fabricantes los garantizan hasta por 25 años.

➤ **Silicio poli-cristalino:**

Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles poli cristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los mono-cristalinos (en laboratorio del 19,8% y en los módulos comerciales del 14%) siendo su precio también más bajo y la garantía del producto puede ser hasta por 20 años dependiendo del fabricante.

➤ **Silicio amorfo.**

Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna.

Los átomos de silicio que forman el sólido no tiene el patrón ordenado característico de los cristales como es el caso del silicio cristalino.

Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%.

➤ **Teluro de cadmio.**

Rendimiento en laboratorio 16% y en módulos comerciales 8%.

➤ **Arseniuro de Galio.**

Uno de los materiales más eficientes. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25,7% siendo los comerciales del 20%.

Según **Lorenzo (2006)** en una de sus publicaciones nos da a conocer las eficiencias de los paneles solares según sea el material a elegir.

Tabla 3.1: *Eficiencia y area de los materiales utilizados en las celdas solares*

| Material                | Eficiencia máxima (%) | Área ( cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Silicio Amorfo          | 8                     | 0.04                     |
| Sulfuro de cadmio       | 10                    | 1                        |
| Silicio Mono-cristalino | 18                    | 2                        |
| Silicio Poli-cristalino | 7-14                  | 2-3                      |
| Arseniuro de galio      | 22                    | 0.1                      |
| Teluro de cadmio        | 8-9                   | 0.02                     |

**Nota:**

Dada las características de cada panel solar según el material a fabricar, nosotros elegimos usar un panel poli-cristalino debido a ciertos criterios entre ellos:

- ✓ Eficiencia
- ✓ Costo del panel solar

**3.11.2. Regulador de carga :**

El regulador de carga, como su nombre lo indica, tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería con el fin de que en ningún momento pueda esta sobrecargarse peligrosamente pero, al mismo tiempo, evitando en lo posible que deje de aprovechar energía captada por los paneles (lo que inevitablemente ocurriría si el control fuese mediante un simple interruptor de accionamiento manual). Para ello, el regulador, mediante dispositivos electrónicos, debe detectar y medir constantemente el voltaje, que será una indicación del estado de carga de la batería y si este llega al valor de consigna previamente establecido, correspondiente a la tensión máxima admisible, debe actuar de forma que impida que la corriente siga fluyendo hacia la batería, o bien que fluya únicamente la justa para mantenerla en estado de plena carga, pero sin sobrepasarse.

**3.11.2.1. Tipos de reguladores de cargas:**

**A. Reguladores de carga PWM.**

El regulador PWM es, en esencia, un interruptor que conecta los paneles solares a la batería. Este tipo de regulador funciona con dos etapas, la primera para mantener el voltaje

a un máximo seguro para que la batería alcance la carga completa y la segunda etapa es cuando cae el voltaje a valores cercanos de la batería.

#### Ventajas de los reguladores PWM:

- Son controladores baratos.
- Tienen una vida útil larga, la mayoría tienen un sistema de refrigeración de calor pasiva.
- Estos controladores están disponibles en varios tamaños y para gran variedad de aplicaciones.

#### Desventajas de los reguladores PWM:

- El voltaje nominal debe ser el mismo que el del banco de baterías.
- Los controladores de carga tienen una capacidad limitada para el crecimiento del sistema.
- el regulador de carga PWM es una buena solución de bajo coste solo para sistemas pequeños, cuando la temperatura de las células es moderadamente alta (entre 45°C y 75°C).
- Poco rendimiento

### **B. Reguladores de carga MPPT.**

Además de realizar la función de un regulador básico, un regulador MPPT también incluye un convertidor de voltaje CC a CC, transformando el voltaje del panel al requerido por las baterías, con muy poca pérdida de energía.

Los MPPT también son útiles en instalaciones aisladas de 12 o 24V ya permiten alcanzar el punto de máxima potencia del panel durante el mayor tiempo posible, con lo cual se dispara su rendimiento hasta un 25% superior a utilizar un regulador de carga convencional (reguladores PWM)

Se acepta generalmente que MPPT superará PWM en climas templados-fríos mientras que ambos reguladores mostrarán aproximadamente el mismo rendimiento en un clima tropical y subtropical.

### Ventajas del regulador MPPT:

- Sacar más rendimiento de los módulos fotovoltaicos.
- Ofrecen la posibilidad de colocar paneles en serie a voltajes superiores al banco de baterías.
- Las garantías de los controladores de carga MPPT son típicamente mayores que en las unidades PWM.

### Desventaja del regulador MPPT:

- Son más caros, costando a veces el doble de los PWM.
- Las unidades MPPT son generalmente más grandes en tamaño físico.

### **Nota :**

Para este diseño se ha seleccionado el regulador Solar Display de 120 A del tipo MPPT.

#### **3.11.3. Batería:**

- La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

A la hora de elegir el tipo y el modelo de batería a utilizar, se deberá exigir del fabricante o proveedor de las mismas, información detallada de sus características:

- Tipo de batería y tensión nominal, dimensiones, peso, etc.
- Capacidad para descarga en 20, 50 y 100 horas, con sus correspondientes tensiones de corte.
- Rango de temperatura de funcionamiento.
- Profundidad máxima de descarga.
- Valor de auto descarga.
- Ciclaje máximo diario permitido.
- Rendimiento de carga.
- Variación de la capacidad con la temperatura.

- Voltajes finales en función del régimen de descarga

## **A. Tipos de baterías de plomo para aplicaciones solares**

Se usan en la mayoría dos diferentes tipos de baterías de plomo:

### **A.1. Baterías Líquidas**

Son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables.

Las desventajas son que durante la carga escapa hidrógeno (explosivo), existe el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario y su corta vida típica de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Una ventilación es muy importante para estos tipos de batería y temperaturas bajo cero pueden destruirlas rápidamente.

### **A.2. Baterías tipo VRLA (Valve Regulated Lead Acid battery).**

Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que recombinan el oxígeno y hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio (AGM - absorbed glass mat). Ambas se pueden usar en temperaturas bajas.

#### **A.2.1. Baterías de Gel.**

En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel es decir se agrega al electrolito un compuesto de silicona, lo que provoca que el líquido se vuelva una masa sólida como gelatina.

Al usar baterías de gel estamos atacando 4 problemas que afronta una batería que son: la corrosión, desbordamiento de líquido, la sulfatación y la temperatura excesiva.

#### **Ventajas:**

- Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición.
- La corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas.



- Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías líquidas y comparado con otras, son las menores afectadas en casos de descargas profundas.
- Protección contra el deterioro por desbordamientos.
- aumenta la vida media de las baterías
- mejora el medio ambiente alrededor de la batería
- La vida media de las baterías de Gel y AGM en condiciones normales de uso son de 8-10 años. Estas baterías son muy utilizadas en instalaciones medias ya que permiten ir añadiendo módulos y ampliar la capacidad de carga poco a poco.

**Desventaja:**

- Mayor costo inicial que las baterías tipo líquidas.
- Mayor peso
- Imposibilidad de sustituir el agua si se sobrecarga continuamente
- Se deben utilizar un sensor automático de temperatura y cargadores regulados por voltaje

**A.2.2. Baterías tipo AGM.**

En estas baterías, desarrolladas inicialmente para la aviación, el ácido está fijado en fibras de vidrio (a veces se llaman baterías 'secas' por su reducida cantidad de ácido). Cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos.

**Ventaja:**

- Selladas y seguras frente a posibles derrames.
- Alta potencia específica. Capacidad de ofrecer corriente muy Fuertes.
- Tiempo de carga 5 veces más rápido.
- Mejores ciclos de trabajo con cargadores avanzados.
- Retención de agua: El oxígeno e hidrógeno se combinan para producir agua
- Construcción segura que acepta Fuertes vibraciones.
- Buen comportamiento a bajas temperaturas.
- Ausencia de corrosión
- Menor costo inicial que las baterías de gel.
- Compatible con equipos electrónicos sensibles
- Muy poco o nada de gaseado (a menos que se sobrecargue)
- Admite voltajes de carga mayores que las baterías de gel

### **Desventaja:**

- Ciclo más corto que las baterías de gel en aplicaciones de ciclo profundo
- Se deben utilizar un sensor automático de temperatura y cargadores regulados por voltaje.
- Imposibilidad de sustituir el agua si se sobrecarga continuamente
- Mayor costo de fabricación.
- Sensible a sobrecargas. El gel se comporta mejor en este aspecto.

### **Nota:**

Para nuestro diseño hemos elegido la batería Sonnenschein S12-90 por ser la solución más económica y las ventajas que se han detallado a cerca de este tipo de baterías.

#### **3.11.4. INVERSOR :**

Los inversores son dispositivos capaces de alterar la tensión y características de la corriente eléctrica que reciben, transformándola de manera que resulte más apta para los usos específicos a que vaya destinada en cada caso.

Los convertidores que reciben corriente continua a un determinado voltaje y la transforman en corriente continua pero a un voltaje diferente reciben la denominación de inversores CC-CC, y los que transforman corriente continua en alterna se denominan inversores CC-AC, onduladores y también convertidores.

### **3.12. CORROSION EN ESTRUCTURAS**

#### **3.12.1. Corrosión:**

Los fenómenos corrosivos que cuantitativamente son más frecuentes en la práctica son los que se denominan de corrosión húmeda, es decir en presencia de agua en estado de condensación, aunque sea en forma de simple humedad atmosférica. La corrosión húmeda puede ser de tipo generalizada o localizada. También existe la corrosión a altas temperaturas.

### 3.12.1.1. Tipos de corrosión:

Según Bonnet (2010). Resistencia a la corrosión de los Aceros Inoxidables. Recuperado de <http://www.bonnet.es/resitcorrosion.pdf> nos habla de los tipos de corrosión que presenta un acero, como son los siguientes:

#### A. Corrosión generalizada:

Se presenta en la totalidad de la superficie expuesta del metal en forma de agresión progresiva y a velocidad constante

#### B. Corrosión localizada :

Existen varias causas posibles para este tipo de ataque, en general se trata de variaciones en las condiciones locales de la superficie.

##### ➤ Corrosión por picaduras :

El picado es un tipo de corrosión frecuentemente observado en los aceros inoxidable, es una forma de corrosión localizada muy peligrosa, ya que en ocasiones el avance del debilitamiento en el material puede no ser observable. Se caracteriza por la presencia de pequeñas perforaciones localizadas en una superficie que por otro lado presenta áreas no afectadas.



*Figura 3.3 : Representación de la corrosión por picadura*

Para evitar este tipo de ataque conviene tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Asegurar que las superficies se encuentren descontaminadas, eliminando toda traza de hierro.
- ✓ Eliminar la capa de óxidos metálicos de los cordones de soldadura y de las zonas adyacentes.
- ✓ Evitar la sensibilización del material tanto en procesos de soldadura como por calentamiento.

➤ **Corrosión por cavidades :**

Esta corrosión se puede presentar cuando se presenten intersticios entre dos superficies acopladas de piezas metálicas del mismo o diferente tipo, o bien entre piezas metálicas y depósitos de cuerpos extraños, incluso no metálicos (microorganismos u otros depósitos de materiales). Este tipo de corrosión ataca la superficie metálica que se encuentra oculta, por ejemplo, debajo de arandelas o cabezas de tornillo, en las roscas de tornillos o en accesorios de tubería en contacto con juntas, bajo sedimentos o sólidos asentados, o bajo la flora marina.



*Figura 3.4 : Representación de la corrosión por cavidades*

Los medios para combatir este fenómeno son los siguientes:

- ✓ Evitar en la fase de diseño y proyecto la formación de intersticios abiertos hacia el ambiente corrosivo.
- ✓ Durante el montaje, evitar que por debajo de las juntas, especialmente en los bordes, queden aprisionados depósitos de suciedad, arena o polvo.

➤ **Corrosión Intergranular**

Es una corrosión localizada a escala microscópica en los límites de grano de la aleación. En el acero inoxidable regularmente es resultado del agotamiento del cromo sobre los límites de grano en zonas sensibilizadas por procesos térmicos.

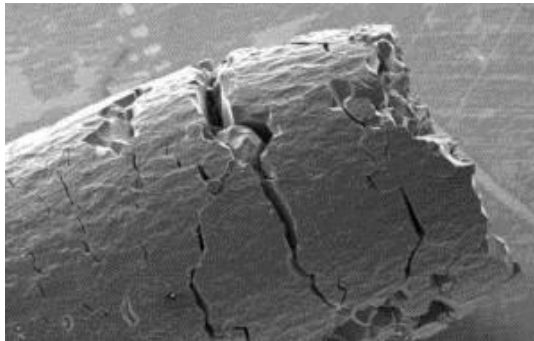
Para evitar la corrosión intergranular:

- ✓ Evitar calentar y enfriar lentamente en el rango de sensibilización (450 a 850 °C.)
- ✓ Emplear aceros con bajo contenido de carbono (aceros grado “L”), para evitar la formación de carburos de cromo.
- ✓ Emplear aceros estabilizados (aceros con Titanio y / o niobio (columbio)).

- ✓ Se pueden redissolver los carburos de cromo calentando la pieza sensibilizada a una temperatura de 1036 a 1150 °C seguido de un enfriamiento rápido con agua o aire forzado

➤ **Corrosión de fractura bajo tensión :**

La acción conjunta de un esfuerzo de tensión y un medio ambiente corrosivo, dará como resultado en algunos casos, la fractura de una aleación metálica. La mayoría de las aleaciones son susceptibles a este ataque, pero afortunadamente el número de combinaciones aleación – corrosivo que causan este problema, son relativamente pocas. Sin embargo, hasta la fecha, este es uno de los problemas metalúrgicos más serios. Los esfuerzos que causan las fracturas provienen de trabajos en frío, soldadura, tratamiento térmicos, o bien, pueden ser aplicados en forma externa durante la operación del equipo.



*Figura 3.5 : Representación de la corrosión por fractura bajo tensión*

Para evitar la corrosión bajo tensión, es importante:

- ✓ Ensamblar cuidadosamente las piezas para evitar cuerpos en tensión.
- ✓ Formar zonas superficiales de compresión en aquellas partes sometidas a estado de tensión mediante martillado, granallado y laminado superficiales.
- ✓ Eliminar las tensiones generadas en el proceso de fabricación. Realizar apropiadamente la soldadura para evitar estados de tensión en los cordones de soldadura

➤ **Corrosión Galvánica :**

Es cuando se presenta una corrosión acelerada de un metal, por el hecho de estar en contacto con otro material más resistente al ataque, dentro de un mismo medio corrosivo.



*Figura 3.6 : Representación de la corrosión Galvánica.*

### **3.12.2. Estructuras existentes para soporte de un panel solar**

Existen distintos tipos de materiales que se pueden emplear para dicho soporte, todo depende de la selección adecuado para que dicho soporte nos dure buen tiempo.

#### **A. Acero Inoxidable :**

Las características comunes de las familias de acero inoxidable lo convierten en un material casi universal, que se adapta bien a los requisitos de la época actual. Cada familia y cada calidad presentan ventajas específicas en función de su composición química.

##### **A.1. Estética:**

Existen numerosos acabados de superficie: desde el mate al brillo, pasando por el satinado y el grabado. El acabado puede también tener dibujos o ser coloreado, lo cual convierte el acero inoxidable en un material único y estético. Los arquitectos suelen elegir este material en obras de edificios, interiorismo y para mobiliario urbano.

##### **A.2. Propiedades Mecánicas:**

El acero inoxidable presenta excelentes propiedades mecánicas a temperatura ambiente en comparación con otros materiales, ventaja a destacar en el sector de la construcción ya que permite reducir el peso por  $m^2$  o las dimensiones de los elementos constructivos. Su buena ductilidad, su elasticidad y su dureza combinados a una buena resistencia al desgaste (roce, abrasión, golpes, elasticidad...) permiten utilizar el acero inoxidable en un gran abanico de proyectos. Además, el acero inoxidable se puede colocar en obra a pesar de temperaturas invernales.

### **A.3. Resistencia al fuego:**

En comparación con otros metales, el acero inoxidable presenta la mejor resistencia al fuego en aplicaciones estructurales gracias a una temperatura de fluencia elevada (superior a 800° C). El acero inoxidable tiene la clasificación A2s1d0 de cara a resistencia al fuego y no desprende humos tóxicos.

### **A.4. Resistencia a la corrosión:**

Con un contenido de cromo de 10,5%, el acero inoxidable está protegido constantemente por una capa pasiva de óxido de cromo que se genera naturalmente en su superficie cuando entra en contacto con la humedad del aire. Si se daña la superficie, la capa pasiva se regenera. Esta particularidad confiere a los aceros inoxidables su resistencia a la corrosión.

La selección de los aceros inoxidables puede realizarse de acuerdo con sus características:

- ❖ Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas.
- ❖ Características de los procesos de transformación a que será sometido.
- ❖ Costo total (reposición y mantenimiento)
- ❖ Disponibilidad del acero.

Los aceros inoxidables tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado a espejo, satinado, coloreado, texturizado, etc.

### **A.5. Ventajas y desventajas del Acero Inoxidable:**

#### **Ventajas adicionales**

La adición de elementos como el níquel, el molibdeno, el titanio y el niobio procura al acero inoxidable ventajas adicionales como:

- Resistencia a la corrosión en entornos altamente corrosivos.

- Resistencia a la oxidación y a la fluencia a temperaturas elevadas.
- Resistencia y ductilidad a baja temperatura.
- Altas propiedades mecánicas.
- La Uniformidad de las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.
- Durabilidad, si i el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente.

**Desventaja:**

- Esta superficie se puede rayar y abollar, y ambos daños son difíciles de quitar o reparar.
- Es un excelente conductor de calor y rápidamente se calentará a la temperatura de una olla caliente colocada en la superficie
- Su alto costo.

**A.6. Impacto ambiental de los Aceros Inoxidables:**

El acero inoxidable se fabrica principalmente a partir de acero al carbono y acero inoxidable reciclado. La utilización de materias primas recicladas reduce las necesidades de energía del proceso de fabricación así como la cantidad de residuos y emisiones.

El propio acero inoxidable, por otro lado, es reciclable en un 100%. Sin embargo, gracias a la excelente duración a largo plazo del material, la vida útil de los productos es extremadamente larga. Con ello se reduce el consumo relativo de recursos naturales y energía durante la vida útil de los productos fabricados con acero inoxidable, en comparación con los productos realizados con materiales desgastan con mayor rapidez y necesitan sustituirse.

**B. Acero Galvanizado:**

Galvanizar es recubrir con zinc fundido la superficie del acero para protegerlo de la corrosión. El zinc es el recubrimiento metálico más utilizado por su capacidad de sacrificio para proteger el acero base. Existen dos métodos básicos para obtener el acero galvanizado:



galvanización por inmersión en caliente (hot dip) y electrodeposición o galvanizado electrolítico. De allí se derivan toda una gama de productos que hacen del acero galvanizado un producto de múltiples posibilidades.

✓ Inmersión en caliente (Hot dip):

El proceso consiste básicamente sumergir el acero a recubrir, en una cuba donde se encuentra el zinc fundido. Se utilizan diferentes tipos de aleaciones de zinc con otros metales.

El galvanizado en caliente se utiliza desde hace más de 100 años para proteger el acero de la corrosión. El recubrimiento protector se produce al sumergir productos de acero en un baño de zinc fundido. La película de zinc que se forma sobre el acero lo protege de dos maneras, protección de barrera y protección galvánica (catódica). Es este último tipo de protección la que permite que productos de acero puedan permanecer sin corrosión durante décadas. Esto se explica porque en presencia de humedad el zinc actúa como ánodo y el acero como cátodo, de manera que el zinc se corroe en una acción de sacrificio y evita que el acero se oxide

✓ Electrodeposición:

A diferencia del sistema por inmersión en caliente, aquí el proceso para aplicar el zinc utiliza la corriente eléctrica en un sistema electroquímico.

El motivo del amplio uso del galvanizado en caliente es la doble naturaleza protectora del revestimiento. Como un revestimiento barrera, brinda un revestimiento sólido de zinc unido metalúrgicamente que cubre por completo la superficie de acero y protege al acero de la acción corrosiva del ambiente. Además, el comportamiento sacrificial del zinc protege al acero incluso cuando hay daño o una discontinuidad menor

### **C. Acero Estructural ASTM A-36**

Es un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización.

Tabla 3:2 Composición del acero estructural

| <b>Composición</b> |            |
|--------------------|------------|
| Carbono            | 0.26% máx. |
| Fosfato            | 0.04% máx. |
| Azufre             | 0.05% máx. |
| Silicio            | 0.04% máx. |

### **C.1. Propiedades y características**

Todos los materiales poseen propiedades y características inherentes que los diferencian entre sí, entre las principales propiedades se tienen: eléctricas, magnéticas, mecánicas, químicas físicas y térmicas, como ya se mencionó están en función de su composición. A continuación se describe las más importantes y las que tienen mayor influencia en la selección del material. Las propiedades mecánicas son aquellas que tienen que ver con el comportamiento de un material bajo fuerzas aplicadas, estas dependen de la composición química y de la estructura cristalina que tenga, y se expresan en cantidades que están en función de los esfuerzos y/o las deformaciones.

#### **Propiedades mecánicas del acero:**

✓ Resistencia:

Es la oposición al cambio de forma y a las fuerzas externas es que pueden presentarse como cargas de tracción, compresión y torsión.

✓ Elasticidad:

Es la capacidad de un cuerpo para volver a su forma inicial al dejar de actuar la fuerza que lo deformó.

#### **Propiedades físicas:**

Están relacionadas con la estructura, materia, cuerpo, peso, masa, volumen, densidad, peso específico, y su comportamiento ante agentes físicos como la electricidad, magnetismo, calor, sonido, entre otros.

**Estructura:** Es el orden de las moléculas que varían por el proceso de transformación o fabricación, en ciertos casos se diferencia a simple vista pero en otros es necesario el uso de un microscopio.

Tabla 3:3 Propiedades del acero ASTM A-36

| <b>PROPIEDAD</b>         | <b>VALOR</b> | <b>UNIDADES</b>   |
|--------------------------|--------------|-------------------|
| Densidad                 | 7850         | kg/m <sup>3</sup> |
| Límite de fluencia       | 250-280      | MPA               |
| Resistencia a la tensión | 400 -550     | MPA               |
| módulo de elasticidad    | 29 000       | Ksi               |
| punto de fusión          | 1538         | °C                |

## **C.2. Clasificación del acero estructural o de refuerzo**

El acero estructural, según su forma, se clasifica en:

### **Perfiles estructurales:**

Los perfiles estructurales son piezas de acero laminado cuya sección transversal puede ser en forma de I, H, T, canal o ángulo.

### **Barras:**

Las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.

### **Planchas:**

Las planchas de acero estructural son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203 mm y 219 mm, y espesores mayores de 5,8 mm y mayores de 4,5 mm, respectivamente.

## **C.3. Ventajas y desventajas del acero como material estructural**

### **C.3.1. Ventajas:**

#### **Alta resistencia:**

La alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.

#### **Homogeneidad:**

Las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.

**Elasticidad:**

El acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.

**Precisión dimensional:**

Los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.

**Ductilidad:**

El acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.

**C.3.2. Desventaja:**✓ **Corrosión:**

El acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.

- ✓ Costo de mantenimiento
- ✓ Costo de protección contra fuego

**Nota:**

Teniendo los distintos tipos de acero hemos elegido por sus ventajas y desventajas que posee una más que otras al Acero estructural ASTM A – 36.

También por lo económico que es el material, la accesibilidad que se puede obtener del producto ya que es fácil conseguir el producto.

Para este diseño se ha empleado los perfiles de ángulo y tubos cuadrados.

**3.13. RECUBRIMIENTOS EN AMBIENTES MARINOS.**

El conocer las características técnicas de estos recubrimientos, sus clases y la correcta preparación de la superficie, evita costosas reparaciones por fenómenos corrosivos. La protección contra la corrosión es un requisito dominante para todas las estructuras expuestas en un ambiente marino costa fuera o costa dentro y aunque a veces las áreas han sido diseñadas para resistir el ambiente dominante, la mayoría de ellas son protegidas con recubrimientos líquidos.

## **Características técnicas**

Las condiciones ambientales en el mar son implacables, exponiendo las debilidades de las estructuras y los sistemas protectores, intentando constantemente regresar al acero a su estado original (el óxido). El poder de la corrosión ha causado fallas catastróficas dando por resultado la pérdida de vidas humanas, significativas pérdidas financieras y serio daño ambiental.

El conocimiento, la buena selección de sistemas de protección anticorrosiva, la planeación apropiada y las buenas prácticas de pintado pueden evitar que estos problemas se presenten.

No hay un sistema de recubrimientos apropiado para todas las situaciones. Sin embargo, hoy en día la tecnología en protección anticorrosiva se centra en la protección contra la corrosión, la protección de la salud operacional, la seguridad individual y el cuidado del medioambiente.

Algunas tecnologías están ganando favor en el mercado marino, tales como los recubrimientos sin solvente, 100% sólidos en volumen, materiales "edge-retentive" (resistentes al filo) para interiores de tanques, recubrimientos de alta resistencia a la abrasión, recubrimientos de alta resistencia a la inmersión, recubrimientos de alta resistencia a la adherencia de organismos marinos y recubrimientos de alta resistencia al intemperismo marino.

El uso de pinturas, lacas, barnices y muchos materiales orgánicos poliméricos han dado muy buen resultado como protección contra la corrosión. Estos materiales proveen barreras finas tenaces y duraderas para proteger el sustrato metálico de medios corrosivos. El uso de capas orgánicas protege más el metal de la corrosión que muchos otros métodos.

Los recubrimientos se aplican mediante capas finas que separen el ambiente corrosivo del metal, es decir, que puedan servir como ánodos sacrificables que puedan ser corroídos en lugar del metal subyacente. Los galvanizados son un buen ejemplo de este caso. Un recubrimiento continuo de zinc y estaño aísla el acero respecto al electrolito.

Una película de recubrimiento protege realmente los sustratos de metal de las siguientes formas:

- La capa de recubrimiento puede disminuir la tasa de difusión de productos de corrosión desde la superficie del metal a través de la película. Este importante paso lento limita el flujo electrónico que es la corrosión.
- Los pigmentos anticorrosivos que contiene un primario formulado cambian las propiedades de la superficie de metal base. El resultado de este cambio es que el metal desarrolla una alta resistencia eléctrica que bloquee el proceso de corrosión. Diferentes pigmentos llevan a cabo esta tarea de distintas maneras. Algunos se pegan a la superficie de metal de tal manera que bloquean la capacidad del oxígeno para recoger electrones. Otros crean películas de óxido tan gruesas que son malas conductoras de electrones.

Las pinturas funcionan porque le dan un paso lento a la reacción corrosiva. Esta reducción en la tasa de flujo de corriente en el proceso electroquímico de corrosión, disminuye sustancialmente la velocidad a la cual se corroe el metal.

Una adecuada preparación superficial contribuye más que ningún otro factor al éxito de los sistemas protectores de pintura. Esto es particularmente cierto tratándose de esquemas de pinturas de alta calidad y resistencia química, cuyo requisito imprescindible es su aplicación sobre sustratos limpios y adecuadamente preparados.

Para nuestro informe de Tesis hemos utilizado como información datos que han sido obtenidos en un estudio de Tesis cuyo título es: **estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el nor oeste del Perú**, su objetivo consistió en determinar la velocidad de corrosión atmosférica sobre dos aceros de bajo carbono, en diferentes ubicaciones y categorizarla de acuerdo a la norma ISO 9223. Por lo cual se han utilizado probetas de acero, AISI/SAE 1020 y ASTM A 36 ya que estos materiales son usados en la construcción de facilidades de producción, transporte siendo de mayor uso el acero ASTM A36.

El cual concluyo que en un ambiente marino, el acero ASTM A36 es de mayor resistencia a la corrosión atmosférica que el acero especificado bajo norma AISI/SAE 1020.

Para tener en cuenta que tipos de pintura se puede usar para estructuras que se encuentran en el mar teniendo también como base la norma ISO 9223 “CORROSION OF METALS AND ALLOYS – CORROSIVITY OF ATMOSPHERES – CLASIFICATION”.

### **3.14. MÉTODO PARA EL DIMENSIONADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS**

Según Jorge Aguilera en su estudio “Dimensionado de sistemas fotovoltaicos Autónomos”, 2011, utilizo los siguientes pasos:

- Paso 1. Estimación del consumo
- Paso 2. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles
- Paso 3. Dimensionado del generador fotovoltaico
- Paso 4. Dimensionado del sistema de acumulación
- Paso 5. Dimensionado del regulador
- Paso 6. Dimensionado del inversor
- Paso 7. Dimensionado de la estructura
- Paso 8. Dimensionado de cables

#### **3.14.1. Estimación del consumo**

La demanda de energía impone muchas de las características de la instalación, por lo que en la planificación de las necesidades se debe anotar todo lo relacionado con los diferentes aparatos eléctricos que serán la carga del sistema.

Se deberá calcular la energía que el usuario necesitará diariamente. Para ello se deberá determinar la potencia de todos los aparatos de que constará la instalación, individualmente, junto con el tiempo medio de uso de cada uno de ellos. En caso de duda, tanto la potencia como el tiempo medio de uso se deberán redondear hacia arriba.

Conocidos todos los aparatos, potencias y tiempos de uso la expresión para calcular la energía de consumo, distinguiendo entre los aparatos de corriente alterna y continua será:

$$E_{AC} = \sum P_{i(AC)} \cdot t_{di} \dots\dots\dots (1)$$

$$E_{DC} = \sum P_{i(DC)} \cdot t_{di} \dots\dots\dots(2).$$

Siendo:

$E_{AC}$ : Energía consumida en AC (Wh)

$E_{DC}$ : Energía consumida en DC (Wh)

$P_i$ : Potencia Nominal (W)

$t_{di}$ : Tiempo diario de uso (h)

Para calcular el consumo total, se tendrán en cuenta los rendimientos de las etapas

Existentes aplicando la siguiente expresión:

$$E_T = E_{DC} / n_{Bat} + E_{AC} / (n_{Bat} \times n_{Inv}) \dots \dots (3)$$

Dónde:

$E_T$ : Energía real requerida por el sistema (consumo) (Wh)

$n_{Bat}$  : Rendimiento de la batería

$n_{Inv}$ : Rendimiento del inversor

La energía real requerida  $E_T$ , refleja la energía que el sistema demanda en su conjunto en un día, y es un dato importante a la hora de dimensionar el generador fotovoltaico.

### 3.14.2. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los módulos

Para el cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los módulos fotovoltaicos de la instalación es necesario conocer como dato de partida, al menos la radiación solar incidente en el lugar (valores medios mensuales). Estos datos suelen referirse a superficie horizontal, por lo que por los diferentes métodos existentes se han de calcular a diferentes inclinaciones.



Figura 3.7 : Esquema de colocacion del panel a su ángulo óptimo de inclinación

Fuente: Modulo de Energía Solar Fotovoltaica de Oscar Perpiñán Lamingueiro.



Según el Modulo de Energía Solar Fotovoltaica de Oscar Perpiñán Lamigueiro (2011), propone los siguientes casos:

Cuando la aplicación debe maximizar la producción durante la época de mayor demanda, la ecuación de la inclinación debe ser:

$$\beta = \Phi - 10 \dots \dots \dots (4)$$

Donde  $\Phi$  es la Latitud del lugar.

Cuando la aplicación debe garantizar el suministro a lo largo del año, la ecuación de la inclinación debe ser:

$$\beta = 3,7 + 0,69 \Phi \dots \dots \dots (5)$$

Cuando la aplicación debe garantizar el suministro durante el peor mes, la ecuación de la inclinación debe ser:

$$\beta = \Phi + 10 \dots \dots \dots (6)$$

Con la siguiente ecuación calculamos la Radiación solar Diaria media mensual

$$Ga(\beta_{opt}) = \frac{Ga(0)}{1 - (4.46 \times 10^{-4} \times \beta_{opt}) - (1.19 \times 10^{-4} \times \beta_{opt}^2)} \dots (7)$$

La orientación de los módulos solares es muy importante ya que interesa que los módulos solares capten la mayor cantidad de radiación solar posible.

La orientación se define por el ángulo llamado Azimut, que es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.

En general conviene tener el modulo girado hacia el ecuador terrestre, es decir hacia el norte en el hemisferio sur, como es en nuestro caso, para que durante el día el panel capte la mayor cantidad de radiación posible es decir  $\alpha=0$ .

En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites recogidos en las siguientes ecuaciones:

$$P=100 \times [1.2 \times 10^{-4} \times (\beta-\phi+10)^2+3.5 \times 10^{-5} \times \alpha^2] \quad 15^\circ < \beta < 90 \quad \dots (8)$$

$$P=100 \times [1.2 \times 10^{-4} \times (\beta-\phi+10)^2] \quad 15^\circ < \beta \quad \dots (9)$$

Siendo  $\beta$ ,  $\alpha$  y  $\phi$  la inclinación, orientación del generador y latitud del lugar, respectivamente.

### 3.14.3. Dimensionamiento del generador fotovoltaico.

Una vez que la demanda energética de la carga es conocida, se está en condiciones de dimensionar y saber cuántos paneles fotovoltaicos necesitamos para cubrir la demanda requerida.

El número total de módulos fotovoltaicos que se deben instalar se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\text{N}^\circ \text{ de módulo solar} = \frac{\text{Potencia de instalación}}{\text{Potencia máxima del módulo}} \quad \dots(10)$$

Siendo:

Potencia de instalación en W

Potencia máxima del módulo en W

Conociendo el número de total de paneles que forman el generador fotovoltaico y la tensión nominal de la batería, se puede determinar si es necesario agrupar los módulos en serie y en paralelo.

El número de módulos que habrá que conectar en serie, se calcula así:

$$N_s = V_{\text{Bat}} / V_m \dots \dots \dots (11)$$

Dónde:

$N_s$ : número de módulos en serie por rama

$V_{\text{Bat}}$ : tensión nominal de la batería (V)

$V_m$ : tensión nominal de los módulos (V)

Y el número de ramas en paralelo a conectar para suministra la potencia necesaria, viene Dado por:

$$N_p = N_T / N_s \dots\dots\dots (12)$$

Siendo  $N_p$  el número de módulos a conectar en ramas paralelo.

**3.14.4. Dimensionamiento del sistema de acumulación.**

Recordamos que los dos parámetros importantes para el dimensionado de la batería son la máxima profundidad de descarga y el número de días de autonomía. Para definir el tamaño del acumulador, se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

**Máxima Profundidad de Descarga:**

Es el nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes de la desconexión del regulador, para proteger la duración de la misma. En baterías estacionarias de plomo-ácido un valor adecuado de este parámetro es de 0.6.

**·Días de Autonomía:**

Es el número de días consecutivos que en ausencia de Sol, el sistema de acumulación es capaz de atender el consumo, sin sobrepasar la profundidad máxima de descarga de la batería. Los días de autonomía posibles, dependen entre otros factores del tipo de instalación y de las condiciones climáticas del lugar

Por lo tanto la ecuación de la capacidad nominal de la batería será:

$$C_n \text{ (Wh)} = \frac{E_T \times N}{\eta \times P_d} \dots\dots\dots (13)$$

$$C_n \text{ (Ah)} = \frac{C_n}{V_{bat}} \dots\dots\dots (14)$$

Dónde:

$C_n$ : Capacidad Nominal de la Batería (Wh) o en (Ah)

$E_T$ :Energía real requerida (Wh)

N: Números de días de autonomía.

$\eta$  : Eficiencia de Batería

$P_d$ : Profundidad de descarga

### 3.14.5. Dimensionamiento del regulador.

A la hora de dimensionar un regulador, el objetivo principal es obtener la corriente máxima que va a circular por la instalación. Por lo tanto se habrá de calcular la corriente que produce el generador y la corriente que consume la carga y la máxima de estas dos corrientes será la que deba soportar el regulador en funcionamiento.

La corriente de corte a la que debe actuar el regulador será fijada en el propio dispositivo, pero ha de soportar la máxima posible que la instalación pueda producir.

La intensidad de corriente que produce el generador es la suma de las intensidades que producen los módulos funcionando a pleno rendimiento:

$$I_G = I_r \times N_R \dots\dots\dots(15)$$

Dónde:

$I_G$ : Corriente producida por el generador (A)

$I_r$ : Corriente producida por cada rama en paralelo del generador (A)

$N_R$ : Numero de ramas en paralelo del generador.

La intensidad que consume la carga se determina teniendo en cuenta todos los consumos al mismo tiempo:

$$I_C = \frac{P_{DC}}{V_{bat}} + \frac{P_{AC}}{V_{DC}} \dots\dots\dots (16)$$

Dónde:

$I_C$ : Corriente que consume la carga (A)

$P_{DC}$ : Potencia de las cargas en DC (W)

$P_{AC}$ : Potencia de las cargas en AC (W)

$V_{bat}$ : Tensión Nominal de la Batería (V)

### 3.14.6. Dimensionamiento del inversor.

Las características de funcionamiento que definen un inversor o convertidor DC –AC son:

- Potencia Nominal (kW)
- Tensión Nominal de Entrada (V)
- Tensión Nominal de Salida (V)
- Frecuencia de operación (Hz)
- Rendimiento (%)

A la hora de dimensionar el inversor se tendrá en cuenta la potencia que demanda la carga AC, de forma que se elegirá un inversor cuya potencia nominal sea algo superior a la máxima demandada por la carga. Sin embargo, se debe evitar el sobredimensionamiento del inversor para tratar de hacerlo trabajar en la zona donde presenta mejores eficiencias.

Se puede resumir la potencia del inversor con esta expresión

$$P_{inv} \approx P_{AC} \dots\dots\dots (17)$$

### 3.14.7. Dimensionamiento de la estructura

Según Miguel Pareja Aparicio en su publicación “Calculo de una instalación fotovoltaica aislada”, 2010, utilizo:

#### **Efectos de sombras y distancia mínima entre paneles**

Cuando se va a proceder a realizar una instalación de los módulos fotovoltaicos, influyen las sombras que pueden proporcionar obstáculos próximos, o por otros módulos cuando hay varias alineaciones de módulos.

Para calcular la distancia (d) se puede obtener sabiendo la altura (h).

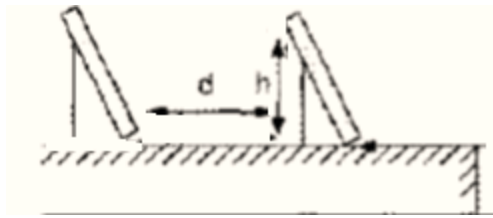


Figura 3.8 : Distancia entre paneles y posibles obstáculos.

Fuente: Calculo de una instalación fotovoltaica aislada de Miguel Parejo.

$$d = \frac{h}{\tan(67^\circ - \emptyset)} \dots\dots\dots (18)$$

Dónde:

d =Distancia mínima desde el obstáculo a los módulos.

h =Altura de obstáculo.

$\emptyset$  =Latitud del lugar.

- **Calculo de la sombra de un módulo fotovoltaico.**

Para calcular la distancia entre módulos fotovoltaicos es necesario conocer la altura del módulo. Pero la altura de modulo variara en función de la inclinación y del tamaño. Se observa gráficamente en la figura 3.9:



Figura 3.9: Separación entre paneles.

Fuente: Calculo de una instalación fotovoltaica aislada de Miguel Parejo.

Para calcular la altura en función de la inclinación ( $\beta$ ) y del largo del panel (B), se utiliza la siguiente ecuación:

$$H = B \times \sin \beta \quad (\text{m}) \dots\dots (19)$$

Determinación de la anchura de la estructura formada por los 2 módulos.

$$C = B \times \cos \beta \quad (\text{m}) \dots\dots (20)$$

Determinación de la distancia mínima entre estructura de los módulos fotovoltaicos

$$D = C + L \dots\dots\dots (21)$$

Según el **Reglamento Técnico “Especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos** nos dice lo siguiente:

- Las estructuras de soporte deben ser capaces de resistir, como mínimo, 10 años de exposición a la intemperie sin corrosión o fatiga apreciables. Las estructuras de soporte deben soportar vientos de 120 km/h, como Mínimo.
- El ángulo de inclinación debe optimizar la captación de energía solar durante el peor mes, es decir, el mes con la peor relación entre los valores diarios de la irradiación y el consumo, ambos en media mensual.

Como se sabe las estructuras metálicas tienen grandes enemigos como son la oxidación y la corrosión.

### **3.14.8. Dimensionado del cableado.**

El dimensionamiento del cableado se realiza en función a la forma como están distribuidas las cargas y la ubicación de los equipos, tratando de encontrar la ruta más corta para reducir las pérdidas por longitud del cableado.

Hay que diferenciar entre la tensión que alimenta al circuito de corriente continua y el de corriente alterna.

### 3.15. DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES DE LAS LÍNEAS DE CORRIENTE CONTINÚA

Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean inferiores al 3 % entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga, inferiores al 1 % entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al 5 % entre el regulador de carga y las cargas.

**Fuente:** el ministerio de Energía y Minas - dirección general de electricidad.

Ecuación para el dimensionamiento de la sección de conductor:

$$S_m = \frac{2 \times L_{RAMAL} \times I_{CC}}{\Delta V_{RAMAL} \times N_s \times \sigma} \dots (22)$$

Dónde:

$S_m$  : Sección máxima del conductor ( $\text{mm}^2$ ).

$L_{RAMAL}$ : Longitud del total del cable en el ramal (m).

$I_{CC}$  : Corriente de cortocircuito del módulo (A).

$\Delta V_{RAMAL}$ : Máxima caída de tensión permisible (%).

$\sigma$  : Conductividad del cobre ( $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ ).

$N_s$  : Numero de celdas conectadas en serie.

### 3.16. COSTOS DE UN SISTEMA RENOVABLE

El costo de inversión de un sistema renovable está compuesto por el costo de sus componentes, su transporte e instalación. Además, debemos tomar en cuenta los costos de mantenimiento y de reemplazo.

Teniendo en cuenta que la energía solar fotovoltaica es la más desarrollada en el Perú, pondremos un ejemplo con un sistema fotovoltaico. El precio de los módulos solares y los sistemas fotovoltaicos se expresa en dólares por Watt Pico (US\$/Wp). Al negociar, asegúrese de saber acerca de qué está hablando: “precio del módulo” o el “precio del



sistema”. Un sistema fotovoltaico completo encierra mucho más que un módulo, pero el costo de ambos se expresa en Wp, por lo que resulta fácil confundirse. Asimismo, debe tener en cuenta que el precio para compradores individuales (precio minorista) es más alto que el del mercado internacional (precio mayorista).

### **3.16.2. INVERSOR**

El precio de un inversor depende de su potencia. Puede calcularse en 700 a 1000 US\$/Kw. Los precios para los dispositivos varían mucho y deberían obtenerse de los proveedores.

### **3.16.3. ESTRUCTURA**

Los precios de estructura de soporte varían mucho y deberían obtenerse de los proveedores. Es más recomendable trabajar con un proveedor conocido y que ya tenga una cierta experiencia en energía renovable, para que pueda ofrecer un producto bastante adaptable a las necesidades de los sistemas.

### **3.16.4. CABLEADO Y DEMÁS DISPOSITIVOS**

Los cables eléctricos deben ser seleccionados de acuerdo al manual técnico respectivo, por lo que este costo es esencial para la cotización final. Además, hay que prever si se necesitarán interruptores, tomacorrientes, adaptadores, convertidores, etc.

### **3.16.5. CONSTRUCCIÓN CIVIL Y OTROS TRABAJOS DE ADECUACIÓN**

Es recomendable, si así fuera posible, realizar una visita de campo al lugar donde se instalará el sistema renovable. Esta visita nos permitirá identificar qué otros trabajos de adecuación para el sistema son necesarios. En el caso que debamos hacer bases de cemento, cercos de protección, casas de fuerza u otra construcción o trabajo adicional, éste será necesario cotizarlo y añadirlo al resto de costos.

## **3.17. COSTOS DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Los costos de instalación del sistema solar son tomados casi siempre como un porcentaje del costo de capital: 10 - 20%. Naturalmente estos costos también dependen del transporte, por lo tanto hay que calcular este costo para cada caso. No es lo mismo instalar un sistema renovable en el sector urbano o cerca de una gran ciudad, donde los costos de transporte

son accesibles, a instalarlo en el sector rural o en zonas aisladas, donde es más probable que se deba utilizar hasta animales de carga para llegar al sitio de instalación. El costo de mantenimiento de un sistema solar está calculado en 2 - 3% del costo de inversión por año. El tiempo de vida de los paneles solares puede ser de 15 a 25 años. El tiempo de vida de las unidades de control puede ser de 10 años. El cambiar una batería resulta mucho más caro. Las baterías solares duran de 4 a 5 años aproximadamente; por ende, durante el tiempo de vida de un sistema fotovoltaico éstas deberán ser reemplazadas varias veces.

### **3.18. VAN, TIR Y PAY-BACK**

Para un estudio de la viabilidad y rentabilidad de los proyectos, se ha tomado como indicadores los resultados dados por el método del TIR y el VAN. Se han utilizado hojas EXCEL de Microsoft para realizar el estudio. En ellas, y según las suposiciones especificadas en este informe, se han calculado los gastos e ingresos de la instalación solar.

#### **3.18.2. VAN**

El valor del VAN (Valor Actual Neto) es la suma de los valores actualizados de todos los flujos de caja esperados del proyecto, deduciendo el valor de la inversión. Mide la viabilidad del proyecto y se representa mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} \dots\dots\dots (23)$$

#### **DONDE:**

$Q_n$  :flujo de caja

I : El valor de desembolso inicial

n :Numero de períodos

r : Interes

Valor significativo:

$VAN > 0$  La inversión producirá ganancia

$VAN < 0$  La inversión producirá Perdidas

VAN = 0 La inversión no producirá pérdidas ni ganancias

### **3.18.3. TIR**

El TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) mide la rentabilidad del proyecto. Es la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto de una inversión sea igual a cero.

Se considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la exigida por el inversor.

### **3.18.4. PAY-BACK**

El período de recuperación o PayBack estático, es el tiempo que un proyecto tarda en devolver los fondos que se le asignaron, siendo un indicador de riesgo, ya que cuanto mayor tarde en recuperarse la inversión, mayor será la incertidumbre, y afectará a la rentabilidad del mismo.

## **3.19. GASES DE EFECTO INVERNADERO CAUSADOS POR LA COMBUSTIÓN DE DIÉSEL B5.**

### **➤ GASES DE EFECTO INVERNADERO :**

Se denominan gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria. Esos gases contribuyen más o menos de forma neta al efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y, de forma sustancial, por la cantidad de moléculas del gas presentes en la atmósfera.

Existen seis gases de efecto invernadero reconocidos por el Protocolo de Kyoto:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Hidrofluorocarburos (HFC)

- Perfluorocarburos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF)

### **3.20. GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS INDUSTRIAS:**

Procesos industriales y manufactureros se combinan para producir todo tipo de gases de efecto invernadero, en particular grandes cantidades de CO<sub>2</sub>. Las razones son dos, en primer lugar, muchas compañías manufactureras usan directamente combustible fósil para obtener el calor y vapor necesarios para las diferentes etapas en la línea de producción. Segundo, al utilizar más electricidad que cualquier otro sector, el nivel de emisiones producidas es mayor.

Al hablar de producción industrial nos referimos principalmente a la manufactura, construcción, producción minera y agricultura. La industria manufacturera es la más relevante de las cuatro y a su vez se puede subdividir en 5 sectores que son: la de papel, comida, refinerías de petróleo, químicos, metal y productos de base mineral. Gran parte de las emisiones producidas de CO<sub>2</sub> por la producción industrial se centran en estas cinco categorías. Los factores a considerar para el cálculo de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las Industrias por el uso de Diesel B5 para nuestro informe se encuentran en la tabla 3:4 que fue tomado estos datos del Reporte de emisiones de Gases de Efecto Invernadero-PETROPERU S.A

Tabla 3:4 Factores de emisión de GEI por defecto para la combustión estacionaria en las industrias.

|                            | CO <sub>2</sub>        | CH <sub>4</sub>        | N <sub>2</sub> O        | PCI    | Densidad |
|----------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------|----------|
|                            | kg CO <sub>2</sub> /GJ | kg CH <sub>4</sub> /GJ | kg N <sub>2</sub> O /GJ | kg/GJ  | kg /L    |
| <b>Combustible</b>         |                        |                        |                         |        |          |
| <b>Gasohol</b>             | 69.3                   | 0.0030                 | 0.0006                  | 0.0430 | 0.7390   |
| <b>Diesel 2</b>            | 74.1                   | 0.0030                 | 0.0006                  | 0.0430 | 0.8450   |
| <b>Diesel B5</b>           | 73.9                   | 0.0030                 | 0.0006                  | 0.0422 | 0.8422   |
| <b>Petróleo Industrial</b> | 77.4                   | 0.0030                 | 0.0006                  | 0.0404 | 0.9500   |
| <b>GLP</b>                 | 63.1                   | 0.0010                 | 0.0001                  | 0.0473 | 0.5420   |
| <b>Gas natural</b>         | 56.1                   | 0.0010                 | 0.0001                  | 0.0010 |          |
| <b>Gas del regenerador</b> | 97.5                   | 0.0030                 | 0.0006                  | 0.0000 |          |
| <b>Gas acido</b>           | 57.6                   | 0.0010                 | 0.0001                  | 0.0007 |          |

a) Los valores representan el 100% de oxidación del contenido de carbono del combustible.

b) Los valores determinados para el Diesel B5 se obtuvieron ponderando los valores de sus 2 constituyentes el Diesel 2(95%) Y Biodiesel B100 (5%).

c) Se han considerado los factores de emisión de coque de petróleo. Esta categoría también incluye el coque catalizador depositado en el catalizador durante los procesos de refinación que no es recuperable y suele quemarse como combustible de refinación.

d) Valor proporcionado por la Superintendencia Técnica de Gerencia Refinería Talara.

e) Valores definidos en el cálculo del índice de Intensidad energética de Refinería Talara 2013.

Fuente: IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios Nacionales de gases de efecto invernadero. (Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., Nigara T. y Tanabe. Eds). Vol. II IGES, Japón.

### 3.21. GASES IMPLICADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL GAS DE EFECTO INVERNADERO

#### A. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

- Producido por la combustión de combustibles fósiles para propósito energético.

#### B. Metano (CH<sub>4</sub>)

- Producida por fermentación anaeróbica en vertederos
- Tratamiento aeróbico de agua residual
- Estiércol animal.

#### C. Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O )

- Se aplica a varios compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente.

- Formado por el proceso de digestión del estiércol del animal

#### D. Hidroflucarbono

- Producida por la fuga de refrigerantes utilizados en los equipos refrigeradores y acondicionadores de aire.
- Producido por la fuga en material aislante de calor usado en edificios y casas.

#### E. Perfluorcarbono

- Uso de materiales fundentes en proceso de limpieza de metal
- Uso de agentes de grabado en proceso de producción de semiconductores.

#### F. Sulfuro hexafluorido

- Usado como gas de cubierta para proceso de fundición del magnesio
- Usado como gas aislante de electricidad

### ➤ **COMBUSTIBLE USADO EN LA DESCARGA DE PESCADO EN LA INDUSTRIA PESQUERA**

Fuente: Hoja de datos de Combustibles. PETROPERÚ, 2013.

#### **COMBUSTIBLE DIESEL B5**

El Diesel B5 S-50 es un combustible constituido por una mezcla de Diesel N°2 S-50 y 5% en volumen de Biodiesel (B100).

- Diesel N°2 S-50.- Combustible derivado de hidrocarburos, destilado medio, obtenido de procesos de refinación que presenta un contenido de azufre máximo de 50 partes por millón.
- Biodiesel (B100).- Combustible diesel derivado de recursos renovables, puede ser obtenido a partir de aceites vegetales o grasas animales. Cumple con las especificaciones de calidad establecidas en la norma nacional e internacional. Este combustible prácticamente no contiene azufre.

## Características técnicas

- Combustible limpio, presenta muy bajo contenido de azufre, por lo cual favorece la protección del ambiente al disminuir las emisiones contaminantes.
- Elevado índice de cetano con respecto a la especificación, que asegura una excelente calidad de ignición, arranque rápido y menor ruido del motor.
- Excelente lubricidad al incrementarse el porcentaje de biodiesel de 2 a 5%.

## ECUACIONES PARA LA DETERMINACION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

### Balance de energía

$$m_{DB5} = \frac{POT_{Sal}}{n_{GG.EE} \times PCI_{DB5}} \dots\dots(24)$$

Dónde:

$\dot{m}_{DB5}$  : Flujo másico de DB5. ( *kg/h* )

$n_{GG.EE}$  : Eficiencia del GG.EE.

$POT_{Sal}$ : Potencia entregada por el GG.EE. (kW)

$PCI_{DB5}$  : Poder Calorífico Inferior de DB5.( *kJ/kg* )

Flujo volumétrico:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \dots\dots\dots(25)$$

Dónde:

$\dot{V}$ : Flujo volumétrico(Gal/h)

$\dot{m}$ : Flujo másico (kg/h)

$\rho$ : Densidad de DB5 (kg/Gal)

Costo específico del consumo de Diesel B5.

$$cost_{comb} = \text{Consumo DB5(cc)} \times \text{Precio de DB5(ce)} \dots (26)$$

Dónde:

$cost_{comb}$ : Costo específico del consumo de Diesel B5 (U\$\$/día)

cc: Consumo combustible (Gal/día)

ce: Precio de Diesel B5 (U\$\$/Gal)

Energía producida por año:

$$E_{año} = \frac{n_{GG.EE} \times \dot{m}_{DB5} \times PCI_{DB5} \times HO}{10^6} \dots (27)$$

Dónde:

$E_{año}$ : Energía producida anualmente

$n_{GG.EE}$ : Eficiencia del GG.EE.

$\dot{m}_{DB5}$ : Flujo másico de DB5. (  $kg/h$  )

$PCI_{DB5}$  : Poder Calorífico Inferior de DB5. (  $kJ/kg$  )

HO: Horas de operación al año (h/año).

Emisiones de gases de efecto invernadero

$$E_{GEI} = F_{GEI} \times E_{año} \dots (28)$$

Dónde:

$E_{GEI}$ : Emisiones de gases de efecto invernadero

$F_{GEI}$ : Factor de gases de efecto invernadero

$E_{año}$ : Energía producida anualmente

### 3.22. EFECTOS DEL CLIMA EN LOS PANELES SOLARES

Cuando inviertes en un sistema de energía solar, naturalmente te preocuparás acerca de los efectos del clima en los esenciales paneles solares. Situados a la intemperie, mirando hacia el cielo, están expuestos a todas las condiciones climáticas, no sólo a los beneficios de la



luz solar. A pesar de su apariencia frágil, los paneles solares pueden soportar condiciones climáticas bastante extremas y permanecer ilesos.

- **Absorción reducida**

El efecto más común de las inclemencias del tiempo sobre los paneles solares es reducir su capacidad para absorber la energía solar. Las nubes que cubren el sol puede reducir la absorción de energía de paneles fotovoltaicos, paneles solares, hasta por 50 por ciento y más, dependiendo de cuánta luz solar difundan. Sin embargo, siempre y cuando haya luz en el cielo, tus paneles deberían recolectar algo de energía solar, incluso si el sol no está brillando directamente sobre sus superficies.

- **Condiciones climatológicas en Chimbote**

El clima de Chimbote es templado desértico y oceánico, la media anual de temperaturas máximas y mínimas es de 24.1 °C y 15.7 °C respectivamente tiene una humedad relativa máxima de 75.7% y los vientos son constantes todo el año con velocidades promedio de 30 a 40 Km/h. Los Valores de la radiación Global media mensual y otras condiciones climatológicas de la ciudad de Chimbote se han obtenido de la página web de la NASA que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.5 Valores de la radiación global media mensual.

| NASA meteorología de superficie y Energía solar |                      |                  |                                    |                                  |                      |                          |
|---|----------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Latitud: -9.064 / Longitud :-78.341             |                      |                  |                                    |                                  |                      |                          |
| Descripción                                     |                      |                  | Unidad                             | Ubicación de los datos del clima |                      |                          |
| Latitud   |                      |                  | N°                                 | -9.064                           |                      |                          |
| Longitud  |                      |                  | °E                                 | -78.341                          |                      |                          |
| Calefacción temperatura de diseño               |                      |                  | °C                                 | 15.65                            |                      |                          |
| Enfriamiento temperatura de diseño              |                      |                  | °C                                 | 24.65                            |                      |                          |
| Mes   | Temperatura del aire | Humedad relativa | Diario Radiación solar: horizontal | Presión atmosférica              | Velocidad del viento | Temperatura de la tierra |
|   | °C                   | %                | kWh/m <sup>2</sup> /d              | Kpa                              | m/s                  | °C                       |
| Enero   | 20.1                 | 75.7             | 7,07                               | 90.3                             | 3.1                  | 23.3                     |
| Febrero   | 20.9                 | 75.7             | 7,09                               | 90.3                             | 3                    | 23.5                     |
| Marzo   | 21                   | 74.8             | 6,98                               | 90.3                             | 3                    | 23.7                     |
| Abril   | 21.1                 | 68.2             | 6,34                               | 90.3                             | 3.3                  | 23.7                     |
| Mayo  | 21                   | 60.6             | 5,12                               | 90.3                             | 3.7                  | 23                       |
| Junio   | 20.6                 | 55.2             | 3,72                               | 90.3                             | 4.4                  | 22.1                     |
| Julio   | 20.4                 | 51.6             | 3,67                               | 90.4                             | 4.3                  | 21.9                     |
| Agosto  | 20.4                 | 50.5             | 3,94                               | 90.4                             | 4.3                  | 22.5                     |
| Septiembre                                      | 20.2                 | 54.1             | 4,42                               | 90.3                             | 4.2                  | 23.3                     |
| Octubre   | 19.8                 | 59.2             | 5,42                               | 90.3                             | 3.7                  | 23.7                     |
| Noviembre                                       | 19.4                 | 64.5             | 6,22                               | 90.3                             | 3.5                  | 23.6                     |
| Diciembre                                       | 19.8                 | 70.5             | 6,83                               | 90.3                             | 3.5                  | 23.6                     |
| <b>Anual</b>                                    | <b>20.4</b>          | <b>63.4</b>      | <b>5.57</b>                        | <b>90.3</b>                      | <b>3.7</b>           | <b>23.2</b>              |

Fuente : <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

# **CAPITULO IV**

## **RESULTADOS**

## 4. 1.DIMENSIONADO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

### 4.1.1. Estimación del consumo

- **Determinación de la demanda de energía diaria de la plataforma de descarga de pescado.**

En las siguientes tablas se aprecian los equipos consumidores de energía con su potencia instalada y un estimado de su consumo diario.

A. Equipos que consumen energía de corriente alterna.

Tabla 4.1: *Demanda de la potencia y de la energía necesaria para la plataforma de descarga.*

| EQUIPOS ACCIONADOS POR GG.EE. FG Wilson P40-3S |          |               |                    |                     |                   |
|--|----------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| ELEMENTO DE CONSUMO                            | Cantidad | Potencia (kW) | Potencia Total(kW) | Utilización (h/día) | Consumo (kWh/día) |
| <b>Consumos en corriente Alterna</b>           |          |               |                    |                     |                   |
| Electrobomba de agua de limpieza               | 1        | 1,8           | 1,8                | 1,5                 | 2,7               |
| Esmeril de banco                               | 1        | 0,55          | 0,55               | 1                   | 0,55              |
| Máquina de soldar                              | 1        | 4             | 4                  | 0,80                | 3.1               |
| Consumo Total Corriente Alterna                |          |               | 6.35               |                     | 6.35              |

B. Equipos que consumen energía de corriente continua.

Tabla 4.2: *Demanda de la potencia y de la energía necesaria para la plataforma de descarga.*

| EQUIPOS ACCIONADOS POR GG.EE. FG Wilson P40-3S |          |               |                    |                     |                   |
|--|----------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| ELEMENTO DE CONSUMO                            | Cantidad | Potencia (kW) | Potencia Total(kW) | Utilización (h/día) | Consumo (kWh/día) |
| <b>Consumos en corriente continua</b>          |          |               |                    |                     |                   |
| Lum. tubo fluorescente T8 10 W/24V DC          | 20       | 0.01          | 0.2                | 6                   | 1,2               |
| Lum. tubo fluorescente T8 15 W/24V DC          | 15       | 0.015         | 0.225              | 6                   | 1,35              |
| Lum. tubo fluorescente T8 20W/24V DC           | 25       | 0.02          | 0.5                | 6                   | 3                 |
| Lámpara Reflector de 40 w/24V DC               | 6        | 0.04          | 0.24               | 6                   | 1,44              |
| Consumos en corriente Directa                  |          |               | 0.965              |                     | 5.79              |

Recordamos que las eficiencias de la batería y del inversor influyen en el cálculo de la energía total necesaria. Si se tiene en cuenta el esquema básico de un SFVA con cargas DC y AC, se puede comprobar como la eficiencia del inversor solamente afecta al consumo AC. La suma de ambos consumos nos da 12.14 kWh.

Se tomaron eficiencias de 90% y 95% para batería e inversor respectivamente, de la ecuación (3) se obtiene:

$$E_T = 13,7 \text{ kWh}$$

Tabla 4.3: Valores de la radiación global media mensual.

| Mes          | Radiación Solar Diaria(kWh/m <sup>2</sup> / día) |
|--------------|--|
| ENERO        | 7,07   |
| FEBRERO      | 7,09   |
| MARZO        | 6,98   |
| ABRIL        | 6,34   |
| MAYO         | 5,12   |
| JUNIO        | 3,72   |
| <b>JULIO</b> | <b>3,67</b>                                      |
| AGOSTO       | 3,94   |
| SEPTIEMBRE   | 4,42   |
| OCTUBRE      | 5,42   |
| NOVIEMBRE    | 6,22   |
| DICIEMBRE    | 6,83   |

Fuente: Superficie de la NASA la meteorología y la energía

#### 4.1.2. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los módulos

La inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación  $\beta$ , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal.

Según la ecuación (6) para una latitud de  $\Phi=9,06^\circ$  se obtiene:

$$\beta = 19,06^\circ$$

Usaremos:

$$\beta = 20,0^\circ$$

Con la siguiente ecuación calculamos la Radiación solar diaria media mensual con

$$\beta = 20,0^\circ$$

De la ecuación 7 obtenemos el potencial de la radiación solar diaria con el ángulo de inclinación óptimo  $\beta = 20.0^\circ$  que se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: *Valores de la radiación Global media mensual con  $\beta = 20.0^\circ$*

| Mes          | Radiación Solar Diaria $\beta = 20^\circ$ (kWh/ m <sup>2</sup> / día) |
|--------------|---|
| ENERO        | 7,43  |
| FEBRERO      | 7,51  |
| MARZO        | 7,40  |
| ABRIL        | 6,72  |
| MAYO         | 5,43  |
| JUNIO        | 3,96  |
| <b>JULIO</b> | <b>3,92</b>   |
| AGOSTO       | 4,18  |
| SEPTIEMBRE   | 4,68  |
| OCTUBRE      | 5,74  |
| NOVIEMBRE    | 6,59  |
| DICIEMBRE    | 7,24  |

#### 4.1.3. Selección de los módulos fotovoltaicos

Para la selección de los módulos fotovoltaicos se tendrá en cuenta algunas consideraciones:

- **Terreno a ocupar:**

El techo plataforma de descarga de la tiene una longitud de 25 metros y ancho de 6 metros.

$$\text{Área} = \text{longitud} \times \text{ancho}$$

$$\text{Área} = 25 \times 6$$

$$\text{Área} = 150 \text{ m}^2$$

- Tecnología de los módulos Fotovoltaicos

Para la elección del módulo fotovoltaico a utilizar en la instalación, se ha realizado una comparativa entre varias tecnologías en el mercado.

Para este diseño se usó módulos fotovoltaicos de silicio Policristalino.

- **Potencia a instalar:**

De acuerdo a lo calculado en la demanda de energía de la plataforma de descarga se necesitan 12,14 kWh para satisfacer la demanda de iluminación y otros.

También se consideró el área de terreno a ocupar para determinar la cantidad de módulos, de tal forma que estos pueden entrar en las áreas disponibles para satisfacer la necesidad de los equipos accionados por GG.EE. FG Wilson P40-3S (iluminación y otros).

De acuerdo a la potencia que necesitamos generar, se selecciona el mejor arreglo de paneles, esto permite satisfacer las condiciones impuestas por la carga eléctrica, con un determinado grado de confiabilidad para el sistema, con factor de diseño de 1 200 w/m<sup>2</sup> (Fuente : Implementación de un sistema de electrificación solar rural en casa hacienda en Cañete –Perú), el cual considera las pérdidas globales del sistema de generación, la cual es relacionada con la radiación solar diaria y la demanda total a satisfacer mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1200 \times 13.7}{3.92}$$

$$P = 4,2 \text{ kW}$$

Tabla 4. 5: *Modelos de módulos fotovoltaicos a seleccionar*

| Marca              | Modelo           | Capacidad(Wp) | Precio(\$/Mod) | N° Módulos | Costo Final(\$) |
|--------------------|------------------|---------------|----------------|------------|-----------------|
| SHINE SOLAR        | SS60-36P         | 60            | 90             | 72         | 6480,00         |
| DANKOFF SOLAR      | 51106            | 75            | 105            | 58         | 6090,00         |
| SHINE SOLAR        | SS80-36P         | 80            | 112            | 54         | 6048,00         |
| DANKOFF SOLAR      | 51106            | 85            | 120            | 50         | 6000,00         |
| <b>SHINE SOLAR</b> | <b>SS100-36P</b> | <b>100</b>    | <b>130</b>     | <b>42</b>  | <b>5460,00</b>  |
| SHINE SOLAR        | SS120-36P        | 120           | 165            | 36         | 5940,00         |



Teniendo en cuenta lo anterior se ha elegido el modulo fotovoltaico de la empresa SHINESOLAR modelo SS100-36P, de 100 Wp potencia nominal.

Tabla 4. 6: *Características técnicas del módulo fotovoltaico SHINESOLAR SS100-36P, de 100 Wp*

| SHINESOLAR SS100-36P (100 Wp )                       |       |    |
|--|-------|----|
| Potencia Pico (P máx.)                               | 100   | Wp |
| Tensión de circuito Abierto (V ca)                   | 22,39 | V  |
| Intensidad de curto-circuito (I cc)                  | 5,88  | A  |
| Tensión en el punto de máxima Potencia (V máx. P)    | 18,21 | V  |
| Intensidad en el punto de máxima Potencia (I máx. P) | 5,51  | A  |
| Eficiencia del modulo                                | 15,3  | %  |
| Largo  | 1020  | mm |
| Ancho  | 670   | mm |
| Espesor  | 30    | mm |
| Peso   | 9,5   | kg |

P máx. Viene a ser la potencia pico (Wp) y es la máxima potencia que puede generar el modulo con una radiación de 1 000 W/m<sup>2</sup> (Condiciones de día claro)

- **Cálculo del N° de módulos solares**

Como una aproximación para saber cuántos módulos se necesitan, utilizaremos la siguiente ecuación:

Para una potencia de instalación de 4,2 kW y potencia del módulo de 100 Wp, de la ecuación (10) se obtiene:

$$N^{\circ} \text{ de modulo solar} = 42 \text{ Módulos.}$$

- **Cálculo del número máximo de módulos por ramal o modulo conectados en serie:**

Conociendo el número de total de paneles que forman el generador fotovoltaico y la tensión nominal de la batería, se puede determinar si es necesario agrupar los módulos en serie y en paralelo. El número de módulos que hay que conectar en serie se obtiene con la siguiente ecuación:

Para una tensión de batería de 24V y una tensión de módulo de 12V, de la ecuación (11) se obtiene:

$$N_s = \frac{24V}{12V}$$

$$N_s = 2 \text{ Módulos en serie}$$

Para un número total de módulos de 42 y un número de módulos en serie por rama de 2, se obtiene de la ecuación (12) el número de módulos a conectar en ramas paralelas:

$$N_s = \frac{42}{2}$$

$$N_p = 21 \text{ ramales en paralelo}$$

#### **4.1.4. Dimensionado del sistema de acumulación.**

- **Dimensionado de la batería.**

Recordamos que los dos parámetros importantes para el dimensionado de la batería son la máxima profundidad de descarga y el número de días de autonomía.

El ministerio de energía y minas en su resolución directoral N° 030-2005 EM/DGE toma como criterio de aceptación para los días de autonomía los valores comprendidos  $3 < N_{AUT} < 5$ ; para nuestro caso tomaremos el número de días de autonomía igual a 4 días, la profundidad de descarga igual a 0,6 y una eficiencia de batería de 90%. (Valores considerados por el tipo y modelo de batería utilizados).

Reemplazando en la ecuación (13) para una energía real requerida de 13,7 kWh obtenemos:

$$C_n \text{ (Wh)} = \mathbf{102\ 668\ Wh}$$

Tabla 4. 7: *Características de las baterías disponibles*

| <b>CARACTERISTICAS DE BATERIAS DISPONIBLES</b> |                    |                       |                    |
|--|--------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>BATERIA</b>                                 | <b>TENSION (V)</b> | <b>CAPACIDAD (Ah)</b> | <b>PRECIO (\$)</b> |
| AGM VISION                                     | 24                 | 120                   | 440,00             |
| Sonnenschein S15-90                            | 24                 | 130                   | 610,00             |
| Sonnenschein S12-90                            | 24                 | 195                   | 550,00             |
| AGM VISION                                     | 24                 | 230                   | 915,00             |

De la ecuación (14):

$$C_n \text{ (Ah)} = \mathbf{4278 \text{ Ah}}$$

Como se dispone de cuatro modelos de baterías, se calcula el número de baterías para cada modelo y en función de resultado se escogerá la más óptima lo cual se resume en la siguiente tabla:

Tabla 4. 8: *Resultados de la selección de la batería óptima.*

| <b>CARACTERISTICAS DE BATERIAS DISPONIBLES</b> |                       |                 |                    |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------|
| <b>BATERIA</b>                                 | <b>CAPACIDAD (Ah)</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>PRECIO (\$)</b> |
| AGM VISION                                     | 120                   | 36              | 15 881,58          |
| Sonnenschein S15-90                            | 130                   | 33              | 20 078,98          |
| <b>Sonnenschein S12-90</b>                     | <b>195</b>            | <b>22</b>       | <b>12 087,42</b>   |
| AGM VISION                                     | 230                   | 19              | 17 370,83          |

Se escoge la batería Sonnenschein S12-90 por ser la solución más económica.

#### **4.1.5. Dimensionado del regulador.**

A la hora de dimensionar un regulador, el objetivo principal es obtener la corriente máxima que va a circular por la instalación. Por lo tanto se habrá de calcular la corriente que produce el generador y la corriente que consume la carga y la máxima de estas dos corrientes será la que deba soportar el regulador en funcionamiento.

La corriente de corte a la que debe actuar el regulador será fijada en el propio dispositivo, pero ha de soportar la máxima posible que la instalación pueda producir.

La intensidad de corriente que produce el generador es la suma de las intensidades que producen los módulos funcionando a pleno rendimiento:

De la ecuación (15) para una Corriente producida por cada rama en paralelo del generador igual a 5,51 A y un número de ramas en paralelo del generador igual a 21 obtenemos.

$$I_G = 115,7 \text{ A}$$

La intensidad que consume la carga se determina teniendo en cuenta todos los consumos al mismo tiempo:

Usando la ecuación (16) para una potencia de las cargas en DC 965W, una potencia de las cargas en AC de 6 350W y para tensiones en DC de 24V y 220V en AC obtenemos la siguiente corriente de carga:

$$I_C = 69 \text{ A}$$

De estas dos corrientes, la máxima de ambas será la que el regulador deberá soportar, y será la que se utilice para su elección.

$$I_R = \text{Max} (115,7; 69)$$

$$\mathbf{I_R= 116 A}$$

El Regulador deberá tener una capacidad de 120 A.

**Después de realizar el cálculo determinamos usar el regulador Solar Display de 120 A.**

#### 4.1.6. Dimensionado del Inversor.

Se usaran dos inversores:

1. Inversor Ingecon sun lite 2,5 LT; para la demanda de la electrobomba de limpieza y esmeril de banco.
2. Inversor Ingecon sun lite 3,3 LT; para la demanda de la máquina de soldar.

Se puede resumir la potencia del inversor con esta expresión

$$P_{inv1} \approx P_{AC} = 2,75 \text{ kW}$$

$$P_{inv2} \approx P_{AC} = 3,6 \text{ kW}$$

**Se determinó usar inversor Ingecon sun lite 2,5 TL y inversor Ingecon sun lite 3,3 TL.**

#### 4.1.7. Dimensionamiento de la estructura.

De la ecuación (18) para  $h=2,50$  metros que es la altura de la caseta de vigilancia que se encuentra en el techo de la plataforma de descarga, latitud  $\varnothing=9,06^\circ$  se obtiene la distancia desde la caseta de vigilancia a los módulos.

$$d = 1,60 \text{ m}$$

- **Calculo de la sombra de un módulo fotovoltaico.**

Tabla 4. 9: *Características físicas del módulo fotovoltaico SHINESOLAR SS100-36P, de 100 Wp*

| SHINESOLAR SS100-36P | Cantidad | UND |
|----------------------|----------|-----|
| Largo                | 1020     | Mm  |
| Ancho                | 670      | Mm  |
| Espesor              | 30       | Mm  |
| Peso                 | 9.5      | Kg  |

De la ecuación (19) para ancho  $B= 0.670$  metros, obtenemos una altura de la estructura formada  $H$  igual:

$$H = 23 \text{ cm}$$

De la ecuación (20) una altura de la estructura formada  $H= 23$  cm obtenemos:

$$C = 63 \text{ cm}$$

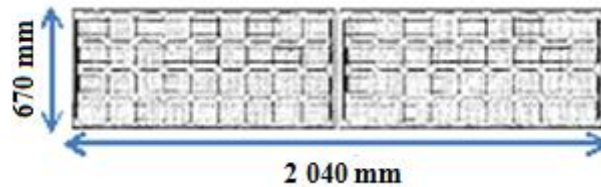
De la ecuación (18) obtenemos:

$$L= 15 \text{ cm}$$

Para la determinación de la distancia mínima entre estructura de los módulos fotovoltaicos usamos la ecuación (21) de lo cual obtenemos:

$$d = 63 + 15$$

$$d = 78 \text{ cm}$$



*Figura 4.1* : Dimensiones de los módulos conectados en serie.

Longitud mínima del techo de la plataforma de descarga necesaria para la instalación:

$$l = 0.78 \times 21 + 1.6 \text{ m}$$

$$l = 18 \text{ m}$$

Ancho necesario para la instalación:

$$a = 2,04 \text{ m}$$

Reemplazando para hallar el área (A):

$$A = 18 \times 2,04$$

$$A = 36,8 \text{ m}^2$$

Tabla 4. 10: *Características técnicas de la estructura modular*

| CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA ESTRUCTURA MODULAR |   |
|---|---|
| Capacidad de módulos                              | Dos módulos                               |
| Material de Estructura                            | Acero Estructural A-36                    |
| Recubrimiento Bicapa                              | Macropoxy 646/Acrolon 218 HS              |
| Ensamblaje de Módulos                             | Tornillería en Acero Inoxidable AISI 316L |
| Modulo a Instalar                                 | Módulo Policristalinos.                   |
| Dimensión Máxima del Modulo                       | 1020 mm                                   |
| Dimensiones de la estructura                      | 2 040*670 mm                              |
| Vientos Máximos                                   | 138 km/h                                  |
| Anclajes al terreno                               | Mediante zapata y unión atornillada.      |

Determinación de la cantidad de material necesario para la estructura del montaje de los paneles solares:

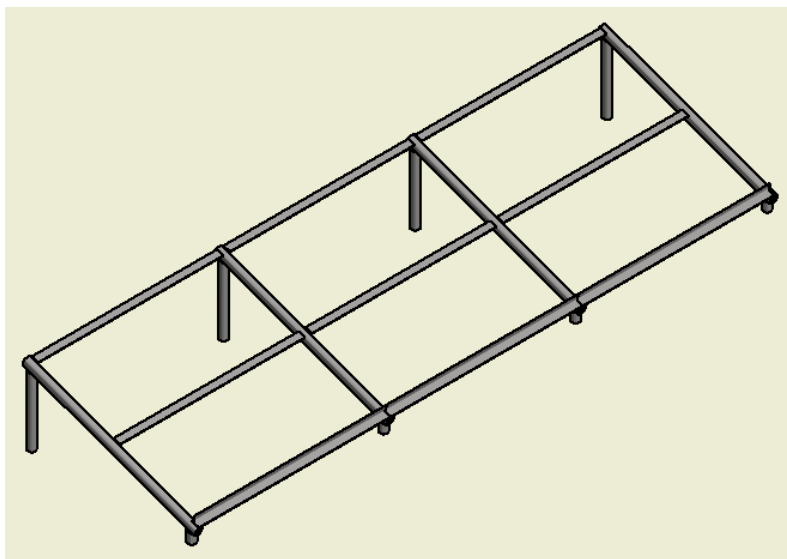


Figura 4.2: Diseño de estructura soporte en Inventor

**Perfil Tipo I:** L 1/2"x 1/2"x 3/16"

Longitud del perfil Tipo I: 6000 mm

Armado de estructura de módulos. Esta constituido de 3 perfiles de 2 040 mm cada uno, para las 21 estructuras y teniendo en cuenta una longitud de 6 000 mm, obtenemos el número de perfiles:

$$N^{\circ}_{total} = 26 \text{ perfiles Tipo I}$$

Son necesarios 26 perfiles Tipo I para la estructura de los paneles fotovoltaicos

**Perfil Tipo II:** Tubo □ 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"

Longitud del perfil Tipo II: 6 000 mm

Armado de estructura de módulos. Esta constituido de 4 perfiles de 670 mm cada uno, para las 21 estructuras y teniendo en cuenta una longitud de 6 000 mm, obtenemos el número de perfiles:

$$N^{\circ}_{total} = 10,5 \text{ perfiles Tipo II}$$

Para el soporte de armado de estructura de módulos también está constituido Perfil Tipo II.

Soporte de estructura de módulos. Está constituido de 4 perfiles de 380 mm cada uno y está constituido de 4 perfiles de 50 mm cada uno, para las 21 estructuras y teniendo en cuenta una longitud de 6 000 mm, obtenemos el número de perfiles:

$$N^{\circ}_{total} = 6,5 \text{ perfiles Tipo II}$$

Teniendo en cuenta las dimensiones y posiciones descritas son necesarios en total 17 unidades de Perfil Tipo II: Tubo □ 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16".

Cantidad de pintura necesaria:

Para el recubrimiento de las estructuras se usó los siguientes productos en la Marca Sherwin Williams.

Base : Macropoxy 646 Rendimiento: 23,24 m<sup>2</sup>/gal

Recubrimiento: Acrolon 218 HS Rendimiento: 32,30 m<sup>2</sup>/gal

\*Nota: Los rendimientos de los 2 tipos de pintura se toma la mitad debido a que se usaran 2 pasadas con cada pintura.



En la siguiente tabla se muestra la cantidad de recubrimiento usado en las estructuras:

Tabla 4. 11: *Valores calculados de la cantidad de pintura para la estructura*

| Recubrimiento de Estructuras |                |                       |                                   |               |
|------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------|
| Estructura                   |                |                       | Rendimiento (m <sup>2</sup> /gal) |               |
| PERFIL                       | Cantidad (Und) | Área(m <sup>2</sup> ) | Macropoxy 646                     | Acrolon 218HS |
| TIPO I                       | 26             | 9,68                  | 12                                | 16            |
| TIPO II                      | 17             | 15,53                 | 12                                | 16            |
| Cantidad(Gal)                |                |                       | 2                                 | 2             |

Son necesarios 2 Gal. de Macropoxy 646 y 2 Gal. Acrolon 218HS para el pintado de nuestras estructuras.

#### 4.1.8. Dimensionado de conductores.

Esquema del sistema fotovoltaico autónomo que muestra los tramos a considerar entre equipo y sus respectivas caídas de tensión

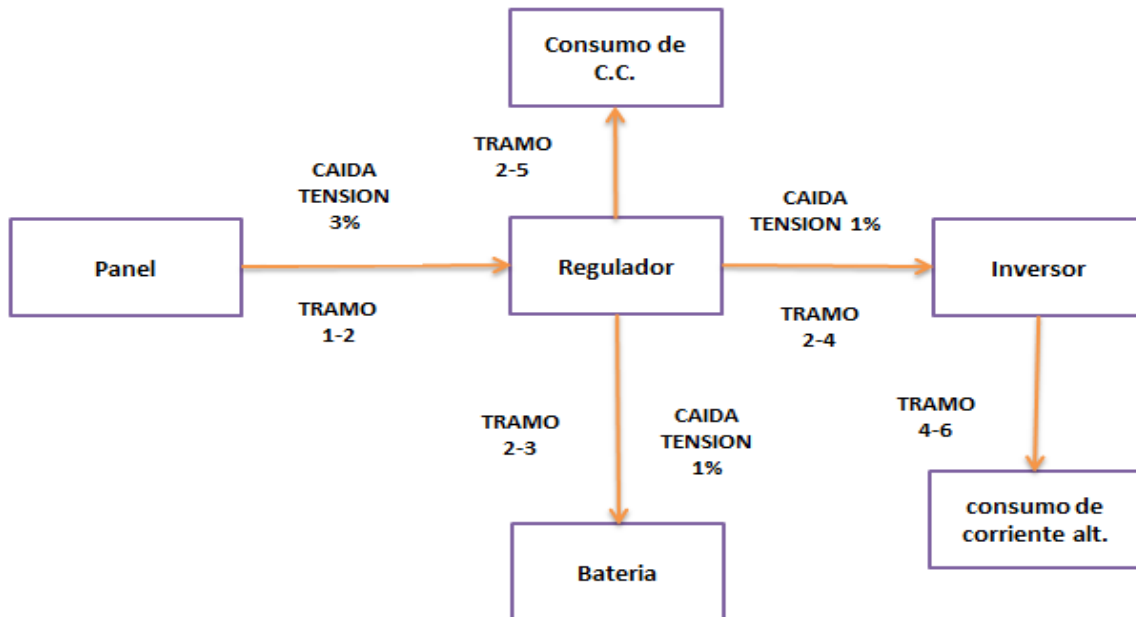


Figura 4.3: Esquema representativo para el dimensionamiento del cableado.

De la ecuación (22) se obtienen la sección máxima del conductor.

➤ **Selección de los Interruptores termo-magnéticos**

**Interruptores termo-magnéticos de la red de corriente continúa:**

En el tramo 2-5 de acuerdo al Cuadro 4.12. Debe soportar una intensidad de 40,21 A, con curva de disparo C.

**Interruptores termo-magnéticos de la red de corriente alterna:**

En el tramo 4-6 de acuerdo al Cuadro 5.13 debe soportar una intensidad de 28,86 A, 220 V.

**Interruptor Diferencial**

Debe ser de sensibilidad 30mA para la protección de las personas.

**4.2. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA PLATAFORMA DE DESCARGA.**

Según PETRO PERÚ las propiedades físicas y químicas de diesel B5 son:

Poder calorífico Inferior PCI = 42 200 kJ/kg

Densidad  $\rho = 860 \text{ kg/m}^3$  o 3,25 kg/ Gal

De la ecuación (24) para una eficiencia de equipo de  $\eta=30\%$  (GG.EE. FG Wilson P40-3S) y una potencia de 36 kW y una carga de trabajo al 75% se obtiene el flujo másico:

$$\dot{m}_{DB5} = 7,68 \text{ kg/h}$$

Tabla 4. 12: Valores de la sección máxima por tramo del SFVa

| TRAMO | LONGITUD (m) | K cobre (m/Ω mm <sup>2</sup> ) | Tensión (V) | INTENSIDAD I <sub>cc</sub> (A) | CAIDA DE TENSION (%) | AREA DE CONDUCTOR (mm <sup>2</sup> ) | CALIBRE AWG |
|-------|--------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------|
| 1-2   | 10           | 56                             | 24          | 123,48                         | 0,72                 | 61,25                                | <b>2/0</b>  |
| 2-3   | 5            | 56                             | 24          | 40,21                          | 0,24                 | 29,92                                | <b>2</b>    |
| 2-4   | 5            | 56                             | 24          | 123,48                         | 0,24                 | 91,88                                | <b>4/0</b>  |
| 2-5   | 10           | 56                             | 24          | 40,21                          | 1,2                  | 11,97                                | <b>6</b>    |
| 4-6   | 10           | 56                             | 220         | 28,86                          | 6,6                  | 1,56                                 | <b>14</b>   |

De la ecuación (25) obtenemos un flujo volumétrico:

$$\dot{V} = 2,4 \text{ Gal/h}$$

De acuerdo a los datos proporcionados por la empresa Exalmar se tiene un costo específico del combustible de 3,25 US\$/Gal.

Para 2 500 horas de funcionamiento anual del GG.EE. FG Wilson P40-3S y el costo específico del combustible con la ecuación (26) se determina el costo del combustible anual.

$$cost_{comb} = 14\,608 \text{ U\$/año}$$

#### **4.3. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS INDUSTRIAS.**

Para:

Eficiencia de GGEE. FG Wilson P40-3S  $\eta=30\%$

Flujo másico de DB5  $\dot{m}_{DB5}=7,68 \text{ kg/h}$

Poder calorífico Inferior PCI = 42 200 kJ/kg

Horas de funcionamiento anual del GG.EE. FG Wilson P40-3S HO=2500

De la ecuación (27) obtenemos la energía producida por año:

$$E_{año} = 243,07 \text{ GJ}$$

Emisiones de gases de efecto invernadero:

De la ecuación (28) obtenemos las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.

$$\text{Emisiones del CO}_2 = 17,96 \frac{\text{tonCO}_2}{\text{Año}}$$

$$\text{Emisiones del CH}_4 = 0,729 \frac{\text{tonCH}_4}{\text{Año}}$$

$$\text{Emisiones del N}_2\text{O} = 0,145 \frac{\text{ton N}_2\text{O}}{\text{Año}}$$

#### **4.4. EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA**

Determinando la rentabilidad de la Inversión, al plantearse el montaje e instalación de Sistema Fotovoltaico Aislado en la Plataforma de descarga.

- **Inversión:**

La inversión es de **45 542,63 U\$\$** como se muestra en la tabla Siguiete:

Tabla 4.13: Presupuesto general del Sistema Fotovoltaico

| PRESUPUESTO GENERAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO |  |   |       |                        |                    |
|--|--|---|-------|------------------------|--------------------|
| ITEM   | DESCRIPCION                                    | Cant.   | Unid. | Precio Unitario(U\$\$) | Costo Total(U\$\$) |
| 1  | <b>MATERIALES</b>                              |   |       |                        |                    |
|  | <b>Sistema de Generación</b>                   |   |       |                        |                    |
|  | Módulo SS100-36P (100Wp )                      | 21  | UN    | 130.00                 | 2730.00            |
|  | <b>Sistema de Acumulación</b>                  |   |       |                        |                    |
|  | Baterías Sonnenschein                          | 22  | UN    | 520.00                 | 11440.00           |
|  | <b>Sistema de Regulación</b>                   |   |       |                        |                    |
|  | Regulador Solar Display 120 A                  | 1   | UN    | 268.00                 | 268.00             |
|  | <b>Sistema de Adaptación de Corriente</b>      |   |       |                        |                    |
|  | Inversor Ingercon sun lite 2,5 LT              | 1   | UN    | 2300.00                | 2300.00            |
|  | Inversor Ingercon sun lite 3,3 LT              | 1   | UN    | 3000.00                | 3000.00            |
|  | <b>Soporte Estructural</b>                     |   |       |                        |                    |
|  | Perfil L 1/2"*1/2"*3/16"                       | 26  | UN    | 12.00                  | 312.00             |
|  | Perfil cuad. 1 1/2"* 1 1/2"*3/16"              | 17  | UN    | 18.00                  | 306.00             |
|  | Tornillería en general                         | 672   | JGO   | 0.50                   | 336.00             |
|  | Pintura Macropoxy 646-Sherwin Williams         | 2   | GLN   | 90.00                  | 180.00             |
|  | Pintura Acrolon 218 HS-Sherwin Williams        | 2   | GLN   | 105.00                 | 210.00             |
|  | <b>Cableado y Accesorios electrónicos</b>      |   |       |                        |                    |
|  | Cable para conexiones entre módulos-Regulador  | 10  | M     | 5.46                   | 54.60              |
|  | Cable para conexiones entre Regulador-Batería  | 5   | M     | 3.45                   | 17.25              |
|  | Cable para conexiones entre Regulador-Inversor | 6   | M     | 5.46                   | 32.76              |
|  | Cable para conexiones entre Regulador-Carga DC | 24  | M     | 1.41                   | 33.84              |
|  | Cable para conexiones entre Inversor -Carga AC | 25  | M     | 0.25                   | 6.25               |
|  | Tubo rígido de PVC para instalaciones          | 7   | UN    | 2.50                   | 17.50              |
|  | <b>Protecciones</b>                            |   |       |                        |                    |
|  | Interruptor Automático-Superinmunizados        | 2   | UN    | 35.00                  | 70.00              |
|  | Interruptor Diferencial-Superinmunizados       | 2   | UN    | 75.00                  | 150.00             |
|  | 2  | <b>INGENIERIA,INSTALACION Y OBRAS CIVILES</b> |       |                        |                    |
| Proyecto de Ingenieria                       |  | 1   | UN    | 1800.00                | 1800.00            |
| Transporte de equipos                        |  | 1   | UN    | 900.00                 | 900.00             |
| Obras civiles                                |  | 1   | UN    | 2000.00                | 2000.00            |
| Montaje e Instalación                        |  | 1   | UN    | 8000.00                | 8000.00            |
| Supervisión de Montaje                       |  | 1   | UN    | 2000.00                | 2000.00            |
| 3  | <b>IMPREVISTOS DEL PROYECTO</b>                |   |       |                        |                    |
|  | Imprevistos (10% del subtotal)                 |   |       | 3616.42                | 3616.42            |
| 4  | <b>SUBTOTAL</b>                                |   |       |                        | 39780.62           |
| 5  | <b>IMPUESTO GENERAL DE VENTAS (18%)</b>        |   |       |                        | 7160.51            |
| 6  | <b>TOTAL GENERAL (U\$\$)</b>                   |   |       |                        | <b>46941.13</b>    |

- **Ahorro anual:**

El ahorro se da por dejar de usar el GG.EE. FG Wilson P40-3S el cual funciona con Diesel B5.

De la sección 5.2. Tenemos

Ahorro Anual por concepto de combustible de: **14 608 U\$\$.**

- **Mantenimiento:**

El mantenimiento general de la instalación comprende realizar un mantenimiento predictivo, preventivo y de ser el caso correctivo de todos los elementos de la instalación.

Se planifica un costo de mantenimiento de **900 U\$\$. (2 % Inversión)**

- **Egresos por Renovación de Equipos:**

Baterías: Se renovaran 4 veces en el horizonte de análisis de 25 años.

Regulador: Se renovaran 2 veces en el horizonte de análisis de 25 años.

- **Indicadores de rentabilidad**

Tasa de Interés de mercado = 12%

Periodo de tiempo de Análisis = 25 años

Tabla 4.14: *Análisis económico de la instalación de SFA*

| DATOS   |          |
|---|----------|
| INVERSION INICIAL (U\$)                           | 46941.13 |
| TASA DE INTERES DEL MERCADO (%)                   | 12       |
| AHORRO DE COMBUSTIBLE (U\$)                       | 14608.00 |
| COSTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN (U\$) | 900.00   |
| COSTO RENOVACION DE BATERIAS                      | 11440.00 |
| COSTO RENOVACION DE REGULADOR                     | 268.00   |

De lo cual obtenemos:

Tabla 4. 15: *Indicadores de Rentabilidad.*

| <b>Datos</b>   |                  |                |                 |              |
|----------------|------------------|----------------|-----------------|--------------|
| <b>Periodo</b> | <b>Inversión</b> | <b>Egresos</b> | <b>Ingresos</b> | <b>Saldo</b> |
| 0              | -46941.13        |                |                 | -46941.13    |
| 1              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 2              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 3              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 4              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 5              |                  | 12340.00       | 14608.00        | 2268.00      |
| 6              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 7              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 8              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 9              |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 10             |                  | 12608.00       | 14608.00        | 2000.00      |
| 11             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 12             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 13             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 14             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 15             |                  | 12340.00       | 14608.00        | 2268.00      |
| 16             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 17             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 18             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 19             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 20             |                  | 12608.00       | 14608.00        | 2000.00      |
| 21             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 22             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 23             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 24             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |
| 25             |                  | 900.00         | 14608.00        | 13708.00     |

Tabla 4. 16: *Resultados del análisis económico*

| <b>RESULTADOS</b>       |          |
|-------------------------|----------|
| TIEMPO DE RETORNO(Años) | 3.42     |
| TIR (%)                 | 26%      |
| VAN (U\$S)              | 47007.82 |

#### 4.5. DISCUSION DE RESULTADOS

Se han presentado los resultados del dimensionado de un sistema fotovoltaico para una plataforma de descarga obteniendo resultados favorables debido a que este sistema produce energía limpia no contaminante. Se dejaron de emitir 17,9 Ton de CO<sub>2</sub> al medio ambiente lo cual se complementa con los resultados presentados por Chomba Astuquipan Carlos y Loyola Ekonen Miguel (2012) que en su tesis “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico con conexión a red del edificio de la escuela de Ingeniería en Energía para reducir el consumo de energía eléctrica de la red pública”; determinaron una disminución de emisiones de 23,67 Ton de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.

Asimismo se demostró que este sistema fotovoltaico es viable para ser ejecutado con un VAN = 47 007,82 U\$\$ que es un VAN >0, lo cual se complementa con los resultados obtenidos por Roque Núñez Hans y Ortega Domínguez Abel (2008) que en su tesis “Selección e instalación de paneles Fotovoltaicos en el campamento base de Iscozacín”; determinaron un VAN =S/. 6,402.82 indicando que el proyecto es rentable.

Además se demostró que el aprovechamiento de energía renovable en el sector pesquero es importante y viable para ser implementado a embarcaciones u otros artefactos navales de la industria pesquera. Se concluyó también que en el mes con menor radiación solar es posible suministrar la energía necesaria para cubrir la demanda de los equipos eléctricos, resultados que se complementan con los obtenidos por Avalos Barreto Ronald Richard (2014) que en su tesis “Efectos de la implementación de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a equipos de baja potencia de una embarcación pesquera de la empresa Hayduk” determino que es importante y viable la utilización de un sistema



fotovoltaico y lo implemento en la embarcación pesquera Isabelita cubriendo una demanda de 4,087 kWh/día para el mes con menor radiación solar para la bahía de Chimbote- Perú.

Considerando que la estructura para soportar los paneles fotovoltaicos; es un elemento importante para instalación, resulto que la estructura usada es de acero ASTM A36 con recubrimiento bicapa de poliuretano de alto solido Sherwin Williams como son Macropoxy 646 y Acrolon 218 HS debido a su mayor resistencia frente a la corrosión lo cual se complementa con los resultados obtenidos por Guerra (2014) que en su estudio “estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el nor oeste del Perú”, determino que el acero ASTM A36 es de mayor resistencia a la corrosión atmosférica y que es el acero más usado en construcciones cercanas al mar.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

## CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado los cálculos y obtenido los resultados, llegamos a las siguientes conclusiones en el presente trabajo de investigación:

1. Se dimensiono un sistema fotovoltaico aislado para la plataforma de descarga de pesquera Exalmar S.A.A. que está conformado :
  - a. Por un sistema de generación en el cual se dimensiono 42 módulos SHINESOLAR SS100-36P de 100Wp cada uno, configurado por 21 ramales conectados en paralelo y cada ramal compuesto por 2 módulos conectados en serie, que serán instalados con una inclinación de 20° haciendo una potencia instalada de 4,2 kW, esta configuración de módulos fotovoltaicos será instalado en el techo de la plataforma de descarga.
  - b. Por un sistema de acumulación en el cual se dimensiono 22 baterías Sonnenschein S12-90 con las siguientes características eficiencia 90 %, profundidad de descarga de 0,6; capacidad 195 Ah.
  - c. Por un sistema de Regulación en el cual se dimensiono un regulador Solar Display de 120 A de capacidad.
  - d. Por un sistema de Adaptación de corriente en el cual se dimensiono dos inversores. El inversor Ingecon sun lite 2,5 LT para la demanda de la electrobomba de limpieza y esmeril de banco y el inversor Ingecon sun lite 3,3 LT para la demanda de la máquina de soldar.
  - e. Por una estructura en la cual se dimensiono 21 estructuras de acero estructural A-36, con recubrimiento de pintura bicapa anticorrosiva, de 670 mm de alto y 2040 mm de ancho, que estarán separadas 78 cm entre sí, con una inclinación de 20°, que soportaran a los 42 módulos distribuidos 2 en serie y 21 en paralelo, que estarán ubicadas 1,60 m de

distancia de la caseta de vigilancia y estarán colocados en el techo de la plataforma de descarga.

f. Por conductores eléctricos en la cual se dimensiono las secciones de los conductores que se usan en nuestro sistema los cuales son: cable para conexiones entre módulos-regulador de 2/0 AWG, cable para conexiones entre regulador-batería de 2 AWG, cable para conexiones entre regulador-inversor de 4/0 AWG, cable para conexiones entre regulador-carga DC de 6 AWG, cable para conexiones entre inversor - carga AC de 14 AWG.

2. Se identificó y evaluó los equipos eléctricos y se determinó el consumo de estos obteniendo demanda de energía diaria en la plataforma de descarga en función de las potencias de los equipos y las horas de uso de las mismas, obteniéndose una potencia 7,32 kW y un consumo de 12,14 kWh en los equipos accionados por el GG.EE. FG Wilson P40-3S.

3. Se determinó la disminución del consumo 7,68 kg/h o su equivalente 2,4 Gal /h de Diesel B5 del GG.EE. FG Wilson P40-3S, lo cual significa un costo de 14 608 U\$\$ anuales que se dejaran de gastar con la implementación de este proyecto.

4. Con la instalación del sistema fotovoltaico se obtiene una disminución de emisiones de gases de efecto invernadero que son: 17,96 Ton de CO<sub>2</sub> ; 0,729 Ton de CH<sub>4</sub>; 0,145 Ton de N<sub>2</sub>O al año que se dejaran de emitir al medio ambiente.

5. Se realizó la evaluación técnico-económica del proyecto obteniendo los siguientes valores: un tiempo de retorno de la inversión de 3,42 años, un TIR de 26 % y finalmente un VAN de 47 007,82 U\$\$ lo cual es un VAN > 0 que es lo que demuestra que el proyecto es viable.

## RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores en la investigación de estos proyectos energéticos podemos recomendar:

1. Realizar un nuevo estudio para implementar un sistema fotovoltaico aislado pero con un sistema de seguimiento de la radiación.
2. Difundir estos sistemas a las otras empresas pesqueras que cuentan con el mismo sistema de descarga de materia prima; ya que el proyecto es rentable económicamente y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente.
3. Realizar estudios para la implementación de estos sistemas fotovoltaicos aislados en embarcaciones pesqueras que usan diesel B5 como combustible para generar su energía.
4. Si bien es cierto que el acero inoxidable AISI 316L es un material que tiene gran resistencia a la corrosión que se produce en estos ambientes costeros-marinos, se puede optar por utilizar acero estructural A-36, con recubrimiento de pintura bicapa anticorrosiva ya que el acero inoxidable no es muy comercial y además es mucho más caro.

## **Referencias Bibliográficas**

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILERA, J.,& Hontoria, L. (2007). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos Autónomos. Jaen: Ciemat.
- AVALOS B, R. “Efectos de la implementación de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a equipos de baja potencia de una embarcación pesquera de la empresa Hayduk”. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Perú 2014.
- BARRERO, W.I.,& Rivera, C.A.(2011). Diseño de un prototipo de suministro eléctrico proveniente de paneles solares a los edificios de la Fia-Ues (Tesis de pregrado).Universidad del Salvador, San Salvador.
- BECKMAN, W. Duffie, J. (1980). Solar engineering of thermal processes (4th Ed.). Wisconsin, Madison: Solar energy laboratory
- CHOMBA A, C. “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico con conexión a red del edificio de la escuela de ingeniería en energía para reducir el consumo de energía eléctrica de la red pública” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa. Perú.2012.
- GUERRA C C “estudio de la corrosión atmosférica sobre dos tipos de acero de bajo carbono en instalaciones industriales petroleras cercanas al mar en el nor oeste del Perú” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.Peru.2014.
- HERNANDES,S. (2010). Modulo fundamento de la energía solar.
- LORENZO, E. (2006).Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos. España: Progensa.

- MAQUI R V. “Análisis de un sistema de iluminación utilizando ampolletas de bajo consumo y alimentado por paneles solares” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa. Perú.2012.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2005). Reglamento de especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos.
- MORÁN, J.M., & M.D. Morán. (1994). the atmosphere and the science of weather. New York: Macmillan Collage Publishing Co
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAÑETE-PROGRAMA ELECTRICIDAD GRATUITA (2010) “Implementación de un sistema de electrificación solar rural en casa hacienda en Cañete –Perú”
- PAREJA , A.(2010). Calculo de una instalación fotovoltaica.
- PAUCAR Romero Ronald “Aplicación de un sistema solar fotovoltaico para uso múltiple” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa. Perú.2005.
- PERPIÑAN L, A. (2012). Energía solar fotovoltaica. España: Progensa.
- ROQUE Núñez Hans. “Selección e instalación de paneles fotovoltaicos en el campamento base de iscozacin” (Tesis de pregrado).Universidad Nacional Del Santa.Peru.2008.
- WEB.LARC.NASA.GOV, (n.d.).NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data. [online] Available at: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>.



# ANEXOS

## RELACION DE ANEXOS

1. Ubicación geográfica de la empresa.
  - 1.1.1. Cuadro de la ubicación geográfica y de las dimensiones de la plataforma de descarga.
2. Especificaciones técnicas de equipos dimensionados.
  - 2.1. Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico

- 2.2. Especificaciones técnicas de las baterías
- 2.3. Especificaciones técnicas del regulador
- 2.4. Especificaciones técnicas del inversor
- 2.5. Especificaciones técnicas de los cables
- 2.6. Especificaciones técnicas interruptores diferenciales.
- 2.7. Especificaciones técnicas del material de la estructura.
- 2.8. Especificaciones técnicas de los recubrimientos de la estructura
- 2.9. Plano de diseño y montaje de estructura para paneles solares

## 1. Ubicación geográfica de la empresa



Fuente: Google Earths

1.1.Ubicación geográfica de la plataforma de descarga

| <b>CHATA VALENTINA</b> |             |                 |       |
|------------------------|-------------|-----------------|-------|
| <b>N° MATRICULA</b>    | CE-42509-AM |                 |       |
| <b>MEDIDAS</b>         | ESLORA      | 33 metros       |       |
|                        | MANGA       | 10 metros       |       |
| <b>CORDENADAS</b>      | LATITUD     | 09° 06´38.238 " | SUR   |
|                        | LONGITUD    | 78° 34´08.434"  | OESTE |

Fuente: Autoridad Nacional de Agua Ana

2. Especificaciones técnicas de equipos dimensionados.

2.1.Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico.



## MODULO SOLAR POLICRISTALINO

SS50-36P / SS60-36P / SS80-36P / SS100-36P / SS120-36P / SS150-36P

**Garantía: 25 años**

| <b>CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DEL MODULO</b> |                  |            |            |             |             |             |
|--|------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Modelo</b>                                | SS50-36P         | SS60-36P   | SS80-36P   | SS100-36P   | SS120-36P   | SS150-36P   |
| <b>Potencia Max.(Pmax)</b>                   | 50Wp             | 60Wp       | 80Wp       | 100Wp       | 120Wp       | 150Wp       |
| <b>Dimensiones(mm)</b>                       | 540*670*25       | 845*541*30 | 780*670*30 | 1020*670*30 | 1200*670*30 | 1480*670*35 |
| <b>Tensión optimo operación (V)</b>          | 18.21            | 18.21      | 18.21      | 18.21       | 18.21       | 18          |
| <b>Intensidad optima operación(A)</b>        | 2.75             |            | 4.41       | 5.51        | 6.59        | 8.33        |
| <b>Tensión circuito abierto(V)</b>           | 22.31            | 22.31      | 22.39      | 22.39       | 22.39       | 22.32       |
| <b>Intensidad corto circuito (A)</b>         | 2.93             |            | 4.69       | 5.88        | 7.04        | 8.91        |
| <b>Peso(Kg)</b>                              | 5.5              |            | 7.5        | 9.5         | 12          | 12.5        |
| <b>Sistema de Tensión Máximo</b>             | 600V DC/1000V DC |            |            |             |             |             |
| <b>Rango de temperatura</b>                  | -40°C - +85°C    |            |            |             |             |             |
| <b>NOTC</b>                                  | 47 °C            |            |            |             |             |             |
| <b>Coeficiente de temperatura Isc</b>        | +0.06%/°C        |            |            |             |             |             |
| <b>Coeficiente de temperatura Voc</b>        | -0.35%/°C        |            |            |             |             |             |
| <b>Coeficiente de temperatura Pmax</b>       | -0.4%/°C         |            |            |             |             |             |

**Fuente:** <http://www.catalogosolar.mx/>

2.2.Especificaciones técnicas de las baterías



| FICHA TECNICA DE BATERIA Sonnenschein S12-90 |   |
|--|---|
| VOLTAJE DE LA BATERIA                        | 24 VOLTIOS                                  |
| MEDIDAS DE LA BATERIA                        | 330x 171x 236 mm                            |
| Amperios -hora de la batería                 | 190 ah                                      |
| peso de la batería                           | 62.6 kg                                     |
| Terminales                                   | Incluidos                                   |
| garantía de la batería                       | 2 años                                      |
| durabilidad asegurada de la batería          | 800 ciclos ( 1 ciclo= 1 carga + 1 descarga) |

**Fuente:** <http://www.batesur.es/BATERIA-GEL-SOLAR-S12/90-A-SONNENSCHN>

### 2.3.Especificaciones técnicas del regulador

## REGULADOR SOLAR DISPLAY LCD BATERÍA SOLAR CHARGE CONTROLLER



| FICHA TECNICA Del REGULADOR SOLAR<br>DISPLAY LCD BATERÍA SOLAR CHARGE CONTROLLER |                              |
|--|------------------------------|
| APLICACIÓN   | Controlador De Sistema Solar |
| CORRIENTE MAXIMA   | 144 A                        |
| NOMBRE DE LA MARCA   | HUA XIN                      |
| NUMERO DEL MODELO  | HX12024                      |
| CALIFICACION DE CARGA Y DESCARGA   | 120A                         |
| VOLTAJE DE CONTROL   | 7V(12V); 14V(24V)            |
| TAMAÑO   | 216 x 203 x 106.8 mm         |
| PESO   | 3.5 kg                       |

**Fuente:** <http://es.aliexpress.com/item/Electronic-2014-New-120A-24V-Solar-Controller-LCD-Display-Solar-Panel-Battery-Charge-Controller-50amp-12V/1802926643.html>

### 2.4.Especificaciones técnicas de los inversores

**INGECON****SUN**Lite  
Sin transformador

UNA GRAN  
FAMILIA DE  
INVERSORES  
DESDE 2,5  
HASTA 10 KW

2,5TL / 3TL / 3,3TL / 3,68TL / 4,6TL / 5TL / 6TL /  
7,5TL / 8,2TL / 8,6TL / 10TL

Inversores monofásicos sin transformador, orientada al sector residencial y a grandes proyectos descentralizados.

#### Amplio rango de potencias AC

La familia de inversores INGECON® SUN Lite TL presenta un mayor rango de potencias de salida para equipos monofásicos, desde 2,5 hasta 10 kW. Como novedad, esta gama de inversores despliega las potencias de 7,5 kW, 8,2 kW, 8,6 kW y 10 kW.

#### Instalación y mantenimiento sencillos

Correcciones rápidas para la parte de DC (tipo R) y AC y comunicaciones RS-485 de serie. Permite adecuar la configuración e idioma del inversor a cada país de manera sencilla desde la pantalla del propio inversor.

Los inversores INGECON® SUN Lite TL disponen de un datalogger interno para almacenamiento de datos de tres meses con control desde un PC remoto o in situ desde el teclado frontal del inversor a través de su pantalla LCD. LEDs indicadores de estado y alarmas. Ventiladores fácilmente reemplazables por el usuario. Configurable para modo autoconsumo.

#### Software incluido

Incluyen sin costo las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone (Sun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet).

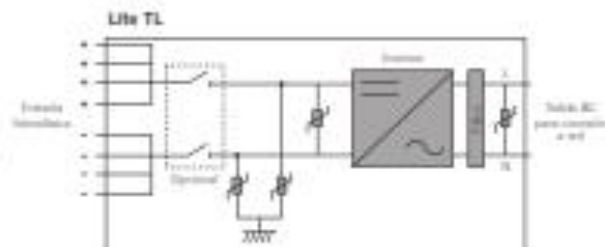
**Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 23 años**

#### PROTECCIONES

- Polarización inversa.
- Sobretensiones en la entrada y la salida mediante descargadores tipo 1.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Fallo de aislamiento.
- Anti-isoa con desconexión automática.

#### ACCIONES OPCIONALES

- Separador DC.
- Comunicación entre inversores mediante Bluetooth o Ethernet.
- Comunicación remota GSM / GPRS.
- Contacto tipo de potencial configurable por display para indicar fallo de aislamiento o conexión a red.



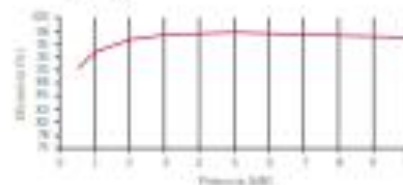
#### Dimensiones y peso



|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 2,5TL / 3TL                  | 14,7 kg |
| 3,3TL / 3,68TL               | 15,7 kg |
| 4,6TL / 5TL / 6TL            | 21,7 kg |
| 7,5TL / 8,2TL / 8,6TL / 10TL | 26,2 kg |

#### RENDIMIENTO

INGECON® SUN 2,5TL  
Max. > 99,0 %



www.ingeteam.com  
www.ingeteam.com

**Ingeteam**

|                                    | 2,5 LT          | 3 TL          | 3,3 LT           | 3,68 TL          | 5 LT            |
|------------------------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|-----------------|
| <b>Valores de Entrada (DC)</b>     |                 |               |                  |                  |                 |
| Rango pot. Campo FV                | 2.5 – 2.8 kWp   | 3.2 - 4 kWp   | 3.8 - 4.3 kWp    | 3.9 - 4.8 kWp    | 5.7 - 6.5 kWp   |
| Rango de tensión MPP (V)           | 100 - 450V      | 100 - 450V    | 100 - 450V       | 100 - 450V       | 100 - 450V      |
| Tensión Mínima para Pnom (V)       | 160             | 195           | 155              | 175              | 160             |
| Tensión Máxima                     | 550             | 550           | 550              | 550              | 550             |
| Corriente Máxima (A)               | 17              | 17            | 22               | 22               | 33              |
| N° entradas                        | 3               | 3             | 3                | 3                | 3               |
| MPPT                               | 1               | 1             | 1                | 1                | 1               |
| <b>Valores de Salida (AC)</b>      |                 |               |                  |                  |                 |
| Potencia nominal (kW)              | 2.7             | 3             | 3.63             | 3.68             | 5.5             |
| Corriente máxima (A)               | 13              | 13.5          | 17               | 17               | 26.2            |
| Tensión nominal (V)                | 230/240         | 230/240       | 230/240          | 230/240          | 230/240         |
| Frecuencia nominal (Hz)            | 50/60           | 50/60         | 50/60            | 50/60            | 50/60           |
| Coseno Phi                         | 1               | 1             | 1                | 1                | 1               |
| Coseno Phi ajustable               | Smax=2.7<br>KVA | Smax=3<br>KVA | Smax=3.63<br>KVA | Smax=3.68<br>KVA | Smax=5.5<br>KVA |
| THD                                | <3%             | <3%           | <3%              | <3%              | <3%             |
| <b>Rendimiento</b>                 |                 |               |                  |                  |                 |
| Eficiencia máxima (%)              | 96.6            | 96.6          | 96.8             | 96.8             | 97              |
| Euroeficiencia (%)                 | 95              | 95.1          | 95.2             | 95.2             | 96.1            |
| <b>Datos Generales</b>             |                 |               |                  |                  |                 |
| Refrigeración por aire(m3/h)       | 30              | 30            | 45               | 45               | 90              |
| Consumo en Stand-By                | <10 W           | <10 W         | <10 W            | <10 W            | <10 W           |
| Consumo nocturno                   | 0 W             | 0 W           | 0 W              | 0 W              | 0 W             |
| Temperatura de funcionamiento      | -20°C a +70°C   | -20°C a +70°C | -20°C a +70°C    | -20°C a +70°C    | -20°C a +70°C   |
| Humedad relativa(sin condensación) | (0-100%)        | (0-100%)      | (0-100%)         | (0-100%)         | (0-100%)        |
| Grado de protección                | IP65            | IP65          | IP65             | IP65             | IP65            |



## 2.5. Especificaciones técnicas de los cables

| Calibre<br>AWG | Área de la<br>sección<br>transversal<br>nominal<br>(mm <sup>2</sup> ) | TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR |                         |                            |          |             |                      |
|----------------|---|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------|----------|-------------|----------------------|
|                |   | 60 °C                             | 75 °C                   | 90 °C                      | 60 °C    | 75 °C       | 90 °C                |
|                |   | TW<br>TWD<br>CCE                  | THW,RHW,THW-<br>LS THWS | RHH,RHW,<br>THHN,THW<br>-2 | UF       | RHW<br>XHHW | RHW-2<br>XHHW<br>DRS |
|                |   | Cobre                             |                         |                            | Aluminio |             |                      |
| 14             | 2.08  | 20                                | 20                      | 25                         |          |             |                      |
| 12             | 3.31  | 25                                | 25                      | 30                         |          |             |                      |
| 10             | 5.26  | 30                                | 35                      | 40                         |          |             |                      |
| 8              | 8.37  | 40                                | 50                      | 55                         |          |             |                      |
| 6              | 13.3  | 55                                | 65                      | 75                         | 40       | 50          | 60                   |
| 4              | 21.2  | 70                                | 85                      | 95                         | 55       | 65          | 75                   |
| 2              | 33.6  | 95                                | 115                     | 130                        | 75       | 90          | 100                  |
| 1/0            | 53.5  | 125                               | 150                     | 170                        | 100      | 120         | 135                  |
| 2/0            | 67.4  | 145                               | 175                     | 195                        | 115      | 135         | 150                  |
| 3/0            | 85  | 165                               | 200                     | 225                        | 130      | 155         | 175                  |
| 4/0            | 107   | 195                               | 230                     | 260                        | 150      | 180         | 205                  |
| 250            | 127   | 215                               | 255                     | 290                        | 170      | 205         | 203                  |
| 300            | 152   | 240                               | 285                     | 320                        | 190      | 230         | 255                  |
| 350            | 177   | 260                               | 310                     | 350                        | 210      | 255         | 280                  |

Fuente: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.php>

## 2.6. Especificaciones técnicas interruptores superinmunizados.

### ESPECIFICACIONES TECNICAS INTERRUPTORES DIFERENCIALES

#### INTERRUPTORES DIFERENCIALES Acti 9 iDsi clase A “superinmunizados”

Los interruptores diferenciales iDsi clase A “superinmunizados” aseguran el comando y seccionamiento de los circuitos eléctricos así como la protección de las personas contra los riesgos de electrocución (30 mA).

Hay cargas electrónicas que producen, durante su normal funcionamiento, corrientes de fuga de alta frecuencia y/o fugas permanentes a frecuencia industrial(60Hz) que pueden generar el disparo indeseado y/o cegado (no disparo)

de los interruptores diferenciales estándar (clase AC), generándose riesgos para la persona y perjuicio a la continuidad de servicio.

Los interruptores diferenciales **iDsi clase “superinmunizados”** incorporados mejores tecnologías que evitan la mayoría de los disparos indeseados y el cegado (no disparo), mejorando notablemente la seguridad y la continuidad del servicio.

Por lo tanto deben instalarse en circuitos que alimentan:

Computadoras, impresoras o aparatos de ofimática.

Iluminación fluorescente con balastos electrónicos.

Iluminación con variación de intensidad luminosa electrónica.

Variadores de velocidad electrónicos (motores).

**Los interruptores diferenciales iDsi clase A “superinmunizados” son particularmente utilizados para usos en ambientes húmedos y/o ambientes contaminados por agentes corrosivos, tales como azufre, ozono, sal marina, cloro, etc que afectan internamente al interruptor provocando el bloqueo del relé de disparo.**

Fuente: [www.schneider-electric.com.pe](http://www.schneider-electric.com.pe)

## ESPECIFICACIONES TECNICAS INTERRUPTORES CORRIENTE ALTERNA

Tension de empleo :110/220 VAC

Curva C: Disparo magnetico entre 5 y 10 In



| TIPO  | In(A) | Capacidad de interrupción ultima |            |         |         | REFERENCIA |
|-------|-------|----------------------------------|------------|---------|---------|------------|
|       |       | IEC60998                         | IEC60947-2 |         |         |            |
|       |       | 230/400VAC                       | 110/127VAC | 230 VAC | 415 VAC |            |
| IC60N | 1     | 6 000                            | 50         | 50      | 3       | A9F74101   |
| IC60N | 2     | 6 000                            | 50         | 50      | 3       | A9F74102   |
| IC60N | 4     | 6 000                            | 50         | 50      | 3       | A9F74104   |
| IC60N | 6     | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74106   |
| IC60N | 10    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74110   |
| IC60N | 16    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74116   |
| IC60N | 20    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74120   |
| IC60N | 25    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74125   |
| IC60N | 32    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74132   |
| IC60N | 40    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74140   |
| IC60N | 50    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74150   |
| IC60N | 63    | 6 000                            | 20         | 10      | 3       | A9F74163   |
| C120N | 100   | 10 000                           | 20         | 10      | 3       | A9F18358   |

Fuente: [www.schneider-electric.com.pe](http://www.schneider-electric.com.pe)

ESPECIFICACIONES TECNICAS INTERRUPTORES CORRIENTE  
CONTINUA

Uso:

Mando y proteccion contra las sobreintensidades de circuitos alimentados en corriente continúa.

Tensión de empleo: Hasta 250 VCD

Disparo magnético: 8.5 In (+/- 20%) compatible con curva C.

| TIPO    | In(A) | Capacidad de interrupción ultima |                |                | REFERENCIA |
|---------|-------|----------------------------------|----------------|----------------|------------|
|         |       | 110<br>VDC(KA)                   | 220<br>VDC(KA) | 250<br>VDC(KA) |            |
| C60H-DC | 6     | 20                               | 10             | 6              | A9N61506   |
| C60H-DC | 10    | 20                               | 10             | 6              | A9N61508   |
| C60H-DC | 16    | 20                               | 10             | 6              | A9N61511   |
| C60H-DC | 20    | 20                               | 10             | 6              | A9N61512   |

Fuente: [www.schneider-electric.com.pe](http://www.schneider-electric.com.pe)

2.7. Especificaciones técnicas del material de la estructura.

1.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL MATERIAL DE LA ESTRUCTURA.

- **Angulo 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16 "**

**Descripción:**

Producto no plano de sección transversal formada por dos alas de igual longitud en ángulo recto y que se obtiene por laminación de palanquillas de acero estructural.

**Usos:**

Para fabricación de estructuras metálicas para plantas industriales, almacenes, techado de grandes luces, industrial naval, torres de transmisión, también para puertas, ventanas.

**Propiedades Mecánicas:**

| NORMA<br>TECNICA | F        | R      | A        | NORMA EQUIVALENTE |
|------------------|----------|--------|----------|-------------------|
|                  | Kg/mm2   | kg/mm2 | %        |                   |
| ASTM A-36        | 25.3 min | 41 min | 12.5 min | JIS G-3101 SS400  |

Fuente: Catalogo FIERRO TRADI S.A

## Dimensiones y Pesos Nominales

| DIMENSIONES             | PESO ESTIMADO |        |
|-------------------------|---------------|--------|
|                         | Kg/m          | Kg/6m  |
| 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" | 2.679         | 16.072 |

Fuente: Catalogo FIERRO TRADI S.A

- **Tubo cuadrado 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"**

### **Descripción:**

Productor que se obtiene por el proceso de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal, previamente conformado por rodillos hasta tomar la forma circular. A continuación este tubo pasa por otro juego de rodillos que le da la forma cuadrada.

### **Usos:**

Para estructuras, tijerales, marcos de puertas y ventanas, rejas, barandas y cercos.

### **Propiedades Mecánicas:**

| NORMA TECNICA |                | F                  | R                  | A      |
|---------------|----------------|--------------------|--------------------|--------|
| TUBOS         | ACERO          | Kg/mm <sup>2</sup> | Kg/mm <sup>2</sup> | %      |
| ASTM A-500    | ASTM A-1011 CS | -----              | 30 min             | 25 min |
|               | Grado A        | 27 min             | 32min              | 25 min |

Fuente: Catalogo FIERRO TRADI S.A

## Dimensiones y Pesos Nominales

| DIMENSION EXTERIOR | ESPESORES ( mms) |
|--------------------|------------------|
|                    | 1/8"             |
| 1 1/2 " x 1 1/2"   | 3.12 kg/ m       |

Fuente: Catalogo FIERRO TRADI S.A