



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Planificación solar urbana y diseño de sistemas
solares fotovoltaico en viviendas de la provincia
de Ferreñafe, para satisfacer la creciente
demanda eléctrica”**

Autor:

Bach. Torres Casas Jerry Dorman

Asesor:

M.Sc. Dávila Hurtado Fredy

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Planificación solar urbana y diseño de sistemas
solares fotovoltaico en viviendas de la provincia
de Ferreñafe, para satisfacer la creciente
demanda eléctrica”**

Autor:

Bach. Torres Casas Jerry Dorman

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: M.Sc. Horna Torres Segundo Abelardo

SECRETARIO: Ing. Yupanqui Rodríguez Carlos

MIEMBRO: Lic. Gutierrez Atoche Egberto Serafin

ASESOR: M.Sc. Davila Hurtado Fredy

Lambayeque – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

III Programa de Elaboración de Tesis

TESIS

TITULO

Planificación solar urbana y diseño de sistemas solares fotovoltaico en viviendas de la provincia de Ferreñafe, para satisfacer la creciente demanda eléctrica.

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Autor: Bach. TORRES CASAS JERRY DORMAN

M.Sc.Horna Torres Segundo Abelardo

PRESIDENTE

Ing. Yupanqui Rodriguez Carlos

SECRETARIO

Lic. Gutierrez Atoche Egberto Serafin

MIEMBRO

M.Sc. Davila Hurtado Fredy

ASESOR

Lambayeque – Perú

2019

A Dios, a mi madre,
por su apoyo incondicional, y por
hacer posible todo lo que soy.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi madre por todo el apoyo brindado, a mi tío José Gonzales por haberse dado el tiempo de acompañarme en diferentes ocasiones en mis visitas al distrito de Ferreñafe, a mi tía Ebel Peralta por haber contribuido económicamente para las diferentes acciones que se realizaron en el desarrollo de la investigación, a mi abuela por su paciencia y sus incansables palabras de aliento.

Agradecer a mi asesor el Ing. Fredy Dávila Hurtado por su excelente guía, por la paciencia mostrada para conmigo, por la dedicación para la realización de esta tesis y por presionarme a mejorar en mi investigación.

Agradezco infinitamente a los pobladores del distrito de Ferreñafe que me dieron un poco de su tiempo para explicarles sobre mi investigación y un especial agradecimiento a los pobladores que me facilitaron sus recibos de consumo eléctrico para la realización de los ejemplos de funcionamiento del “libro de diseño de SF para el distrito de Ferreñafe”.

Agradecer al área de planificación urbana del distrito de Ferreñafe por recibirme y explicarme algunos detalles relacionados con el crecimiento poblacional porcentajes y demás.

Índice

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Índice de Tablas	11
Índice de Figuras.....	12
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1 Realidad Problemática.....	18
1.2 Formulación del Problema	18
1.3 Hipótesis	19
1.4 Delimitación de la Investigación	19
1.5 Objetivos	20
1.5.1 Objetivo General.....	20
1.5.2 Objetivos Específicos.....	21
1.6 Justificación e importancia de la investigación.....	21
Capítulo II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Definiciones.....	23
2.1.1 Planificaciones Urbana.....	23
2.1.2 Planificación Solar Urbana.....	23
2.1.3 Ciudad Solar.....	24
2.1.4 Energía Fotovoltaica y Ventajas.....	25
2.1.5 Sistema Fotovoltaico.....	26
2.1.5.1 Sistemas Fotovoltaicos Conectado a Red.....	27
2.1.5.2 Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.....	27
2.1.5.3 Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo.....	29

2.1.5.4	Sistema Fotovoltaico Autónomo con Inversor Cargador.....	29
2.1.5.5	Sistema Fotovoltaico con Inversor Conectado a Red.....	29
2.1.6	Componentes de los Sistemas Fotovoltaicos.....	30
2.1.6.1	Célula Solar (CS).....	30
2.1.6.2	El Módulo Fotovoltaico (MF).....	31
2.1.6.3	Acumulador electroquímico (Baterías).....	33
2.1.6.4	Regulador de Carga.....	35
2.1.6.5	Inversor.....	36
2.1.6.5.1	Inversor Cargador.....	37
2.1.6.5.2	Inversor Conectado a Red.....	37
2.1.7	Proyecciones de Consumo Eléctrico.....	38
2.1.7.1	Proyección a Corto Plazo.....	38
2.1.7.2	Proyección a Mediano Plazo.....	39
2.1.7.3	Proyección a Largo Plazo.....	39
2.1.8	Procedimiento de Cálculo del Potencial Solar.....	40
2.1.8.1	Ubicación de la Zona de Estudios.....	41
2.1.8.2	Constante solar.....	42
2.1.8.3	Declinación Solar.....	42
2.1.8.4	Angulo de Salida de Sol al Amanecer.....	43
2.1.8.5	Angulo de Salida del Sol al Amanecer para un Plano Inclinado.....	43
2.1.8.6	Factor de Excentricidad.....	44
2.1.8.7	Irradiancia Extraterrestre Sobre la Frontera Terrestre.....	45
2.1.8.8	Base de Datos de Radiación Solar.....	46

2.1.8.9	El Índice de Claridad.....	46
2.1.8.10	Fracción Difusa.....	47
2.1.8.11	Irradiancia Directa que llega sobre un Panel Solar Horizontal.....	47
2.1.8.12	Factor de Corrección de la Irradiancia Directa.....	48
2.1.8.13	Radiación Solar Directa sobre un Panel Solar Inclinado.....	48
2.1.8.14	Radiación Solar Difusa sobre un Panel Solar Inclinado.....	49
2.1.8.15	Radiación Solar Albedo sobre un Panel Solar Inclinado.....	49
2.1.8.16	Radiación Solar Global sobre un Área de Estudio Inclinado.....	50
2.1.9	Consumo de Energía Eléctrica.....	50
2.1.10	Potencia.....	51
Capítulo III: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN		
3.1	Análisis del Estado Eléctrico actual del Distrito de Ferreñafe y Cálculo de la Proyección del Consumo de Energía Eléctrica hasta el 2017.....	52
3.1.1	Consumo de Energía Eléctrica del Distrito de Ferreñafe.....	52
3.1.2	Usuarios Finales del Servicio Eléctrico.....	53
3.1.3	Interpretación de los Datos de Consumo de Energía Eléctrica.....	54
3.1.4	Producción de Energía Eléctrica del Distrito de Ferreñafe.....	55
3.1.5	Estado Eléctrico Actual del Distrito de Ferreñafe.....	56
3.1.6	Proyección del Consumo de Energía Eléctrica.....	57
3.1.6.1	Relación de Consumo de Energía Eléctrica y Usuarios Finales en el Distrito de Ferreñafe.....	57
3.1.6.2	Proyección para los Años 2007 – 2012.....	57
3.1.6.3	Proyección para los años 2017 – 2027.....	62
3.2	Evaluación del Potencial Solar del Distrito de Ferreñafe.....	64
3.2.1	Introducción.....	64

3.2.1.1	¿Que necesitamos saber para evaluar el potencial solar?.....	64
3.2.1.2	¿Cómo determinar la radiación solar?.....	64
3.2.2	Angulo de Inclinación para Estudio del Potencial Solar.....	65
3.2.3	Procedimiento para Calculo del Potencial Solar en el Distrito de Ferreñafe...66	
3.2.4	Resultados de la evaluación del potencial solar en el distrito de Ferreñafe.....	69
3.3	Libro de diseño de Sistemas Fotovoltaicos para el distrito de Ferreñafe.....	71
3.3.1	Hoja INICIO.....	71
3.3.2	Hoja N°1.....	71
3.3.3	Hoja N°2.....	72
3.3.4	Hoja N°3.....	73
3.3.5	Hoja N°4.....	74
3.3.6	Hoja N°5.....	74
3.3.7	Hoja DSFA.....	82
3.3.8	Hoja RESULTADOS para SFA.....	93
3.3.9	Hoja DSFA-IC.....	94
3.3.10	Hoja RESULTADOS para SFA-IC.....	103
3.3.11	Hoja DSF-ICR.....	104
3.3.12	Hoja RESULTADOS para SF-ICR.....	109
3.3.13	Hoja Base de Datos.....	110
3.4	Planificación Solar Urbana.....	111
3.4.1	Beneficios para Pobladores por la Generación Fotovoltaica en sus Viviendas.....	111
3.4.2	Evaluación de la Potencia Mínima de Generación en Viviendas para acceder a Beneficios.....	111

3.4.3	SF-ICR el Inicio de la Generación de Energía Autosustentable Descentralizada para el Distrito de Ferreñafe.....	115
Capítulo IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		
4.1	CONCLUSIONES.....	119
4.2	RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		123
ANEXOS.....		
	Anexo-A.....	125
	Anexo-B.....	128
	Anexo-C.....	130
	Anexo-D.....	132
	Anexo-E.....	134
	Anexo-F.....	136
	Anexo-G.....	138
	Anexo-H.....	148
	Anexo-I.....	158
	Anexo-J.....	168
	Anexo-K.....	172
	Anexo-L.....	174
	Anexo-M.....	177
	Anexo-N.....	179
	Anexo-O.....	181
	Anexo-P.....	183

Índice de Tablas

Tabla (1): Distritos que conforman la provincia de Ferreñafe. Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla (2): Valores dependientes del tipo de suelo para la reflexión. Fuente: Clasificación de suelos ULPGC.	49
Tabla (3): Valores de consumo de energía eléctrica 2002- 2006. Fuente: ANEXO- B	58
Tabla (4): Valores de usuarios finales 2002- 2006. Fuente: ANEXO-C.....	59
Tabla (5): Valores de previsión remplazados para análisis de previsión para los años 2018-2027. Fuente: Elaboración propia.....	62
Tabla (6): Valores para tipo de material de la vivienda. Fuente: Elaboración propia.....	112
Tabla (7): Valores de desarrollo urbanísticos existentes. Fuente: Elaboración propia.....	113
Tabla (8): Aproximación de recuperación de inversión y total de retribución del SF. Fuente: Elaboración propia.....	117

Índice de Figuras

Figura (1): Provincia de Ferreñafe.	
Fuente: http://ferrenafesican.blogspot.com/2011/08/2.html	20
Figura (2): Friburgo (Alemania) septiembre 15 del 2014.	
Fuente: https://energialimpiaparatodos.com/2014/09/15/643/	24
Figura (3): Aplicaciones de la energía fotovoltaica.	
Fuente: Libro de energía solar fotovoltaica (Abril de 2012) de Oscar Perpiñán Lamigueiro.....	26
Figura (4): Configuraciones típicas de SFA.	
Fuente: DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTACOS (Óscar Perpiñán, Antonio Colmenar, Manuel Castro) año 2012.....	28
Figura (5): Componentes de un sistema fotovoltaico con inversor cargador con opción a conexión a red.	
Fuente: https://autosolar.pe/pdf/Solax-ficha-X1.pdf	30
Figura (6): Célula solar.	
Fuente: http://www.solarytec.com/producto/celula-solar/	31
Figura (7): Modulo fotovoltaico.	
Fuente: https://spanish.globalsources.com/si/AS/Renogy-SuZhou/6008851416233/pdtl/Renogy-100W-Polycrystalline-Photovoltaic-PV-Solar/1143554950.htm	32
Figura (8): Banco de Baterías de Plomo Acido.	
Fuente: https://placassolar.es/bateria-solar/	34
Figura (9): Esquema eléctrico de un regulador de carga.	
Fuente: DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTACOS (Óscar Perpiñán, Antonio Colmenar, Manuel Castro) año 2012.....	36
Figura (10): Comparación entre la proyección y el valor real de demanda eléctrica de corto plazo en Perú.	
Fuente: COES (2017)	39
Figura (11): Proyección de la demanda eléctrica de largo plazo en Perú	
Fuente: COES (2017)	40
Figura (12): Imagen referencial Latitud y Longitud.	
Fuente: https://www.portaleducativo.net/quinto-basico/686/Latitud-y-longitud	41
Figura (13): Ángulo de declinación solar durante el movimiento de traslación de la tierra.	
Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ_cQFO--f6G6IKTvRIONDr4TTtTVuCRzvGF1HgsOWLvqbt8XWL&s	42
Figura (14): Distancia del sol a la tierra durante su movimiento de traslación.	
Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=Wxv2dPAgrGY&t=83s	44

Figura (15): Grafica de barras del consumo de energía eléctrica en el distrito de Ferreñafe 2002-2017.	
Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura (16): Relación de tendencias usuarios y consumo de E.E.	
Fuente: Elaboración propia.....	54
Figura (17): Grafico de previsión para el consumo de E.E 2007-2012.	
Fuente: Elaboración propia.....	59
Figura (18): Grafica de previsión de usuarios en el distrito de Ferreñafe 2007-2012.	
Fuente: Elaboración propia.....	60
Figura (19): Previsión teórica para relación de usuarios y consumo de E.E.	
Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura (20): Previsión pesimista para relación de usuarios y consumo de E.E.	
Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura (21): Previsión pesimista para relación de usuarios y consumo de E.E.	
Fuente: Elaboración propia.....	61
Figura (22): Grafica de previsión para los tres escenarios.	
Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura (23): radiación solar global sobre un panel o área inclinada 2018-2019	
Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura (24): Hoja de INICIO.	
Fuente: Elaboración propia.....	76
Figura (25): Hoja N°1.	
Fuente: Elaboración propia.....	77
Figura (26): Hoja N°2.	
Fuente: Elaboración propia.....	78
Figura (27) hoja N°3.	
Fuente: Elaboración propia.....	79
Figura (28): Hoja N°4.	
Fuente: Elaboración propia.....	80
Figura (29): Hoja N°5.	
Fuente: Elaboración propia.....	81
Figura (30): Hoja N°1 para SFA.	
Fuente: Elaboración propia.....	82
Figura (31): Elección de panel solar, voltaje de trabajo y verificación de PG.	
Fuente: Elaboración propia.....	85

Figura (32): Avisos de error de selección del controlador de carga.	
Fuente: Elaboración propia.....	86
Figura (33): Dimensionamiento correcto del controlador de carga.	
Fuente: Elaboración propia.....	87
Figura (34): Espacio de selección para SFA con más de un controlador de carga.	
Fuente: Elaboración propia.....	88
Figura (35): Valor de consumo medio diario.	
Fuente: Elaboración propia.....	89
Figura (36): Elección de batería, número total de baterías y forma de conexión.	
Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura (37): Avisos para corrección de parámetros.	
Fuente: Elaboración propia.....	92
Figura (38): Elección del inversor.	
Fuente: Elaboración propia.....	93
Figura (39) Hoja de RESULTADOS para SFA.	
Fuente: Elaboración propia.....	94
Figura (40): Hoja N°1 con valores para diseño de un SFA-IC.	
Fuente: Elaboración propia.....	94
Figura (41) lección de panel solar y voltaje de trabajo.	
Fuente: Elaboración propia.....	95
Figura (42): Verificación del PG.	
Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura (43): Avisos de error para inversor cargador mal escogido.	
Fuente: Elaboración propia.....	98
Figura (44): Elección correcta del inversor cargador.	
Fuente: Elaboración propia.....	99
Figura (45): Valor de consumo medio diario.	
Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura (46): Elección de batería, número total de baterías y forma de conexión	
Fuente: Elaboración propia.....	102
Figura (47): Hoja de RESULTADOS para SFA-IC.	
Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura (48): Hoja N°1 con valores para diseño de un SF-ICR.	
Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura (49): Hoja N°4 elección de artefactos y potencia para el SF.	
Fuente: Elaboración propia.....	106

Figura (50): Elección de panel solar y voltaje de trabajo.	
Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura (51): Avisos de error para un inversor mal seleccionado.	
Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura (52): Dimensionamiento correcto del inversor.	
Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura (53): Hoja de RESULTADOS para SF-ICR.	
Fuente: Elaboración propia.....	109
Figura (54): Determinar la potencia mínima del generador.	
Fuente: Elaboración propia.....	116
Figura (55): Resultados del DSF-ICR	
Fuente: Elaboración propia.....	116

RESUMEN

La presente tesis realizará una planificación solar urbana, la cual abarcará un estudio de realidad del estado eléctrico actual del distrito de Ferreñafe, que nos permitirá conocer nuestra área de estudio, la relación de la energía eléctrica con el distrito y si este distrito cuenta con generación de energía eléctrica propia. Posteriormente nos centraremos en la proyección del consumo de E.E para así poder observar de mejor manera si el distrito está teniendo un aumento de consumo o si en vez de aumentar este valor está disminuyendo, los motivos de las variaciones del consumo de E.E en el distrito de Ferreñafe, la cantidad de usuarios con el que cuenta el distrito y los que se tendrán en un futuro.

También se realizó como parte de la planificación solar urbana una evaluación del potencial solar del distrito de Ferreñafe que nos permitirá saber si el distrito de Ferreñafe cuenta con un potencial solar adecuado para ser explotado, este paso se realizó teniendo como base los modelos mostrados en el libro “Handbook of photovoltaic Science and engineering” de Antonio Luque y Steven Hegedus y en los estudios realizados por Wright Gilmore Jaime en la medición y predicción de la radiación solar global.

Como parte de la planificación solar urbana se realizó una herramienta que permite el dimensionamiento y diseño de 3 tipos de sistemas fotovoltaicos el “libro de diseño de SF para el distrito de Ferreñafe” cuenta con 184 componentes que se pueden combinar para crear diferentes SF que cumplan con los requerimientos de E.E que el poblador necesite en su vivienda, luego haremos uso de este libro de Excel para realizar un ejemplo de cada uno de los tres SF que se proponen.

Finalmente se ven aspectos relacionados a la promoción y se propone beneficios para aquellos que obtengan por la generación fotovoltaica en sus hogares, también se alienta a realizar la instalación de un SF-ICR y se demuestra sus beneficios económicos.

ABSTRACT

This thesis will carry out an urban solar planning, which will cover a reality study of the current electrical state of the Ferreñafe district, which will allow us to know our area of study, the relationship of electric energy with the district and if this district has generation of own electrical energy. Later we will focus on the projection of US consumption in order to better observe if the district is having an increase in consumption or if instead of increasing this value it is decreasing, the reasons for variations in US consumption in the district of Ferreñafe, the number of users that the district has and those that will be taken in the future.

An evaluation of the solar potential of the Ferreñafe district was also carried out as part of the urban solar planning that will allow us to know if the Ferreñafe district has adequate solar potential to be exploited, this step was carried out based on the models shown in the book "Handbook of photovoltaic Science and engineering" by Antonio Luque and Steven Hegedus and in the studies conducted by Wright Gilmore Jaime on the measurement and prediction of global solar radiation.

As part of urban solar planning, a tool that allows the sizing and design of 3 types of photovoltaic systems was created, the “SF design book for the Ferreñafe district” has 184 components that can be combined to create different SFs that meet With the EE requirements that the villager needs in their home, then we are using this Excel workbook to make an example of each of the three SFs that are proposed.

Finally, aspects related to the promotion are seen and benefits are proposed for those who obtain by photovoltaic generation in their homes, they are also encouraged to install an SF-ICR and their economic benefits are demonstrated.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad Problemática.

Actualmente uno de los problemas más apremiantes es la generación de energía y el daño medioambiental que genera las centrales térmicas, en nuestro país el 30% de la energía es generada por centrales térmicas que se encargan de consumir suministros naturales que no volverán a recuperarse, El presidente del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), César Butrón, en su participación del II Foro Energético Descentralizado del Sur. Comentó que Perú será afectado por un déficit energético de más del 50% para el año 2024, entonces como prevenir un futuro déficit energético en el distrito de Ferreñafe usando métodos de generación de energía limpia ,se vuelve primordial hablar sobre el desarrollo de una planificación urbana orientada a la generación de energía fotovoltaica en viviendas y diseños de sistemas que sean factibles para solucionar el futuro problema de generación energética a base de un sistema de generación descentralizado.

1.2 Formulación del Problema.

Es importante plantear una posible solución para la prevención de un déficit de energía eléctrica y esto implica también tener conciencia medioambiental con la generación energética que se proponga, es así que nos planteamos la siguiente incógnita.

¿Una planificación solar urbana es una solución factible para combatir el aumento del consumo de energía eléctrica en el distrito de Ferreñafe permitiéndonos instalar sistemas fotovoltaicos teniendo en cuenta la temperatura y la zona geográfica? ¿Es rentable la generación fotovoltaica para aplicarse en el distrito de Ferreñafe?

1.3 Hipótesis.

Elaborando una planificación solar urbana y diseñando sistemas solares efectivos para el ámbito local se promocionará de mejor manera el adopto de estas nuevas tecnologías limpias y permitirá a los ciudadanos explorar opciones de ahorro de energía mejorando su bienestar económico, contribuyendo con el medioambiente y dando solución a un futuro déficit de energía eléctrica en el distrito de Ferreñafe.

1.4 Delimitación de la Investigación.

Para desarrollar una planificación solar urbana necesitamos delimitar nuestra zona de estudio la provincia de Ferreñafe, se encuentra en la zona norte del Perú, forma parte de la región de Lambayeque.

De la provincia de Ferreñafe se escogió específicamente el distrito de Ferreñafe para realizar el estudio de planificación solar urbana siendo este uno de los seis distritos de la provincia del mismo nombre la cual limita por el norte con el distrito de Pítipo, por el sur con el distrito de Picsi por el este con el distrito de Mesones Muro y por el oeste con el distrito de Pueblo Nuevo.

Tabla (1)
Distritos que conforman la provincia de Ferreñafe.

DISTRITO	Km2
Pítipo	558,18
Incahuasi	443,91
Kañaris	284,88
Mesones Muro	200,57
Ferreñafe	62,18
Pueblo nuevo	28,88
Total	1.578,60

Fuente: Elaboración propia.

Las coordenadas distrito Ferreñafe se encuentra en la latitud -6.6388898 y longitud -79.788887, en el hemisferio sur. El distrito de Ferreñafe cuenta con un territorio de 62.18km² y una altitud de 67 /msnm.

El relieve es plano o llano pues es parte de un valle y tiene muy pocas bifurcaciones o elevaciones.

Con respecto al clima en el distrito de Ferreñafe es cálido, semitropical con temperaturas que varían desde 17 a 28°C durante casi todo el año.

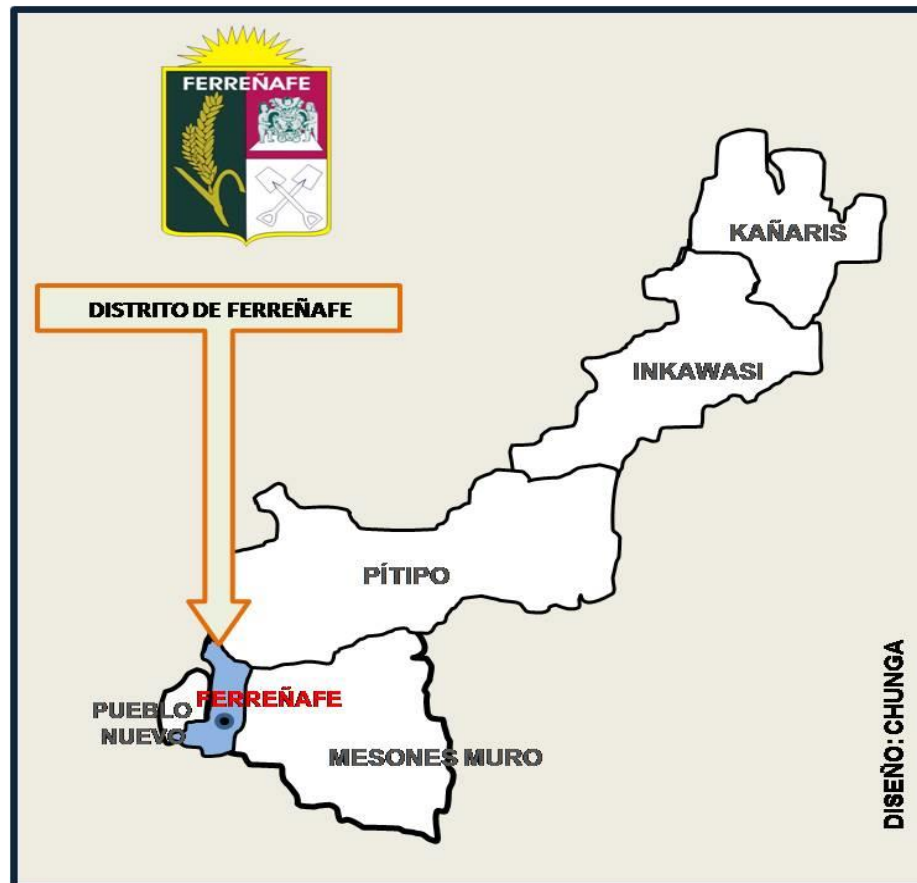


Figura (1): Provincia de Ferreñafe.

Fuente: <http://ferrenafesican.blogspot.com/2011/08/2.html>

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo General.

Realizar la planificación solar urbana del distrito de Ferreñafe, proporcionar diseños de sistemas fotovoltaicos y una herramienta de dimensionamiento que pueda ser aplicado por los ciudadanos, proporcionar este conocimiento a la población.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Determinar el estado eléctrico actual del distrito de Ferreñafe y calcular la proyección de consumo de energía eléctrica hasta el 2027.
- Evaluar el potencial solar con el que cuenta el distrito de Ferreñafe y si este es adecuado para la instalación de sistemas fotovoltaicos.
- Elaborar una herramienta para el dimensionamiento correcto de sistemas fotovoltaicos que puedan realizarse en el distrito de Ferreñafe.
- Proponer los beneficios correspondientes de una planificación solar urbana para los pobladores que se decidan a instalar un sistema fotovoltaico y sus respectivas condiciones para acceder a estas.
- Determinar cuál es el Sistema fotovoltaico que más beneficio presenta para el poblador del distrito de Ferreñafe.

1.6 Justificación e Importancia de la Investigación.

Esta investigación optara por desarrollar técnicas que permitan realizar una planificación solar urbana las cuales se podrán utilizar como base para el desarrollo posterior en otras localidades, también proporcionara un plan de diseño fotovoltaico que podrán utilizar los ciudadanos para hacer aproximaciones y comparativas de los sistemas fotovoltaicos que puedan implementar en sus viviendas. Esto promocionará de mejor manera la generación energética descentralizada de energía limpia, ayudará en la disminución de los recibos de consumo eléctrico de los ciudadanos y proporciona una solución al creciente consumo eléctrico. Este estudio permitirá disminuir el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. En Perú gran parte de nuestra estabilidad del precio de la energía eléctrica se debe al 25% de subsidio (fuente: ministerio de energía y minas).

Actualmente somos testigos de los problemas medioambientales que están siendo ocasionados producto de la quema de combustibles fósiles y utilización de las energías nucleares.

El calentamiento global, la lluvia acida, los agujeros en la capa de ozono son algunas de las consecuencias por las cuales los países alrededor del mundo han tomado conciencia y se plantearon el mejoramiento de sus sistemas optando por las llamadas energías renovables. Muchos países cada vez ponen más restricciones ambientales con la finalidad de llevar al mundo a un futuro desarrollo sostenible.

Porque es preponderante un desarrollo sostenible básicamente es importante asegurar el desarrollo actual sin afectar a las futuras generaciones venideras, en definición el desarrollo sostenible tiene tres cualidades que satisface de manera simultánea: el crecimiento económico, el progreso social y el uso racional de recursos existentes.

El actual sistema de generación de energía eléctrica que se encuentra masificado representa un problema económico, social y ambiental. Que debe ser atendido por tal motivo se debe desarrollar una planificación solar urbana para promover la generación eléctrica responsable y consumo responsable. Con la finalidad de prever el déficit energético que se ha pronosticado para el año 2024(Foro Energético Descentralizado del sur) información dada por El presidente del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. Para este fin es necesario planificar, diseñar una planificación solar urbana que nos lleve a un desarrollo sostenible.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Definiciones.

2.1.1 Planificación Urbana.

La planificación urbana es un complejo sistema que se encarga de desarrollar el potencial de las ciudades. Se centra en la comprensión del fenómeno de desarrollo social demográfico con la finalidad de hacer buen uso y aspirar a un desarrollo sustentable a través de la gestión tanto pública como privada, la planificación urbana se enfoca en la distribución demográfica de todas las actividades humanas y la toma de decisiones por parte de las autoridades que incidirán en el espacio urbanístico.

El objetivo de esta es la elaboración de diagnósticos integrales y prospectivos sobre situaciones urbanas lo más cercanas a la realidad y luego facilitar esta información a expertos para la toma de decisiones e intervenciones a través de planes o proyectos que se puedan desarrollar a corto, mediano y largo plazo, con esta meta clara de habilitar capacidades para el desarrollo de los intereses y necesidades de la ciudadanía, sin afectar la sustentabilidad y eficiencia, asegurando el bien común y mejora de la calidad de vida de los habitantes.

2.1.2 Planificación Solar Urbana.

Actualmente el centro de desarrollo son las ciudades y debido a este desarrollo cada día hay un aumento significativo en la cantidad de energía consumida la planificación solar urbana ataca directamente este problema planteando alternativas de desarrollo sostenible en conjunto con un desarrollo concientizado de la sociedad en el tema de generación energética ,en la planificación solar se busca dar las facilidades para que este potencial

sea explorado tanto por la parte pública como por la parte privada, entre las facilidades que se dan están el desarrollo de sistemas que tengan un planteamiento demográfico concreto (cada región hace su propio estudio solar urbanístico) se proporciona parámetros para diseños adecuados, incentivos a las personas que obtén por este tipo de generación consciente y amigable con el medioambiente, charlas sobre consumo responsable de energía, capacitaciones para el mantenimiento de estas entre otras iniciativas.

2.1.3 Ciudad Solar.

Este concepto de ciudad solar (Figura 2) si bien es reciente y su definición es aún incipiente. Jenks y Dempsey (2005: 357) definen ciudad solar “como aquella que busca reducir sus niveles de emisiones de GEI mediante una estrategia holística que introduce sistemas de energía renovables junto con un uso racional de la misma” Así, se hace cargo de los desafíos tecnológicos y de sustentabilidad que un acceso equitativo a un sistema de energía bajo en carbono supone, y explora las potencialidades de un sistema energético seguro, descentralizado, compatible con el medio ambiente y que se beneficia de una fuente de energía 100% renovable como el sol (Grubler y Fisk 2013; IRENA 2016).



Figura (2): Friburgo (Alemania) septiembre 15 del 2014.

Fuente: <https://energialimpiaparatodos.com/2014/09/15/643/>

2.1.4 Energía Fotovoltaica y Ventajas.

La energía fotovoltaica consiste en convertir directamente la luz solar en energía eléctrica esto se da gracias a la existencia de un dispositivo electrónico llamado celda solar o célula solar. Esta conversión de energía se base en el efecto fotovoltaico entre sus ventajas más resaltantes están las siguientes:

- Pequeño impacto ecológico (producción de energía amigable con el medio ambiente).
- Fuente de energía infinita (teniendo como motor principal el sol)
- Facilidad y accesibilidad a esta energía (básicamente puede ser usada en cualquier lugar al que llegue la luz solar)

Dicha energía en la actualidad permite diferentes tipos de aplicaciones ver (Figura 3) que veremos más adelante, pero el punto más importante es el aporte al mantenimiento del medio ambiente que la producción de esta energía hace en la actualidad cada KWh que es generado por sistemas fotovoltaicos evita aproximadamente 1.1Kg de CO₂ en comparación con sistemas de generación a carbón o 0.42Kg de CO₂ en comparación a la generación de energía eléctrica con gas natural estos es de importante ayuda en la conservación del medio ambiente sin contar que tanto el carbón y el gas natural no son infinitos a diferencia de la energía fotovoltaica que utiliza la radiación solar.

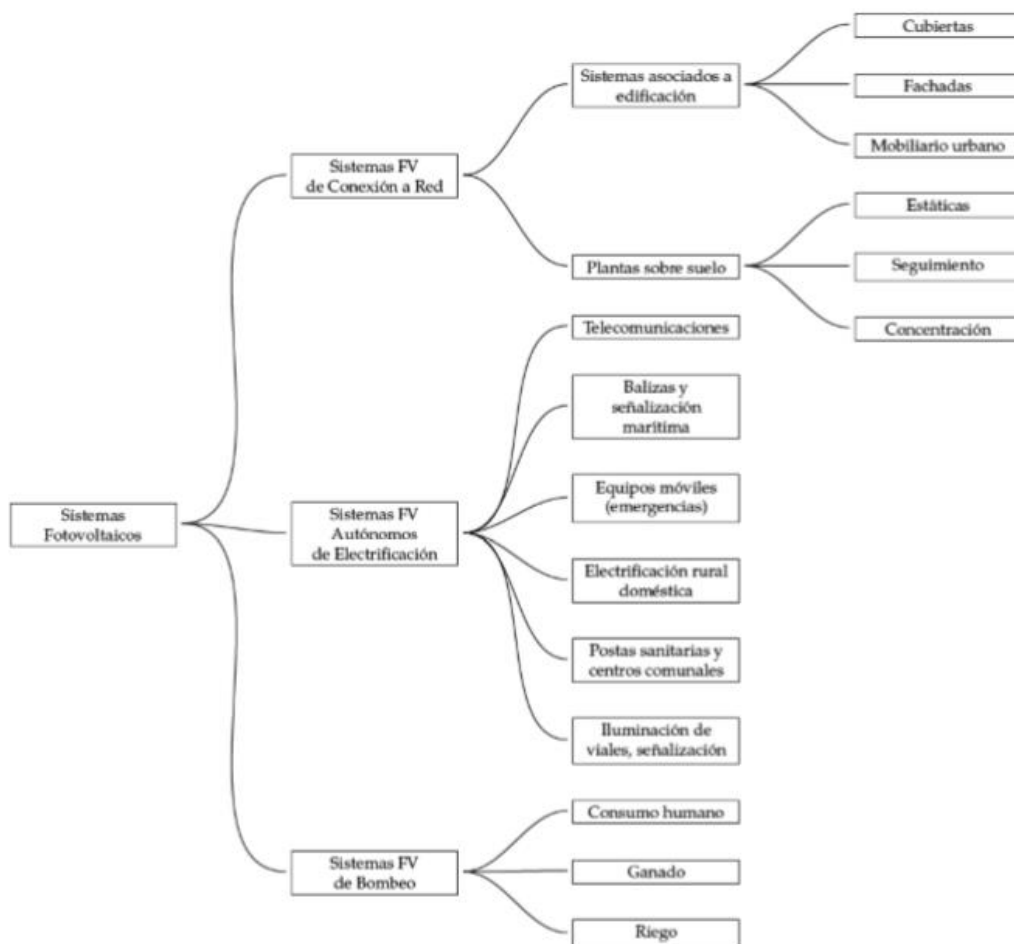


Figura (3): Aplicaciones de la energía fotovoltaica.

Fuente: Libro de energía solar fotovoltaica (abril de 2012) de Oscar Perpiñán Lamigueiro.

2.1.5 Sistema Fotovoltaico.

Se le llama sistema fotovoltaico al conjunto de equipos tanto eléctricos como electrónicos que son partes de la producción de energía eléctrica aprovechando la radiación solar del medio ambiente. La base de este sistema son los paneles solares que están compuestos por células solares o también llamadas celdas solares las cuales transforman la energía luminosa en energía eléctrica de corriente continua. Los equipos adicionales que se utilizan dependen de la aplicación o destinación de la energía producida según el libro “DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS” de OSCAR PERPIÑÁN, ANTONIO

COLMENAR Y MANUEL ALONSO de abril de 2012, ellos clasifican en tres grandes grupos (Figura 3).

2.1.5.1 Sistemas Fotovoltaicos Conectado a Red.

Estos producen energía eléctrica que será vertida directamente a la red. en este caso particular el sistema no tiene que cumplir con satisfacer algún tipo de demanda de manera inmediata, por lo tanto, no necesita la incorporación de equipos de acumulación de energía sin embargo para permitir la correcta inyección de energía es necesario incorporar un inversor que se encargara de adecuar la potencia producida por la generación fotovoltaica a las condiciones de la red. Este sistema así mismo se subdivide en dos los instalados sobre el suelo que su objetivo es solo la producción de energía eléctrica y posterior venta, mientras que los sistemas sobre edificaciones abarcan funciones adicionales a la producción de energía, tales como la sustitución de componentes arquitectónicos con fines decorativos también son sistemas más pequeños con capacidades normalmente menores a los 100KW.

2.1.5.2 Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.

Estos abarcan una variedad muy amplia de aplicaciones. su denominador común es la necesidad de satisfacer una demanda energética determinada. Por esta razón prácticamente todos los sistemas autónomos incorporan un equipo de acumulación de energía. Estos sistemas pueden ser clasificado en tres grupos por razón de su aplicación asociada: profesionales, electrificación rural y pequeño consumo.

Entre las aplicaciones más usadas actualmente se encuentra el uso de módulos fotovoltaicos adheridos a equipos electrónicos como ejemplo por excelencia calculadoras relojes y cargadores.

Mientras que las aplicaciones profesionales pueden ir desde la utilización para sistemas en gaseoductos hasta ser utilizados en señales de tráfico, refrigeración de vacunas y alimentación para satélites espaciales en estos sistemas se suele usar un sistema de respaldo ya que la variación de la energía puede tener graves consecuencias.

Los sistemas de electrificación rural se buscan proveer de energía a poblaciones alejadas de las redes convencionales, en su mayoría tiene un interés social medioambiental promovido por el estado, suele utilizarse para sistemas domésticos.

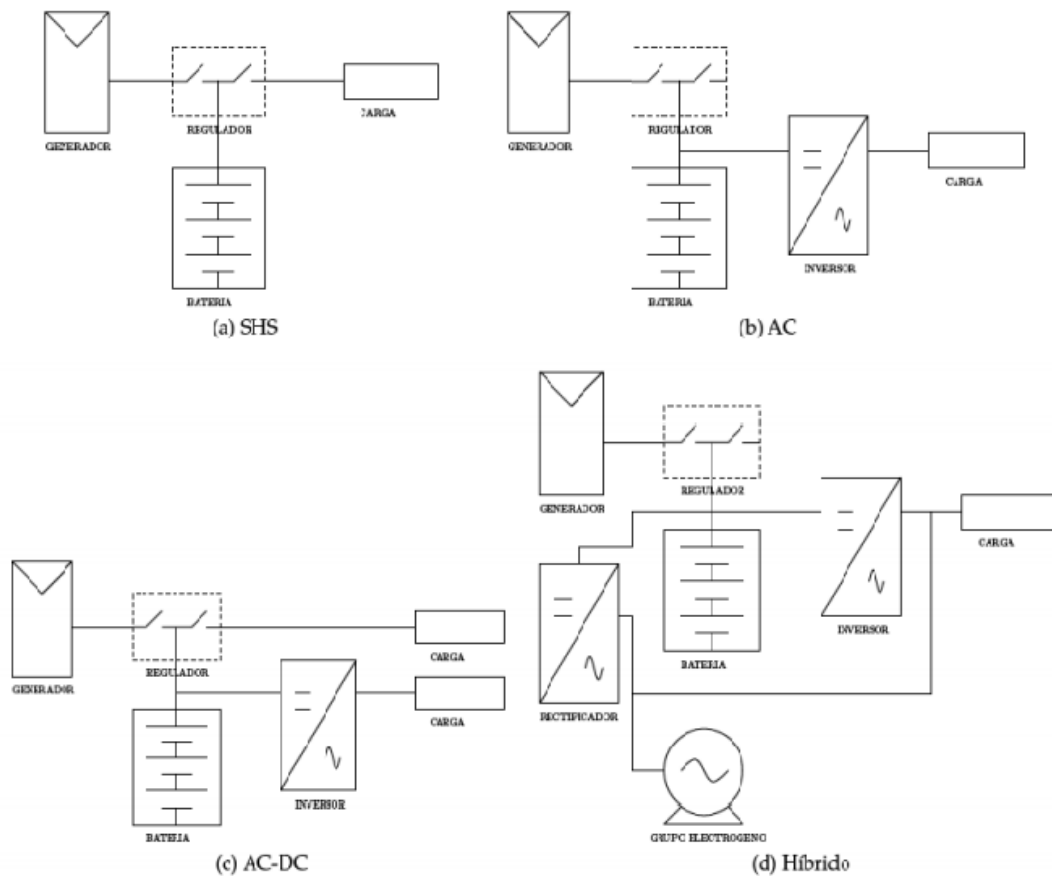


Figura (4): Configuraciones típicas de SFA.

Fuente: DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTACOS (Óscar Perpiñán, Antonio Colmenar, Manuel Castro) año 2012.

2.1.5.3 Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo.

La energía eléctrica es empleada para el accionamiento de una motobomba que sirve para transportar agua es un sistema muy usado para la agricultura, consumo humano y crianza de animales.

2.1.5.4 Sistema Fotovoltaico Autónomo con Inversor Cargador.

Un sistema fotovoltaico autónomo con inversor cargador es una variante de un sistema autónomo convencional, pero en vez de tener un inversor y un controlador de carga solo se cuenta con un inversor cargador que cumple ambas funciones en el SF estos sistemas tienen algunas ventajas como la disminución del costo del SF ya que se reemplaza dos componentes por uno, también se suele utilizar para dar mayor comodidad en la instalación y aprovechar de mejor manera el espacio. Es así como estos sistemas cuentan con un generador, el inversor cargador y las baterías.

También hay sistemas híbridos que permiten la conexión a red, el almacenamiento y la adicción de un grupo electrógeno ver (Figura 5).

2.1.5.5 Sistema Fotovoltaico con Inversor Conectado a Red.

El sistema fotovoltaico con inversor conectado a red ver (Figura 5) nos permite contar con un sistema de producción y consumo automático el inversor cuenta con un sistema electrónico incorporado que analiza y decide en base a una evaluación de consumo en tiempo real, la cantidad de energía suministrada por la red para compensar la falta de energía, en caso de no haber producción el inversor solo utiliza la energía de la red. Estos sistemas solo cuentan con el generador, el inversor conectado a red y en algunos casos el regulador de carga.

Conexión del Sistema Solar

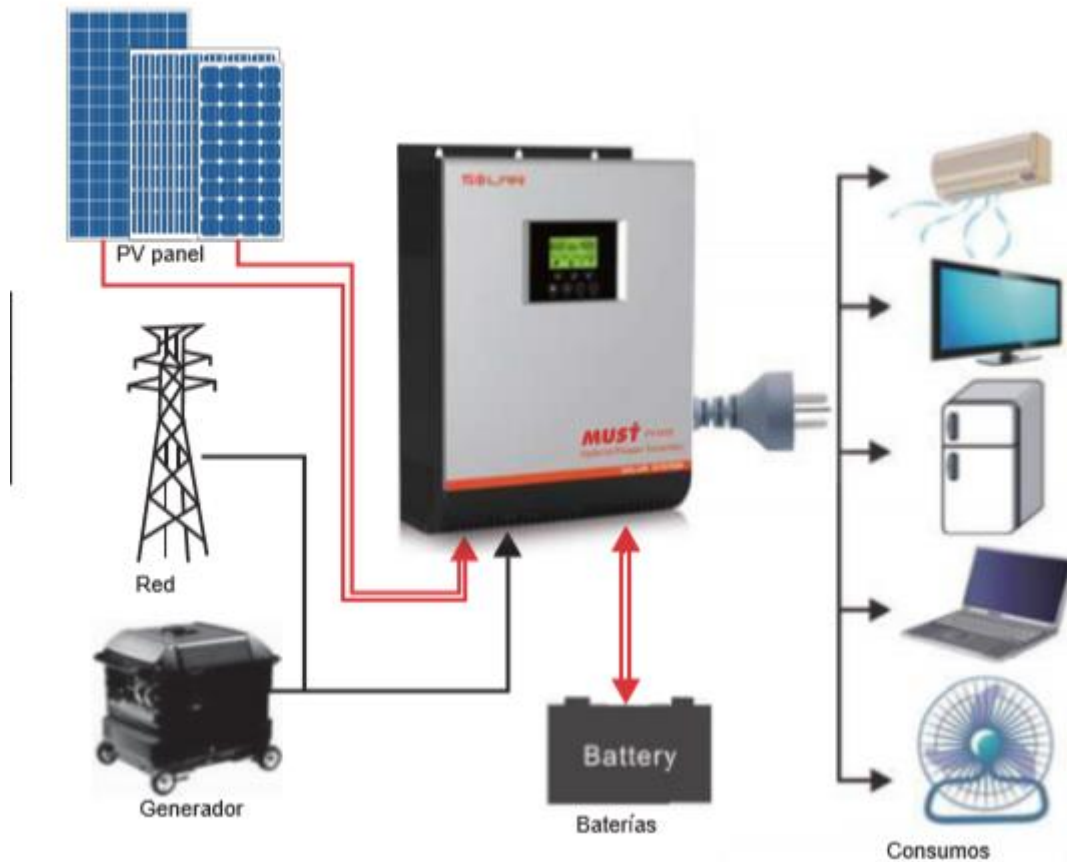


Figura (5): Componentes de un sistema fotovoltaico con inversor cargador con opción a conexión a red.

Fuente: <https://autosolar.pe/pdf/Solax-ficha-X1.pdf>

2.1.6 Componentes de los Sistemas Fotovoltaicos.

2.1.6.1 Célula Solar (CS).

Es un componente electrónico y es la base para los sistemas fotovoltaicos la corriente de una célula solar es el resultado de un balance entre la corriente fotovoltaica y la corriente oscura la cual depende de la tensión aplicada en sus terminales por eso cuando la tensión es nula en otras palabras esta cortocircuitada la corriente se debe solo a la fotocorriente. Siempre en una célula solar el valor de la corriente permanecerá constante hasta que comience la conducción a través del diodo. A partir de este punto la corriente

disminuye hasta que se llegue a compensar la corriente de oscuridad con la corriente fotovoltaica.

Según Oscar Perpiñán, Antonio Colmenar y Manuel Alonso Castro. Los dos puntos extremos de cortocircuito y circuito abierto quedan definidos con dos parámetros, la corriente de cortocircuito, I_{cc} , y la tensión de circuito abierto, V_{oc} . Estos dos parámetros suelen estar disponibles en la información asociada a la célula. En función de ellos se puede escribir la siguiente ecuación que describe la curva característica de una célula solar.

De manera más simple la célula solar transforma de manera directa la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula solar (que conforman los paneles) se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica.



Figura (6): Célula solar. Fuente: <http://www.solarytec.com/producto/celula-solar/>

2.1.6.2 El Módulo Fotovoltaico (MF).

El módulo fotovoltaico está formado por las células solares puestas en un determinado arreglo de filas y columnas ver (Figura 7). Las células solares como se sabe no tienen la

potencia suficiente para alimentar las cargas necesarias de un artefacto, es por ese motivo que nacen los modulo fotovoltaicos que son agrupaciones que tienen como finalidad entregar una tensión y corriente adecuadas, también tiene como finalidad dar rigidez mecánica al conjunto de (CS) y permitir protegerlas físicamente de la intemperie aislándolo del exterior.

En el mercado actual se encuentran muchos tipos de MF estos difieren ya sea estéticamente, por su configuración eléctrica o por estructura constructiva. El MF generalmente se encuentra encapsulado en dos capas de EVA (etileno- vinilo-acetato), entre una lámina frontal de vidrio y una capa posterior de algún polímero termoplástico. El vidrio tiene que tener una alta transmisividad en la banda espectral, además debe tener buena resistencia al impacto y a la abrasión.

Las causas principales de degradación de los MF es la humedad por lo cual estos reciben un tratamiento en vacío al ensamble de sus componentes.



Figura (7): Modulo fotovoltaico. Fuente: <https://spanish.globalsources.com/si/AS/Renogy-SuZhou/6008851416233/pdtl/Renogy-100W-Polycrystalline-Photovoltaic-PV-Solar/1143554950.htm>

2.1.6.3 Acumulador electroquímico (Baterías).

Un acumulador electroquímico no es más que una batería de carga y descarga continua (Figura 8), esta es capaz de almacenar energía eléctrica mediante una transformación electroquímica. Las baterías cumplen una función muy importante puesto que son las encargadas de dar la autonomía al sistema fotovoltaico autónomo puesto que se encargan de satisfacer el consumo de energía eléctrica en cualquier momento, independientemente de la generación. También contribuye a mejorar el funcionamiento en el sistema fotovoltaico al aportar picos de intensidad superiores a los que proporciona el generador y al estabilizar el voltaje del sistema, evitando fluctuaciones dañinas en los equipos de consumo.

Actualmente hay una variada cantidad de baterías que se emplean en los sistemas fotovoltaicos autónomos de los cuales los más importantes son los siguientes:

- **Baterías Monoblock:** Están destinadas a pequeñas instalaciones fotovoltaicas donde la relación calidad-precio tiene que ser equilibrada. Sus placas están reforzadas con rejilla y aislamiento especial y, gracias a esta aleación, la pérdida es muy reducida. Por ello, estas baterías gel de 12V son recomendadas para sistemas aislados, telecomunicaciones, señalización o repetidores.
- **Baterías AGM:** Tienen el electrolito inmovilizado y unas válvulas de regulación de gases para evitar pérdidas, por eso se llaman “sin mantenimiento”. Tienen una duración media en número de ciclos de carga-descarga a una misma profundidad de descarga más elevada que las baterías monoblock.
- **Baterías estacionarias:** Estas baterías tienen una larga vida útil, son perfectas para instalaciones que requieran un consumo diario y durante largos períodos de tiempo. Estas baterías están compuestas por 6 vasos de 2v cada uno, pueden

acumular grandes cantidades de energía (las hay en una amplia gama de diferentes capacidades).

- Baterías de electrolito gelificado: Presentan un funcionamiento cíclico de alta calidad, lo que las convierte en ideales para instalaciones de tamaño medio y grande que estén previstas para funcionar durante largos períodos de tiempo o donde el mantenimiento sea muy complicado de realizar. El gel que las compone se consigue mediante la del Electrolito con una Sílica amorfa, el cual da como resultado un compuesto de la consistencia de dicho gel.
- Baterías litio: Ocupan poco espacio, pesan poco y no emiten gases. También por tanto se pueden poner en cualquier sitio, el tiempo de carga es el más rápido. Se pueden realizar descargas totales sin verse su vida intensamente afectada. La desventaja que actualmente tiene este tipo de baterías es su elevado costo. Sin embargo, en un futuro se cree que los fabricantes lo puedan optimizar.



Figura (8): Banco de Baterías de Plomo Acido. Fuente: <https://placassolar.es/bateria-solar/>

2.1.6.4 Regulador de Carga.

Uno de los factores menos alentadores en los sistemas fotovoltaicos es el hecho que la energía no es constante por lo cual es necesario un equipo que evite este tipo de fluctuación para eso se necesita un regulador de carga puesto que este cumple esa función, además se encarga de evitar la sobrecarga y la descarga excesiva en una batería cuando esta alcanza determinados umbrales, así aumentando su vida útil y protegiendo nuestra inversión.

Hay dos casos diferenciados en las que actúa el regulador de carga ver (Figura 9) en el primero el regulador puede desconectar el generador de la batería o bien derivar la corriente del generador hacia otro lugar, sea este un cortocircuito o un disipador. En el segundo caso lo que se quiere es bloquear el paso de energía hacia la batería si está ya se encuentra cargada por lo que se debe incorporar un diodo de bloqueo entre el generador y la batería para evitar descargas de esta sobre el camino alternativo que ofrece el regulador. Para proteger frente a la sobrecarga, lo común, tanto en reguladores serie como en paralelo, es desconectar los equipos de consumo de la batería. Estos equipos suelen emplear interruptores MOSFET como dispositivos de conmutación.

Es conveniente observar que en las dos protecciones la batería siempre es la que impone la tensión del sistema, sea al módulo, a los equipos de consumo o al menos al regulador. Dicho de otra forma, los equipos de consumo y el módulo nunca quedan conectados de forma directa sin la intervención de la batería. Recordemos que una de las funciones del acumulador es estabilizar la tensión del sistema y así evitar fluctuaciones dañinas en los equipos de consumo eléctrico.



Figura (9): Esquema eléctrico de un regulador de carga.

Fuente: DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTACOS (Óscar Perpiñán, Antonio Colmenar, Manuel Castro) año 2012.

2.1.6.5 Inversor.

El inversor solar es un transformador de corriente que convierte el voltaje de la electricidad almacenada en las baterías, en voltaje a 230V como el que se utiliza en las viviendas diariamente mediante la red eléctrica. De esta forma se puede conectar a la instalación solar cualquier aparato eléctrico, electrodoméstico o herramienta de tu hogar el cual funcionará perfectamente, incluso mejor que con la electricidad generada por la compañía eléctrica. Las instalaciones fotovoltaicas más habituales se realizan con voltajes de 12V, 24V o 48V según la cantidad de potencia requerida para el consumidor. El inversor convierte este voltaje en corriente continua de las baterías en corriente alterna de 230 voltios. Existen 2 tipos de inversores solares, de onda modificada y de onda pura.

- **Los inversores de onda modificada:** generan una onda simulada electrónicamente que pretende emular a una onda eléctrica pura. Estos inversores de onda modificada son útiles para el uso de aparatos eléctricos poco complejos y que no utilicen motores, como por ejemplo televisores, reproductores de música y de DVD, carga de teléfonos, tabletas y ordenadores.

- **Los inversores de onda pura:** generan una onda de corriente perfecta para el funcionamiento de por ejemplo electrodomésticos como frigoríficos, congeladores, microondas, lavadoras, etc. Así como cualquier tipo de herramienta de bricolaje. La gran mayoría de los equipos combinados de inversor-cargador utilizan un inversor de onda pura.

2.1.6.5.1 Inversor Cargador.

Actualmente en el mercado de los sistemas fotovoltaicos contamos con un producto que cumple la función de inversor y a su vez de un regulador de carga, estos son los llamados inversor cargador el funcionamiento del dispositivo es bastante simple es un transformador de corriente que convierte el voltaje de la electricidad almacenada en las baterías, en voltaje a aproximadamente 220V-230V y de una corriente continua a una corriente alterna que utilizamos en los artefactos de nuestros hogares. Estos inversores cargadores cuentan con un controlador de carga que funciona para proteger nuestros paneles solares frente a una sobrecarga y un sistema de conexión para un grupo electrógeno en caso de emergencias si es que se desea.

Una de las ventajas de este producto es que puede detectar el voltaje de trabajo del banco de baterías que puede estar en valores de 12,24 y 48 voltios según se halla calculado de acuerdo a la necesidad del banco de baterías e independencia del SF, también el costo de este producto suele ser menor que la adquisición del inversor y del controlador de carga por separado permitiendo reducir el costo de inversión y optimización del espacio.

2.1.6.5.2 Inversor Conectado a Red.

La finalidad de estos inversores es estando conectado a los paneles solares, sincronizarse con la onda de la red eléctrica de la compañía e inyectar energía que van produciendo los paneles para que nuestro consumo doméstico utilice como prioridad esa fuente de energía.

Si es insuficiente para el consumo que se demanda, el resto de la energía se suministrara desde la compañía de electricidad.

Estos inversores se utilizan en SF que tienen como finalidad disminuir la facturación de energía eléctrica y ser más autosuficientes con la energía solar. Es parte de una instalación muy económica, tiene la particularidad que no necesita ningún mantenimiento y para obtener la mejor rentabilidad estos sistemas son para consumos en horas solares.

2.1.7 Proyecciones de Consumo Eléctrico.

Toda proyección eléctrica es clasificada según la duración del horizonte de planificación según esta subdivisión tenemos las siguientes:

- Short-Term Load Forecasting (STLF)
- Medium-Term Load Forecasting (MTLF)
- Long-Term Load Forecasting (LTLF)

La proyección de demanda eléctrica tanto la de corto y media plazo es empleada para estudios operativos mientras que la proyección de consumo y demanda a largo plazo es empleada en estudios de planificación, cabe recalcar que estamos utilizando un modelo desarrollado por Sei y Sepasian dado en el año 2011 que formaron específicamente teniendo en cuenta variables y su relación con los horizontes de tiempo de proyección de la demanda y consumo.

2.1.7.1 Proyección a Corto Plazo.

La proyección de demanda eléctrica de corto plazo, es empleada para pronosticar la demanda del día a la semana siguiente. Las variables empleadas son la demanda histórica, precios de electricidad, condiciones meteorológicas, tipo de día (normal o festivo) y/o eventos especiales. En la (Figura 10) se muestra un ejemplo de la proyección realizada

por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), para el día lunes 17 de abril del 2017 en la red eléctrica del Perú.

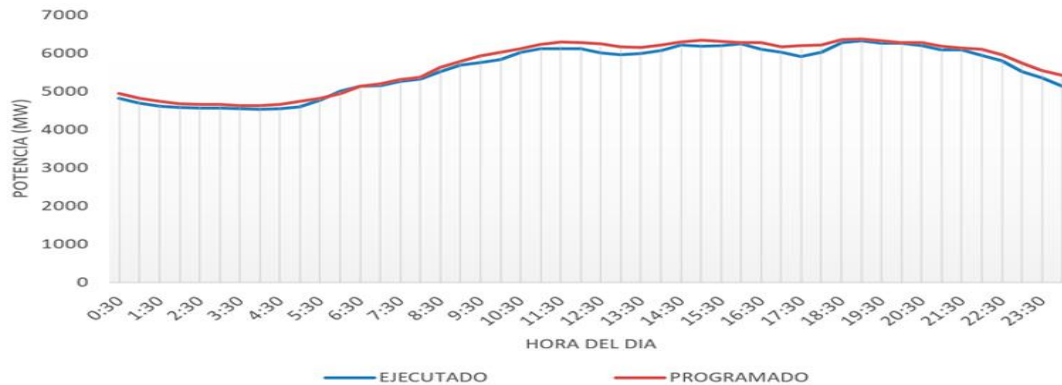


Figura (10): Comparación entre la proyección y el valor real de demanda eléctrica de corto plazo en Perú.
Fuente: COES (2017).

2.1.7.2 Proyección a Mediano Plazo.

La proyección de demanda eléctrica de mediano plazo, es empleada para pronosticar los picos de demanda de la siguientes semanas y meses. Esta proyección es frecuentemente desarrollada en países donde la estación del año juega un rol importante.

2.1.7.3 Proyección a Largo Plazo.

La proyección de demanda eléctrica de largo plazo, es empleada para estimar la demanda máxima de los próximos años. Las variables determinantes son la población, el “Producto Bruto Interno”, tendencias de consumo de electricidad y otras variables macroeconómicas. En la (Figura 11) se muestra un ejemplo de la proyección realizada por el COES para el periodo 2015 a 2028 en la red eléctrica del Perú.

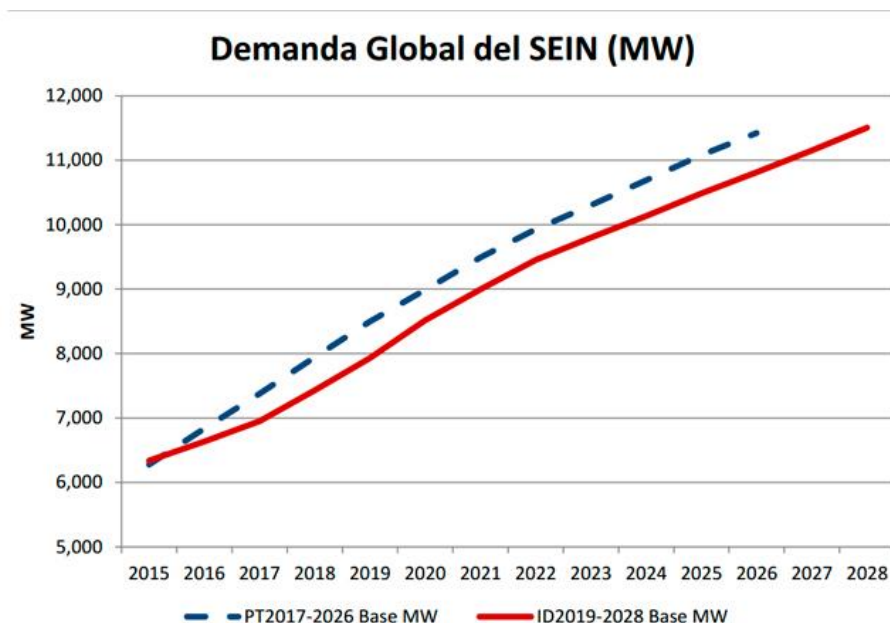


Figura (11): Proyección de la demanda eléctrica de largo plazo en Perú

Fuente: COES (2017)

2.1.8 Procedimiento de Cálculo del Potencial Solar.

El potencial solar está estrechamente ligado a la ubicación del punto de estudio en el planeta como sabemos la energía solar es proveniente de la estrella más grande de nuestro sistema solar y los valores se pueden encontrar por medio de un estudio de aproximación en relación a la energía que desprende el sol y la distancia a la que está la tierra las condiciones climática ,diversos efectos atmosféricos y la posición exacta de estudio o área de estudio, este método es muy usado desde el año 2017 para realizar estudios con la finalidad de hallar el potencial solar y así poder dimensionar los sistemas fotovoltaicos es una de las herramientas más importantes y el método puede ser consultado en la web del instituto de la energía de la unión europea y los datos calculado son sorprendente mente cercanos a los valores reales como muestra Jaime Wright en sus diversos estudios de cálculo espectral de la irradiación solar.

2.1.8.1 Ubicación de la Zona de Estudios.

Para esto necesitamos conocer con precisión tanto la longitud como la latitud puesto que estos datos nos permitirán no solo comenzar con el estudio del potencial solar también nos permitirá hallar el ángulo adecuado de inclinación para nuestro panel solar, el distrito de Ferreñafe se encuentra con una latitud -6.638888 y longitud -79.788887 en el hemisferio sur. (Figura 12)

La Latitud:

Es la distancia angular entre la línea ecuatorial (el ecuador), y un punto determinado de la Tierra, medida a lo largo del meridiano en el que se encuentra dicho punto. Según el hemisferio en el que se sitúe el punto, puede ser latitud norte o sur.

La Longitud:

Es una medida que en cartografía expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se toma como 0° , medida a lo largo del paralelo en el que se encuentra dicho punto, una circunferencia cuyo centro es la intersección del eje de la Tierra con el plano del citado paralelo. En la actualidad, el meridiano base es el meridiano de Greenwich.

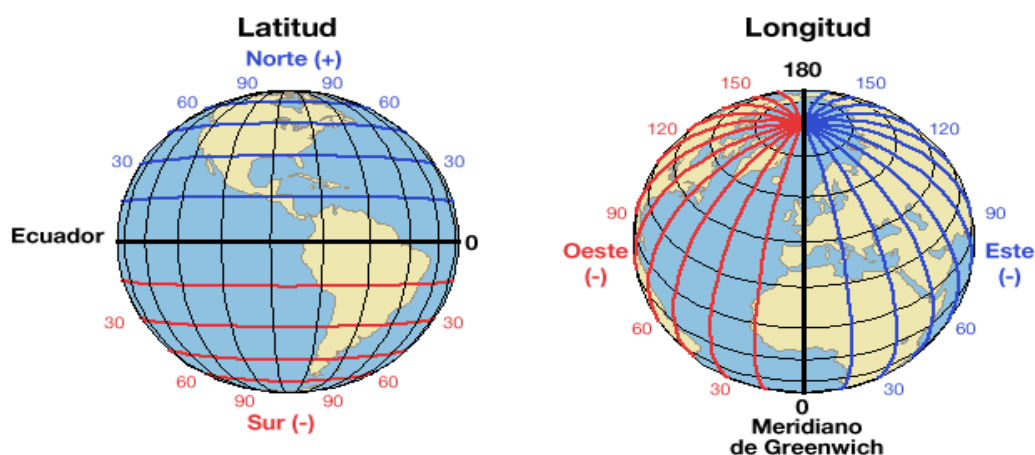


Figura (12): Imagen referencial Latitud y Longitud.

Fuente: <https://www.portaleducativo.net/quinto-basico/686/Latitud-y-longitud>.

2.1.8.2 Constante solar.

La constante solar 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. El valor obtenido de las mediciones de satélites y aceptado actualmente es de $1367 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, este valor puede variar dependiendo del autor en algún caso es un poco mayor o menor, pero en la actualidad el valor convencionalmente aceptado es el de $1367 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ y será este el valor que tomaremos para hallar el potencial solar.

2.1.8.3 Declinación Solar.

El sol que se encuentra en el centro de nuestro sistema tiene un ángulo variable con respecto a la línea ecuatorial a través de su movimiento elíptico de traslación durante un año es así como este valor varía desde los -23.45° el 22 de diciembre hasta los 23.45° el 22 de junio, también teniendo valores de 0° los días 23 de septiembre y 22 de marzo.

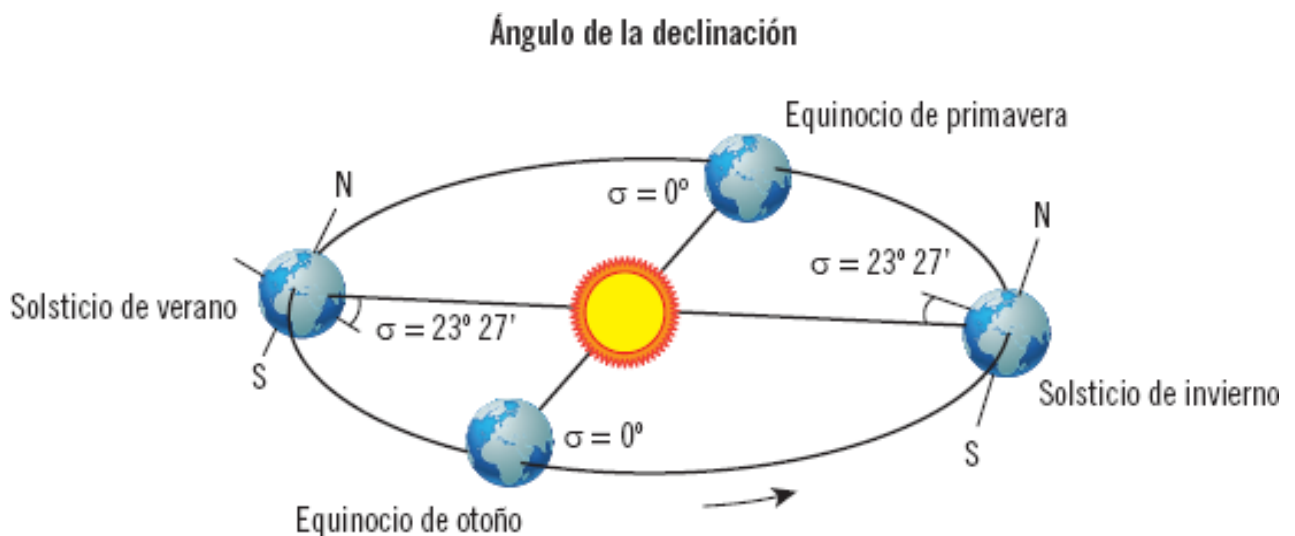


Figura (13): Ángulo de declinación solar durante el movimiento de traslación de la tierra.
Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ_cQFO--f6G6IKTvRIONDr4TTtTVuCRzvGF1HgsOWLvqbt8XWL&s

Asimismo, existe una fórmula que nos permite conocer el ángulo de declinación solar para un determinado día Del año, esto nos servirá posteriormente porque la incidencia de la radiación solar depende del ángulo de declinación solar.

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin \left(\frac{360(d_n + 284)}{365} \right)$$

Donde:

δ : Es el ángulo de declinación solar.

d_n : Es el día del cual se quiere saber la inclinación solar partiendo con un valor de 1 para el día 1 de enero y un valor de 365 para el día 31 de diciembre.

2.1.8.4 Ángulo de Salida de Sol al Amanecer.

El ángulo de salida del sol depende de dos factores muy importantes el primero es la declinación solar la cual varia cada día así que necesitamos encontrar su valor para cada día de estudio y la latitud del lugar en donde estamos realizando el estudio el ángulo de salida es importante ya que este nos permitirá saber cuál es el ángulo de incidencia de los primeros rayos solares para así posterior mente saber cómo aprovecharlos de mejor manera, para calcular estos existe la siguiente fórmula.

$$\omega_s = -\arccos(-\tan \delta \times \tan \Phi)$$

Donde:

ω_s : Ángulo de salida del sol.

δ : Ángulo de declinación solar.

Φ : Latitud.

2.1.8.5 Ángulo de Salida del Sol al Amanecer para un Plano Inclinado.

Los paneles solares que son los que aprovechan la radiación solar no se colocan de manera horizontal para poder aprovechar de mejor manera de esta forma entonces necesitamos hallar el ángulo de salida del sola al amanecer en un plano inclinado para este caso se aplicara su cálculo con la siguiente formula.

$$\omega_{ss} = -\arccos(-\tan \delta \times \tan(\Phi - \beta))$$

Donde:

ω_{ss} : Ángulo de salida del sol.

δ : Ángulo de declinación solar.

Φ : Latitud.

β : Ángulo de inclinación de los paneles.

2.1.8.6 Factor de Excentricidad.

Para este cálculo hay que tener en cuenta lo siguiente si bien es cierto la tierra gira alrededor del sol esta trayectoria que tiene no es circular más bien es elíptica esto implica que la distancia de la tierra al sol no es igual en todo su periodo de traslación claramente esto representa una variación en el potencial de radiación solar que llega a la tierra por ejemplo podemos ver (Figura 14) que en el mes de diciembre la distancia de la tierra al sol es aproximadamente 0.983 UA unidades astronómicas y en el mes de julio es de 1.017UA y una unidad astronómica tiene un valor de UA= 149.600.000km el factor de excentricidad es el promedio de la distancia tierra sol durante todo el año sobre la distancia tierra sol durante cualquier época del año todo esto elevado al cuadrado para calcular esto de manera más sencilla tenemos la siguiente formula.

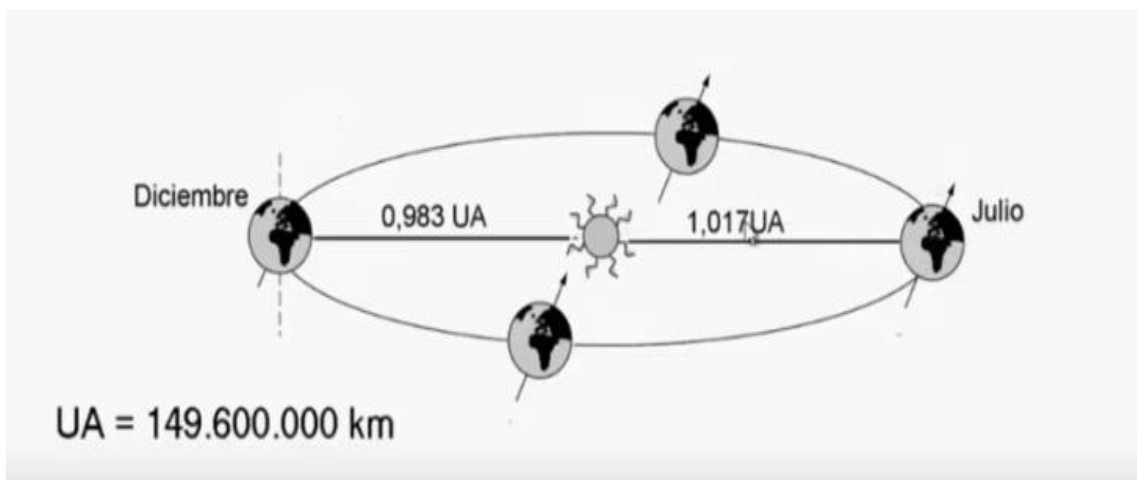


Figura (14): Distancia del sol a la tierra durante su movimiento de traslación.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=Wxv2dPAgrGY&t=83s>

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{360d_n}{365} \right)$$

Donde:

ε_0 : Factor de excentricidad.

d_n : Es el día del cual se quiere saber la inclinación solar partiendo con un valor de 1 para el día 1 de enero y un valor de 365 para el día 31 de diciembre.

2.1.8.7 Irradiancia Extraterrestre Sobre la Frontera Terrestre.

La radiación fotovoltaica antes de llegar a nuestra área de estudio o panel solar llegara a la frontera terrestre o también llamada capa atmosférica y hay una clara diferencia entre la cantidad de radiación que llega a la frontera y la que logra atravesar y que podemos utilizar y aprovechar para generar energía, la irradiancia extraterrestre nos permitirá saber la cantidad de energía que llegara a la frontera en nuestra posición de estudio para hallar este valor presentamos la siguiente formula.

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi} \right) \cdot I_0 \cdot \varepsilon_0 \left(- \left(\frac{\pi}{180} \right) \cdot (\omega_s \cdot \sin \Phi \cdot \sin \delta) - (\cos \Phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s) \right)$$

Donde:

H_0 : Es la irradiación extraterrestre diaria.

T : Es la longitud del día en horas.

I_0 : Es la constante solar 1367 W/m².

ε_0 : Factor de excentricidad.

ω_s : Ángulo de salida del sol al amanecer.

Φ : Latitud del lugar.

δ : Declinación solar.

2.1.8.8 Base de Datos de Radiación Solar.

Para seguir con el análisis de nuestra evaluación del potencial solar en el distrito de Ferreñafe tenemos que obtener una base de datos aproximada de radiación solar la cual para este estudio tomaremos del programa PVsyst 6.8.4 el cual es la versión más actual hasta el momento de dicho programa, este nos permite tener una base de datos (ANEXO-A) a partir de medidas satelitales de diferentes satélites que se encuentran en la periferia circundante del espacio de nuestro planeta en este caso se utilizara los datos proporcionado por software Meteoronorm el cual ofrece información de alta calidad con respecto a radiación gracias a la base de datos que consta de más de 8 mil estaciones meteorológicas , cinco satélites geoestacionarios y una climatología de aerosol calibrada globalmente . los sofisticados modelos de interpolación basado en más de 30 años de experiencia proporcionada resultan de alta precisión en todo el mundo y es claramente mejor al sistema de datos que se adquiere de la página web de la Nasa.

2.1.8.9 El Índice de Claridad.

Este valor tiene una gran importancia puesto que este valor es la relación entre la radiación solar en la superficie de la tierra y la radiación solar en la superficie extraterrestre, así mismo es básicamente una medida de la transparencia de la atmosfera de la tierra en nuestra zona de estudio este valor se calculará con la siguiente formula.

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0}$$

Donde:

K_{Tm} : Es el índice de claridad.

G_0 : Es la radiación diaria horizontal sobre la superficie de la tierra.

H_0 : Es la radiación extraterrestre diaria sobre una superficie horizontal.

2.1.8.10 Fracción Difusa.

Es la relación entre la radiación difusa y la radiación global. Básicamente es una medida de la radiación difusa con respecto a la radiación global, la fracción difusa está presente por mayor nubosidad o por muchas partículas en la atmosfera, por tanto, cuanto más clara sea la atmosfera, mayor será la radiación y menor será el contenido difuso.

$$F_{Dm} = \frac{D_0}{G_0} \qquad D_0 = F_{Dm} \times G_0$$

Donde:

F_{Dm} : Es la fracción difusa.

D_0 : Es la radiación difusa horizontal sobre la superficie de la tierra.

G_0 : Es la radiación global horizontal sobre la superficie de la tierra.

$$F_{Dm} = 1 - 1.13K_{Tm}$$

Donde:

K_{Tm} : Es el índice de claridad.

2.1.8.11 Irradiancia Directa que llega sobre un Panel Solar Horizontal.

Es la radiación que llega sobre una superficie que está a 0 grados con respecto a una horizontal en otras palabras en la cantidad de radiación que llega directamente desde el sol en un ángulo de 90 grados, este valor nos será de gran utilidad cuando comencemos a darle un grado de declinación a nuestros paneles en un futuro, para hallar este valor se aplica la siguiente formula.

$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

Donde:

$H_{dm(0)}$: Es la irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal.

G_0 : Es la irradiación global horizontal sobre la superficie de la tierra (base de datos).

D_0 : Es la irradiancia difusa horizontal sobre la superficie de la tierra.

2.1.8.12 Factor de Corrección de la Irradiancia Directa.

El factor de corrección representa la relación entre las irradiaciones directas diarias en una superficie inclinada y una superficie horizontal. Este factor se necesita para encontrar la irradiancia directa sobre una superficie inclinada. Para encontrar se tiene la siguiente formula.

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} (\sin \Phi) \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$

2.1.8.13 Radiación Solar Directa sobre un Panel Solar Inclinado.

Esta es la radiación que incide de manera directa hacia nuestro plano de estudio en este caso nuestro panel solar inclinado este valor es de suma importancia puesto que es la mayor cantidad de radiación que se entregara a nuestro panel y la forma de calcularlo es con la siguiente formula.

$$H_{(\beta,a)} = H_{dm(0)} x K$$

Donde:

$H_{(\beta,a)}$: Es la irradiancia directa que llega sobre un panel solar con una inclinación.

$H_{dm(0)}$: Es la irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal.

K : Es el factor de corrección de la irradiancia directa.

2.1.8.14 Radiación Solar Difusa sobre un Panel Solar Inclinado.

La radiación solar difusa es aquella radiación que choca con los diferentes medios y cambia de dirección esta radiación también incide en la radiación que llega a nuestra área de estudios o panel solar, este valor se puede calcular con la siguiente formula.

$$D_{(\beta,a)} = D_0 x \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$$

Donde:

$D_{(\beta,a)}$: Es la irradiación difusa que llega sobre un panel solar con una inclinación.

D_0 : Es la irradiancia difusa que llega sobre un panel solar horizontal.

β : Es el ángulo de inclinación del panel solar.

2.1.8.15 Radiación Solar Albedo sobre un Panel Solar Inclinado.

La reflectividad de la mayoría de los tipos de suelo es bastante baja, en consecuencia, la contribución de la radiación albedo que cae sobre un panel solar es generalmente pequeña. Por lo tanto, se usa ciertas convencionalidades para calcular este valor y se toma de forma ideal en tres puntos el primero es que el suelo se considera horizontal, el segundo es que la extensión es infinita y tercero que se refleja de manera isotrópica. La fórmula para su cálculo es la siguiente teniendo en cuenta lo que se muestra en la (Tabla 2).

Tabla (2)

Valores dependientes del tipo de suelo para la reflexión.

Tipo de suelo	Valor de p	ALBEDO
Nieve reciente	0,8-0,9	80-90%
Arena	0,25-0,35	25-35%
Suelo seco	0,1-0,2	10-20%
Suelo húmedo	0,05	5%
Hierba húmeda	0,3	30%
Bosque	0,05-0,15	5-15%

Fuente: Clasificación de suelos ULPGC.

$$AL_{(\beta,a)} = p \times G_0 \times \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

Donde:

p : Es la reflectividad del suelo y depende de la composición del mismo.

G_0 : Es la radiación global horizontal sobre la superficie de la tierra.

β : Es el ángulo de inclinación del panel solar o de la superficie en la que se colocara el panel solar.

2.1.8.16 Radiación Solar Global sobre un Área de Estudio Inclinado.

La radiación solar global sobre una superficie inclinada que será el valor que nos ayuda a evaluar el potencial solar que cuenta el distrito de Ferreñafe, Calculamos con la siguiente formula.

$$G_{(\beta,a)} = H_{(\beta,a)} + D_{(\beta,a)} + AL_{(\beta,a)}$$

Donde:

$G_{(\beta,a)}$: Es la radiación solar global sobre un área inclinado.

$H_{(\beta,a)}$: Es la radiación solar directa sobre un panel solar inclinado.

$D_{(\beta,a)}$: Es la radiación solar difusa sobre un panel solar inclinado.

$AL_{(\beta,a)}$: Es la radiación solar albedo sobre un panel solar inclinado.

2.1.9 Consumo de Energía Eléctrica.

Es la cantidad de energía consumida en una vivienda en un periodo de tiempo mensual la unidad es de KWh, este valor lo podemos encontrar en el recibo de energía eléctrica y también puede ser calculado aproximadamente teniendo en cuenta los artefactos que funcionan en una vivienda y el tiempo de funcionamiento de cada uno de los artefactos para esto es necesario saber la potencia de cada artefacto de uso.

2.1.10 Potencia.

La potencia es la cantidad de energía entregada o absorbida en un determinado periodo de tiempo se puede hallar de muchas maneras en Perú la norma de “opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuarios final” nos dice en su artículo 20 potencia conectada en usuarios de BT, que la potencia conectada podrá ser determinada por medio de la medición de la demanda máxima a través de los instrumentos adecuados o estimada en función del siguiente procedimiento:

- a) A la potencia instalada en el alumbrado, se sumará la potencia del resto de los motores, artefactos y demás equipos eléctricos conectados según la tabla siguiente:

Numero de motores, artefactos, etc. Conectados	Potencia máxima estimada como % de la carga conectada
1	100%
2	90%
3	80%
4	70%
5 o más	60%

- b) Cada aparato de calefacción será considerado como un motor para efectos de aplicaciones en la tabla.

Y con el cálculo de la potencia ya definido pasamos a identificar el método que usaremos para hallar la energía que se usara durante 1 día para esto evaluara cada artefacto con respecto al tiempo de utilización, la energía es potencia por tiempo en este caso la potencia de cada uno de los artefactos por el tiempo de funcionamiento el valor que hallemos será nuestra energía consumida y estará en las unidades de watts. Este procedimiento es válido para una vivienda de la cual no se tiene aún facturas, pero si contamos con facturas podemos realizar una evaluación partiendo de ella tomando como base de datos las facturas de los 6 meses anteriores.

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Análisis del Estado Eléctrico actual del Distrito de Ferreñafe y Cálculo de la Proyección del Consumo de Energía Eléctrica hasta el 2017.

3.1.1 Consumo de Energía Eléctrica del Distrito de Ferreñafe.

Actualmente la empresa con la concesión encargada de dar el servicio de energía eléctrica para todo el departamento de Lambayeque y distritos es ENSA (Electronorte S.A), en este caso tomaremos la información proporcionada por dicha empresa sobre el consumo de energía eléctrica del distrito de Ferreñafe (ANEXO-B) en cuanto a consumo eléctrico desde el año 2002 – 2017 la información de energía consumida es mensual y los valores están en las siguientes unidades KWh (kilo watt hora) esta información es de vital importancia pues nos muestra los cambios de consumo a través de los años y es gracias a estos valores que más adelante podremos obtener aproximaciones para saber cómo se desarrollara el aumento del consumo de energía eléctrica del distrito de Ferreñafe en los consiguientes años esto nos permitirá fundamentar porque es imperante optar por un nuevo sistema no convencional.

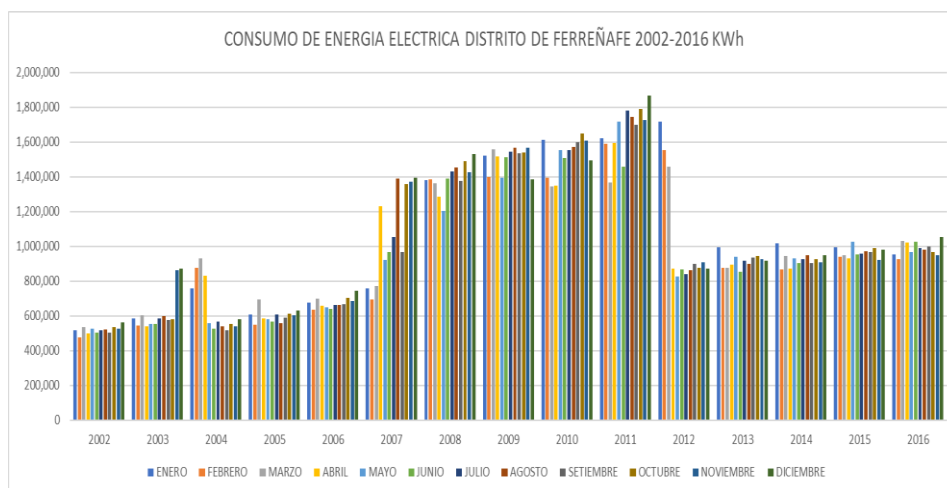


Figura (15): Grafica de barras del consumo de energía eléctrica en el distrito de Ferreñafe 2002-2017.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Usuarios Finales del Servicio Eléctrico.

En el (ANEXO-C) se muestran que los datos de los usuarios finales de servicio de energía eléctrica del distrito de Ferreñafe presentan una relación directamente proporcional con el consumo y el tiempo. Para estos datos se tienen en cuenta los usuarios que se encuentran registrados en la empresa prestadora de servicio ENSA. Esta variable está íntimamente ligada con el crecimiento poblacional y la expansión del distrito de Ferreñafe que antes no estaban ocupadas esto demuestra que es un distrito que se encuentra con un crecimiento permanente, ahora cabe mencionar que los datos tienen ciertas cualidades en el caso de los años 2002 al 2006 vemos un aumento de los consumidores anualmente constante que varía de 1-3% anual que es un margen esperado, mientras que entre los años 2007 al 2012 vemos un aumento excesivo con picos de crecimiento en el años 2007 de 36% pasando de 8246 usuarios en el mes de enero a 11274 usuarios en el mes de diciembre, algo completamente anómalo dado a los diferentes proyectos de electrificación que se comenzaron a realizar en esta año y la empresa concesionaria acoplo a nuevos usuarios de manera momentánea durante el tiempo de la realización de las diferentes obras, partiendo del año 2012 se puede observar que esta tendencia pasa a decrecer y normalizarse teniendo una caída del 46% pasando de tener 14554 usuarios en el mes de enero del año 2012 a 7571 en su pico más bajo en el mes de abril, a partir de este punto en adelante la cantidad de usuarios del servicio eléctrico se trata de regular y vemos como en el mes de diciembre ya son 7721 , pero se termina de normalizar en el año 2013 teniendo en cuenta que las obras de electrificación fueron de gran envergadura y afectaron beneficiosamente en el distrito de Ferreñafe a partir de aquí en adelante para los años 2013 al 2016 se observa que el aumento de consumidores del servicio eléctrico es de 2 a 3% anual.

Al hacer un gráfico ver (Figura 16) de tendencia para relacionar el número de usuarios de E.E y el consumo anual de E.E se llega a la siguiente conclusión que es directamente proporcional como se muestra a continuación.

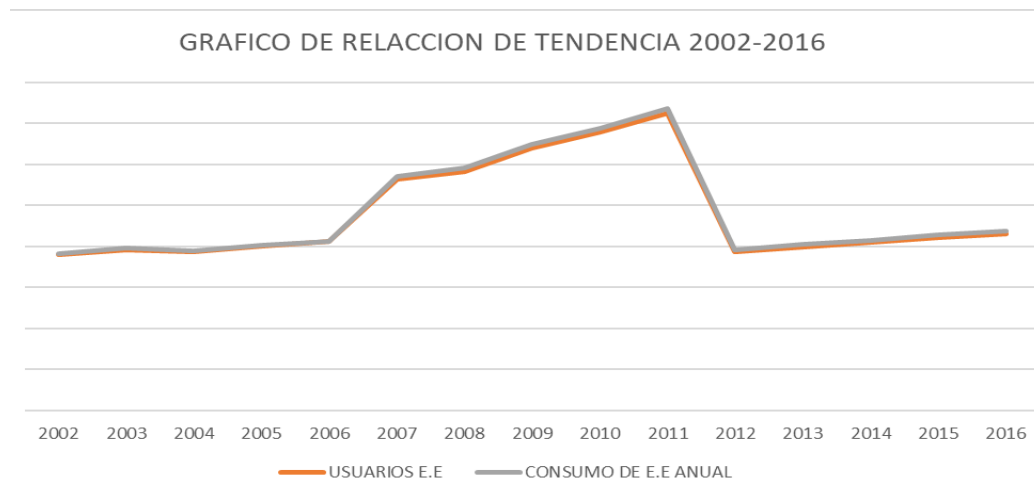


Figura (16): Relación de tendencias usuarios y consumo de E.E.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Interpretación de los Datos de Consumo de Energía Eléctrica.

De (ANEXO-C) y (Figura 16) podemos deducir ciertas observaciones con respecto al consumo eléctrico del distrito de Ferreñafe que las pasaremos a detallar y comentar:

- Entre los años 2002 y 2017 hay un claro aumento de consumo de energía eléctrica siendo en el año 2002 un promedio anual de 518985.4167 kWh llegando a ser 1013041.721 kWh en promedio del año 2017 habiendo tenido un incremento del 95% en 15 años esto demuestra que el distrito de Ferreñafe se encuentra en constante aumento de su consumo de energía eléctrica gracias al fomento de la economía que había en este distrito proveniente del desarrollo turístico por su rica cultura y los diversos museos que ahora funcionan en el distrito sin contar con el crecimiento económico que ha recibido este distrito propias de comercio y ser el centro de desarrollo local más cercano para los diferentes distritos y pueblo adyacentes.

- Entre los años 2007 y 2012 se ve un gran aumento en el consumo de la energía eléctrica que luego con el pasar de los años se normaliza a su crecimiento y reduce el consumo de la energía eléctrica, partiendo del año 2007 donde se tiene un promedio anual de 1073380.833KWh un gran aumento considerando que en el año 2006 el consumo anual promedio era de solo 673561KWh en otras palabras del año 2006 al año 2007 el consumo eléctrico se vio aumentado en un 59% , a los años comprendidos entre 2007 y 2012 los nombraremos años anómalos ya que en estos años el departamento de Lambayeque se vio beneficiado con más de 100 obras de electrificación rural ejecutadas por el MEM (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS) con una inversión de más de 91 millones de nuevos soles, posteriormente a partir del año 2010 se iniciaron 40 obras adicionales con una inversión de más de 56 millones de nuevos soles , en su totalidad entre el año 2007 y 20012 el departamento de Lambayeque se benefició de un total de 158 obras de electrificación con una inversión total de más de 186 millones de soles esto dio como consecuencia que el departamento de Lambayeque pasara de 76% de electrificación a 96% fuente (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS) una de las provincias más beneficiadas fue la de Ferreñafe y es debido a esto que durante estos años se ve un consumo eléctrico atípico.

- Partiendo del año 2013 en adelante se puede observar que el consumo eléctrico presenta un aumento de 1 a 3% por año con respecto al año anterior un valor adecuado y constante. Esta información nos servirá para hacer una proyección del consumo eléctrico para el distrito de Ferreñafe para los próximos 10 años.

3.1.4 Producción de Energía Eléctrica del Distrito de Ferreñafe.

En la actualidad el distrito de Ferreñafe no produce energía eléctrica para ser más exactos el departamento de Lambayeque es un escaso productor de energía eléctrica actualmente 0,04% de la energía consumida en el departamento de Lambayeque es producida mientras

que el resto es comprado a las diferentes centrales eléctricas esto nos dice que hay una clara dependencia del distrito de Ferreñafe hacia el sistema interconectado y no solo de esta sino de todo el departamento de Lambayeque.

3.1.5 Estado Eléctrico Actual del Distrito de Ferreñafe.

- El Distrito de Ferreñafe se encuentra en constante crecimiento y expansión de la zona urbana del territorio que tiene por lo cual es inminente un aumento del consumo de energía eléctrica en los últimos estudios distritales y provinciales en Ferreñafe se ha revelado que el 80% de la población habita en el área urbana y un 20% en área rural, actualmente más habitantes se trasladan a las zonas urbanas para mejorar sus condiciones de vida.
- Si bien el distrito de Ferreñafe no tiene un déficit energético actual este distrito y toda la provincia es completamente dependiente del sistema interconectado pese a que las condiciones climatológicas dan a entender que tiene un gran potencial de desarrollo de energía fotovoltaica.
- Actualmente no se ha desarrollado ningún plan para implementar una cultura de uso de energía fotovoltaica a pesar que el ministerio de energía y minas viene impulsando la generación de energía no convencional para las zonas rurales más alejadas del departamento de Lambayeque desde el año 2018 pese a esto en el distrito de Ferreñafe no se le da la importancia necesaria y es un tema prácticamente desconocido para su población.

3.1.6 Proyección del Consumo de Energía Eléctrica.

Para realizar la proyección del consumo para los siguientes 10 años a partir del último año con el que contamos con información tendremos en cuenta lo siguiente:

- Relación de consumo de energía eléctrica y usuarios finales de energía eléctrica en el distrito de Ferreñafe.
- Hallar los datos anómalos en los años 2007-2012 teniendo en cuenta los crecimientos de anteriores años tanto para el consumo de E.E y para el número de usuarios finales de E.E en el distrito de Ferreñafe.
- Proyección del consumo de energía eléctrica para los años 2017-2027.
- Análisis del pronóstico de consumo eléctrico en el distrito de Ferreñafe.

3.1.6.1 Relación de Consumo de Energía Eléctrica y Usuarios Finales en el Distrito de Ferreñafe.

Al hacer un gráfico de tendencia para relacionar el número de usuarios de E.E y el consumo anual de E.E se llega a la siguiente conclusión que es directamente proporcional como se muestra en el (Figura 16).

3.1.6.2 Proyección para los Años 2007 – 2012.

Para hacer el análisis no podemos tomar todos los valores tal y como se encuentran actualmente una de las opciones es tabulación de los datos para así hallar los datos más objetivos en ambos casos entre los años 2007 – 2012 o hacer un pronóstico basado en la data histórica con que contamos, especificando los diferentes escenarios para estos valores ya sean teóricos, optimistas y pesimista. En este caso optare por realizar una previsión en una tabla de Excel con los datos de los años 2002 al 2006 para encontrar un aproximado de los para los años 2007 al 2012 para ambos casos tanto el consumo de E.E y el número final de usuarios de E.E.

Desarrollo para Datos de Consumo de Energía Eléctrica 2017- 2012:

Contamos con la información proporcionada por ENSA la entidad prestadora de servicios de energía eléctrica en el distrito de Ferreñafe entre los años 2002- 2017 el problema radica en los datos de los años 2007 – 2012 para esto del (ANEXO-B) tomaremos solo los datos de los años 2002 al 2006 ver (Tabla 3) y nuestros valores a encontrar serán los años 2007-2012.

Tabla (3)

Valores de consumo de energía eléctrica 2002- 2006.

CONSUMO DE E.E DISTRITO DE FERRENAFE 2002-2006 kWh					
AÑO	2002	2003	2004	2005	2006
ENERO	515,877	587,635	757,413	609,118	676,314
FEBRERO	475,177	546,786	876,921	550,004	637,127
MARZO	534,745	603,175	929,791	693,955	698,144
ABRIL	498,923	538,484	829,168	586,424	657,783
MAYO	528,329	552,864	559,080	581,373	647,704
JUNIO	504,484	552,634	528,356	569,500	640,044
JULIO	516,498	585,664	565,489	607,935	660,873
AGOSTO	521,943	598,456	541,508	557,725	663,151
SETIEMBRE	506,205	575,759	517,509	588,283	667,647
OCTUBRE	537,221	583,260	552,494	611,603	704,812
NOVIEMBRE	526,911	864,107	539,506	604,005	683,944
DICIEMBRE	561,512	872,636	581,512	630,631	745,189
TOTAL	6,227,825	7,461,460	7,778,747	7,190,556	8,082,732

Fuente: ANEXO- B

Con estos datos aplicamos un análisis de previsión para hallar los años 2007- 2012.

Para la comprensión más simple del (ANEXO-D) presento la siguiente (Figura 17) donde podemos observar el análisis de previsión la línea de color azul nos muestra los datos que obtuvimos de la empresa concesionaria ENSA los cuales serían nuestros datos históricos a partir de estos se predispuso tres escenarios el teórico, el pesimista y el optimista que más adelante nos permitirán tener un cálculo más objetivo para nuestra proyección de consumo de E.E.

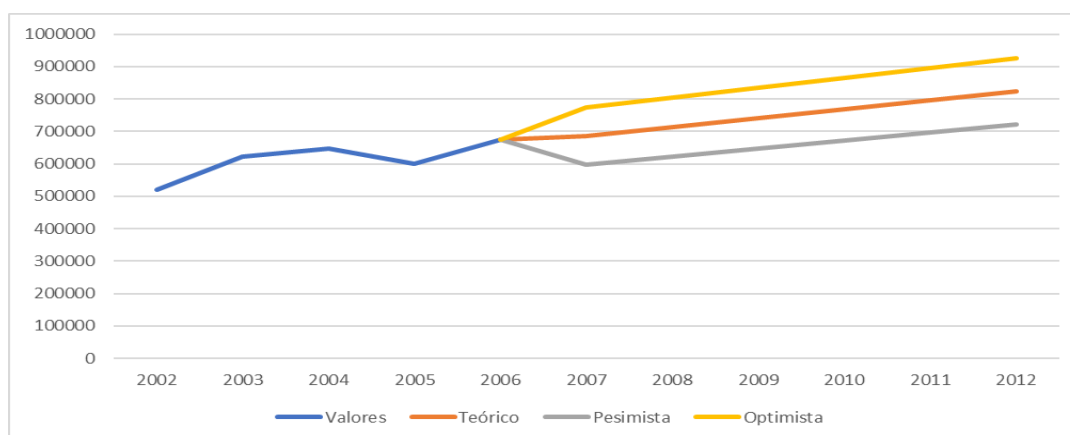


Figura (17): Grafico de previsión para el consumo de E.E 2007-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo para Datos de Usuarios Finales de Energía Eléctrica 2017- 2012:

Contamos con la información proporcionada por ENSA la entidad prestadora de servicios de energía eléctrica en el distrito de Ferreñafe entre los años 2002- 2017 el problema radica en los datos de los años 2007 – 2012 para esto del (ANEXO-C) tomaremos solo los datos de los años 2002 al 2006 y nuestros valores a encontrar serán los años 2007- 2012.

Datos de usuarios finales 2002- 2006 ver (Tabla 4) que nos permitirán aproximarnos a valores reales.

Tabla (4)

Valores de usuarios finales 2002- 2006.

Total, de Usuarios Finales del Servicio Eléctrico Mensualmente del Distrito de Ferreñafe 2002-2017													
AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	T.C. U
2002	5483	5502	5515	6671	6995	7027	7266	7451	7496	7531	7545	7590	38.427868
2003	7622	7639	7647	7650	7803	7820	7832	7857	7919	7717	7797	7828	2.7027027
2004	7648	7661	7670	7646	7689	7691	7696	7706	7702	7707	7714	7723	0.98064854
2005	7737	7768	7769	7773	7781	7806	7870	7896	7918	7945	7963	7995	3.33462582
2006	8012	8021	8047	8070	8079	8093	8101	8117	8151	8176	8210	8229	2.70843734

Fuente: ANEXO-C.

Con estos datos obtenemos los valores puesto que el sistema calcula tratando de acercarlo lo más posible los datos tenemos decimales pero debido a que este valor no puede ser decimal ya que representa a un usuario final este valor lo redondearemos quedándonos los datos expuestos en el (ANEXO-E).

Para la comprensión más simple de los datos en el (ANEXO-E) presento el siguiente (Figura 18) donde podemos observar el análisis de previsión la línea de color azul nos muestra los datos que obtuvimos de la empresa concesionaria ENSA los cuales serían nuestros datos históricos a partir de estos se ha predispuesto tres escenarios el teórico, el pesimista y el optimista estos nos muestra la variación en los tres posibles casos.

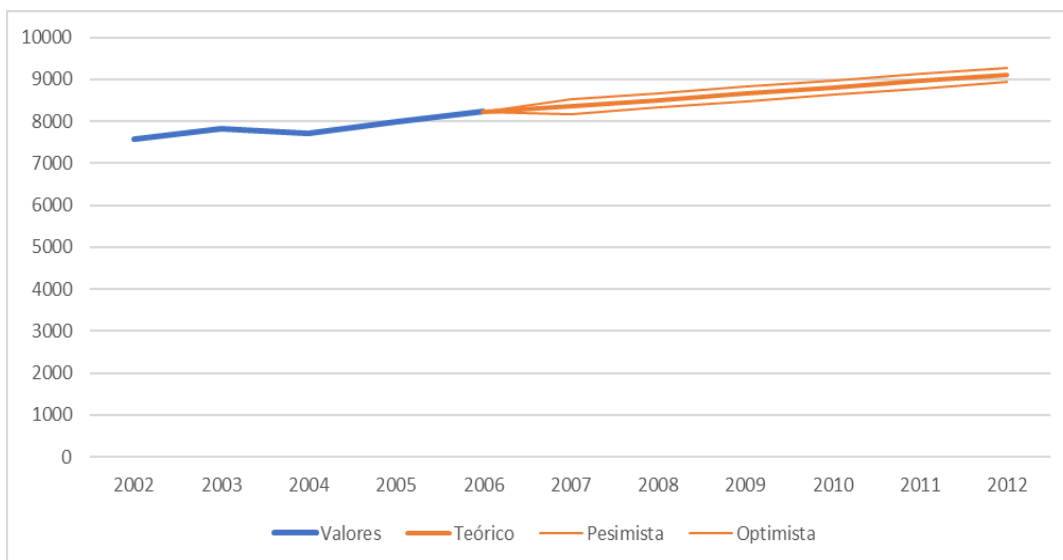


Figura (18): Grafica de previsión de usuarios en el distrito de Ferreñafe 2007-2012.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la Relación Directamente Proporcional entre Consumo de Energía

Eléctrica y Usuarios Finales:

Ahora con estos datos hallados podemos ver la relación que tienen tanto los datos de consumo de energía eléctrica que hallamos como los datos de usuario finales para esto presento las siguientes Figuras (19), (20), (21) de tendencia en los tres escenarios.

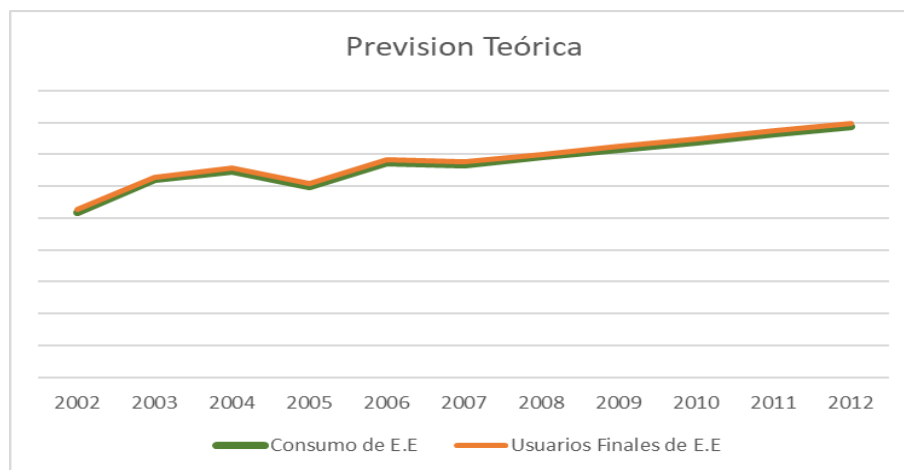


Figura (19): Previsión teórica para relación de usuarios y consumo de E.E.
Fuente: Elaboración propia.

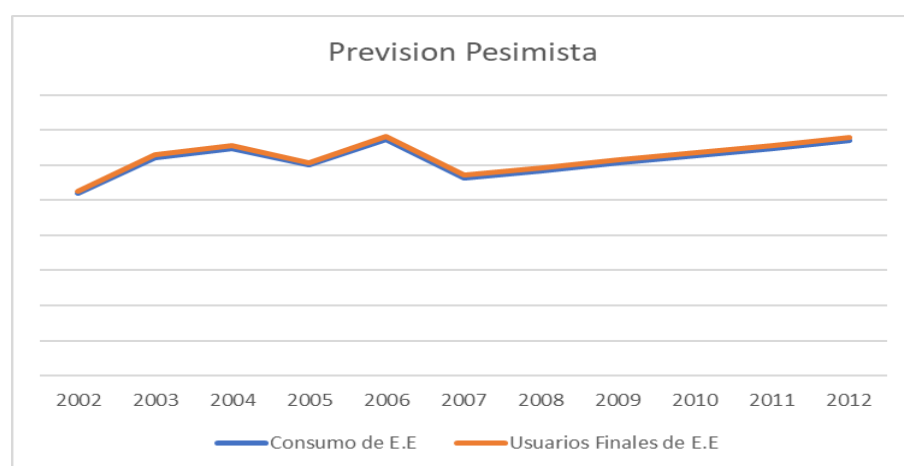


Figura (20): Previsión pesimista para relación de usuarios y consumo de E.E.
Fuente: Elaboración propia.

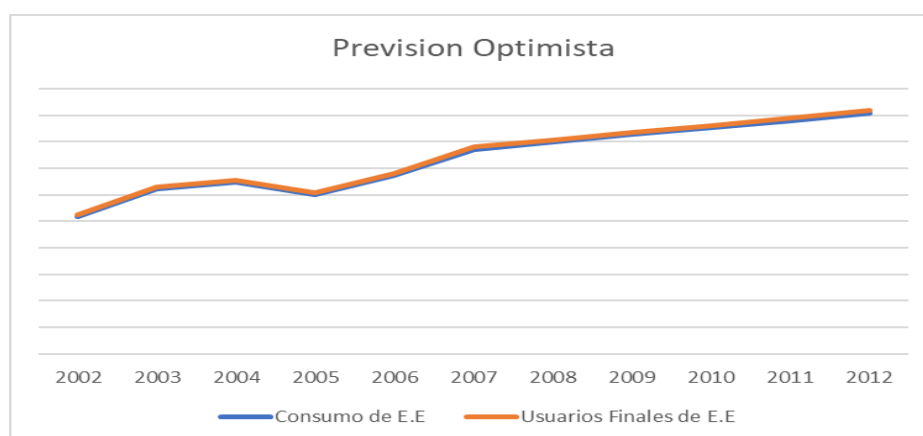


Figura (21): Previsión pesimista para relación de usuarios y consumo de E.E.
Fuente: Elaboración propia.

En los tres casos se puede observar que la relación directamente proporcional se ha mantenido, esto nos permite confirmar que los valores que hallamos si se acercan a la realidad de un escenario en el cual el crecimiento del consumo hubiera sido constante y sin la anomalía que presento en los años 2007 – 2012.

3.1.6.3 Proyección para los años 2017 – 2027.

Con los nuevos datos hallados se procederá a formar una nueva tabla de consumo ver (Tabla 5) de energía eléctrica y con esta aplicaremos un análisis de previsión para hallar los posibles consumos de energía eléctrica para los años hasta el 2027.

Tabla (5)

Valores de previsión remplazados para análisis de previsión para los años 2018-2027.

COSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DISTRITO DE FERREÑAFE 2002-2016 Kwh				
Año	Reales	Prevision	Limite Inferior	Limite Superior
2002	518985.417	518985.4167	518985.4167	518985.4167
2003	621788.333	621788.3333	621788.3333	621788.3333
2004	648228.917	648228.9167	648228.9167	648228.9167
2005	599213	599213	599213	599213
2006	673561	673561	673561	673561
2007		685925.182	596624.38	775225.98
2008		713556.2964	621485.44	805627.16
2009		741187.4108	646406.27	835968.55
2010		768818.5252	671381.82	866255.24
2011		796449.6396	696407.63	896491.65
2012		824080.754	721479.81	926681.70
2013	914666.55	914666.5504	914666.5504	914666.5504
2014	924681.63	924681.6301	924681.6301	924681.6301
2015	965472.332	965472.3321	965472.3321	965472.3321
2016	988903.693	988903.6934	988903.6934	988903.6934
2017	1013041.72	1013041.721	1013041.721	1013041.721

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar se mantienen los tres escenarios en este caso previsión sería teórico, límite inferior o pesimista y límite superior también llamado optimista.

En el (ANEXO-F) se presenta la previsión para el consumo de energía eléctrica hasta el año 2027.

Para apreciarlo de mejor manera estos datos los presentare a continuación en la (Figura 22) en la que podemos observar el aumento año a año del consumo de energía eléctrica en el distrito.

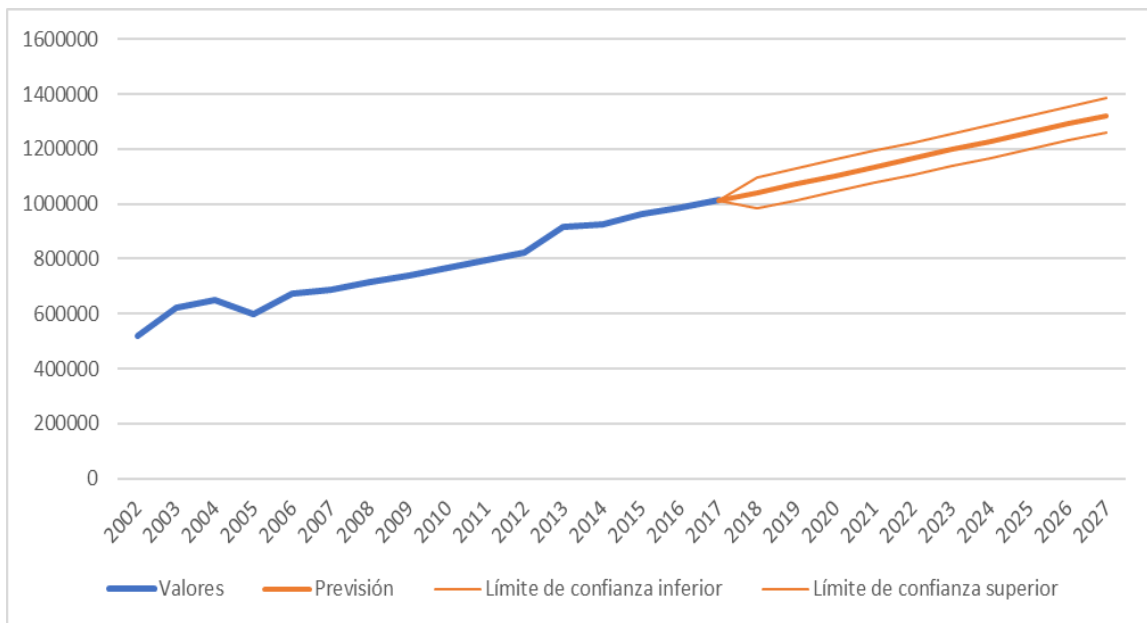


Figura (22): Grafica de previsión para los tres escenarios.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la proyección de consumo eléctrico en el distrito de Ferreñafe:

- Según nuestra proyección de consumo el distrito de Ferreñafe sigue manteniendo un crecimiento de 1 a 4% anual llegando a picos de 1384MWh para el año 2027 como se está estimando y a valores mínimo de 1261MWh en el mismo año.
- También para el año 2024 ya se puede ver un aumento del consumo de energía eléctrica de un 18% con respecto al año 2018 que es un aumento considerablemente alto para un periodo de 5 años.

3.2 Evaluación del Potencial Solar del Distrito de Ferreñafe.

3.2.1 Introducción.

La evaluación del potencial solar del distrito de Ferreñafe es importante para la investigación puesto que nos permitirá saber cuáles son los márgenes de aprovechamiento de la energía solar y si este distrito cuenta con una potencia favorable que sea aprovechable, también nos permitirá en un futuro dimensionar los diferentes diseños que creamos convenientes, en resumen al evaluar el potencial solar en el distrito de Ferreñafe nos daremos cuenta si se puede realizar un proyecto fotovoltaico en esta zona.

3.2.1.1 ¿Que necesitamos saber para evaluar el potencial solar?

Para evaluar el potencial solar del distrito de Ferreñafe necesitamos información sobre el área total de estudio que en este caso es de 62,18Km² y las coordenadas en las que se encuentra el distrito Ferreñafe se encuentra en la latitud -6.6388898 y longitud -79.788887, en el hemisferio sur.

3.2.1.2 ¿Cómo determinar la radiación solar?

- Una de las opciones más comunes es optar por emplear los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas, esto es válido para terrenos llanos y distancias menores a 10KM en el caso del distrito de Ferreñafe el cual tiene como particularidad que es un terreno llano con pocas bifurcaciones es una forma excelente de conseguir información, lamentablemente no existen centros meteorológicos para poder captar dicha información.
- La interpolación también es una de las formas más usadas para obtener medidas de la radiación solar obtenidas en varias estaciones, pero esto solo es posible si se tiene centros meteorológicos circundantes de la zona que se quiere estudiar, por lo cual esta opción no es posible

- Interpolación en función de la topografía esta requiere un estudio de la topografía como dato de entrada y precisa una densidad de estaciones de medida en el orden de los 100 km esta forma también no es posible.

Mediante satélite: opción que se basa en el tratamiento de imágenes proporcionadas por satélites geoestacionarios como resultado de la reflexión de los rayos solares sobre la superficie terrestre esta es una de las formas posibles de hallar la información requerida para realizar nuestra evaluación del potencial solar en el distrito de Ferreñafe.

3.2.2 Angulo de Inclinación para Estudio del Potencial Solar.

A la hora de hacer una evaluación del potencial solar necesitamos evaluar tanto la orientación como el ángulo con el que se orientara nuestra área de estudios ya que nuestro interés es que se capte la mayor cantidad posible de radiación, la orientación es impuesta por la locación en donde se realiza el estudio ya que el área de incidencia de energía solar tendrá que estar en la dirección de la salida del sol.

Según el Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE) de España, la orientación se define por el ángulo llamado azimut (Z), 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, los valores varían dependiendo de la ubicación así tenemos lo siguiente 0° para los módulos al norte, 180 para módulos al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

En nuestro caso que nos encontramos en el hemisferio sur la orientación siempre será hacia el norte geográfico, ahora para calcular el ángulo con el cual se va a trabajar el estudio se tiene que evaluar teniendo en cuenta la latitud del punto de estudio para hallar el ángulo aplicaremos la siguiente formula.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69x\Phi$$

Donde:

β_{opt} : Ángulo calculado de inclinación del panel

Φ : Latitud del lugar

Entonces el valor que tomaremos para la inclinación en nuestro estudio será de 8.28°.

3.2.3 Procedimiento para Calculo del Potencial Solar en el Distrito de Ferreñafe.

El procedimiento que se destacara a continuación es el mismo que se realizara para cada uno de los días de estudio nuestra fecha de ejemplo será el día el 6 de agosto del año 2018 como inicio de nuestro estudio de potencial solar en el distrito de Ferreñafe.

Sabemos que el distrito de Ferreñafe se encuentra en la latitud -6.6388898 y longitud -79.788887, en el hemisferio sur.

Con los datos obtenidos procederemos a calcular la declinación solar para nuestro día de estudio, la información de la declinación solar para el total de días lo podemos encontrar en él (ANEXO-G).

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left(\frac{360(d_n + 284)}{365} \right)$$

En valor de $\delta = 16.5459^\circ$

Ahora procederemos a calcular el ángulo de salida del sol al amanecer el mismo procedimiento se siguió para los 365 días la información del ángulo de salida del sol al amanecer se encuentra en el (ANEXO-G).

$$\omega_s = -\arccos(-\tan \delta \times \tan \Phi)$$

El valor de $\omega_s = -88.0184^\circ$

Calculamos el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado ver (ANEXO-G).

$$\omega_{ss} = -\arccos(-\tan \delta \times \tan(\Phi - \beta))$$

El valor para $\omega_{ss} = -85.4598346^\circ$ este valor se evalúa con respecto al valor de $\omega_s = -88.0184^\circ$ y se toma el valor mayor como el verdadero valor de ω_{ss} .

Calcular el factor de excentricidad.

$$\varepsilon_0 = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{360d_n}{365}\right)$$

El valor de $\varepsilon_0 = 0.9729725$ ver (ANEXO-G).

Calculamos la irradiación solar extraterrestre sobre un plano horizontal.

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) \cdot I_0 \cdot \varepsilon_0 \left(-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot (\omega_s \cdot \sin \Phi \cdot \sin \delta) - (\cos \Phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s) \right)$$

El valor de $H_0 = 9155.07 \text{ Wh/m}^2$ ver (ANEXO-G).

Definimos el valor de radiación solar global de la base de datos de nuestro programa el valor será $G_0 = 5.22 \text{ KWh/m}^2$ ver (ANEXO-A).

Hallamos el índice de claridad

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0}$$

El valor de $K_{Tm} = 0.5701$ ver (ANEXO-G).

Realizamos el cálculo de la radiación difusa horizontal sobre la superficie de la tierra ver (ANEXO-H).

$$D_0 = G_0 x (1 - 1.13 K_{Tm})$$

El valor de $D_0=1856.7618$

Calculamos el valor de la irradiancia directa que llega sobre un panel solar horizontal ver (ANEXO-H).

$$H_{dm(0)} = G_0 - D_0$$

$H_{dm(0)}=3363.238173$

Con los valores hallados calcularemos el factor de corrección de la irradiancia directa ver (ANEXO-H).

$$K = \frac{\omega_{ss} \frac{\pi}{180} (\sin \Phi) \sin \delta \sin(|\Phi| - \beta) + \cos \delta \cos(|\Phi| - \beta) \sin \omega_{ss}}{\omega_s \frac{\pi}{180} \sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \sin \omega_s}$$

Remplazando el valor será $K=0.6428$

Ahora calculamos el valor de la radiación solar directa sobre un panel solar inclinado (ANEXO-I).

$$H_{(\beta,a)} = H_{dm(0)} x K$$

El valor de $H_{(\beta,a)}= 2162.21 \text{ Wh/m}^2$

Hallamos el valor de la radiación solar difusa sobre un panel solar inclinado (ANEXO-I).

$$D_{(\beta,a)} = D_0 x \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,a)} = 1847.08 \text{ Wh/m}^2$$

Por último, hallamos el valor de la radiación solar albedo en un panel solar inclinado (ANEXO-I).

$$AL_{(\beta,a)} = p x G_0 x \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

$$\text{El valor de } AL_{(\beta,a)} = 5.4423$$

Con todos los valores ya podemos hallar cuanto es la radiación solar global sobre un área de estudio inclinado en este caso específicamente en el distrito de Ferreñafe en el día 6 de agosto del año 2018 para hallarlo procederemos a realizar la suma de la (R.S.D.I), (R.S.D.P.I), (R.S.A.P.I).

El valor de la radiación solar global para el distrito de Ferreñafe y un ángulo de inclinación de 8.28° es de 4014.74 Wh/m².

Esto significa que en el día 6 de agosto en el distrito de Ferreñafe se tiene un potencial solar de 4014.74 Wh/m².

3.2.4 Resultados de la evaluación del potencial solar en el distrito de Ferreñafe.

Al realizar el análisis del potencial solar en el distrito de Ferreñafe se tiene que estudiar cada uno de los días durante 1 año y ver cuánto es el valor promedio de la irradiancia global, se realizó el análisis para los 365 días del año partiendo del día 6 de agosto del

año 2018 y como fecha de culminación el día 5 de agosto del año 2019 obteniéndose los valores que presentamos en el (ANEXO-I).

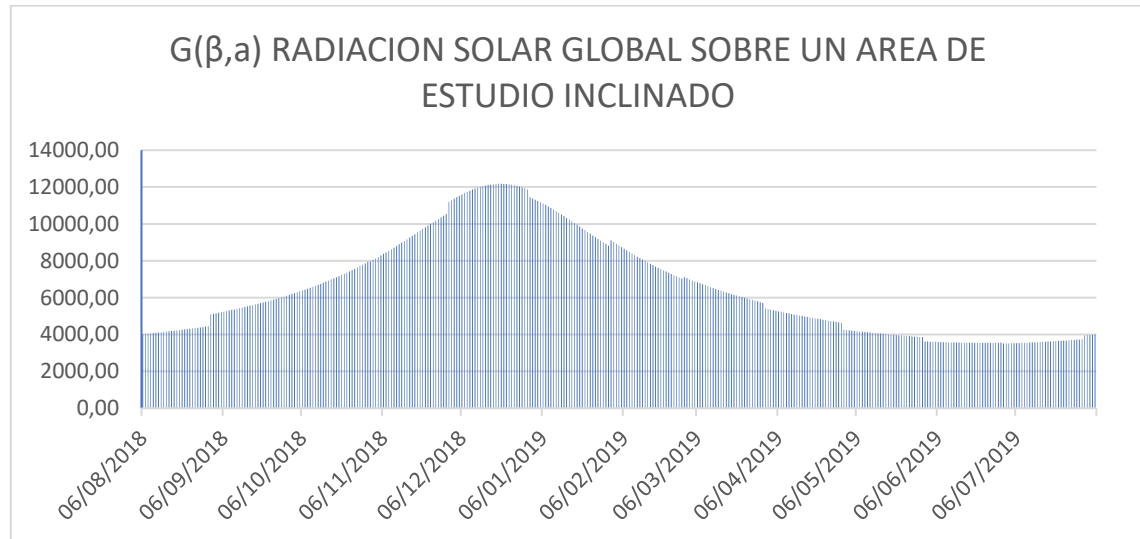


Figura (23): radiación solar global sobre un panel o área inclinada 2018-2019

Fuente: Elaboración propia.

En la (Figura 23) de radiación solar global sobre un área de estudio inclinado en función de la fecha podemos observar que en este caso el valor representa la cantidad real de potencial solar que se tiene en esta zona y la cual se puede aprovechar para este caso en particular obtuvimos como valores que varían desde 3514.86 Wh/m² para el día primero de septiembre del año 2019 siendo este el menor valor de radiación solar global durante 1 año de estudio y 12175.05 Wh/m² en el día 21 de diciembre del año 2018 como valor máximo durante nuestro periodo de estudio. Es así que al tener todos los valores de los 365 días podemos sacar el promedio de la radiación solar global para el distrito de Ferreñafe que en este caso será de 6547.65 Wh/m² esta es la radiación con la que cuenta el distrito de Ferreñafe y es el valor del potencial solar promedio con el que cuenta el distrito de Ferreñafe, este valor promedio es un valor muy bueno para realizar planteamientos de sistemas fotovoltaicos las condiciones climatológicas y solares son

muy adecuadas para que en el distrito de Ferreñafe se aproveche este tipo de generación eléctrica y la información hallada con este análisis es un valioso aporte para realizar futuros dimensionamientos aprovechando el excelente potencial solar del distrito.

3.3 Libro de diseño de Sistemas Fotovoltaicos para el distrito de Ferreñafe.

Como se anunció anteriormente uno de los objetivos de un estudio de planificación solar urbana es proporcionar una herramienta de confianza con la cual el poblador no solo pueda conocer más sobre el recurso energético solar con el que cuentan sino también pueden ellos mismos interactuar y realizar un dimensionamiento aproximado de un SF evaluarlos y ver cual les conviene de ser el caso de querer tener uno en casa aparte de iniciar una cultura de consumo eléctrico responsable y de concientización sobre la generación de energía fotovoltaica. Con este fin se realizó un libro de cálculo interactivo para que cualquier persona siguiendo los pasos indicado realice un dimensionamiento de los componentes de un SF a partir de este punto nos centraremos a explicar el procedimiento que se siguió para realizarlo conjuntamente con los ejemplos de cada SF propuesto.

3.3.1 Hoja INICIO.

En esta hoja ver (Figura 24) encontraremos información que nos permitirán desarrollar de manera efectiva los diseños, también nos da pautas a tomar en cuenta y reglas a seguir. Entre lo más relevante de esta hoja tenemos una breve descripción de lo que realizaremos, el objetivo y el significado del color de algunas celdas.

3.3.2 Hoja N°1.

En la Hoja N°1 ver (Figura 25) encontraremos la sección de elección de sistema fotovoltaico a diseñar en la celda “D4” en la cual por medio de una lista desplegable se presenta los 3 tipos de SF anteriormente ya presentados, la elección de cada uno de ellos condiciona los siguientes pasos a seguir para que el dimensionamiento sea correcto. En

la celda “D5” se debe rellenar con un valor en días del periodo de autonomía como se indica en el paso 2, así también esta celda quedará con el valor de 0 si el tipo de SF a diseñar fuese con ICR y se procederá a la hoja N°4 como se indica en el paso 3.

En la celda “F4” se llenará el valor correspondiente al consumo de energía eléctrica mensual como se indica en el paso N°4, este valor se puede encontrar en el recibo proporcionada por la empresa prestadora del servicio eléctrico. En el caso de no contar con un recibo o que la vivienda aun esté en construcción y se quiera evaluar cual será este valor se procederá a la hoja N°2 como se indica en el paso 5.

En el caso de haber rellenado todos los valores para los SFA y SFA-IC se procederá a seguir los pasos 6 y 7 dependiendo del tipo de SF.

En la hoja N°1 también encontraremos una breve descripción de cada uno de los sistemas fotovoltaicos.

3.3.3 Hoja N°2.

En esta hoja ver (Figura 26) procederemos a hallar el valor de la potencia y la energía que utilizara nuestros SFA o SFA-IC siempre y cuando no se cuente con el valor de la energía que se pidió en la hoja N°1. La potencia y la energía son los factores de diseño más importantes en los SF puesto que estos valores nos permite hallar el tamaño de la instalación que sea capaz de satisfacer la necesidad de energía eléctrica presente como sabemos los artefactos usan cantidades diferentes de energía eléctrica dependiendo de su tamaño y de las horas que este artefacto esté en funcionamiento un buen dimensionamiento de la potencia y la energía nos permitirá también reducir en el costo del SF al no sobredimensionar de manera excesiva los componentes el SF serán menos costosos.

En nuestro caso procederemos a seleccionar la cantidad de artefactos con los que contaremos en nuestra vivienda como lo dice el paso 1 cambiando los valores desde la celda “C15 -C32” para esto se a dispuesto una lista de artefactos con el valor promedio de consumo en Watts, de no encontrarse el artefacto que se necesita se puede colocar el nombre del artefacto desde la celda “B33” hasta la “B37” a su vez se tendrá que colocar el valor de la potencia del artefacto desde la celda “D33” hasta “D37” una vez terminado procederemos al paso 2 en el cual evaluaremos el tiempo de uso de cada uno de los artefactos que colocamos desde la celda “F15” hasta la “F32” tener en cuenta que la unidad representa 1 hora de uso de un artefacto así mismo 30 minutos tendrá un valor de 0.5 y 20 minutos un valor 0.33 respectivamente, cabe recalcar que hay artefactos que funcionan por ciclos como la refrigeradora para los cuales es necesario colocar el valor de consumo que se encuentra en la placa del artefacto.

Finalmente, cuando termine de evaluar los artefactos que se usaran y el tiempo de uso de los mismos procederemos a dirigirnos a las hojas DSFA o DSFA-IC dependiendo del SF señalado en el inicio tal como lo dice el paso 3.

3.3.4 Hoja N°3.

En esta hoja ver (Figura 27) tenemos el valor de irradiación global solar inclinada para un ángulo de inclinación perfecto para el distrito de Ferreñafe ver Tabla (3.2), esta base de datos se consiguió a partir del estudio de potencial solar para el distrito de Ferreñafe visto en el capítulo 3 , si se deseara realizar estos diseños para otra ciudad es necesario cambiar esta información para esto se proporciona un libro de Excel con el título de “Estudio de la radiación solar en el distrito de Ferreñafe” en este libro que es el que usamos en el capítulo 3 se cambian las coordenadas y la base de datos del programa PVsyst para la nueva locación de estudio.

Finalmente, con estos datos cambiados ya se puede obtener de manera automática la nueva radiación global solar inclinada, si se deseara cambiar el ángulo de inclinación también se puede realizar dirigiéndose a la hoja de ángulo y colocando el valor que prefiera que se encuentren sus paneles solares.

3.3.5 Hoja N°4.

Esta hoja ver (Figura 28) contiene el cálculo de la potencia en un momento determinado del día, esta hoja solo será útil si el SF que estamos diseñando es un SF-ICR puesto que en esta tabla evaluaremos los artefactos a los cuales les daremos energía por medio de nuestros generadores (paneles solares) cabe resaltar que el SF anteriormente mencionado es un sistemas de producción y consumo en simultaneo por lo cual es imperante saber la potencia máxima para los artefactos conectado a la vez a los cuales se les proporcionara energía por ese motivo en esta hoja se seleccionaran la cantidad de artefactos como se indica en el paso 1, posteriormente obtendremos la potencia de carga general en la celda “H3”y este valor es el que nos ayudara a evaluar cuantos paneles solares necesitaremos para nuestro SF-ICR, en la celda “H4” tenemos el valor de la potencia con un factor de corrección, pero en este caso solo nos centraremos en la potencia conjunta de los artefactos que funcionaran con nuestros SF no es correcto tomar este valor para nuestro calculo. Finalmente se procederá a pasar a la hoja DSF-ICR como lo indica el paso 2.

3.3.6 Hoja N°5.

En la hoja N°5 ver (Figura 29) encontraremos el valor de la potencia mínima del generador este paso es de suma importancia puesto que realizarlo de manera correcta puede abaratar la inversión ya que entre más alto sea el valor, mayor será la cantidad de paneles solares necesarios para nuestros SFA, SFA-IC y SF-ICR.

En dicha hoja no se realizará ninguna acción puesto que los valores ya están pre definidos pero a continuación explicaremos el procedimiento que siguió para realizar el cálculo de este valor, encontraremos 3 recuadros en el primer recuadro se evaluará el valor de la potencia mínima para los SFA y SFA-IC. En el segundo recuadro encontramos valores del rendimiento del sistema dependiendo de cuál sea el SF escogido este valor cambiará ya sea en el recuadro 1 o 3. En el recuadro 3 se evaluará la potencia mínima del generador para el SF-ICR.

Para hallar la potencia mínima del generador se aplicó la siguiente formula:

$$P_{Gmin} = \frac{W_d \times G_{CEM}}{G_{dm(\alpha,\beta)} \times PR}$$

Donde:

P_{Gmin} : Es la potencia mínima del generador (W).

W_d : Es el consumo de energía diario en Wh.

G_{CEM} : Es la irradiancia en condiciones estándar (valor de 1000W/m²).

$G_{dm(\alpha,\beta)}$: Es el valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador inclinado un ángulo β y una orientación acimut α Wh/m².

PR : Es el rendimiento energético de la instalación. Expresado en tanto por uno.

El valor de medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador inclinado con un ángulo se toma siempre el menor valor promedio de los meses, pero en nuestro caso al poseer el valor por días podemos tomar el menor valor de todo nuestro año de estudio haciendo más seguro nuestros cálculos este valor lo podemos observar en la celda “C5”y de desear ver el promedio o realizar algún calculo por meses nos podemos dirigir a la hoja N°3 donde se encuentran los datos de irradiación por días.

[illegible]

Figura (24): Hoja de INICIO. Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL DISTRITO DE FERREÑAFE			
Tipo de SF a Diseñar	SF-ICR	Consumo de E Mensual KWh	0
Periodo de Autonomía en Días	0	COLOCAR (0)	
TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS			
SFA	<p>Descripción</p> <p>El sistema fotovoltaico autónomo es aquel que permite satisfacer el consumo de energía eléctrica sin la necesidad de conectarse a la red, cuenta con un banco de baterías que le dan un grado de independencia en los horarios donde no hay luz solar.</p>		
SFA-IC	<p>Descripción</p> <p>El sistema fotovoltaico autónomo con inversor cargador es aquel sistema en el cual se reemplaza el controlador de carga y el inversor por un componente que cumple las funciones de estos dos equipos la ventaja más destacable es que la inversión será menor, también que se reducirá el espacio que ocupará el SF.</p>		
SF-ICR	<p>Descripción</p> <p>El sistema fotovoltaico con inversor conectado a red nos permite contar con un sistema de producción y consumo automático el inversor cuenta con un analizador incorporado que decide en base a una evaluación de consumo en tiempo real, la cantidad de energía suministrada por la red para compensar la falta de energía, en caso de no haber producción el inversor solo utiliza la energía de la red. Estos sistemas solo cuentan con el generador, el regulador de carga y el inversor conectado a red.</p>		

PASOS A SEGUIR	
1	Seleccionar el tipo de sistema fotovoltaico a diseñar.
2	Si es SFA o SFA-IC colocar el periodo de autonomía en días.
3	Si es SF-ICR colocar "0" en las casillas y dirigirse a la hoja N4.
4	Colocar el consumo de energía mensual para SFA y SFA-IC.
5	Si no se cuenta con el consumo mensual dirigirse a la hoja N2.
6	Si se tienen todos los valores para SFA dirigirse a la hoja "DSFA".
7	Si se tienen todos los valores para SFA-IC dirigirse a la hoja "DSFA-IC".

Figura (25): Hoja N°1. Fuente: Elaboración propia.

[illegible]

Figura (26): Hoja N°2. Fuente: Elaboración propia.

RADIACION SOLAR GLOBAL SOBRE UN AREA DE ESTUDIO INCLINADO					
FECHA	H(β, a)	D(β, a)	AL(β, a)	G(β, a)	
06/08/2018	2162.21246	1847.08255	5.44236033	4014.74	Minimo 3514.86
07/08/2018	2167.38617	1856.61968	5.44236033	4029.45	Maximo 12175.05
08/08/2018	2172.75329	1866.18971	5.44236033	4044.39	Promedio 6547.65
09/08/2018	2178.31919	1875.78464	5.44236033	4059.55	
10/08/2018	2184.0893	1885.39666	5.44236033	4074.93	
11/08/2018	2190.06918	1895.01804	5.44236033	4090.53	
12/08/2018	2196.26451	1904.64122	5.44236033	4106.35	Cambio de la información de radiación solar global sobre un área de estudio inclinado
13/08/2018	2202.68107	1914.25877	5.44236033	4122.38	En el caso de querer realizar un diseño factible en otra ciudad es necesario realizar el cambio de dicho valor para lo cual se necesita, obtener nuevos datos dependientes de las nuevas coordenadas para nuestro diseño para esto es necesario contar con el libro de Excel "Estudio de radiación solar en el distrito de Ferreñafe" y a su vez realizar los cambios correspondientes de data con el programa PVsyst y las nuevas coordenadas.
14/08/2018	2209.32474	1923.86344	5.44236033	4138.63	
15/08/2018	2216.20154	1933.4481	5.44236033	4155.09	
16/08/2018	2223.31758	1943.00581	5.44236033	4171.77	
17/08/2018	2230.6791	1952.5298	5.44236033	4188.65	
18/08/2018	2238.29247	1962.01345	5.44236033	4205.75	
19/08/2018	2246.16418	1971.45033	5.44236033	4223.06	
20/08/2018	2254.30082	1980.83419	5.44236033	4240.58	
21/08/2018	2262.70914	1990.15895	5.44236033	4258.31	
22/08/2018	2271.396	1999.41874	5.44236033	4276.26	
23/08/2018	2280.36842	2008.60783	5.44236033	4294.42	
24/08/2018	2289.63352	2017.72072	5.44236033	4312.80	

Figura (27) hoja N°3. Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la potencia de la carga en un determinado momento del día				total	
Elemento	Cantidad	Potencia W	Total	P carga General	P carga con fc
Aspiradora	0	1200	0	2860	1716
Batidora	0	300	0		
Bomba de agua 1/2	1	380	380		
Cafetera	0	900	0		
Cargador de celular	1	5	5	PASOS A SEGUIR	
Computadora	1	300	300	1	Seleccionar la cantidad de artefactos que funcionarían con el SF-ICR
Refrigeradora	1	350	350	2	Dirigirse a la hoja DSF-ICR
Luminaria	5	25	125		
Lavadora	1	500	500		
Licuadaora	0	300	0		
Microondas	0	1100	0		
Minicomponentes	0	100	0		
Plancha	1	1000	1000		
Secadora	0	1200	0		
TV	1	200	200		
Terna	0	1500	0		
Tostadora	0	1000	0		
Ventilador	0	100	0		
otros	0	0	0		
otros	0	0	0		
otros	0	0	0		
otros	0	0	0		
otros	0	0	0		

Figura (28): Hoja N°4. Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la potencia mínima del generador para SFA y SFA-IC			
ENERGIA DIARIA Wh	7863.4	Valor de energía calculada en base al consumo eléctrico de los artefactos	
G(CEM) W/m2	1000	Irradiancia en condiciones estandar	
Gdm(α, β) Wh/m2	3514.86	valor medio de irradiancia mensual sobre la superficie de un generador inclinado	
PR	0.7	rendimiento energetico de la instalacion	
PGmin	3195.9821	potencia minima del generador	
		PR	Valor
		sistemas con inversor y regulador de carga	0.7
		sistemas con inversor bateria y regulador	0.6
		sistemas con bateria y inversor cargador	0.7
Cálculo de la potencia mínima del generador para SF-ICR			
ENERGIA DIARIA Wh	2860	Valor de energía calculada en base al consumo eléctrico de los artefactos	
G(CEM) W/m2	1000	Irradiancia en condiciones estandar	
Gdm(α, β) Wh/m2	3514.86	valor medio de irradiancia mensual sobre la superficie de un generador inclinado	
PR	0.7	rendimiento energetico de la instalacion	
PGmin	1162.41178	potencia minima del generador	

Figura (29): Hoja N°5. Fuente: Elaboración propia.

3.3.7 Hoja DSFA.

Para realizar la explicación de la hoja DSFA y de los procedimientos que se siguieron se realizara un dimensionamiento para una vivienda del distrito de Ferreñafe con la siguiente información proporcionada por el recibo de energía eléctrica ver (ANEXO-J).

Dicha información será remplazada en la hoja N°1 y el periodo de autonomía tratado con el poblador es de 2 días. Ver (Figura 30)

DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL DISTRITO DE FERREÑAFE			
Tipo de SF a Diseñar	SFA	Consumo de E Mensual promedio KW	113.37
Periodo de Autonomía en Días	2	COLOCAR VALORES MAYOR A (0)	

Figura (30): Hoja N°1 para SFA. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente como lo menciona el paso N°6 nos dirigimos a la hoja DSFA en donde iniciaremos el diseño de nuestro SFA.

Al inicio de la hoja tenemos dos indicaciones el cual nos dice que algunas celdas cuentan con comentarios y debemos seguir el orden para realizar el diseño.

PASO 1

Realizaremos la selección del panel solar a utilizar en la celda “E9” actualmente el libro cuenta con un total de 42 tipos diferentes de paneles solares ver (ANEXO-K) con sus datos de potencia, voltaje, corriente de cortocircuito, N° de células, precio y ficha técnica.

De no encontrar el panel solar adecuado o de querer realizar el cálculo con un panel que no se encuentre entre los datos dirigirse a la hoja de base de datos en donde se puede colocar en las celdas que dicen “otros” y rellenar los espacios de todos los valores que se nos pide.

Luego de escoger el panel solar para nuestro Sistema (panel solar TAI Energy 24V 300W).

Para hallar el número de paneles se siguió el siguiente procedimiento con la siguiente formula:

$$N_{\#Total_Módulos} \geq \frac{P_{Gmin}}{P_{Max_Módulo}}$$

$N_{\#Total_Módulos}$: Es el número total de módulos.

P_{Gmin} : Es la potencia mínima del generador.

$P_{Max_Módulo}$: Es la potencia comercial de un panel solar.

PASO 2

Lo siguiente será definir el voltaje de trabajo para nuestro sistema celda “C10” podemos trabajar en 12,24y 48V este valor siempre será mayor o igual al voltaje de los paneles, en el caso de usar paneles de 12V se recomienda que el voltaje de trabajo sea 24V y en algunos casos si los paneles son de 24V se puede evaluar el voltaje de trabajo con un valor de 48V, pero esto es para sistemas bastante robustos por encima de los 2KW o aproximado.

Para el ejemplo que estamos tratando el valor del voltaje de trabajo será de 48V, una vez definido el voltaje de trabajo en las celdas F13 y F14 encontraremos el arreglo propuesto para que los paneles funcionen de forma óptima.

Para encontrar el arreglo de los paneles se siguió el siguiente procedimiento:

$$N_{ps} = \frac{V_{nom}}{V_{np}}$$

N_{ps} : Numero de paneles en serie.

V_{nom} : Voltaje nominal con el que queremos que trabaje nuestro controlador puede ser de 24V o 48V.

V_{np} : Voltaje nominal del panel solar con el que estamos trabajando.

Con la información del N_{ps} podemos encontrar la cantidad de paneles en paralelo para lo cual usaremos la siguiente formula.

$$N_{pp} = \frac{N_{Tp}}{N_{ps}}$$

N_{pp} : Número de paneles en paralelo

N_{Tp} : Número de paneles totales

N_{ps} : Número de paneles en serie

Finalmente, en la celda “C15” encontraremos el valor de la potencia del generador “PG” este valor debe mantenerse mayor a la celda “B15” y menor a la celda “D15” de no cumplir con esta condición es recomendable cambiar el tipo de panel solar con el que estamos trabajando puesto que podríamos estar sobredimensionando o dimensionando de mala manera el SFA, en nuestro ejemplo como se puede observar en el siguiente (Figura 31) se cumple la condición.

DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO							
			Elegir tipo de panel solar	Potencia	Voltaje	N° CELULAS	PRECIO S/
PGmin		1791.91602	Panel Solar	panel solar TAI Energy 24V 300W	300	24	72 850.5
V trabajo para Controlador de carga		48	Correcto				
			N# de modulos fotovoltaicos		6	CORRECTO	
			Arreglo de los paneles fotovoltaicos				
Verificacion $P_{gmin} < P_G < 1.2P_{Gmax}$			N# de modulos fotovoltaicos conectado en serie		2		
PGmin		PG	Arreglo de los PF conectados en paralelo		3		
	1791.916018	1800	2150.29922				

Figura (31): Elección de panel solar, voltaje de trabajo y verificación de PG.

Fuente: Elaboración propia.

PASO3

La selección del controlador de carga para nuestros SFA, al igual que en los paneles solares la celda “E18” contiene una lista desplegable con 50 tipos de controladores de carga diferentes ver (ANEXO-L) con sus respectivos datos y ficha técnica. De no encontrarse el controlador de carga con el que se quiera trabajar nos podemos dirigir a la hoja base de datos y colocar el controlador de carga de su preferencia en la celda L53-L54 juntamente con todos los datos que se piden. Si el controlador de carga que se evalúa no es correcto o no cumple con los requisitos en las celdas “G20” o “H20” se mostrara un aviso que nos indicara cual es el error en nuestra selección para ejemplo veamos la siguiente (Figura 32).

Para realizar el dimensionamiento de nuestro regulador de carga se procedió a evaluar el amperaje con el que trabajara para esto utilizamos la siguiente formula:

$$I_{reguladro} = f_s \times N_{pp} \times I_{cc}$$

$I_{reguladro}$: Es el valor del amperaje con el que trabajara el regulador de carga.

f_s : Factor de seguridad en el caso de los reguladores de carga se toma un valor de 1.25

N_{pp} : Número de paneles en paralelo.

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito dato del panel.

Dimensionamiento del Controlador de Carga		Tipo de Controlador de carga a escoger		ESCOGER CONTROLADORES MPPT Y PWM		
Factor de seguridad	1.25	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 12V 30A		Voltaje	Amperaje	PRECIO \$/
Icc corriente de cortocircuito	8.48	Potencia admisible del Controlador de carga	-	12	30	187.62
		potencia de paneles solares	1800	EL VOLTAJE TIENE QUE COINCIDIR CON EL V TRABAJO El Amperaje debe ser mayor que el Amperaje calculado		
Amperaje calculado del Controlador de carga	31.8					

Figura (32): Avisos de error de selección del controlador de carga.

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo nuestro ejemplo tenemos los datos de la corriente de cortocircuito de los paneles y el factor de seguridad con estos se encontró el amperaje con el que trabajara nuestro controlador de carga, también recordar que nuestro voltaje de trabajo es de 48V.

El tipo de controlador de carga a seleccionar también depende del tipo de panel seleccionada específicamente por su característica del N° de células fotovoltaicas es así como en la celda “G17” nos muestra el tipo de controlador que podemos escoger ya sea MPPT o PWM.

Finalmente, al seleccionar el controlador de carga se ha cometido dos errores. El primero es el voltaje con el que trabaja nuestro controlador de carga podemos ver que es de 12V debajo de esta celda encontramos un aviso de que el voltaje tiene que coincidir con el voltaje de trabajo. El segundo es que el amperaje para el controlador de carga que se está evaluando es de 30 A y según el cálculo realizado nuestro controlador de carga debe de trabajar con un amperaje mayor 31.8 A por lo cual debajo de la celda del amperaje se muestra un aviso “El amperaje debe de ser mayor que el amperaje calculado” estos avisos solo se mostraran si la selección del controlador de carga es incorrecta de no ser este el caso aparecerá en dichas celdas como aviso “CORRECTO” como podemos ver en la siguiente (Figura 33).

Dimensionamiento del Controlador de Carga			Tipo de Controlador de carga a escoger		ESCOGER CONTROLADORES MPPT Y PWM	
Factor de seguridad	1.25		Controlador de carga LCD PWM 100V Must solar 48V 50A		Voltaje	Amperaje
Icc corriente de cortocircuito	8.48		Potencia admisible del Controlador de carga	-	48	50
			potencia de paneles solares	1800		
Amperaje calculado del Controlador de carga	31.8				CORRECTO	CORRECTO

Figura (33): Dimensionamiento correcto del controlador de carga.

Fuente: Elaboración propia.

En la (Figura 33) podemos observar que este controlador de carga que se ha seleccionado es correcto cumple con las especificaciones planteadas anteriormente, como estamos trabajando con paneles de 72 células la hoja nos indica que podemos seleccionar controladores de carga MPPT y PWM.

En el caso de querer realizar un diseño más complejo se puede seleccionar más de 1 controlador de carga para los paneles estos requerirá la introducción de manera manual del arreglo de los paneles solares, pese a poderse avaluar de esta forma no es algo que se recomienda, a continuación, se presenta el espacio a utilizar para realizar el procedimiento anteriormente mencionado ver (Figura 34) estos solo se debe utilizar cuando no se escogió el controlador de carga en la anterior tabla y en esta solo aparezca el valor de “otros” en la celda “E18”.

dimensionamiento para mas de un Controlador de Carga			Tipo de controlador de carga				
Factor de seguridad	1.25		otros		Voltaje	20	PRECIOS/
Icc corriente de cortocircuto	9.03		sistema 1		0	0	0
Distribucion de cada sistema independiente			potencia admisible del controlador de carga	-			
	Ps	Pp	potencia de paneles solares	0			
sistema 1			otros		Voltaje	30	PRECIOS/
sistema 2			sistema 2		0	0	0
sistema 3			potencia admisible del controlador de carga	-			
Amperaje del Controlador de carga S1	0		potencia de paneles solares	0			
Amperaje del Controlador de carga S2	0		otros		Voltaje	30	PRECIOS/
Amperaje del Controlador de carga S3	0		sistema 3		0	0	0
			potencia admisible del controlador de carga	-			
			potencia de paneles solares	0			

Figura (34): Espacio de selección para SFA con más de un controlador de carga.

Fuente: Elaboración propia.

PASO 4

Seleccionar las baterías que se utilizaran para acumular la energía eléctrica.

Para calcular de manera efectiva las baterías que utilizaremos en nuestro SFA requeriremos realizar el cálculo del consumo medio diario que realizaran nuestro banco de baterías, este dato es clave al hacer el dimensionamiento de nuestro sistema de acumulación, cabe recalcar que las unidades del consumo medio diario se encuentran en amperio día (Ah/día) y para hallar este valor se utilizó la siguiente formula:

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n}$$

Q_d : Es el consumo medio diario (Ah/día)

W_d : Es la energía media diaria (Wh/día)

U_n : Es la tensión nominal del sistema de acumulación o baterías

Para el ejemplo que venimos desarrollando el valor fue calculado en la celda “C44” ver (Figura 35) ya que este valor depende de datos anteriormente proporcionado y del voltaje con el que trabajara el controlador de carga.

calculo del banco de baterias	
Wd Energia Media Diario (Wh/dia)	3779
V trabajo para Controlador de carga	48
Qd Consumo Medio Diario (Ah)	78.7291667
PD max profundidad d descarga de las baterias	0.5
Periodo de Autonomía en Días	2
rendimiento energetico de la instalacion	0.6
Cn capacidad nominal de Banco de Baterias	524.861111

Figura (35): Valor de consumo medio diario. Fuente: Elaboración propia.

Ahora lo que necesitamos hacer es calcular la capacidad nominal del banco de baterías para estos tendremos en cuenta que este valor está en función del consumo medio diario, el periodo de autonomía en días, profundidad de descarga máxima de las baterías y el rendimiento del sistema con base en el conjunto de equipos utilizados.

$$C_n = \left(\frac{Q_d \times P_{dias}}{PD_{max} \times PR} \right)$$

C_n : Capacidad nominal de banco de baterías.

Q_d : Consumo medio diario (Ah).

P_{dias} : Periodo de autonomía en días.

PD_{max} : Máxima profundidad de descarga de las baterías.

PR : Rendimiento energético de la instalación.

Luego de calcular la capacidad nominal del banco de baterías procedemos a seleccionar la batería que utilizaremos teniendo en cuenta dos variables la tensión nominal de la batería a utilizar y la capacidad nominal de la batería. Para seleccionarla contamos con una base de datos con 31 diferentes baterías que se pueden utilizar ver (ANEXO-M) al igual que con los otros elementos si se desea agregar una nueva batería se tiene que ir a la hoja base de datos y colocar la nueva batería en las celdas T34 y T35. Con estos datos podemos calcular el número de baterías que se tendrán y como estarán conectadas para esto utilizamos la siguiente formula:

$$N_{BT} = \frac{V_{nom} \times C_{nom_banco}}{V_{nom_bateria} \times C_{nom_bateria}}$$

Donde:

V_{nom} : Tensión nominal en el que se va a trabajar el banco de baterías (V trabajo para controlador de carga).

C_{nom_banco} : Capacidad nominal del banco de baterías.

$V_{nom_bateria}$: Tensión nominal de la batería a utilizar.

$C_{nom_bateria}$: Capacidad nominal de la batería.

Una vez escogida la batería que usaremos los datos se remplazar en la hoja de Excel para dar como resultado el número total que conformará el banco de baterías y la forma de conexión. Ver (Figura 36)

Elección de batería					
tipo de batería	Voltaje nominal	C nominal (Ah)	PRECIO \$/		
Batería Formula Star 12V 200Ah	12	200	945.5		
Numero total de baterías	10.49722222	12	se toma el valor entero de preferencia el numero de baterias debe ser un numero par para poder disponerlos en arreglos de 2 en serie trabajando con 24V		
numero de baterías en paralelo	3				
numero de baterías en serie	4				

Figura (36): Elección de batería, número total de baterías y forma de conexión.

Fuente: Elaboración propia.

PASO 5

El cual nos indica “Escoger el inversor teniendo en cuenta los parámetros, si la selección es errónea una celda mostrara lo que se tiene que corregir”.

Para seleccionar el inversor necesitamos evaluar principalmente dos puntos el primero es que el voltaje de entrada concuerde con el valor de nuestro sistema y el segundo es evaluar la potencia de nuestro inversor. La potencia en un inversor está condicionada por el factor de seguridad, la potencia de diseño o PG min.

La potencia de la carga en un determinado momento del día es la sumatoria de potencias de los artefactos que se tiene en una casa, este valor es tratable puesto que al conectar más elementos a la vez se necesitará una mayor potencia por lo cual aquí residirá la utilización responsable de energía eléctrica así mismo el valor de la PGmin se considera la potencia de carga en un momento determinado del día ya que nuestro SF esta dimensionado para

proporcionar esta potencia y el total de la potencia de los artefactos conectado en un determinado momento no debería superar este valor.

Luego de haber tener definida la potencia de carga en un determinado momento del día ya podemos hallar la potencia con la que deberemos escoger nuestro inversor para esto utilizaremos la siguiente formula:

$$P_{inversor} = 1.25 \times \frac{P_{carga_{fc}}}{FP}$$

$P_{inversor}$: Es la potencia mínima que tendrá el inversor.

$P_{carga_{fc}}$: Es la potencia de carga en un determinado momento del día multiplicado por un factor de corrección.

FP : Es el rendimiento del inversor normalmente en inversores el rendimiento es de 0.8.

Con el valor de la potencia evaluamos cual de todos los inversores en la base de datos ver (ANEXO-N) es el que cumple con los requisitos y para nuestro ejemplo en caso de no encontrar o de querer evaluar otro inversor se tiene que ir a la hoja base de datos y escribir el nombre del inversor a evaluar juntamente con los datos necesarios en las celdas AA28-AA29.

Luego de la elección se nos mostrara si esta correcta la elección de nuestro inversor y de no serlo se nos mostrara un aviso con los parámetros de nuestro inversor que necesitaremos corregir ver (Figura 37).

Eleccion de inversor			
tipo de inversor	voltaje	potencia	PRECIO \$/
Inversor Victron Phoenix 12V 1200VA VE.Direct	12	1200	2191.5
	EL INVERSOR DEBE TRABAJAR CON EL VOLTAJE DEL BANCO DE BATERIAS	LA POTENCIA DEL INVERSOR TIEN QUE SER MAYOR QUE LA CALCULADA	

Figura (37): Avisos para corrección de parámetros.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora en caso de que nuestra elección del inversor sea correcta en las celdas donde se encuentran los avisos aparecerá “Correcto” como se puede ver en el siguiente (Figura 38).

Eleccion de inversor			
tipo de inversor	voltaje	potencia	PRECIO S/
Inversor Victron Phoenix 48V 3000VA VE.Direct	48	3000	5984.29
	CORRECTO	CORRECTO	

Figura (38): Elección del inversor. Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber seguido todos los pasos y haber terminado de dimensionando nuestros SFA como lo indicaba los comentarios se procederá a la hoja de resultados.

3.3.8 Hoja RESULTADOS para SFA.

La hoja de resultados ver (Figura 39) tiene como finalidad resumirnos la información de nuestro diseño para cada tipo de SF en este caso un SFA cuenta con la información del panel solar, el controlador de carga, el banco de baterías y el inversor.

La hoja de resultados también nos permite evaluar la inversión si se deseara realizar el SFA puesto que se cuenta con el precio de cada uno de los componentes, este valor total no necesariamente es el precio exacto de SFA solo es una aproximación en base al precio de los componentes, por lo que no se considera el costo de instalarlo pese a que la gran mayoría de las empresas que se dedican a las energías renovables proporcionan la mano de obra de instalación como parte de la venta de los componentes siempre que se trate del sistema completo, asimismo podemos observar que el costo de SFA diseñado es de 22837.13 soles que es bastante elevado debido al uso de baterías para la acumulación de energía por lo cual no se recomienda este tipo de SF con ciertas excepciones como que la vivienda se encuentre en una zona donde no hay red eléctrica

DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO						
COMPONENTES						TOTAL
	POTENCIA	VOLTAJE	N° CELULAS	N° MODULOS	PRECIO-U	PRECIO -TP
panel solar TAI Energy 24V 300W	300	24	72	6	850.5	5103
	POTENCIA	VOLTAJE	AMPERAJE		PRECIO-U	PRECIO -CC
Controlador de carga LCD PWM 100V Must solar 48V 50A	-	48	50		403.84	403.84
	CARGA	VOLTAJE		N° BATERIAS	PRECIO-U	PRECIO-BB
Bateria Formula Star 12V 200Ah	200	12		12	945.5	11346
	POTENCIA	VOLTAJE			PRECIO-U	PRECIO -INVER
Inversor Victron Phoenix 48V 3000VA VE.Direct	3000	48			5984.29	5984.29
						22837.13
ESPECIFICACIONES						
EL ARREGLO DE LOS PANELES SOLARES SERA EL SIGUIENTE	2	3				
EL VOLTAJE DE TRABAJO PARA NUESTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO ES	48					

Figura (39) Hoja de RESULTADOS para SFA. Fuente: Elaboración propia.

Con esto concluimos con el ejemplo del uso de la hoja DSFA y de los procedimientos que se siguió para realizarlo el ejemplo es un caso real de una vivienda del distrito de Ferreñafe.

3.3.9 Hoja DSFA-IC.

Para realizar la explicación de dicha hoja al igual que en la hoja de DSFA se procederá a realizar un ejemplo donde se desarrollará cada sección y se tendrá en cuenta cada procedimiento seguido para el dimensionamiento de los componentes de SFA-IC, el primer paso recae en cambiar los valores en la hoja N°1 ver (ANEXO-J) para la nueva información del recibo.

DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL DISTRITO DE FERREÑAFE			
Tipo de SF a Diseñar	SFA-IC	Consumo de E Mensual promedio KW	204.67
Periodo de Autonomía en Días	2	COLOCAR VALORES MAYOR A (0)	

Figura (40): Hoja N°1 con valores para diseño de un SFA-IC.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente como lo menciona el paso N°7 nos dirigimos a la hoja DSFA-IC en donde iniciaremos el diseño de nuestro SFA-IC.

Al inicio de la hoja tenemos dos indicaciones el cual nos dice que algunas celdas cuentan con comentarios y debemos seguir el orden para realizar el diseño.

PASO 1

Realizaremos la selección del panel solar a utilizar en la celda “E9” ver (Figura 41) actualmente el libro cuenta con un total de 42 tipos diferentes de paneles solares (ANEXO-K) con sus datos de potencia, voltaje, corriente de cortocircuito, N° de células, precio y ficha técnica.

De no encontrar el panel solar adecuado o de querer realizar el cálculo con un panel que no se encuentre entre los datos dirigirse a la hoja de base de datos en donde se puede colocar en las celdas que dicen “otros” y rellenar los espacios de todos los valores que nos piden las celdas.

DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO CON INVERSOR CARGADOR							
			Elegir tipo de panel solar	Potencia	Voltaje	N° CELULAS	PRECIOS/
P _{Gmin}	2772.853374	Panel Solar	panel solar policristalino Era solar 270W	270	24	60	773.94
V trabajo para Controlador de carga	48	Correcto					

Figura (41) lección de panel solar y voltaje de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Luego de escoger el panel solar para nuestro Sistema (panel solar policristalino Era solar 270W) automáticamente nos dará el número de paneles fotovoltaicos

Para hallar el número de paneles se siguió el siguiente procedimiento con la siguiente formula:

$$N_{\#Total_Módulos} \geq \frac{P_{Gmin}}{P_{Max_Módulo}}$$

$N_{\#Total_Módulos}$: Es el número total de módulos.

P_{Gmin} : Es la potencia mínima del generador.

$P_{Max_Módulo}$: Es la potencia comercial de un panel solar.

PASO 2

Definir el voltaje de trabajo para nuestro sistema celda “C10” podemos trabajar en 12,24y 48V este valor siempre será mayor o igual al voltaje de los paneles en el caso de usar paneles de 12V se recomienda que el voltaje de trabajo sea 24V y en algunos casos si los paneles son de 24V se puede evaluar el voltaje de trabajo con un valor de 48V, pero esto es para sistemas bastante robustos por encima de los 2kWh.

Para el ejemplo que estamos tratando el valor del voltaje de trabajo será de 48V, una vez definido el voltaje de trabajo en las celdas F13 y F14 encontraremos el arreglo propuesto para que los paneles funcionen de forma óptima.

Para encontrar el arreglo de los paneles se siguió el siguiente procedimiento:

$$N_{ps} = \frac{V_{nom}}{V_{np}}$$

N_{ps} : Numero de paneles en serie.

V_{nom} : Voltaje nominal con el que queremos que trabaje nuestro controlador puede ser de 24V o 48V.

V_{np} : Voltaje nominal del panel solar con el que estamos trabajando.

Con la información del N_{ps} podemos encontrar la cantidad de paneles en paralelo para lo cual usaremos la siguiente formula.

$$N_{pp} = \frac{N_{Tp}}{N_{ps}}$$

N_{pp} : Número de paneles en paralelo.

N_{Tp} : Número de paneles totales.

N_{ps} : Número de paneles en serie.

Finalmente, en la celda “C15” encontraremos el valor de la potencia del generador “PG” este valor debe mantenerse mayor a la celda “B15” y menor a la celda “D15” de no cumplir con esta condición es recomendable cambiar el tipo de panel solar con el que estamos trabajando, en nuestro ejemplo como se puede observar en el siguiente (Figura 42) se cumple la condición.

			N# de módulos fotovoltaicos	12	CORRECTO
			Arreglo de los paneles fotovoltaicos		
Verificación $P_{gmin} < PG < 1.2P_{gmin}$			N# de módulos fotovoltaicos conectado en serie	2	
P_{gmin}	PG	$1.2P_{gmin}$	Arreglo de los PF conectados en paralelo	6	
2772.853374	3240	3327.424049			

Figura (42): Verificación del PG. Fuente: Elaboración propia.

PASO 3

La selección del inversor cargador para nuestros SFA-IC, al igual que en los paneles solares la celda “E18” contiene una lista desplegable con 13 tipos de inversor cargador diferentes con sus respectivos datos y ficha técnica ver (ANEXO-O). De no encontrarse el controlador de carga con el que se quiera trabajar nos podemos dirigir a la hoja base de

datos y colocar el inversor cargador de su preferencia en la celda AI16 juntamente con todos los datos que se piden.

Si el inversor cargador que se evalúa no es correcto o no cumple con los requisitos en las celdas “C25” “E25” y “D25” se mostrara un aviso que nos indicara cual es el error en nuestra selección para ejemplo veamos la siguiente (Figura 43).

Dimensionamiento DEL INVERSOR CARGADOR				
Factor de seguridad	1.25		Factor de seguridad	1.25
Icc corriente de cortocircuito	8.81		Rendimiento del inversor	0.8
			Potencia del inversor VA o W	1291.286399
Amperaje calculado del Controlador de carga	44.05			
eleccion de inversor cargador	AMPERAJE	VOLTAJE	POTENCIA	PRECIO \$/
Inversor cargador 1kVA 12V 40A Must Solar MPPT	40	12	1000	1694.9
ELEGIR SOLO INVERSORES DE CARGA MPPT				
	EL AMPERAJE DEL INVERSOR CARGADOR DEBE SER MAYOR	EL VOLTAJE TIENE QUE SER EL MISMO CON EL QUE SE TRABAJA EN LA DISTRIBUCION DE LOS PANELES	LA POTENCIA TIENE QUE SER MAYOR QUE LA POTENCIA CALCULADA	

Figura (43): Avisos de error para inversor cargador mal escogido.

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo nuestro ejemplo tenemos los datos de la corriente de cortocircuitó de los paneles y el factor de seguridad con estos se encontró el amperaje con el que trabajara nuestro controlador de carga inmerso en el inversor cargador, también recordar que nuestro voltaje de trabajo es de 48V.

El tipo de inversor cargador a seleccionar también depende del tipo de panel seleccionada específicamente por su característica del N° de células fotovoltaicas es así como en la celda “B25” nos muestra el tipo de controlador que podemos escoger ya sea MPPT o PWM.

Finalmente, al seleccionar el controlador de carga se ha cometido tres errores. El primero es el voltaje con el que trabaja nuestro inversor cargador podemos ver que es de 12V debajo de esta celda encontramos un aviso de que el voltaje tiene que ser el mismo con el que se trabaja en la distribución de los paneles. El segundo es que el amperaje para el

inversor cargador que se está evaluando es de 40 A y según el cálculo realizado nuestro controlador de carga debe de trabajar con un amperaje mayor 44.05A por lo cual debajo de la celda del amperaje se muestra un aviso “El amperaje debe de ser mayor”. El tercero es la potencia según nuestros cálculos realizados la potencia para el inversor cargador debe de ser mayor de 1291W es así como debajo de la celda de potencia del inversor cargador se muestra el siguiente aviso “la potencia tiene que ser mayor que la potencia calculada” estos avisos solo se mostraran si la selección del controlador de carga es incorrecta de no ser este el caso aparecerá en dichas celdas como aviso “CORRECTO” como podemos ver la siguiente (Figura 44).

eleccion de inversor cargador	AMPERAJE	VOLTAJE	POTENCIA	PRECIO S/
Inversor cargador 5KVA 48V 80A Must Solar MPPT	80	48	5000	4331.9
ELEGIR SOLO INVERSORES DE CARGA MPPT	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	

Figura (44): Elección correcta del inversor cargador. Fuente: Elaboración propia.

En la (Figura 44) podemos observar que este inversor cargador que se selecciono es correcto cumple con las especificaciones planteadas anteriormente como estamos trabajando con paneles de 60 células la hoja nos indica que solo debemos seleccionar controladores de carga MPPT.

PASO 4

Seleccionar las baterías que se utilizaran para acumular la energía eléctrica.

Para calcular de manera efectiva las baterías que utilizaremos en nuestro SFA-IC requeriremos realizar el cálculo del consumo medio diario que realizaran nuestro banco de baterías, este dato es clave al hacer el dimensionamiento de nuestro sistema de acumulación cabe recalcar que las unidades del consumo medio diario se encuentran en amperio día (Ah/día) y para hallar este valor se utilizó la siguiente formula:

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n}$$

Q_d : Es el consumo medio diario (Ah/día).

W_d : Es la energía media diaria (Wh/día).

U_n : Es la tensión nominal del sistema de acumulación o baterías.

Para el ejemplo que venimos desarrollando el valor fue calculado en la celda “C36” ver (Figura 45) ya que este valor depende de datos anteriormente proporcionado y del voltaje con el que trabajara el controlador de carga.

calculo del banco de baterias	
Wd Energia Media Diario (Wh/dia)	6822.333333
V trabajo para Controlador de carga	48
Qd Consumo Medio Diario (Ah)	142.1319444
PD max profundidad d descarga de las baterias	0.5
Periodo de Autonomía en Días	2
rendimiento energetico de la instalacion	0.7
Cn capacidad nominal de Banco de Baterias	812.1825397

Figura (45): Valor de consumo medio diario. Fuente: Elaboración propia.

Ahora lo que necesitamos hacer es calcular la capacidad nominal del banco de baterías para estos tendremos en cuenta que este valor está en función del consumo medio diario,

el periodo de autonomía en días, profundidad de descarga máxima de las baterías y el rendimiento del sistema con base en el conjunto de equipos utilizados.

$$C_n = \left(\frac{Q_d \times P_{dias}}{PD_{max} \times PR} \right)$$

C_n : Capacidad nominal de banco de baterías.

Q_d : Consumo medio diario (Ah).

P_{dias} : Periodo de autonomía en días.

PD_{max} : Máxima profundidad de descarga de las baterías.

PR : Rendimiento energético de la instalación.

Luego de calcular la capacidad nominal del banco de baterías procedemos a seleccionar la batería que utilizaremos teniendo en cuenta dos variables la tensión nominal de la batería a utilizar y la capacidad nominal de la batería. Para seleccionarla contamos con una base de datos con 31 diferentes baterías que se pueden utilizar ver (ANEXO-M) al igual que con los otros elementos que se desea agregar una nueva batería se tiene que ir a la hoja base de datos y colocar la nueva batería en las celdas T34 y T35 con estos datos podemos calcular el número de baterías que se tendrán y como estarán conectadas para esto utilizamos la siguiente formula:

$$N_{BT} = \frac{V_{nom} \times C_{nom_banco}}{V_{nom_bateria} \times C_{nom_bateria}}$$

Donde:

V_{nom} : Tensión nominal en el que se va a trabajar el banco de baterías (V trabajo para controlador de carga).

C_{nom_banco} : Capacidad nominal del banco de baterías.

$V_{nom_bateria}$: Tensión nominal de la batería a utilizar.

$C_{nom_bateria}$: Capacidad nominal de la batería.

Una vez escogida la batería que usaremos los datos se remplazar en la hoja de Excel para dar como resultado el número total que conformará el banco de baterías y la forma de conexión. (Figura 46)

Elección de batería						
tipo de batería	Voltaje nominal	C nominal (Ah)	PRECIO S/			
Bateria AGM 12V 230Ah Ultracell	12	230	1494.1			
Numero total de baterías	14.12491373	16	se toma el valor entero de preferencia el numero de baterías debe ser un numero par para poder disponerlos en arreglos de 2 en serie trabajando con 24V			
numero de baterías en paralelo	4					
numero de baterías en serie	4					

Figura (46): Elección de batería, número total de baterías y forma de conexión

Fuente: Elaboración propia.

Con la elección de la batería terminamos el dimensionamiento de los componentes y pasaremos a explicar el procedimiento que se siguió para hallar la potencia del inversor cargador.

Para seleccionar el inversor necesitamos evaluar principalmente dos puntos el primero es que el voltaje de entrada concuerde con el valor de nuestro sistema y el segundo es evaluar la potencia de nuestro inversor. La potencia en un inversor está condicionada por el factor de seguridad, la potencia de diseño o PG min.

La potencia de la carga en un determinado momento del día es la sumatoria de potencias de los artefactos que se tiene en una casa, este valor es tratable puesto que al conectar más elementos a la vez se necesitará una mayor potencia por lo cual aquí residirá la utilización responsable de energía eléctrica así mismo el valor de la PGmin se considera la potencia de carga en un momento determinado del día ya que nuestro SF esta dimensionado para

proporcionar esta potencia y el total de la potencia de los artefactos conectado en un determinado momento no debería superar este valor.

Luego de haber tener definida la potencia de carga en un determinado momento del día ya podemos hallar la potencia con la que deberemos escoger nuestro inversor para esto utilizaremos la siguiente formula:

$$P_{inversor} = 1.25x \frac{P_{carga_{fc}}}{FP}$$

$P_{inversor}$: Es la potencia mínima que tendrá el inversor.

$P_{carga_{fc}}$: Es la potencia de carga en un determinado momento del día multiplicado por un factor de corrección.

FP : Es el rendimiento del inversor normalmente en inversores el rendimiento es de 0.8

Finalmente se procederá a la hoja RESULTADOS como fue indicado en el inicio de la hoja.

3.3.10 Hoja RESULTADOS para SFA-IC.

La hoja de resultados ver (Figura 47) tiene como finalidad resumirnos la información de nuestro diseño para cada tipo de SF en este caso un SFA-IC cuenta con la información del panel solar, el inversor cargador y el banco de baterías.

La hoja de resultados también nos permite evaluar la inversión si se deseara realizar el SFA-IC puesto que se cuenta con el precio de cada uno de los componentes, este valor total no necesariamente es el precio exacto de SFA-IC solo es una aproximación en base al precio de los componentes, por lo que no se está considerando el costo de instalarlo pese a que la gran mayoría de las empresas que se dedican a las energías renovables dan la mano de obra de instalación como parte de la venta de los componentes siempre que se trate del sistema completo, al igual que en el SFA el SFA-IC cuenta con un alto costo

como se puede observar en este caso es de 37524.78 soles y el realizar un SF para una vivienda no justifica tal inversión por lo cual tampoco es un sistema que se recomienda.

DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO CON INVERSOR CARGADOR						
COMPONENTES						TOTAL
	POTENCIA	VOLTAJE	N° CELULAS	N° MODULOS	PRECIO-U	PRECIO -TP
panel solar policristalino Era solar 270W	270	24	60	12	773.94	9287.28
	POTENCIA	VOLTAJE	AMPERAJE		PRECIO -U	PRECIO -CC
Inversor cargador 5KVA 48V 80A Must Solar MPPT	5000	48	80		4331.9	4331.9
	CARGA	VOLTAJE		N° BATERIAS	PRECIO -U	PRECIO-BB
Bateria AGM 12V 230Ah Ultracell	230	12		16	1494.1	23905.6
	POTENCIA	VOLTAJE			PRECIO-U	PRECIO -INVER
0	0	0			0	0
						37524.78
ESPECIFICACIONES						
EL ARREGLO DE LOS PANELES SOLARES SERA EL SIGUIENTE	2	6				
EL VOLTAJE DE TRABAJO PARA NUESTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO ES	48					

Figura (47): Hoja de RESULTADOS para SFA-IC. Fuente: Elaboración propia.

Con esto concluimos con el ejemplo del uso de la hoja DSFA-IC y de los procedimientos que se siguió para realizar el ejemplo es un caso real de una vivienda del distrito de Ferreñafe.

3.3.11 Hoja DSF-ICR.

Para realizar la explicación de dicha hoja al igual que en la hoja de DSFA-IC se procederá a realizar un ejemplo donde se desarrollará cada sección y se tendrá en cuenta cada procedimiento seguido para el dimensionamiento de los componentes de SF-ICR, el primer paso recae en cambiar los valores en la hoja N°1 ver (Figura 48).

DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL DISTRITO DE FERREÑAFE			
Tipo de SF a Diseñar	SF-ICR	Consumo de E Mensual KW	0
Periodo de Autonomía en Días	0	COLOCAR (0)	

Figura (48): Hoja N°1 con valores para diseño de un SF-ICR. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente como lo menciona el paso N°3 nos dirigimos a la hoja N°4 en donde evaluaremos la potencia de carga en un determinado momento del día.

En esta hoja se nos muestra un recuadro con los pasos a seguir, el paso 1 nos dice “seleccionar la cantidad de artefactos que funcionaran con el SF-ICR” estos se pide puesto que el SF que estamos diseñando está orientado a generar energía eléctrica para el consumo directo, es por ese motivo que se necesita saber cuál es la potencia máxima de los artefactos que deseamos proveer de energía eléctrica y cuántos de ellos funcionaran a la vez.

Es así como este dato de potencia nos servirá para analizar la potencia mínima de nuestro generador, en este caso al hablar con el dueño de la vivienda se determinó que en su mayoría no se usa más de 1 cargador de celular, 1 computadora, 1 refrigeradora, 5 luminarias, 1 plancha y 1 televisor. Dando así un total de 2480W de potencia teniendo todo conectado a la vez, pero las cargas pueden ser remplazadas ya que en diferentes momentos del día se utiliza solo la refrigeradora, la computadora y la TV.

Por lo tanto, se considera un fc de 0.6 para la máxima carga supuesta por el dueño de la vivienda y obtenemos un valor de 1488W como observamos en la (Figura 49) posteriormente nos dirigimos a la hoja DSF-ICR.

Cálculo de la potencia de la carga en un determinado momento del día				total			
Elemento	Cantidad	Potencia W	Total	P carga General	2480		
Aspiradora	0	1200	0	P carga con fc	1488		
Batidora	0	300	0				
Bomba de agua 1/2	0	380	0				
Cafetera	0	900	0				
Cargador de celular	1	5	5				
Computadora	1	300	300				
Refrigeradora	1	350	350				
Luminaria	5	25	125				
Lavadora	1	500	500				
Licuadora	0	300	0				
Microondas	0	1100	0				
Minicomponentes	0	100	0				
Plancha	1	1000	1000				
Secadora	0	1200	0				
TV	1	200	200				
Terma	0	1500	0				
Tostadora	0	1000	0				
Ventilador	0	100	0				
otros	0	0	0				
otros	0	0	0				
otros	0	0	0				
otros	0	0	0				
otros	0	0	0				

Figura (49): Hoja N°4 elección de artefactos y potencia para el SF.

Fuente: Elaboración propia.

Al inicio de la hoja tenemos dos indicaciones el cual nos dice que algunas celdas cuentan con comentarios y debemos seguir el orden para realizar el diseño.

PASO 1

Realizaremos la selección del panel solar a utilizar en la celda “E9” ver (Figura 50) actualmente el libro cuenta con un total de 42 tipos diferentes de paneles solares (ANEXO-K) con sus datos de potencia, voltaje, corriente de cortocircuito, N° de células, precio y ficha técnica.

De no encontrar el panel solar adecuado o de querer realizar el cálculo con un panel que no se encuentre entre los datos dirigirse a la hoja de base de datos en donde se puede colocar en las celdas que dicen “otros” y rellenar los espacios de todos los valores que nos piden las celdas.

DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CON INVERSOR CONECTADO A RED							
			Elegir tipo de panel solar	Potencia	Voltaje	N° CELULAS	PRECIOS/
P _{Gmin}	604.7792769	Panel Solar	panel solar TAI Energy 12V 100W	100	12	36	426.1
V trabajo para Controlador de carga	72	Correcto					
			N# de modulos fotovoltaicos	6	para sistemas fotovoltaicos con conexión a red directa los paneles suelen estar conectados en serie puesto que los inversores cuentan con una amplio rango de voltajes admisibles y las corrientes maximas admisibles son relativamente bajas		
			Arreglo de los paneles fotovoltaicos				
			N# de modulos fotovoltaicos conectado en serie	6			
			Arreglo de los PF conectados en paralelo	1			

Figura (50): Elección de panel solar y voltaje de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de escoger el panel solar para nuestro Sistema (panel solar TAI Energy 12V 100W).

Para hallar el número de paneles se siguió el siguiente procedimiento con la siguiente formula:

$$N_{\#Total_Módulos} \geq \frac{P_{Gmin}}{P_{Max_Módulo}}$$

$N_{\#Total_Módulos}$: Es el número total de módulos

P_{Gmin} : Es la potencia mínima del generador

$P_{Max_Módulo}$: Es la potencia comercial de un panel solar

PASO 2

Procederemos a rellenar las celdas “F13” y “F14” con el arreglo más conveniente para el sistema cabe recalcar en este tipo de SF los paneles se conectan en serie dado que el inversor cuenta con un amplio rango de voltaje admisible y las corrientes máximas admisibles son relativamente bajas, como se puede observar en la (Figura 50) el arreglo que se propone es que los 6 módulos estén en serie de la organización de los módulos dependerán muchas cosas entre ellas el voltaje de trabajo del sistema y la corriente de cortocircuito de SF.

Paso 3

Como este es un SF-ICR solo cuenta con los paneles y el inversor conectado a red. En la (Figura 51) se seleccionará el inversor conectado a red para nuestro sistema teniendo en cuenta el voltaje de trabajo, la potencia y la corriente de cortocircuito para el SF. Al igual que en los demás componentes se cuenta con una base de datos de 23 inversores con dichas características ver (ANEXO-P).

De no encontrarse el inversor con que se quiera trabajar se puede colocar uno nuevo en la hoja base de datos en las celdas AR26-AR27 con sus respectivos datos. En caso se seleccione mal el inversor conectado a red se mostrará un aviso al costado del dato que se escogido mal como se puede ver en la (Figura 51).

Parametros para eleccion de inversor						
lcc corriente de cortocircuito de un panel solar	6.12	lcc para el Sistema Fotovoltaico	6.12			
voltaje del sistema fotovoltaico	72					
potencia maxima para los paneles	600					
ELECCION DE INVERSOR PARA SF-ICR						
otros						
POTENCIA QUE PUEDE SUMINISTRAR EL INVERSOR	0	El inversor necesita tener una mayor potencia				
CORRIENTE MAXIMA ADMISIBLE	0	se debe elegir un inversor con mayor corriente admisible o cambiar el arreglo de los paneles				
VOLTAJE MINIMO DEL ARREGLO	0					
VOLTAJE MAXIMO DEL ARREGLO	0					
CORRIENTE DE SALIDA AL SISTEMA EN 220V	0					
PRECIO S/	0					

Figura (51): Avisos de error para un inversor mal seleccionado.

Fuente: Elaboración propia.

Para solucionar la mala elección se debe de cambiar ya sea el inversor por no cumplir con lo requerido o el arreglo de los paneles.

Parametros para eleccion de inversor						
lcc corriente de cortocircuito de un panel solar	6.12	lcc para el Sistema Fotovoltaico	6.12			
voltaje del sistema fotovoltaico	72					
potencia maxima para los paneles	600					
ELECCION DE INVERSOR PARA SF-ICR						
Inversor Red solar x1 MINI 700W						
POTENCIA QUE PUEDE SUMINISTRAR EL INVERSOR	700	Correcto				
CORRIENTE MAXIMA ADMISIBLE	10	Correcto				
VOLTAJE MINIMO DEL ARREGLO	50					
VOLTAJE MAXIMO DEL ARREGLO	380					
CORRIENTE DE SALIDA AL SISTEMA EN 220V	3.5					
PRECIO S/	2688					

Figura (52): Dimensionamiento correcto del inversor.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para nuestro ejemplo el inversor que se observa en el (Figura 52) cumple con todos los requerimientos.

3.3.12 Hoja RESULTADOS para SF-ICR.

La hoja de resultados ver (Figura 53) tiene como finalidad resumirnos la información de nuestro diseño para cada tipo de SF en este caso un SF-ICR cuenta con la información del panel solar, el inversor cargador y el banco de baterías.

La hoja de resultados también nos permite evaluar la inversión si se deseara realizar el SF-ICR puesto que se cuenta con el precio de cada uno de los componentes, este valor total no necesariamente es el precio exacto de SF-ICR solo es una aproximación en base al precio de los componentes, por lo que no se está considerando el costo de instalarlo pese a que la gran mayoría de las empresas que se dedican a las energía renovables dan la mano de obra de instalación como parte de la venta de los componentes siempre que se trate del sistema completo, a diferencia de los anteriores SF diseñado este cuenta con un costo bastante accesible por lo que se le analizara de manera más detenida posteriormente .

DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CON INVERSOR CONECTADO A RED						
COMPONENTES						TOTAL
	POTENCIA	VOLTAJE	N° CELULAS	N° MODULOS	PRECIO-U	PRECIO -TP
panel solar TAI Energy 12V 100W	100	12	36	6	426.1	2556.6
	POTENCIA	VOLTAJE	AMPERAJE		PRECIO -U	PRECIO -CC
Inversor Red solar x1 MINI 700W	700	72	10		2688	2688
	CARGA	VOLTAJE		N° BATERIAS	PRECIO -U	PRECIO-BB
0	0	0		0	0	0
	POTENCIA	VOLTAJE			PRECIO-U	PRECIO -INVER
0	0	0			0	0
						5244.6
ESPECIFICACIONES						
EL ARREGLO DE LOS PANELES SOLARES SERA EL SIGUIENTE	6	1				
EL VOLTAJE DE TRABAJO PARA NUESTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO ES	72					

Figura (53): Hoja de RESULTADOS para SF-ICR. Fuente: Elaboración propia.

Con esto concluimos con el ejemplo del uso de la hoja DSF-ICR y de los procedimientos que se siguió para realizar el ejemplo es un caso real de una vivienda del distrito de Ferreñafe.

3.3.13 Hoja Base de Datos.

En esta hoja contamos con todos los componentes de los SF a diseñar en tablas y con sus respectivos datos, es así como tenemos las siguientes tablas que mencionaremos a continuación.

- Panel solar. (ANEXO-K)
- Regulador de carga. (ANEXO-L)
- Baterías. (ANEXO-M)
- Inversor. (ANEXO-N)
- Inversor cargador. (ANEXO-O)
- Inversor conectado a red. (ANEXO-P)

Cada una de las tablas interactúan con diferentes hojas del libro y tienen la particularidad de poseer la ficha técnica de cada uno de los componentes si el diseñado deseara más información sobre estos bastara con dirigirse a la dirección que aparece en casilla del respectivo componente.

3.4 Planificación Solar Urbana.

3.4.1 Beneficios para Pobladores por la Generación Fotovoltaica en sus Viviendas.

Para lograr hacer rentable los SF hay que justificar la inversión y para esto se propone que el distrito de Ferreñafe de ciertas facilidades para aquellos pobladores que generen energía eléctrica desde sus viviendas independientemente del sistema fotovoltaico que se halla elegido.

- El pago del impuesto predial se verá reducido en un 40% del total calculado.
- El pago por licencia de modificación de la infraestructura de la vivienda en caso de remodelación queda completamente exonerado.
- El mantenimiento del SF será realizado por un personal calificado de la municipalidad cada 3 meses sin costo para el poblador, cualquier comprar de refacción será cubierta por el poblador.

Estas son los beneficios que proponemos que deberían de adoptarse por parte del distrito de Ferreñafe, pero para que el dueño del predio pueda obtener estos veneficios debe cumplir un mínimo de generación que dependerá de algunos factores constructivos y urbanos.

3.4.2 Evaluación de la Potencia Mínima de Generación en Viviendas para acceder a Beneficios.

Como ya se determinó anteriormente el distrito de Ferreñafe cuenta con un potencial solar elevado y que puede ser aprovechado, pero para esto hay que tener en cuenta el actual desarrollo de infraestructura que presenta la vivienda y la zona. Es así que se propone realizar una evaluación que nos permita hallar el valor mínimo de la potencia de generación que debe presentar una vivienda según sus características para que esta pueda acceder a los diferentes beneficios que se propusieron anteriormente los cuales ayudaran a hacer más rentable la instalación de un SF en la vivienda.

Evaluación de la potencia mínima de generación:

Comenzaremos por el material de la vivienda es un parámetro muy importante, puesto que al momento de construir una vivienda dependiendo de que materiales, se calcula el pago por licencia de construcción, también es una de los más importantes parámetros de evaluación para saber el precio de un predio y es un valor que se toma en cuenta a la hora de evaluar el impuesto predial.

El material con el que se construye una vivienda tiene que ver mucho con el poder adquisitivo del propietario por tal motivo es muy importante evaluarlo para lo cual se usara la siguiente Tabla (6).

Tabla (6)

Valores para tipo de material de la vivienda.

Material	Valor
Ladrillo	1.3
Madera	1.2
Adobe	1.1

Fuente: Elaboración propia

Otro de los parámetros a considerar será la cantidad de pisos con los que cuenta la vivienda, este valor es importante ya que hay una relación directamente proporcional entre la cantidad de energía consumida y el número de pisos de esta, también al tener más pisos la vivienda el dueño tiene la capacidad económica de invertir un poco más en comparación a aquellos que solo cuentan con una vivienda de 1 piso.

El desarrollo urbanístico también es un factor a evaluar si en la zona donde se encuentra la vivienda cuenta con agua y desagüe, también si se cuenta con pistas y veredas. Ver Tabla (7)

Tabla (7)

Valores de desarrollo urbanísticos existentes.

	NO	SI
Agua y desagüe	1.2	1.3
Pistas y veredas	1.3	1.4

Fuente: Elaboración propia.

El área del terreno también es un factor a considerar ya que entre más grande sea el predio mayor será su consumo, también puesto que tendrá una mayor área de explotación para la generación a base de paneles solares.

Radiación global promedio anual este valor es el que hemos hallado en el capítulo 3 y nos servirá como base para la evaluación de la cantidad mínima de potencia del generador para una vivienda.

Para realizar la evaluación utilizaremos la siguiente formula:

$$PG_{min} = \frac{RG_{promedio}}{1000} \times A_{vivienda} \times \left(\frac{11 + N_p}{10} \right) \times V_{A,D} \times V_{P,V} \times V_{M,V} \times 0.7$$

Donde:

PG_{min} : Es la potencia de generación mínima que debe tener el SF para acceder a los beneficios.

$RG_{promedio}$: Es el valor promedio de irradiancia anual con el que cuenta el distrito de Ferreñafe.

$A_{vivienda}$: Es el área del terreno donde se encuentra construida la vivienda.

N_p : Es el número de pisos con el que cuenta la vivienda.

$V_{A,D}$: Es el valor si la vivienda cuenta con agua y desagüe. Ver Tabla (5.2)

$V_{P,V}$: Es el valor si la vivienda cuenta con pistas y veredas. Ver Tabla (5.2)

$V_{M,V}$: Es el valor según el material del que está construido la vivienda. Ver Tabla (5.1)

Ejemplo:

Para realizar el análisis del potencial mínimo nos ayudaremos de nuestros ejemplos de DSF del capítulo 4 y se evaluará cada uno de manera dependiente.

Para el primer ejemplo que se propone en el capítulo 4 en la hoja DSFA contamos con la siguiente información:

- Dirección: P.J. San Martín de porras av. Andrés Avelino Cáceres.
- De propiedad de la señora Jarray Tello Rosa
- Vivienda de material noble- ladrillo
- Cuenta con pistas y veredas
- Cuenta con servicios de agua y desagüe
- La vivienda es de 2 pisos
- Las dimensiones del terreno son de 5.5m de frontera y 14 de profundidad un área total de 77m².

Con dichos datos procederemos a aplicar la fórmula de la potencia mínima que debe generar la vivienda para poder acceder a los beneficios, calculando el valor tenemos que para que pueda acceder a beneficios su sistema debe ser dimensionado como mínimo para una potencia de 1086 W.

3.4.3 SF-ICR el Inicio de la Generación de Energía Autosustentable Descentralizada para el Distrito de Ferreñafe.

El poblador debe de ser objetivo al pensar que no necesariamente recuperara la inversión total al instalar un SF, esto es debido a que actualmente los componentes tienen un precio muy elevado en especial las baterías, por tal motivo se recomienda que de querer tener un beneficio económico se debe optar por un SF-ICR este sistema cuenta con la cualidad de estar conectado a red y como ya se mencionó anteriormente no cuenta con baterías puesto que está enfocado en la reducción de la facturación de energía eléctrica.

Para evaluar de mejor manera veremos un caso real, es el caso de la vivienda del señor Cornetero Siancas en el (ANEXO-J) podemos observar su recibo de consumo eléctrico.

El dueño de la vivienda informo que tiene un consumo de energía eléctrica elevado debido al uso de computadoras en su vivienda las cuales suelen comenzar a funcionar a partir de las 8 de la mañana hasta las 8 de la noche de lunes a sábado junto con el uso de sus electrodomésticos de uso normal.

Es así que evaluaremos el potencial mínimo de generación que le correspondería y posterior a este valor se evaluó cuanto sería el valor de la potencia de generador que se propondría.

Al realizar el cálculo el valor mínimo para que la vivienda cuente con los beneficios que se están proponiendo que debería dar el distrito de Ferreñafe como parte de un incentivo a la generación de E.E será de 1960W contando que el terreno cuenta con una fachada de 6m y una profundidad de 20m, cuenta con servicios de agua, desagüe, pista, veredas, 3 pisos y la vivienda es de material noble ladrillo.

Al tener este valor se propuso el diseño teniendo en cuenta para un valor de 2331.3W como se puede observar en la (Figura 54).

Cálculo de la potencia mínima del generador para SF-ICR		
ENERGIA DIARIA Wh	5736	Valor de energía calculada en base al consumo eléctrico de los artefactos
G(CEM) W/m2	1000	Irradiancia en condiciones estándar
Gdm(α, β) Wh/m2	3514.86	valor medio de irradiancia mensual sobre la superficie de un generador inclinado
PR	0.7	rendimiento energético de la instalación
PGmin	2331.32657	potencia mínima del generador

Figura (54): Determinar la potencia mínima del generador. Fuente: Elaboración propia.

Luego se procedió a realizar el diseño con “libro de diseño de SF para el distrito de Ferreñafe” al finalizar el diseño se obtuvo los siguientes datos. (Figura 55)

DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CON INVERSOR CONECTADO A RED						
COMPONENTES						TOTAL
	POTENCIA	VOLTAJE	N° CELULAS	N° MODULOS	PRECIO-U	PRECIO -TP
panel solar TAI Energy 24V 300W	300	24	72	8	850.5	6804
	POTENCIA	VOLTAJE	AMPERAJE		PRECIO -U	PRECIO -CC
Inversor Red solar x1 AIR 3000W	3000	192	10		3934.1	3934.1
	CARGA	VOLTAJE		N° BATERIAS	PRECIO -U	PRECIO-BB
0	0	0		0	0	0
	POTENCIA	VOLTAJE			PRECIO -U	PRECIO -INVER
0	0	0			0	0
						10738.1
ESPECIFICACIONES						
EL ARREGLO DE LOS PANELES SOLARES SERA EL SIGUIENTE	8	1				
EL VOLTAJE DE TRABAJO PARA NUESTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO ES	192					

Figura (55): Resultados del DSF-ICR Fuente: Elaboración propia.

La inversión total es de 10738.1 soles ahora veremos en cuanto tiempo aproximadamente se recuperará la inversión realizada, para calcular este valor debemos calcular aproximadamente cuanto disminuirá la factura de consumo eléctrico actualmente se tiene un consumo promedio de 385.83KWh al mes.

Ahora para evaluar la cantidad de energía que se generara el SF que se diseño tiene una capacidad de generar 2.33KWh se considera un promedio de horas de funcionamiento correcto del SF en este caso como fue calculado en el capítulo 3 este es de 4.5 horas por lo cual por día se produce 10.485KWh y en 1 mes estándar de 30 días sin contar los días

domingo un total de 26 días en donde nuestro SF-ICR produce energía con altas demandas, cabe resaltar que el SF seguirá funcionando los días domingos pero este valor no lo estamos tomando porque lo estamos asumiendo como perdidas por lo que la cantidad de energía generada será de 272.61KWh, lo que quiere decir que aproximadamente se reducirá el consumo de energía eléctrica por la red en un 70.65% con lo cual solo se tendría un consumo de 113.22KWh y según la tabla de valores para el cálculo del recibo de energía eléctrica proporcionada por ENSA será de solo 84.70 soles lo que quiere decir que reducimos en un 73.4% la facturación de energía eléctrica.

Ahora bien, se pondrá un estándar de recuperación de la inversión menor de 200 soles mensuales y analizaremos a partir de qué año la inversión es recuperada ver Tabla (8).

Tabla (8)

Aproximación de recuperación de inversión y total de retribución del SF.

Años	Inversión	R de inversión	Retribución
1	10738.1	2400	
2	8338.1	2400	
3	5938.1	2400	
4	3538.1	2400	
5	1138.1	2400	1261.9
6	-----	2400	3661.9
7		2400	6061.9
8		2400	8461.9
9		2400	10861.9
10		2400	13261.9
11		2400	15661.9
12		2400	18061.9
13		2400	20461.9
14		2400	22861.9
15		2400	25261.9

Fuente: Elaboración propia

En este caso podemos ver que la inversión se recupera a partir de 5 año incluso en este año ya tenemos una retribución económica recordar que el buen funcionamiento de un SF dependerá de la radiación solar la calidad de los componentes y si estos están recibiendo un mantenimiento adecuado por lo cual puede que no sea este el valor real, pero muestra

de manera muy clara una aproximación de la retribución que se recibirá al finalizar su vida útil el SF.

Por lo evaluado podemos decir que un SF-ICR es una opción factible con la que no solo podemos comenzar una cultura de generación de energía en miras de llegar a ser autosustentables, sino que a largo plazo representa un beneficio económico para nosotros.

CAPITULOS IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.

- Al realizar el análisis del estado eléctrico del distrito de Ferreñafe se determinó que el distrito sigue en constante crecimiento de su consumo de energía eléctrica de 1 a 4% anual debido a las migraciones de las poblaciones rurales hacia la ciudad; pese a que actualmente no hay un déficit energético, el distrito no cuenta con un sistema de generación de energía eléctrica por lo que es completamente dependiente del sistema interconectado, asimismo al proyectar el consumo del distrito para el año 2027 se obtuvo que el consumo de energía eléctrica llega a picos de 1384MWh y valores mínimos de 1261MWh . Entre los años 2018 al 2024 según la previsión se daría un aumento del 18% de energía consumida del distrito de Ferreñafe.
- Se logro evaluar el potencial solar con el que cuenta el distrito de Ferreñafe para el periodo de estudio de 1 año partiendo desde el 06/08/18 hasta el 05/08/19 obteniéndose la radiación solar promedio anual del distrito, siendo esta un valor de 6547.65Wh/m², con un potencial mínimo de 3514.86Wh/m² para el 01/07/19 y un máximo de 12175.05Wh/m² para el día 21/12/18. Con lo cual se puede afirmar que el distrito de Ferreñafe cuenta con un potencial óptimo para la instalación de sistemas fotovoltaicos, sabiéndose que el potencial mínimo recomendable para la instalación de estos es de 1000Wh/m².
- Se elaboró el “Libro de diseño de SF para el distrito de Ferreñafe” el cual se perfila como una importante herramienta de interacción y promoción de la generación fotovoltaica en el distrito de Ferreñafe por las siguientes razones:

- Permite el dimensionamiento correcto de tres tipos de SF diferentes, con sus respectivos componentes.
 - Es una fuente informativa en relación a los SF, sus ventajas y funcionamiento.
 - Permite obtener el precio SF aproximado en función del precio de los componentes que se escojan.
 - El dimensionamiento puede ser echo por una persona instruida como por una persona sin instrucción o previo conocimiento, bastará con que siga los pasos que el libro de Excel muestra.
 - Cuenta con una base de datos de 184 elementos que permite la combinación de los componentes para la realización de SF que cumplan con los requisitos de generación de energía eléctrica en cualquier vivienda.
- Como resultado de la planificación solar urbana se evaluó de manera conjunta con el área de planificación urbana del distrito que se podría adoptar ciertos beneficios para aquellos pobladores que se decidan a instalar un SF entre las cuales resaltan la disminución del 40% de pago de los arbitrios de la vivienda, la total nulidad por concepto de remodelación interna pago que se realiza a la municipalidad del distrito de Ferreñafe y el mantenimiento fiscalizador por parte de personal calificado de la municipalidad. También el poblador necesitara diseñar su SF con una potencia mínima determinada por aspectos relacionados a la misma vivienda y si esta cuenta con agua, desagüe, pistas y veredas.
- Al realizar una comparación entre los SF propuestos por el “Libro de diseño de SF para el distrito de Ferreñafe” se determinó que el SF-ICR presenta el mayor

beneficio para el poblador, pero para su adecuación se tiene que cumplir con ciertas condiciones entre las cuales se encuentra que el consumo de energía eléctrica debe ser mayor en horarios del día, es así como nos encontramos casos como el del poblador del distrito de Ferreñafe el Señor Cornetero Siancas el cual paso de consumir 385.83KWh al mes y con una facturación de 323.20 soles a un consumo de 113.22KWh luego de haber implementado el SF-ICR y a una facturación de solo 84.70 soles reduciendo el consumo de energía de la red en un 70.65% y la facturación en 73.4% permitiéndole recuperar su inversión si el SF-ICR no tiene ningún percance a partir del 5 año en adelante y retribuyéndole un total de 2400 soles anuales a partir del 6 año, teniendo en cuenta que el SF-ICR está diseñado para un vida útil de 15 años.

4.2 RECOMENDACIONES.

- El “libro de diseño de SF para el distrito de Ferreñafe” se recomienda que sea publicado en la página web del distrito de Ferreñafe para que se encuentre disponible para cualquier poblador.
- Las bases de una planificación solar urbana requieren la concientización de los ciudadanos por medio de charlas sobre el uso responsable de la energía eléctrica por lo que se recomienda informar y educar a la población en una política de auto sustentabilidad.
- Para que los SF actualmente sean más viables se recomienda al gobierno a proponer un sistema de incentivos en función a la cantidad de energía producida con generación fotovoltaica, ya sea incentivos en la reducción de los impuestos o en la reducción del precio de KWh en aquellas viviendas que opten por un SF-ICR.

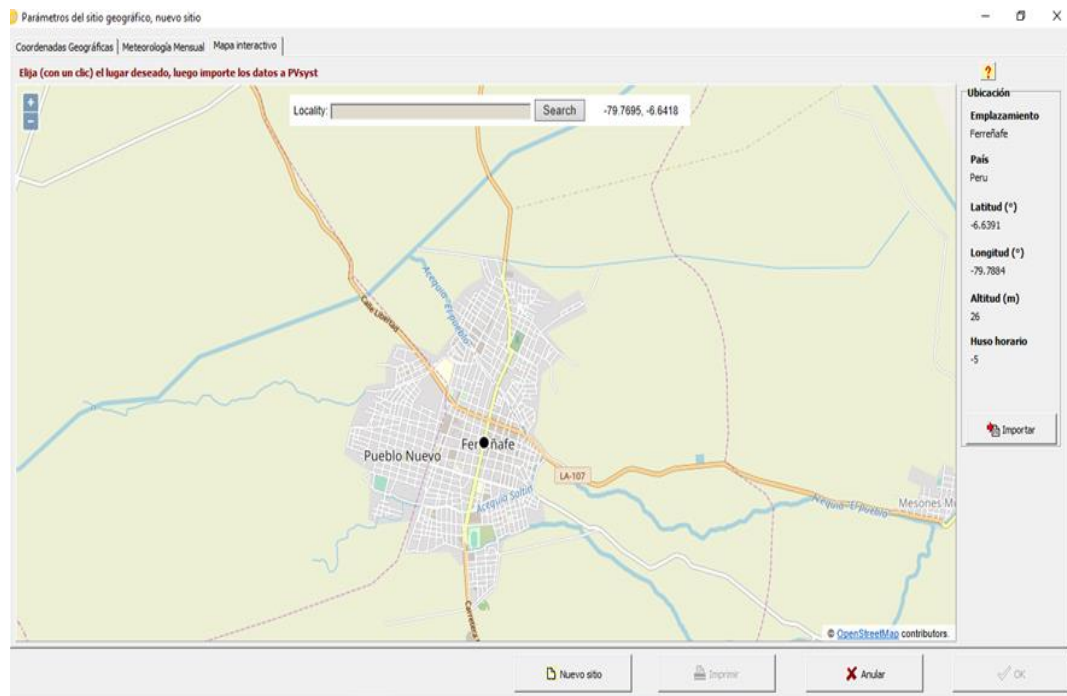
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Perpiñan, O., (2010). Energía Solar Fotovoltaica Versión 1.21, Madrid, España: Creative commons.
- Tama, A., (2003). Experiencias y Metodología por parte de la Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. En la Reducción y Control de las Pérdidas de Energía, Guayaquil, Ecuador: Publicaciones FIEC.
- Escuela Universitaria de Formación Abierta (2010). Energía Solar Fotovoltaica. España: Master D, Universidad Camilo José Cela.
- Ibarra, S., (2016). Metodología de evaluación de potencial solar según condiciones formales, para la implementación de sistemas fotovoltaicos en cubierta, en establecimientos educacionales en la comuna de Concepción (maestría). Universidad del Bío-Bío, Chile.
- Silva, J., (2015). Aplicativo para diseño de sistemas fotovoltaicos: programación y validación con software comercial (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Polis Intelligent Energy Europa. (2018). Planificación solar urbana a nivel local. España: Creative commons.
- Gómez, T., (2017). Artículo Ciudades Solares: una mirada desde la planificación urbana, Chile: Planeo.
- Gilmore, J., (2009). MEDICIÓN Y PREDICCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL UV-B BAJO CIELOS CLAROS Y SIN NUBES, Costa Rica: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA.

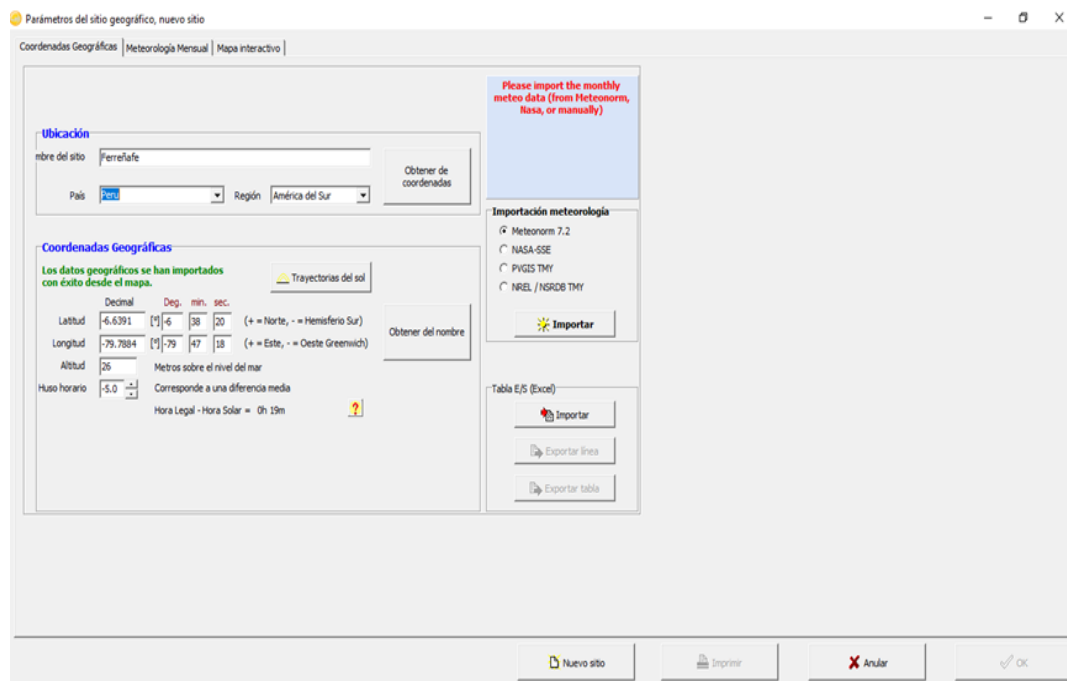
ANEXOS

ANEXO-A

Mapa de selección de coordenadas. Fuente: Programa PVsyst 6.8.4.



Selección de base de datos. Fuente: Programa PVsyst 6.8.4.



Base de datos mensuales. Fuente: Programa PVsyst 6.8.4.

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas Geográficas | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

Sitio: **Ferreñafe (Peru)**

Origen de datos: **Meteonorm 7.2, Sat=100%**

	Irradiación global horizontal kWh/m ² , día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² , día	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity [-]	Relative Humidity %
Enero	6.20	2.82	24.3	5.20	4.526	72.2
Febrero	6.42	2.88	25.7	4.50	4.526	70.8
Marzo	6.53	2.59	25.7	4.29	4.329	70.9
Abril	6.16	2.19	23.4	4.99	4.230	73.6
Mayo	5.50	1.97	21.3	5.50	4.132	74.2
Junio	4.97	2.01	19.6	4.99	3.838	77.9
Julio	4.86	2.09	19.6	4.79	3.709	77.0
Agosto	5.22	2.46	19.4	4.90	3.959	76.5
Septiembre	6.13	2.30	18.9	5.60	4.624	77.0
Octubre	6.15	2.80	19.6	5.70	4.821	74.7
Noviembre	6.12	2.74	20.4	5.59	4.722	75.0
Diciembre	6.35	2.81	22.5	5.49	4.526	73.6
Año ?	5.88	2.47	21.7	5.1	4.328	74.4

Pegar Pegar Pegar Pegar

Datos Requeridos

- ☒ Irradiación global horizontal
- ☒ Temp. Exterior Media

Datos adicionales

- ☒ Irradiación difusa horizontal
- ☒ Velocidad del viento
- ☒ Linke Turbidity
- ☒ Relative Humidity

Unidades de insolación

- ☒ kWh/m², día
- ☐ kWh/m², mes
- ☐ MJ/m², día
- ☐ MJ/m², mes
- ☐ W/m²
- ☐ Índice de claridad Kt

Nuevo sitio Imprimir Anular OK

ANEXO-B

Consumo de energía eléctrica distrito de Ferreñafe 2002-2017 en KWh. Fuente: ENSA

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	PROMEDIO MENSUAL
2002	515,877	475,177	534,745	498,923	528,329	504,484	516,498	521,943	506,205	537,221	526,911	561,512	518,985.4167
2003	587,635	546,786	603,175	538,484	552,864	552,634	585,664	598,456	575,759	583,260	864,107	872,636	621,788.3333
2004	757,413	876,921	929,791	829,168	559,080	528,356	565,489	541,508	517,509	552,494	539,506	581,512	648,228.9167
2005	609,118	550,004	693,955	586,424	581,373	569,500	607,935	557,725	588,283	611,603	604,005	630,631	599,213
2006	676,314	637,127	698,144	657,783	647,704	640,044	660,873	663,151	667,647	704,812	683,944	745,189	673,561
2007	759,541	695,165	772,291	1,229,428	920,671	966,174	1,053,177	1,389,295	966,346	1,359,333	1,372,446	1,396,703	1,073,380.8333
2008	1,380,067	1,385,391	1,361,475	1,283,579	1,202,089	1,391,857	1,429,621	1,454,697	1,376,993	1,491,071	1,427,062	1,533,500	1,393,116.8333
2009	1,520,913	1,400,377	1,559,052	1,517,576	1,396,974	1,512,767	1,544,715	1,567,453	1,535,521	1,540,300	1,568,160	1,385,604	1,504,117.667
2010	1,613,717	1,393,581	1,347,114	1,348,673	1,555,769	1,509,840	1,555,435	1,573,006	1,599,617	1,647,578	1,607,764	1,494,777	1,520,572.583
2011	1,621,485	1,588,092	1,367,004	1,594,849	1,717,434	1,456,828	1,781,726	1,746,725	1,697,952	1,792,145	1,728,579	1,869,781	1,663,550
2012	1,716,458	1,554,432	1,459,216	871,288	826,527	865,589	839,553	860,929	901,368	876,309	907,922	870,615	1,045,850.5
2013	994,100	874,642	877,930	894,064	940,213	853,079	918,485	897,809	936,410	944,889	927,282	917,097	914,666.5504
2014	1,017,555	869,800	946,455	870,840	932,738	902,032	924,827	948,376	901,905	924,597	909,816	947,238	924,681.6301
2015	994,629	940,277	947,238	931,030	1,025,490	955,953	957,728	973,814	966,695	992,323	920,958	979,532	965,472.3321
2016	952,323	928,308	1,033,205	1,020,530	966,287	1,024,952	989,685	980,883	999,945	968,894	949,773	1,052,058	988,903.6934
2017	1,033,458	943,849	1,061,818										1,013,041.721

ANEXO-C

Usuarios finales de servicio eléctrico distrito de Ferreñafe 2002-2017

Fuente: ENSA

Total de Usuarios Finales del Servicio Eléctrico Mensualmente del Distrito de Ferreñafe 2002-2017													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	T.C.U
2002	5483	5502	5515	6671	6995	7027	7266	7451	7496	7531	7545	7590	38.427868
2003	7622	7639	7647	7650	7803	7820	7832	7857	7919	7717	7797	7828	2.7027027
2004	7648	7661	7670	7646	7689	7691	7696	7706	7702	7707	7714	7723	0.98064854
2005	7737	7768	7769	7773	7781	7806	7870	7896	7918	7945	7963	7995	3.33462582
2006	8012	8021	8047	8070	8079	8093	8101	8117	8151	8176	8210	8229	2.70843734
2007	8246	8279	8299	10532	10556	10616	10707	10939	11136	10887	11248	11274	36.7208343
2008	11303	11333	11359	11379	11397	11432	11491	11539	11553	11596	11623	11662	3.17614793
2009	12066	12092	12145	12199	12238	12252	12276	12457	12488	12505	12707	12789	5.99204376
2010	12789	12826	12870	12901	12933	12991	12998	13158	13415	13455	13520	13595	6.30229103
2011	13747	13880	14030	14191	14232	14268	14278	14329	14385	14441	14482	14515	5.58667346
2012	14554	14572	14595	7571	7575	7590	7626	7650	7659	7679	7684	7721	-46.9492923
2013	7731	7772	7770	7768	7862	7880	7902	7925	7927	7975	7998	7989	3.33721381
2014	7999	8016	8028	8046	8055	8070	8109	8120	8127	8140	8163	8175	2.20027503
2015	8200	8211	8175	8264	8272	8307	8293	8330	8359	8426	8442	8431	2.81707317
2016	8447	8439	8473	8506	8524	8544	8558	8296	8580	8612	8614	8626	2.11909554
2017	8616	8624	8630										

ANEXO-D

Previsión del consumo para los años 2007-2012. Fuente: Elaboración propia

Escala de tiempo	Valores	Teórico	Pesimista	Optimista
2002	518985.417			
2003	621788.333			
2004	648228.917			
2005	599213			
2006	673561	673561	673561.00	673561.00
2007		685925.182	596624.38	775225.98
2008		713556.296	621485.44	805627.16
2009		741187.411	646406.27	835968.55
2010		768818.525	671381.82	866255.24
2011		796449.64	696407.63	896491.65
2012		824080.754	721479.81	926681.70

ANEXO-E

Previsión de usuarios para los años 2007-2012 distrito de Ferreñafe.
Fuente: Elaboración propia.

Escala de tiempo	Valores	Teórico	Pesimista	Optimista
2002	7590			
2003	7828			
2004	7723			
2005	7995			
2006	8229	8229	8229.00	8229.00
2007		8351	8175.00	8527.00
2008		8503	8327.00	8679.00
2009		8655	8479.00	8831.00
2010		8807	8631.00	8983.00
2011		8959	8783.00	9136.00
2012		9112	8935.00	9288.00

ANEXO-F

Previsión para el consumo de E.E 2018-2027. Fuente: Elaboración propia.

Escala de tiempo	Valores	Previsión	Límite de confianza inferior	Límite de confianza superior
2002	518985.417			
2003	621788.333			
2004	648228.917			
2005	599213			
2006	673561			
2007	685925.182			
2008	713556.296			
2009	741187.411			
2010	768818.525			
2011	796449.64			
2012	824080.754			
2013	914666.55			
2014	924681.63			
2015	965472.332			
2016	988903.693			
2017	1013041.72	1013041.72	1013041.72	1013041.72
2018		1040271.39	983101.06	1097441.72
2019		1071686.95	1014057.41	1129316.49
2020		1103102.51	1045010.22	1161194.80
2021		1134518.07	1075959.52	1193076.62
2022		1165933.63	1106905.33	1224961.94
2023		1197349.19	1137847.67	1256850.71
2024		1228764.75	1168786.59	1288742.92
2025		1260180.31	1199722.10	1320638.53
2026		1291595.87	1230654.23	1352537.52
2027		1323011.43	1261583.01	1384439.86

ANEXO-G

Valores del estudio de radiación solar. Fuente: Libro de Excel “Estudio del potencial solar”

FECHA	d(n)	δ	ω_s	ω_{ss}	ϵ_0	H_0	Ktm
06/08/2018	218	16.55	-88.02	-85.46	0.973	9155.07	0.570
07/08/2018	219	16.26	-88.05	-85.54	0.973	9181.24	0.569
08/08/2018	220	15.96	-88.09	-85.63	0.974	9207.66	0.567
09/08/2018	221	15.67	-88.13	-85.71	0.974	9234.29	0.565
10/08/2018	222	15.36	-88.17	-85.80	0.974	9261.13	0.564
11/08/2018	223	15.06	-88.21	-85.89	0.975	9288.15	0.562
12/08/2018	224	14.74	-88.24	-85.98	0.975	9315.33	0.560
13/08/2018	225	14.43	-88.28	-86.07	0.975	9342.66	0.559
14/08/2018	226	14.11	-88.32	-86.16	0.976	9370.11	0.557
15/08/2018	227	13.78	-88.36	-86.25	0.976	9397.66	0.555
16/08/2018	228	13.45	-88.40	-86.35	0.977	9425.30	0.554
17/08/2018	229	13.12	-88.45	-86.44	0.977	9453.01	0.552
18/08/2018	230	12.79	-88.49	-86.53	0.977	9480.75	0.551
19/08/2018	231	12.45	-88.53	-86.63	0.978	9508.53	0.549
20/08/2018	232	12.10	-88.57	-86.72	0.978	9536.31	0.547
21/08/2018	233	11.75	-88.61	-86.82	0.979	9564.07	0.546
22/08/2018	234	11.40	-88.65	-86.92	0.979	9591.81	0.544
23/08/2018	235	11.05	-88.70	-87.02	0.980	9619.49	0.543
24/08/2018	236	10.69	-88.74	-87.12	0.980	9647.10	0.541
25/08/2018	237	10.33	-88.78	-87.22	0.980	9674.61	0.540
26/08/2018	238	9.97	-88.83	-87.32	0.981	9702.03	0.538
27/08/2018	239	9.60	-88.87	-87.42	0.981	9729.31	0.537
28/08/2018	240	9.23	-88.92	-87.52	0.982	9756.45	0.535
29/08/2018	241	8.86	-88.96	-87.62	0.982	9783.42	0.534
30/08/2018	242	8.48	-89.01	-87.72	0.983	9810.21	0.532
31/08/2018	243	8.10	-89.05	-87.83	0.983	9836.80	0.531
01/09/2018	244	7.72	-89.10	-87.93	0.984	9863.18	0.622
02/09/2018	245	7.34	-89.14	-88.03	0.984	9889.33	0.620
03/09/2018	246	6.96	-89.19	-88.14	0.985	9915.22	0.618
04/09/2018	247	6.57	-89.23	-88.24	0.985	9940.85	0.617
05/09/2018	248	6.18	-89.28	-88.35	0.986	9966.20	0.615
06/09/2018	249	5.79	-89.32	-88.45	0.986	9991.25	0.614
07/09/2018	250	5.40	-89.37	-88.56	0.987	10016.00	0.612
08/09/2018	251	5.01	-89.42	-88.66	0.987	10040.41	0.611
09/09/2018	252	4.61	-89.46	-88.77	0.988	10064.49	0.609
10/09/2018	253	4.22	-89.51	-88.87	0.988	10088.21	0.608
11/09/2018	254	3.82	-89.55	-88.98	0.989	10111.57	0.606
12/09/2018	255	3.42	-89.60	-89.09	0.990	10134.54	0.605
13/09/2018	256	3.02	-89.65	-89.19	0.990	10157.13	0.604
14/09/2018	257	2.62	-89.70	-89.30	0.991	10179.31	0.602
15/09/2018	258	2.22	-89.74	-89.41	0.991	10201.08	0.601

16/09/2018	259	1.81	-89.79	-89.52	0.992	10222.43	0.600
17/09/2018	260	1.41	-89.84	-89.62	0.992	10243.34	0.598
18/09/2018	261	1.01	-89.88	-89.73	0.993	10263.80	0.597
19/09/2018	262	0.61	-89.93	-89.84	0.993	10283.82	0.596
20/09/2018	263	0.20	-89.98	-89.95	0.994	10303.37	0.595
21/09/2018	264	-0.20	-90.02	-90.02	0.994	10322.46	0.594
22/09/2018	265	-0.61	-90.07	-90.07	0.995	10341.07	0.593
23/09/2018	266	-1.01	-90.12	-90.12	0.996	10359.19	0.592
24/09/2018	267	-1.41	-90.16	-90.16	0.996	10376.83	0.591
25/09/2018	268	-1.81	-90.21	-90.21	0.997	10393.98	0.590
26/09/2018	269	-2.22	-90.26	-90.26	0.997	10410.63	0.589
27/09/2018	270	-2.62	-90.30	-90.30	0.998	10426.77	0.588
28/09/2018	271	-3.02	-90.35	-90.35	0.998	10442.41	0.587
29/09/2018	272	-3.42	-90.40	-90.40	0.999	10457.54	0.586
30/09/2018	273	-3.82	-90.45	-90.45	1.000	10472.17	0.585
01/10/2018	274	-4.22	-90.49	-90.49	1.000	10486.27	0.586
02/10/2018	275	-4.61	-90.54	-90.54	1.001	10499.87	0.586
03/10/2018	276	-5.01	-90.58	-90.58	1.001	10512.95	0.585
04/10/2018	277	-5.40	-90.63	-90.63	1.002	10525.52	0.584
05/10/2018	278	-5.79	-90.68	-90.68	1.002	10537.58	0.584
06/10/2018	279	-6.18	-90.72	-90.72	1.003	10549.12	0.583
07/10/2018	280	-6.57	-90.77	-90.77	1.004	10560.16	0.582
08/10/2018	281	-6.96	-90.81	-90.81	1.004	10570.69	0.582
09/10/2018	282	-7.34	-90.86	-90.86	1.005	10580.72	0.581
10/10/2018	283	-7.72	-90.90	-90.90	1.005	10590.25	0.581
11/10/2018	284	-8.10	-90.95	-90.95	1.006	10599.28	0.580
12/10/2018	285	-8.48	-90.99	-90.99	1.006	10607.82	0.580
13/10/2018	286	-8.86	-91.04	-91.04	1.007	10615.88	0.579
14/10/2018	287	-9.23	-91.08	-91.08	1.007	10623.46	0.579
15/10/2018	288	-9.60	-91.13	-91.13	1.008	10630.57	0.579
16/10/2018	289	-9.97	-91.17	-91.17	1.009	10637.21	0.578
17/10/2018	290	-10.33	-91.22	-91.22	1.009	10643.40	0.578
18/10/2018	291	-10.69	-91.26	-91.26	1.010	10649.13	0.578
19/10/2018	292	-11.05	-91.30	-91.30	1.010	10654.42	0.577
20/10/2018	293	-11.40	-91.35	-91.35	1.011	10659.28	0.577
21/10/2018	294	-11.75	-91.39	-91.39	1.011	10663.72	0.577
22/10/2018	295	-12.10	-91.43	-91.43	1.012	10667.75	0.577
23/10/2018	296	-12.45	-91.47	-91.47	1.012	10671.37	0.576
24/10/2018	297	-12.79	-91.51	-91.51	1.013	10674.60	0.576
25/10/2018	298	-13.12	-91.55	-91.55	1.013	10677.44	0.576
26/10/2018	299	-13.45	-91.60	-91.60	1.014	10679.92	0.576
27/10/2018	300	-13.78	-91.64	-91.64	1.014	10682.03	0.576
28/10/2018	301	-14.11	-91.68	-91.68	1.015	10683.80	0.576
29/10/2018	302	-14.43	-91.72	-91.72	1.015	10685.24	0.576
30/10/2018	303	-14.74	-91.76	-91.76	1.016	10686.35	0.576

31/10/2018	304	-15.06	-91.79	-91.79	1.016	10687.15	0.575
01/11/2018	305	-15.36	-91.83	-91.83	1.017	10687.65	0.573
02/11/2018	306	-15.67	-91.87	-91.87	1.017	10687.87	0.573
03/11/2018	307	-15.96	-91.91	-91.91	1.018	10687.82	0.573
04/11/2018	308	-16.26	-91.95	-91.95	1.018	10687.51	0.573
05/11/2018	309	-16.55	-91.98	-91.98	1.019	10686.96	0.573
06/11/2018	310	-16.83	-92.02	-92.02	1.019	10686.17	0.573
07/11/2018	311	-17.11	-92.05	-92.05	1.020	10685.17	0.573
08/11/2018	312	-17.38	-92.09	-92.09	1.020	10683.97	0.573
09/11/2018	313	-17.65	-92.12	-92.12	1.021	10682.58	0.573
10/11/2018	314	-17.91	-92.16	-92.16	1.021	10681.01	0.573
11/11/2018	315	-18.17	-92.19	-92.19	1.022	10679.28	0.573
12/11/2018	316	-18.42	-92.22	-92.22	1.022	10677.40	0.573
13/11/2018	317	-18.67	-92.25	-92.25	1.022	10675.39	0.573
14/11/2018	318	-18.91	-92.29	-92.29	1.023	10673.26	0.573
15/11/2018	319	-19.15	-92.32	-92.32	1.023	10671.03	0.574
16/11/2018	320	-19.38	-92.35	-92.35	1.024	10668.70	0.574
17/11/2018	321	-19.60	-92.38	-92.38	1.024	10666.29	0.574
18/11/2018	322	-19.82	-92.40	-92.40	1.024	10663.82	0.574
19/11/2018	323	-20.03	-92.43	-92.43	1.025	10661.29	0.574
20/11/2018	324	-20.24	-92.46	-92.46	1.025	10658.73	0.574
21/11/2018	325	-20.44	-92.49	-92.49	1.025	10656.14	0.574
22/11/2018	326	-20.64	-92.51	-92.51	1.026	10653.54	0.574
23/11/2018	327	-20.82	-92.54	-92.54	1.026	10650.94	0.575
24/11/2018	328	-21.01	-92.56	-92.56	1.027	10648.34	0.575
25/11/2018	329	-21.18	-92.59	-92.59	1.027	10645.78	0.575
26/11/2018	330	-21.35	-92.61	-92.61	1.027	10643.24	0.575
27/11/2018	331	-21.52	-92.63	-92.63	1.028	10640.75	0.575
28/11/2018	332	-21.67	-92.65	-92.65	1.028	10638.32	0.575
29/11/2018	333	-21.83	-92.67	-92.67	1.028	10635.96	0.575
30/11/2018	334	-21.97	-92.69	-92.69	1.028	10633.67	0.576
01/12/2018	335	-22.11	-92.71	-92.71	1.029	10631.47	0.597
02/12/2018	336	-22.24	-92.73	-92.73	1.029	10629.37	0.597
03/12/2018	337	-22.36	-92.74	-92.74	1.029	10627.38	0.598
04/12/2018	338	-22.48	-92.76	-92.76	1.029	10625.50	0.598
05/12/2018	339	-22.59	-92.78	-92.78	1.030	10623.74	0.598
06/12/2018	340	-22.70	-92.79	-92.79	1.030	10622.12	0.598
07/12/2018	341	-22.80	-92.80	-92.80	1.030	10620.63	0.598
08/12/2018	342	-22.89	-92.82	-92.82	1.030	10619.29	0.598
09/12/2018	343	-22.97	-92.83	-92.83	1.031	10618.11	0.598
10/12/2018	344	-23.05	-92.84	-92.84	1.031	10617.08	0.598
11/12/2018	345	-23.12	-92.85	-92.85	1.031	10616.22	0.598
12/12/2018	346	-23.18	-92.86	-92.86	1.031	10615.52	0.598
13/12/2018	347	-23.24	-92.87	-92.87	1.031	10615.01	0.598
14/12/2018	348	-23.29	-92.87	-92.87	1.032	10614.66	0.598

15/12/2018	349	-23.34	-92.88	-92.88	1.032	10614.50	0.598
16/12/2018	350	-23.37	-92.88	-92.88	1.032	10614.53	0.598
17/12/2018	351	-23.40	-92.89	-92.89	1.032	10614.74	0.598
18/12/2018	352	-23.42	-92.89	-92.89	1.032	10615.14	0.598
19/12/2018	353	-23.44	-92.89	-92.89	1.032	10615.74	0.598
20/12/2018	354	-23.45	-92.89	-92.89	1.032	10616.52	0.598
21/12/2018	355	-23.45	-92.89	-92.89	1.033	10617.50	0.598
22/12/2018	356	-23.44	-92.89	-92.89	1.033	10618.67	0.598
23/12/2018	357	-23.43	-92.89	-92.89	1.033	10620.03	0.598
24/12/2018	358	-23.41	-92.89	-92.89	1.033	10621.58	0.598
25/12/2018	359	-23.39	-92.89	-92.89	1.033	10623.32	0.598
26/12/2018	360	-23.35	-92.88	-92.88	1.033	10625.25	0.598
27/12/2018	361	-23.31	-92.88	-92.88	1.033	10627.36	0.598
28/12/2018	362	-23.27	-92.87	-92.87	1.033	10629.65	0.597
29/12/2018	363	-23.21	-92.86	-92.86	1.033	10632.12	0.597
30/12/2018	364	-23.15	-92.85	-92.85	1.033	10634.76	0.597
31/12/2018	365	-23.09	-92.84	-92.84	1.033	10637.57	0.597
01/01/2019	1	-23.01	-92.83	-92.83	1.033	10640.54	0.584
02/01/2019	2	-22.93	-92.82	-92.82	1.033	10643.67	0.583
03/01/2019	3	-22.84	-92.81	-92.81	1.033	10646.95	0.583
04/01/2019	4	-22.75	-92.80	-92.80	1.033	10650.37	0.583
05/01/2019	5	-22.65	-92.78	-92.78	1.033	10653.92	0.583
06/01/2019	6	-22.54	-92.77	-92.77	1.033	10657.61	0.583
07/01/2019	7	-22.42	-92.75	-92.75	1.033	10661.41	0.582
08/01/2019	8	-22.30	-92.74	-92.74	1.033	10665.33	0.582
09/01/2019	9	-22.17	-92.72	-92.72	1.033	10669.35	0.582
10/01/2019	10	-22.04	-92.70	-92.70	1.033	10673.46	0.582
11/01/2019	11	-21.90	-92.68	-92.68	1.032	10677.66	0.582
12/01/2019	12	-21.75	-92.66	-92.66	1.032	10681.93	0.581
13/01/2019	13	-21.60	-92.64	-92.64	1.032	10686.26	0.581
14/01/2019	14	-21.44	-92.62	-92.62	1.032	10690.64	0.581
15/01/2019	15	-21.27	-92.60	-92.60	1.032	10695.07	0.581
16/01/2019	16	-21.10	-92.57	-92.57	1.032	10699.52	0.580
17/01/2019	17	-20.92	-92.55	-92.55	1.032	10703.98	0.580
18/01/2019	18	-20.73	-92.52	-92.52	1.031	10708.45	0.580
19/01/2019	19	-20.54	-92.50	-92.50	1.031	10712.91	0.580
20/01/2019	20	-20.34	-92.47	-92.47	1.031	10717.35	0.579
21/01/2019	21	-20.14	-92.45	-92.45	1.031	10721.75	0.579
22/01/2019	22	-19.93	-92.42	-92.42	1.031	10726.11	0.579
23/01/2019	23	-19.71	-92.39	-92.39	1.030	10730.40	0.579
24/01/2019	24	-19.49	-92.36	-92.36	1.030	10734.62	0.579
25/01/2019	25	-19.26	-92.33	-92.33	1.030	10738.75	0.578
26/01/2019	26	-19.03	-92.30	-92.30	1.030	10742.77	0.578
27/01/2019	27	-18.79	-92.27	-92.27	1.029	10746.68	0.578
28/01/2019	28	-18.55	-92.24	-92.24	1.029	10750.45	0.578

29/01/2019	29	-18.30	-92.21	-92.21	1.029	10754.08	0.577
30/01/2019	30	-18.04	-92.17	-92.17	1.029	10757.55	0.577
31/01/2019	31	-17.78	-92.14	-92.14	1.028	10760.84	0.577
01/02/2019	32	-17.52	-92.11	-92.11	1.028	10763.93	0.596
02/02/2019	33	-17.25	-92.07	-92.07	1.028	10766.83	0.596
03/02/2019	34	-16.97	-92.04	-92.04	1.028	10769.50	0.596
04/02/2019	35	-16.69	-92.00	-92.00	1.027	10771.94	0.596
05/02/2019	36	-16.40	-91.96	-91.96	1.027	10774.14	0.596
06/02/2019	37	-16.11	-91.93	-91.93	1.027	10776.06	0.596
07/02/2019	38	-15.82	-91.89	-91.89	1.026	10777.72	0.596
08/02/2019	39	-15.52	-91.85	-91.85	1.026	10779.08	0.596
09/02/2019	40	-15.21	-91.81	-91.81	1.025	10780.13	0.596
10/02/2019	41	-14.90	-91.77	-91.77	1.025	10780.86	0.595
11/02/2019	42	-14.59	-91.74	-91.74	1.025	10781.27	0.595
12/02/2019	43	-14.27	-91.70	-91.70	1.024	10781.32	0.595
13/02/2019	44	-13.95	-91.66	-91.66	1.024	10781.02	0.595
14/02/2019	45	-13.62	-91.62	-91.62	1.024	10780.35	0.596
15/02/2019	46	-13.29	-91.58	-91.58	1.023	10779.29	0.596
16/02/2019	47	-12.95	-91.53	-91.53	1.023	10777.83	0.596
17/02/2019	48	-12.62	-91.49	-91.49	1.022	10775.96	0.596
18/02/2019	49	-12.27	-91.45	-91.45	1.022	10773.67	0.596
19/02/2019	50	-11.93	-91.41	-91.41	1.022	10770.96	0.596
20/02/2019	51	-11.58	-91.37	-91.37	1.021	10767.79	0.596
21/02/2019	52	-11.23	-91.32	-91.32	1.021	10764.18	0.596
22/02/2019	53	-10.87	-91.28	-91.28	1.020	10760.10	0.597
23/02/2019	54	-10.51	-91.24	-91.24	1.020	10755.55	0.597
24/02/2019	55	-10.15	-91.19	-91.19	1.019	10750.51	0.597
25/02/2019	56	-9.78	-91.15	-91.15	1.019	10744.99	0.597
26/02/2019	57	-9.41	-91.11	-91.11	1.018	10738.96	0.598
27/02/2019	58	-9.04	-91.06	-91.06	1.018	10732.43	0.598
28/02/2019	59	-8.67	-91.02	-91.02	1.017	10725.39	0.599
01/03/2019	60	-8.29	-90.97	-90.97	1.017	10717.82	0.609
02/03/2019	61	-7.91	-90.93	-90.93	1.016	10709.73	0.610
03/03/2019	62	-7.53	-90.88	-90.88	1.016	10701.11	0.610
04/03/2019	63	-7.15	-90.84	-90.84	1.015	10691.94	0.611
05/03/2019	64	-6.76	-90.79	-90.79	1.015	10682.24	0.611
06/03/2019	65	-6.38	-90.75	-90.75	1.014	10671.99	0.612
07/03/2019	66	-5.99	-90.70	-90.70	1.014	10661.19	0.613
08/03/2019	67	-5.60	-90.65	-90.65	1.013	10649.85	0.613
09/03/2019	68	-5.20	-90.61	-90.61	1.013	10637.94	0.614
10/03/2019	69	-4.81	-90.56	-90.56	1.012	10625.49	0.615
11/03/2019	70	-4.41	-90.51	-90.51	1.012	10612.48	0.615
12/03/2019	71	-4.02	-90.47	-90.47	1.011	10598.91	0.616
13/03/2019	72	-3.62	-90.42	-90.42	1.011	10584.79	0.617
14/03/2019	73	-3.22	-90.38	-90.38	1.010	10570.11	0.618

15/03/2019	74	-2.82	-90.33	-90.33	1.010	10554.89	0.619
16/03/2019	75	-2.42	-90.28	-90.28	1.009	10539.11	0.620
17/03/2019	76	-2.02	-90.23	-90.23	1.009	10522.79	0.621
18/03/2019	77	-1.61	-90.19	-90.19	1.008	10505.93	0.622
19/03/2019	78	-1.21	-90.14	-90.14	1.007	10488.52	0.623
20/03/2019	79	-0.81	-90.09	-90.09	1.007	10470.59	0.624
21/03/2019	80	-0.40	-90.05	-90.05	1.006	10452.13	0.625
22/03/2019	81	0.00	-90.00	-90.00	1.006	10433.15	0.626
23/03/2019	82	0.40	-89.95	-89.89	1.005	10413.65	0.627
24/03/2019	83	0.81	-89.91	-89.78	1.005	10393.65	0.628
25/03/2019	84	1.21	-89.86	-89.68	1.004	10373.15	0.630
26/03/2019	85	1.61	-89.81	-89.57	1.004	10352.16	0.631
27/03/2019	86	2.02	-89.77	-89.46	1.003	10330.69	0.632
28/03/2019	87	2.42	-89.72	-89.36	1.002	10308.75	0.633
29/03/2019	88	2.82	-89.67	-89.25	1.002	10286.36	0.635
30/03/2019	89	3.22	-89.62	-89.14	1.001	10263.51	0.636
31/03/2019	90	3.62	-89.58	-89.03	1.001	10240.23	0.638
01/04/2019	91	4.02	-89.53	-88.93	1.000	10216.53	0.603
02/04/2019	92	4.41	-89.49	-88.82	1.000	10192.41	0.604
03/04/2019	93	4.81	-89.44	-88.72	0.999	10167.90	0.606
04/04/2019	94	5.20	-89.39	-88.61	0.998	10143.00	0.607
05/04/2019	95	5.60	-89.35	-88.50	0.998	10117.73	0.609
06/04/2019	96	5.99	-89.30	-88.40	0.997	10092.11	0.610
07/04/2019	97	6.38	-89.25	-88.29	0.997	10066.15	0.612
08/04/2019	98	6.76	-89.21	-88.19	0.996	10039.87	0.614
09/04/2019	99	7.15	-89.16	-88.08	0.996	10013.27	0.615
10/04/2019	100	7.53	-89.12	-87.98	0.995	9986.39	0.617
11/04/2019	101	7.91	-89.07	-87.88	0.994	9959.23	0.619
12/04/2019	102	8.29	-89.03	-87.77	0.994	9931.82	0.620
13/04/2019	103	8.67	-88.98	-87.67	0.993	9904.16	0.622
14/04/2019	104	9.04	-88.94	-87.57	0.993	9876.28	0.624
15/04/2019	105	9.41	-88.89	-87.47	0.992	9848.20	0.625
16/04/2019	106	9.78	-88.85	-87.37	0.992	9819.94	0.627
17/04/2019	107	10.15	-88.81	-87.27	0.991	9791.51	0.629
18/04/2019	108	10.51	-88.76	-87.17	0.991	9762.93	0.631
19/04/2019	109	10.87	-88.72	-87.07	0.990	9734.23	0.633
20/04/2019	110	11.23	-88.68	-86.97	0.990	9705.41	0.635
21/04/2019	111	11.58	-88.63	-86.87	0.989	9676.51	0.637
22/04/2019	112	11.93	-88.59	-86.77	0.988	9647.54	0.639
23/04/2019	113	12.27	-88.55	-86.68	0.988	9618.53	0.640
24/04/2019	114	12.62	-88.51	-86.58	0.987	9589.48	0.642
25/04/2019	115	12.95	-88.47	-86.49	0.987	9560.43	0.644
26/04/2019	116	13.29	-88.42	-86.39	0.986	9531.38	0.646
27/04/2019	117	13.62	-88.38	-86.30	0.986	9502.37	0.648
28/04/2019	118	13.95	-88.34	-86.21	0.985	9473.42	0.650

29/04/2019	119	14.27	-88.30	-86.11	0.985	9444.54	0.652
30/04/2019	120	14.59	-88.26	-86.02	0.984	9415.75	0.654
01/05/2019	121	14.90	-88.23	-85.93	0.984	9387.07	0.586
02/05/2019	122	15.21	-88.19	-85.85	0.983	9358.53	0.588
03/05/2019	123	15.52	-88.15	-85.76	0.983	9330.15	0.589
04/05/2019	124	15.82	-88.11	-85.67	0.982	9301.94	0.591
05/05/2019	125	16.11	-88.07	-85.59	0.982	9273.93	0.593
06/05/2019	126	16.40	-88.04	-85.50	0.981	9246.13	0.595
07/05/2019	127	16.69	-88.00	-85.42	0.981	9218.57	0.597
08/05/2019	128	16.97	-87.96	-85.34	0.980	9191.26	0.598
09/05/2019	129	17.25	-87.93	-85.26	0.980	9164.23	0.600
10/05/2019	130	17.52	-87.89	-85.18	0.980	9137.49	0.602
11/05/2019	131	17.78	-87.86	-85.10	0.979	9111.07	0.604
12/05/2019	132	18.04	-87.83	-85.02	0.979	9084.98	0.605
13/05/2019	133	18.30	-87.79	-84.95	0.978	9059.24	0.607
14/05/2019	134	18.55	-87.76	-84.87	0.978	9033.87	0.609
15/05/2019	135	18.79	-87.73	-84.80	0.977	9008.88	0.611
16/05/2019	136	19.03	-87.70	-84.73	0.977	8984.31	0.612
17/05/2019	137	19.26	-87.67	-84.66	0.977	8960.15	0.614
18/05/2019	138	19.49	-87.64	-84.59	0.976	8936.44	0.615
19/05/2019	139	19.71	-87.61	-84.52	0.976	8913.18	0.617
20/05/2019	140	19.93	-87.58	-84.46	0.975	8890.40	0.619
21/05/2019	141	20.14	-87.55	-84.39	0.975	8868.11	0.620
22/05/2019	142	20.34	-87.53	-84.33	0.975	8846.33	0.622
23/05/2019	143	20.54	-87.50	-84.27	0.974	8825.06	0.623
24/05/2019	144	20.73	-87.48	-84.21	0.974	8804.34	0.625
25/05/2019	145	20.92	-87.45	-84.16	0.974	8784.16	0.626
26/05/2019	146	21.10	-87.43	-84.10	0.973	8764.55	0.628
27/05/2019	147	21.27	-87.40	-84.05	0.973	8745.52	0.629
28/05/2019	148	21.44	-87.38	-84.00	0.973	8727.09	0.630
29/05/2019	149	21.60	-87.36	-83.95	0.972	8709.26	0.632
30/05/2019	150	21.75	-87.34	-83.90	0.972	8692.04	0.633
31/05/2019	151	21.90	-87.32	-83.85	0.972	8675.46	0.634
01/06/2019	152	22.04	-87.30	-83.81	0.971	8659.52	0.574
02/06/2019	153	22.17	-87.28	-83.77	0.971	8644.24	0.575
03/06/2019	154	22.30	-87.26	-83.73	0.971	8629.62	0.576
04/06/2019	155	22.42	-87.25	-83.69	0.971	8615.67	0.577
05/06/2019	156	22.54	-87.23	-83.65	0.970	8602.40	0.578
06/06/2019	157	22.65	-87.22	-83.62	0.970	8589.83	0.579
07/06/2019	158	22.75	-87.20	-83.59	0.970	8577.96	0.579
08/06/2019	159	22.84	-87.19	-83.56	0.970	8566.80	0.580
09/06/2019	160	22.93	-87.18	-83.53	0.969	8556.36	0.581
10/06/2019	161	23.01	-87.17	-83.50	0.969	8546.64	0.582
11/06/2019	162	23.09	-87.16	-83.48	0.969	8537.65	0.582
12/06/2019	163	23.15	-87.15	-83.46	0.969	8529.39	0.583

13/06/2019	164	23.21	-87.14	-83.44	0.969	8521.88	0.583
14/06/2019	165	23.27	-87.13	-83.42	0.968	8515.12	0.584
15/06/2019	166	23.31	-87.12	-83.41	0.968	8509.10	0.584
16/06/2019	167	23.35	-87.12	-83.39	0.968	8503.84	0.584
17/06/2019	168	23.39	-87.11	-83.38	0.968	8499.34	0.585
18/06/2019	169	23.41	-87.11	-83.37	0.968	8495.60	0.585
19/06/2019	170	23.43	-87.11	-83.37	0.968	8492.62	0.585
20/06/2019	171	23.44	-87.11	-83.36	0.968	8490.40	0.585
21/06/2019	172	23.45	-87.11	-83.36	0.968	8488.96	0.585
22/06/2019	173	23.45	-87.11	-83.36	0.967	8488.27	0.586
23/06/2019	174	23.44	-87.11	-83.37	0.967	8488.35	0.586
24/06/2019	175	23.42	-87.11	-83.37	0.967	8489.20	0.585
25/06/2019	176	23.40	-87.11	-83.38	0.967	8490.81	0.585
26/06/2019	177	23.37	-87.12	-83.39	0.967	8493.19	0.585
27/06/2019	178	23.34	-87.12	-83.40	0.967	8496.32	0.585
28/06/2019	179	23.29	-87.13	-83.41	0.967	8500.21	0.585
29/06/2019	180	23.24	-87.13	-83.43	0.967	8504.85	0.584
30/06/2019	181	23.18	-87.14	-83.45	0.967	8510.25	0.584
01/07/2019	182	23.12	-87.15	-83.47	0.967	8516.38	0.571
02/07/2019	183	23.05	-87.16	-83.49	0.967	8523.26	0.570
03/07/2019	184	22.97	-87.17	-83.51	0.967	8530.87	0.570
04/07/2019	185	22.89	-87.18	-83.54	0.967	8539.22	0.569
05/07/2019	186	22.80	-87.20	-83.57	0.967	8548.28	0.569
06/07/2019	187	22.70	-87.21	-83.60	0.967	8558.06	0.568
07/07/2019	188	22.59	-87.22	-83.63	0.967	8568.54	0.567
08/07/2019	189	22.48	-87.24	-83.67	0.967	8579.73	0.566
09/07/2019	190	22.36	-87.26	-83.71	0.967	8591.60	0.566
10/07/2019	191	22.24	-87.27	-83.75	0.967	8604.16	0.565
11/07/2019	192	22.11	-87.29	-83.79	0.967	8617.39	0.564
12/07/2019	193	21.97	-87.31	-83.83	0.968	8631.28	0.563
13/07/2019	194	21.83	-87.33	-83.87	0.968	8645.82	0.562
14/07/2019	195	21.67	-87.35	-83.92	0.968	8661.00	0.561
15/07/2019	196	21.52	-87.37	-83.97	0.968	8676.81	0.560
16/07/2019	197	21.35	-87.39	-84.02	0.968	8693.23	0.559
17/07/2019	198	21.18	-87.41	-84.07	0.968	8710.26	0.558
18/07/2019	199	21.01	-87.44	-84.13	0.968	8727.88	0.557
19/07/2019	200	20.82	-87.46	-84.18	0.968	8746.08	0.556
20/07/2019	201	20.64	-87.49	-84.24	0.969	8764.84	0.554
21/07/2019	202	20.44	-87.51	-84.30	0.969	8784.16	0.553
22/07/2019	203	20.24	-87.54	-84.36	0.969	8804.01	0.552
23/07/2019	204	20.03	-87.57	-84.42	0.969	8824.37	0.551
24/07/2019	205	19.82	-87.60	-84.49	0.969	8845.25	0.549
25/07/2019	206	19.60	-87.62	-84.55	0.970	8866.61	0.548
26/07/2019	207	19.38	-87.65	-84.62	0.970	8888.45	0.547
27/07/2019	208	19.15	-87.68	-84.69	0.970	8910.75	0.545

28/07/2019	209	18.91	-87.71	-84.76	0.970	8933.48	0.544
29/07/2019	210	18.67	-87.75	-84.83	0.971	8956.64	0.543
30/07/2019	211	18.42	-87.78	-84.91	0.971	8980.21	0.541
31/07/2019	212	18.17	-87.81	-84.98	0.971	9004.17	0.540
01/08/2019	213	17.91	-87.84	-85.06	0.971	9028.50	0.578
02/08/2019	214	17.65	-87.88	-85.14	0.972	9053.18	0.577
03/08/2019	215	17.38	-87.91	-85.22	0.972	9078.20	0.575
04/08/2019	216	17.11	-87.95	-85.30	0.972	9103.53	0.573
05/08/2019	217	16.83	-87.98	-85.38	0.973	9129.16	0.572

ANEXO-H

Valores del estudio de radiación solar. Fuente: Libro de Excel “Estudio del potencial solar”

FECHA	d(n)	D _o Wh/m2	Hdm _o	K
06/08/2018	218	1856.76	3363.24	0.6429
07/08/2018	219	1866.35	3353.65	0.6463
08/08/2018	220	1875.97	3344.03	0.6497
09/08/2018	221	1885.61	3334.39	0.6533
10/08/2018	222	1895.28	3324.72	0.6569
11/08/2018	223	1904.95	3315.05	0.6606
12/08/2018	224	1914.62	3305.38	0.6645
13/08/2018	225	1924.29	3295.71	0.6683
14/08/2018	226	1933.95	3286.05	0.6723
15/08/2018	227	1943.58	3276.42	0.6764
16/08/2018	228	1953.19	3266.81	0.6806
17/08/2018	229	1962.76	3257.24	0.6848
18/08/2018	230	1972.29	3247.71	0.6892
19/08/2018	231	1981.78	3238.22	0.6936
20/08/2018	232	1991.21	3228.79	0.6982
21/08/2018	233	2000.59	3219.41	0.7028
22/08/2018	234	2009.90	3210.10	0.7076
23/08/2018	235	2019.13	3200.87	0.7124
24/08/2018	236	2028.29	3191.71	0.7174
25/08/2018	237	2037.37	3182.63	0.7224
26/08/2018	238	2046.36	3173.64	0.7276
27/08/2018	239	2055.26	3164.74	0.7328
28/08/2018	240	2064.07	3155.93	0.7382
29/08/2018	241	2072.77	3147.23	0.7437
30/08/2018	242	2081.36	3138.64	0.7493
31/08/2018	243	2089.85	3130.15	0.7550
01/09/2018	244	1824.91	4305.09	0.7608
02/09/2018	245	1836.29	4293.71	0.7668
03/09/2018	246	1847.50	4282.50	0.7729
04/09/2018	247	1858.55	4271.45	0.7791
05/09/2018	248	1869.41	4260.59	0.7854
06/09/2018	249	1880.09	4249.91	0.7918
07/09/2018	250	1890.59	4239.41	0.7984
08/09/2018	251	1900.90	4229.10	0.8051
09/09/2018	252	1911.02	4218.98	0.8120
10/09/2018	253	1920.94	4209.06	0.8190
11/09/2018	254	1930.66	4199.34	0.8261
12/09/2018	255	1940.18	4189.82	0.8334
13/09/2018	256	1949.50	4180.50	0.8408
14/09/2018	257	1958.61	4171.39	0.8483
15/09/2018	258	1967.51	4162.49	0.8561

16/09/2018	259	1976.20	4153.80	0.8639
17/09/2018	260	1984.68	4145.32	0.8720
18/09/2018	261	1992.95	4137.05	0.8802
19/09/2018	262	2001.00	4129.00	0.8885
20/09/2018	263	2008.84	4121.16	0.8971
21/09/2018	264	2016.45	4113.55	0.9058
22/09/2018	265	2023.86	4106.14	0.9147
23/09/2018	266	2031.04	4098.96	0.9238
24/09/2018	267	2038.01	4091.99	0.9330
25/09/2018	268	2044.76	4085.24	0.9425
26/09/2018	269	2051.29	4078.71	0.9521
27/09/2018	270	2057.61	4072.39	0.9620
28/09/2018	271	2063.71	4066.29	0.9720
29/09/2018	272	2069.59	4060.41	0.9823
30/09/2018	273	2075.26	4054.74	0.9928
01/10/2018	274	2074.25	4075.75	1.0035
02/10/2018	275	2079.53	4070.47	1.0144
03/10/2018	276	2084.59	4065.41	1.0255
04/10/2018	277	2089.45	4060.55	1.0369
05/10/2018	278	2094.09	4055.91	1.0485
06/10/2018	279	2098.53	4051.47	1.0604
07/10/2018	280	2102.77	4047.23	1.0725
08/10/2018	281	2106.80	4043.20	1.0848
09/10/2018	282	2110.63	4039.37	1.0974
10/10/2018	283	2114.27	4035.73	1.1103
11/10/2018	284	2117.70	4032.30	1.1234
12/10/2018	285	2120.95	4029.05	1.1368
13/10/2018	286	2124.01	4025.99	1.1505
14/10/2018	287	2126.88	4023.12	1.1644
15/10/2018	288	2129.57	4020.43	1.1787
16/10/2018	289	2132.08	4017.92	1.1932
17/10/2018	290	2134.42	4015.58	1.2080
18/10/2018	291	2136.58	4013.42	1.2231
19/10/2018	292	2138.57	4011.43	1.2385
20/10/2018	293	2140.40	4009.60	1.2542
21/10/2018	294	2142.07	4007.93	1.2702
22/10/2018	295	2143.58	4006.42	1.2866
23/10/2018	296	2144.94	4005.06	1.3032
24/10/2018	297	2146.16	4003.84	1.3202
25/10/2018	298	2147.22	4002.78	1.3374
26/10/2018	299	2148.15	4001.85	1.3550
27/10/2018	300	2148.94	4001.06	1.3729
28/10/2018	301	2149.61	4000.39	1.3912
29/10/2018	302	2150.14	3999.86	1.4097
30/10/2018	303	2150.56	3999.44	1.4286

31/10/2018	304	2150.86	3999.14	1.4478
01/11/2018	305	2159.97	3960.03	1.4673
02/11/2018	306	2160.05	3959.95	1.4871
03/11/2018	307	2160.03	3959.97	1.5072
04/11/2018	308	2159.91	3960.09	1.5276
05/11/2018	309	2159.71	3960.29	1.5484
06/11/2018	310	2159.42	3960.58	1.5694
07/11/2018	311	2159.05	3960.95	1.5906
08/11/2018	312	2158.60	3961.40	1.6122
09/11/2018	313	2158.08	3961.92	1.6340
10/11/2018	314	2157.50	3962.50	1.6561
11/11/2018	315	2156.86	3963.14	1.6783
12/11/2018	316	2156.16	3963.84	1.7008
13/11/2018	317	2155.42	3964.58	1.7235
14/11/2018	318	2154.63	3965.37	1.7464
15/11/2018	319	2153.80	3966.20	1.7694
16/11/2018	320	2152.93	3967.07	1.7925
17/11/2018	321	2152.03	3967.97	1.8157
18/11/2018	322	2151.11	3968.89	1.8390
19/11/2018	323	2150.18	3969.82	1.8624
20/11/2018	324	2149.22	3970.78	1.8857
21/11/2018	325	2148.26	3971.74	1.9090
22/11/2018	326	2147.29	3972.71	1.9322
23/11/2018	327	2146.31	3973.69	1.9554
24/11/2018	328	2145.35	3974.65	1.9784
25/11/2018	329	2144.39	3975.61	2.0012
26/11/2018	330	2143.44	3976.56	2.0237
27/11/2018	331	2142.51	3977.49	2.0460
28/11/2018	332	2141.60	3978.40	2.0679
29/11/2018	333	2140.72	3979.28	2.0895
30/11/2018	334	2139.86	3980.14	2.1106
01/12/2018	335	2064.19	4285.81	2.1312
02/12/2018	336	2063.35	4286.65	2.1512
03/12/2018	337	2062.54	4287.46	2.1707
04/12/2018	338	2061.78	4288.22	2.1894
05/12/2018	339	2061.08	4288.92	2.2075
06/12/2018	340	2060.42	4289.58	2.2248
07/12/2018	341	2059.82	4290.18	2.2412
08/12/2018	342	2059.28	4290.72	2.2568
09/12/2018	343	2058.80	4291.20	2.2714
10/12/2018	344	2058.39	4291.61	2.2851
11/12/2018	345	2058.04	4291.96	2.2977
12/12/2018	346	2057.76	4292.24	2.3092
13/12/2018	347	2057.55	4292.45	2.3196
14/12/2018	348	2057.41	4292.59	2.3288

15/12/2018	349	2057.34	4292.66	2.3368
16/12/2018	350	2057.35	4292.65	2.3436
17/12/2018	351	2057.44	4292.56	2.3491
18/12/2018	352	2057.60	4292.40	2.3534
19/12/2018	353	2057.84	4292.16	2.3563
20/12/2018	354	2058.16	4291.84	2.3580
21/12/2018	355	2058.55	4291.45	2.3583
22/12/2018	356	2059.03	4290.97	2.3573
23/12/2018	357	2059.58	4290.42	2.3550
24/12/2018	358	2060.20	4289.80	2.3514
25/12/2018	359	2060.91	4289.09	2.3465
26/12/2018	360	2061.68	4288.32	2.3404
27/12/2018	361	2062.54	4287.46	2.3330
28/12/2018	362	2063.46	4286.54	2.3243
29/12/2018	363	2064.46	4285.54	2.3145
30/12/2018	364	2065.52	4284.48	2.3035
31/12/2018	365	2066.65	4283.35	2.2915
01/01/2019	1	2114.58	4095.42	2.2784
02/01/2019	2	2115.79	4094.21	2.2642
03/01/2019	3	2117.05	4092.95	2.2491
04/01/2019	4	2118.36	4091.64	2.2331
05/01/2019	5	2119.73	4090.27	2.2162
06/01/2019	6	2121.14	4088.86	2.1986
07/01/2019	7	2122.60	4087.40	2.1801
08/01/2019	8	2124.10	4085.90	2.1610
09/01/2019	9	2125.64	4084.36	2.1413
10/01/2019	10	2127.22	4082.78	2.1209
11/01/2019	11	2128.82	4081.18	2.1001
12/01/2019	12	2130.45	4079.55	2.0787
13/01/2019	13	2132.11	4077.89	2.0570
14/01/2019	14	2133.78	4076.22	2.0349
15/01/2019	15	2135.46	4074.54	2.0125
16/01/2019	16	2137.16	4072.84	1.9898
17/01/2019	17	2138.86	4071.14	1.9669
18/01/2019	18	2140.56	4069.44	1.9438
19/01/2019	19	2142.25	4067.75	1.9206
20/01/2019	20	2143.94	4066.06	1.8974
21/01/2019	21	2145.61	4064.39	1.8740
22/01/2019	22	2147.26	4062.74	1.8507
23/01/2019	23	2148.88	4061.12	1.8274
24/01/2019	24	2150.48	4059.52	1.8041
25/01/2019	25	2152.04	4057.96	1.7809
26/01/2019	26	2153.56	4056.44	1.7578
27/01/2019	27	2155.03	4054.97	1.7349
28/01/2019	28	2156.46	4053.54	1.7121

29/01/2019	29	2157.82	4052.18	1.6896
30/01/2019	30	2159.13	4050.87	1.6672
31/01/2019	31	2160.37	4049.63	1.6450
01/02/2019	32	2093.09	4326.91	1.6231
02/02/2019	33	2094.26	4325.74	1.6014
03/02/2019	34	2095.33	4324.67	1.5800
04/02/2019	35	2096.31	4323.69	1.5588
05/02/2019	36	2097.19	4322.81	1.5380
06/02/2019	37	2097.96	4322.04	1.5174
07/02/2019	38	2098.63	4321.37	1.4971
08/02/2019	39	2099.17	4320.83	1.4772
09/02/2019	40	2099.59	4320.41	1.4575
10/02/2019	41	2099.89	4320.11	1.4382
11/02/2019	42	2100.05	4319.95	1.4191
12/02/2019	43	2100.07	4319.93	1.4004
13/02/2019	44	2099.95	4320.05	1.3820
14/02/2019	45	2099.68	4320.32	1.3640
15/02/2019	46	2099.26	4320.74	1.3462
16/02/2019	47	2098.67	4321.33	1.3288
17/02/2019	48	2097.92	4322.08	1.3117
18/02/2019	49	2097.01	4322.99	1.2949
19/02/2019	50	2095.91	4324.09	1.2784
20/02/2019	51	2094.64	4325.36	1.2622
21/02/2019	52	2093.19	4326.81	1.2463
22/02/2019	53	2091.55	4328.45	1.2308
23/02/2019	54	2089.72	4330.28	1.2155
24/02/2019	55	2087.69	4332.31	1.2006
25/02/2019	56	2085.46	4334.54	1.1859
26/02/2019	57	2083.03	4336.97	1.1715
27/02/2019	58	2080.39	4339.61	1.1574
28/02/2019	59	2077.54	4342.46	1.1436
01/03/2019	60	2034.29	4495.71	1.1301
02/03/2019	61	2030.89	4499.11	1.1168
03/03/2019	62	2027.27	4502.73	1.1038
04/03/2019	63	2023.41	4506.59	1.0911
05/03/2019	64	2019.32	4510.68	1.0786
06/03/2019	65	2014.98	4515.02	1.0664
07/03/2019	66	2010.41	4519.59	1.0544
08/03/2019	67	2005.60	4524.40	1.0427
09/03/2019	68	2000.53	4529.47	1.0312
10/03/2019	69	1995.22	4534.78	1.0199
11/03/2019	70	1989.66	4540.34	1.0089
12/03/2019	71	1983.85	4546.15	0.9981
13/03/2019	72	1977.79	4552.21	0.9875
14/03/2019	73	1971.47	4558.53	0.9771

15/03/2019	74	1964.89	4565.11	0.9670
16/03/2019	75	1958.06	4571.94	0.9570
17/03/2019	76	1950.97	4579.03	0.9473
18/03/2019	77	1943.62	4586.38	0.9377
19/03/2019	78	1936.01	4593.99	0.9284
20/03/2019	79	1928.14	4601.86	0.9192
21/03/2019	80	1920.01	4609.99	0.9102
22/03/2019	81	1911.62	4618.38	0.9014
23/03/2019	82	1902.98	4627.02	0.8928
24/03/2019	83	1894.07	4635.93	0.8843
25/03/2019	84	1884.91	4645.09	0.8761
26/03/2019	85	1875.49	4654.51	0.8679
27/03/2019	86	1865.82	4664.18	0.8600
28/03/2019	87	1855.89	4674.11	0.8522
29/03/2019	88	1845.72	4684.28	0.8445
30/03/2019	89	1835.29	4694.71	0.8370
31/03/2019	90	1824.62	4705.38	0.8297
01/04/2019	91	1963.02	4196.98	0.8225
02/04/2019	92	1953.09	4206.91	0.8154
03/04/2019	93	1942.95	4217.05	0.8085
04/04/2019	94	1932.60	4227.40	0.8017
05/04/2019	95	1922.04	4237.96	0.7951
06/04/2019	96	1911.28	4248.72	0.7886
07/04/2019	97	1900.33	4259.67	0.7822
08/04/2019	98	1889.17	4270.83	0.7759
09/04/2019	99	1877.83	4282.17	0.7698
10/04/2019	100	1866.30	4293.70	0.7638
11/04/2019	101	1854.59	4305.41	0.7579
12/04/2019	102	1842.71	4317.29	0.7521
13/04/2019	103	1830.65	4329.35	0.7465
14/04/2019	104	1818.43	4341.57	0.7409
15/04/2019	105	1806.06	4353.94	0.7355
16/04/2019	106	1793.52	4366.48	0.7302
17/04/2019	107	1780.85	4379.15	0.7250
18/04/2019	108	1768.03	4391.97	0.7199
19/04/2019	109	1755.08	4404.92	0.7149
20/04/2019	110	1742.00	4418.00	0.7100
21/04/2019	111	1728.80	4431.20	0.7052
22/04/2019	112	1715.50	4444.50	0.7005
23/04/2019	113	1702.09	4457.91	0.6959
24/04/2019	114	1688.59	4471.41	0.6914
25/04/2019	115	1675.00	4485.00	0.6870
26/04/2019	116	1661.33	4498.67	0.6827
27/04/2019	117	1647.60	4512.40	0.6785
28/04/2019	118	1633.81	4526.19	0.6744

29/04/2019	119	1619.96	4540.04	0.6703
30/04/2019	120	1606.08	4553.92	0.6664
01/05/2019	121	1858.56	3641.44	0.6625
02/05/2019	122	1847.45	3652.55	0.6588
03/05/2019	123	1836.34	3663.66	0.6551
04/05/2019	124	1825.23	3674.77	0.6515
05/05/2019	125	1814.13	3685.87	0.6480
06/05/2019	126	1803.05	3696.95	0.6446
07/05/2019	127	1792.00	3708.00	0.6412
08/05/2019	128	1780.98	3719.02	0.6380
09/05/2019	129	1770.01	3729.99	0.6348
10/05/2019	130	1759.09	3740.91	0.6317
11/05/2019	131	1748.25	3751.75	0.6287
12/05/2019	132	1737.47	3762.53	0.6258
13/05/2019	133	1726.78	3773.22	0.6229
14/05/2019	134	1716.18	3783.82	0.6201
15/05/2019	135	1705.69	3794.31	0.6174
16/05/2019	136	1695.31	3804.69	0.6148
17/05/2019	137	1685.05	3814.95	0.6123
18/05/2019	138	1674.93	3825.07	0.6098
19/05/2019	139	1664.95	3835.05	0.6074
20/05/2019	140	1655.12	3844.88	0.6051
21/05/2019	141	1645.46	3854.54	0.6028
22/05/2019	142	1635.97	3864.03	0.6007
23/05/2019	143	1626.66	3873.34	0.5986
24/05/2019	144	1617.54	3882.46	0.5965
25/05/2019	145	1608.62	3891.38	0.5946
26/05/2019	146	1599.91	3900.09	0.5927
27/05/2019	147	1591.43	3908.57	0.5909
28/05/2019	148	1583.17	3916.83	0.5892
29/05/2019	149	1575.15	3924.85	0.5875
30/05/2019	150	1567.38	3932.62	0.5859
31/05/2019	151	1559.86	3940.14	0.5844
01/06/2019	152	1746.73	3223.27	0.5830
02/06/2019	153	1741.03	3228.97	0.5816
03/06/2019	154	1735.56	3234.44	0.5803
04/06/2019	155	1730.32	3239.68	0.5791
05/06/2019	156	1725.32	3244.68	0.5779
06/06/2019	157	1720.58	3249.42	0.5768
07/06/2019	158	1716.08	3253.92	0.5758
08/06/2019	159	1711.84	3258.16	0.5748
09/06/2019	160	1707.86	3262.14	0.5739
10/06/2019	161	1704.15	3265.85	0.5731
11/06/2019	162	1700.71	3269.29	0.5724
12/06/2019	163	1697.55	3272.45	0.5717

13/06/2019	164	1694.66	3275.34	0.5711
14/06/2019	165	1692.06	3277.94	0.5706
15/06/2019	166	1689.75	3280.25	0.5701
16/06/2019	167	1687.72	3282.28	0.5697
17/06/2019	168	1685.98	3284.02	0.5694
18/06/2019	169	1684.53	3285.47	0.5691
19/06/2019	170	1683.38	3286.62	0.5689
20/06/2019	171	1682.52	3287.48	0.5688
21/06/2019	172	1681.96	3288.04	0.5688
22/06/2019	173	1681.70	3288.30	0.5688
23/06/2019	174	1681.73	3288.27	0.5689
24/06/2019	175	1682.06	3287.94	0.5690
25/06/2019	176	1682.68	3287.32	0.5692
26/06/2019	177	1683.60	3286.40	0.5695
27/06/2019	178	1684.81	3285.19	0.5699
28/06/2019	179	1686.31	3283.69	0.5703
29/06/2019	180	1688.11	3281.89	0.5708
30/06/2019	181	1690.19	3279.81	0.5714
01/07/2019	182	1726.02	3133.98	0.5720
02/07/2019	183	1728.55	3131.45	0.5728
03/07/2019	184	1731.35	3128.65	0.5735
04/07/2019	185	1734.40	3125.60	0.5744
05/07/2019	186	1737.72	3122.28	0.5753
06/07/2019	187	1741.28	3118.72	0.5763
07/07/2019	188	1745.10	3114.90	0.5773
08/07/2019	189	1749.16	3110.84	0.5785
09/07/2019	190	1753.46	3106.54	0.5797
10/07/2019	191	1757.99	3102.01	0.5809
11/07/2019	192	1762.76	3097.24	0.5823
12/07/2019	193	1767.74	3092.26	0.5837
13/07/2019	194	1772.94	3087.06	0.5852
14/07/2019	195	1778.35	3081.65	0.5867
15/07/2019	196	1783.97	3076.03	0.5883
16/07/2019	197	1789.78	3070.22	0.5900
17/07/2019	198	1795.78	3064.22	0.5918
18/07/2019	199	1801.97	3058.03	0.5936
19/07/2019	200	1808.33	3051.67	0.5956
20/07/2019	201	1814.86	3045.14	0.5975
21/07/2019	202	1821.56	3038.44	0.5996
22/07/2019	203	1828.41	3031.59	0.6017
23/07/2019	204	1835.41	3024.59	0.6039
24/07/2019	205	1842.54	3017.46	0.6062
25/07/2019	206	1849.81	3010.19	0.6086
26/07/2019	207	1857.21	3002.79	0.6110
27/07/2019	208	1864.72	2995.28	0.6135

28/07/2019	209	1872.35	2987.65	0.6161
29/07/2019	210	1880.07	2979.93	0.6188
30/07/2019	211	1887.89	2972.11	0.6215
31/07/2019	212	1895.80	2964.20	0.6243
01/08/2019	213	1809.61	3410.39	0.6272
02/08/2019	214	1818.91	3401.09	0.6302
03/08/2019	215	1828.28	3391.72	0.6332
04/08/2019	216	1837.72	3382.28	0.6364
05/08/2019	217	1847.22	3372.78	0.6396

ANEXO-I

Resultados de la evaluación del potencial solar en el distrito de Ferreñafe.

Fuente: Libro de Excel “Estudio del potencial solar”

RADIACION SOLAR GLOBAL SOBRE UN AREA DE ESTUDIO INCLINADO				
FECHA	H(β,a)	D(β,a)	AL(β,a)	G(β,a)
06/08/2018	2162.21246	1847.08255	5.44236033	4014.74
07/08/2018	2167.38617	1856.61968	5.44236033	4029.45
08/08/2018	2172.75329	1866.18971	5.44236033	4044.39
09/08/2018	2178.31919	1875.78464	5.44236033	4059.55
10/08/2018	2184.0893	1885.39666	5.44236033	4074.93
11/08/2018	2190.06918	1895.01804	5.44236033	4090.53
12/08/2018	2196.26451	1904.64122	5.44236033	4106.35
13/08/2018	2202.68107	1914.25877	5.44236033	4122.38
14/08/2018	2209.32474	1923.86344	5.44236033	4138.63
15/08/2018	2216.20154	1933.4481	5.44236033	4155.09
16/08/2018	2223.31758	1943.00581	5.44236033	4171.77
17/08/2018	2230.6791	1952.5298	5.44236033	4188.65
18/08/2018	2238.29247	1962.01345	5.44236033	4205.75
19/08/2018	2246.16418	1971.45033	5.44236033	4223.06
20/08/2018	2254.30082	1980.83419	5.44236033	4240.58
21/08/2018	2262.70914	1990.15895	5.44236033	4258.31
22/08/2018	2271.396	1999.41874	5.44236033	4276.26
23/08/2018	2280.36842	2008.60783	5.44236033	4294.42
24/08/2018	2289.63352	2017.72072	5.44236033	4312.80
25/08/2018	2299.19858	2026.75208	5.44236033	4331.39
26/08/2018	2309.07104	2035.69677	5.44236033	4350.21
27/08/2018	2319.25845	2044.54985	5.44236033	4369.25
28/08/2018	2329.76855	2053.30654	5.44236033	4388.52
29/08/2018	2340.60919	2061.9623	5.44236033	4408.01
30/08/2018	2351.78842	2070.51273	5.44236033	4427.74
31/08/2018	2363.31442	2078.95366	5.44236033	4447.71
01/09/2018	3275.51291	1815.39548	6.39112429	5097.30
02/09/2018	3292.39909	1826.71762	6.39112429	5125.51
03/09/2018	3309.79876	1837.87298	6.39112429	5154.06
04/09/2018	3327.72418	1848.85683	6.39112429	5182.97
05/09/2018	3346.18782	1859.66467	6.39112429	5212.24
06/09/2018	3365.20243	1870.29228	6.39112429	5241.89
07/09/2018	3384.781	1880.73567	6.39112429	5271.91
08/09/2018	3404.93681	1890.99112	6.39112429	5302.32
09/09/2018	3425.68338	1901.05512	6.39112429	5333.13
10/09/2018	3447.03453	1910.92444	6.39112429	5364.35
11/09/2018	3469.00435	1920.59606	6.39112429	5395.99
12/09/2018	3491.6072	1930.06723	6.39112429	5428.07
13/09/2018	3514.85774	1939.3354	6.39112429	5460.58
14/09/2018	3538.77092	1948.39826	6.39112429	5493.56

15/09/2018	3563.362	1957.25374	6.39112429	5527.01
16/09/2018	3588.6465	1965.89998	6.39112429	5560.94
17/09/2018	3614.64027	1974.33534	6.39112429	5595.37
18/09/2018	3641.35945	1982.55842	6.39112429	5630.31
19/09/2018	3668.82049	1990.568	6.39112429	5665.78
20/09/2018	3697.04014	1998.3631	6.39112429	5701.79
21/09/2018	3726.03697	2005.94292	6.39112429	5738.37
22/09/2018	3755.83761	2013.3069	6.39112429	5775.54
23/09/2018	3786.46154	2020.45464	6.39112429	5813.31
24/09/2018	3817.92699	2027.38596	6.39112429	5851.70
25/09/2018	3850.25253	2034.10087	6.39112429	5890.74
26/09/2018	3883.45699	2040.59958	6.39112429	5930.45
27/09/2018	3917.55949	2046.88247	6.39112429	5970.83
28/09/2018	3952.57943	2052.95012	6.39112429	6011.92
29/09/2018	3988.53644	2058.80327	6.39112429	6053.73
30/09/2018	4025.45043	2064.44286	6.39112429	6096.28
01/10/2018	4089.89923	2063.43786	6.41197625	6159.75
02/10/2018	4129.04191	2068.68789	6.41197625	6204.14
03/10/2018	4169.20917	2073.72681	6.41197625	6249.35
04/10/2018	4210.42183	2078.55623	6.41197625	6295.39
05/10/2018	4252.70082	2083.17794	6.41197625	6342.29
06/10/2018	4296.06716	2087.59386	6.41197625	6390.07
07/10/2018	4340.54197	2091.8061	6.41197625	6438.76
08/10/2018	4386.14634	2095.8169	6.41197625	6488.38
09/10/2018	4432.90136	2099.62865	6.41197625	6538.94
10/10/2018	4480.82803	2103.24391	6.41197625	6590.48
11/10/2018	4529.94722	2106.66535	6.41197625	6643.02
12/10/2018	4580.27957	2109.8958	6.41197625	6696.59
13/10/2018	4631.84549	2112.93821	6.41197625	6751.20
14/10/2018	4684.665	2115.79569	6.41197625	6806.87
15/10/2018	4738.75771	2118.47145	6.41197625	6863.64
16/10/2018	4794.1427	2120.96885	6.41197625	6921.52
17/10/2018	4850.8384	2123.29135	6.41197625	6980.54
18/10/2018	4908.86252	2125.44255	6.41197625	7040.72
19/10/2018	4968.2319	2127.42615	6.41197625	7102.07
20/10/2018	5028.96242	2129.24597	6.41197625	7164.62
21/10/2018	5091.06877	2130.90593	6.41197625	7228.39
22/10/2018	5154.56442	2132.41006	6.41197625	7293.39
23/10/2018	5219.46136	2133.7625	6.41197625	7359.64
24/10/2018	5285.76995	2134.96746	6.41197625	7427.15
25/10/2018	5353.49876	2136.02927	6.41197625	7495.94
26/10/2018	5422.65434	2136.95233	6.41197625	7566.02
27/10/2018	5493.24101	2137.74113	6.41197625	7637.39
28/10/2018	5565.26061	2138.40023	6.41197625	7710.07
29/10/2018	5638.7123	2138.93428	6.41197625	7784.06

30/10/2018	5713.59229	2139.34799	6.41197625	7859.35
31/10/2018	5789.89351	2139.64613	6.41197625	7935.95
01/11/2018	5810.5001	2148.70606	6.38069831	7965.59
02/11/2018	5888.8384	2148.78684	6.38069831	8044.01
03/11/2018	5968.54106	2148.7677	6.38069831	8123.69
04/11/2018	6049.58534	2148.65357	6.38069831	8204.62
05/11/2018	6131.94373	2148.44943	6.38069831	8286.77
06/11/2018	6215.58363	2148.16029	6.38069831	8370.12
07/11/2018	6300.46699	2147.79118	6.38069831	8454.64
08/11/2018	6386.54996	2147.34715	6.38069831	8540.28
09/11/2018	6473.7825	2146.83327	6.38069831	8627.00
10/11/2018	6562.10807	2146.25462	6.38069831	8714.74
11/11/2018	6651.4632	2145.61628	6.38069831	8803.46
12/11/2018	6741.77717	2144.92333	6.38069831	8893.08
13/11/2018	6832.97168	2144.18084	6.38069831	8983.53
14/11/2018	6924.96047	2143.39385	6.38069831	9074.74
15/11/2018	7017.64904	2142.56741	6.38069831	9166.60
16/11/2018	7110.93436	2141.70651	6.38069831	9259.02
17/11/2018	7204.70459	2140.81611	6.38069831	9351.90
18/11/2018	7298.8389	2139.90113	6.38069831	9445.12
19/11/2018	7393.20725	2138.96644	6.38069831	9538.55
20/11/2018	7487.67032	2138.01686	6.38069831	9632.07
21/11/2018	7582.07942	2137.05715	6.38069831	9725.52
22/11/2018	7676.27649	2136.09197	6.38069831	9818.75
23/11/2018	7770.09422	2135.12593	6.38069831	9911.60
24/11/2018	7863.3562	2134.16355	6.38069831	10003.90
25/11/2018	7955.87718	2133.20927	6.38069831	10095.47
26/11/2018	8047.46343	2132.26739	6.38069831	10186.11
27/11/2018	8137.91325	2131.34217	6.38069831	10275.64
28/11/2018	8227.01749	2130.43769	6.38069831	10363.84
29/11/2018	8314.56026	2129.55797	6.38069831	10450.50
30/11/2018	8400.31978	2128.70688	6.38069831	10535.41
01/12/2018	9133.74355	2053.4331	6.6204958	11193.80
02/12/2018	9221.49397	2052.59039	6.6204958	11280.70
03/12/2018	9306.58079	2051.79013	6.6204958	11364.99
04/12/2018	9388.75112	2051.03589	6.6204958	11446.41
05/12/2018	9467.75199	2050.33105	6.6204958	11524.70
06/12/2018	9543.33192	2049.67885	6.6204958	11599.63
07/12/2018	9615.24266	2049.08235	6.6204958	11670.95
08/12/2018	9683.24091	2048.54439	6.6204958	11738.41
09/12/2018	9747.09011	2048.06767	6.6204958	11801.78
10/12/2018	9806.56236	2047.65467	6.6204958	11860.84
11/12/2018	9861.44018	2047.30768	6.6204958	11915.37
12/12/2018	9911.5184	2047.02878	6.6204958	11965.17
13/12/2018	9956.60594	2046.81985	6.6204958	12010.05

14/12/2018	9996.52752	2046.68257	6.6204958	12049.83
15/12/2018	10031.1253	2046.61839	6.6204958	12084.36
16/12/2018	10060.2603	2046.62857	6.6204958	12113.51
17/12/2018	10083.8138	2046.71413	6.6204958	12137.15
18/12/2018	10101.6886	2046.87588	6.6204958	12155.18
19/12/2018	10113.8098	2047.11442	6.6204958	12167.54
20/12/2018	10120.1257	2047.4301	6.6204958	12174.18
21/12/2018	10120.6082	2047.82308	6.6204958	12175.05
22/12/2018	10115.2533	2048.29327	6.6204958	12170.17
23/12/2018	10104.081	2048.84038	6.6204958	12159.54
24/12/2018	10087.1351	2049.46389	6.6204958	12143.22
25/12/2018	10064.4827	2050.16304	6.6204958	12121.27
26/12/2018	10036.2137	2050.93689	6.6204958	12093.77
27/12/2018	10002.4398	2051.78423	6.6204958	12060.84
28/12/2018	9963.29364	2052.70369	6.6204958	12022.62
29/12/2018	9918.92699	2053.69364	6.6204958	11979.24
30/12/2018	9869.50982	2054.75225	6.6204958	11930.88
31/12/2018	9815.2285	2055.87751	6.6204958	11877.73
01/01/2019	9330.82816	2103.5614	6.47453211	11440.86
02/01/2019	9270.19942	2104.75843	6.47453211	11381.43
03/01/2019	9205.53126	2106.01221	6.47453211	11318.02
04/01/2019	9137.04804	2107.32003	6.47453211	11250.84
05/01/2019	9064.98125	2108.67901	6.47453211	11180.13
06/01/2019	8989.56778	2110.08609	6.47453211	11106.13
07/01/2019	8911.04816	2111.53805	6.47453211	11029.06
08/01/2019	8829.66498	2113.03151	6.47453211	10949.17
09/01/2019	8745.66127	2114.56291	6.47453211	10866.70
10/01/2019	8659.27903	2116.12857	6.47453211	10781.88
11/01/2019	8570.75791	2117.72463	6.47453211	10694.96
12/01/2019	8480.33389	2119.34713	6.47453211	10606.16
13/01/2019	8388.23817	2120.99194	6.47453211	10515.70
14/01/2019	8294.69617	2122.65481	6.47453211	10423.83
15/01/2019	8199.92661	2124.3314	6.47453211	10330.73
16/01/2019	8104.14078	2126.01722	6.47453211	10236.63
17/01/2019	8007.54184	2127.7077	6.47453211	10141.72
18/01/2019	7910.32438	2129.39815	6.47453211	10046.20
19/01/2019	7812.67391	2131.08381	6.47453211	9950.23
20/01/2019	7714.76663	2132.75981	6.47453211	9854.00
21/01/2019	7616.76915	2134.42121	6.47453211	9757.66
22/01/2019	7518.83843	2136.06303	6.47453211	9661.38
23/01/2019	7421.12171	2137.68017	6.47453211	9565.28
24/01/2019	7323.75655	2139.26752	6.47453211	9469.50
25/01/2019	7226.87096	2140.81989	6.47453211	9374.17
26/01/2019	7130.5835	2142.33208	6.47453211	9279.39
27/01/2019	7035.00356	2143.79881	6.47453211	9185.28

28/01/2019	6940.23158	2145.21482	6.47453211	9091.92
29/01/2019	6846.35931	2146.57478	6.47453211	8999.41
30/01/2019	6753.47021	2147.87338	6.47453211	8907.82
31/01/2019	6661.63969	2149.10529	6.47453211	8817.22
01/02/2019	7022.86084	2082.18297	6.69347764	9111.74
02/02/2019	6927.18689	2083.33995	6.69347764	9017.22
03/02/2019	6832.83874	2084.40856	6.69347764	8923.94
04/02/2019	6739.86671	2085.38314	6.69347764	8831.94
05/02/2019	6648.31455	2086.25805	6.69347764	8741.27
06/02/2019	6558.21985	2087.02767	6.69347764	8651.94
07/02/2019	6469.61442	2087.68642	6.69347764	8563.99
08/02/2019	6382.5247	2088.22878	6.69347764	8477.45
09/02/2019	6296.9721	2088.64925	6.69347764	8392.31
10/02/2019	6212.97339	2088.9424	6.69347764	8308.61
11/02/2019	6130.54105	2089.10285	6.69347764	8226.34
12/02/2019	6049.68358	2089.12531	6.69347764	8145.50
13/02/2019	5970.40587	2089.00453	6.69347764	8066.10
14/02/2019	5892.70943	2088.73535	6.69347764	7988.14
15/02/2019	5816.59276	2088.31269	6.69347764	7911.60
16/02/2019	5742.05157	2087.73155	6.69347764	7836.48
17/02/2019	5669.07903	2086.98702	6.69347764	7762.76
18/02/2019	5597.66609	2086.07429	6.69347764	7690.43
19/02/2019	5527.80159	2084.98865	6.69347764	7619.48
20/02/2019	5459.47259	2083.72549	6.69347764	7549.89
21/02/2019	5392.66447	2082.2803	6.69347764	7481.64
22/02/2019	5327.36119	2080.64869	6.69347764	7414.70
23/02/2019	5263.54541	2078.82639	6.69347764	7349.07
24/02/2019	5201.19868	2076.80924	6.69347764	7284.70
25/02/2019	5140.30157	2074.59321	6.69347764	7221.59
26/02/2019	5080.83381	2072.17439	6.69347764	7159.70
27/02/2019	5022.7744	2069.54901	6.69347764	7099.02
28/02/2019	4966.10177	2066.71342	6.69347764	7039.51
01/03/2019	5080.51816	2023.68595	6.8081634	7111.01
02/03/2019	5024.68729	2020.3067	6.8081634	7051.80
03/03/2019	4970.22144	2016.69956	6.8081634	6993.73
04/03/2019	4917.09676	2012.86135	6.8081634	6936.77
05/03/2019	4865.28928	2008.78906	6.8081634	6880.89
06/03/2019	4814.77489	2004.47983	6.8081634	6826.06
07/03/2019	4765.52947	1999.93097	6.8081634	6772.27
08/03/2019	4717.52889	1995.13996	6.8081634	6719.48
09/03/2019	4670.7491	1990.10445	6.8081634	6667.66
10/03/2019	4625.16616	1984.82226	6.8081634	6616.80
11/03/2019	4580.75627	1979.29139	6.8081634	6566.86
12/03/2019	4537.49582	1973.51002	6.8081634	6517.81
13/03/2019	4495.36141	1967.47653	6.8081634	6469.65

14/03/2019	4454.32987	1961.18947	6.8081634	6422.33
15/03/2019	4414.37831	1954.6476	6.8081634	6375.83
16/03/2019	4375.4841	1947.84985	6.8081634	6330.14
17/03/2019	4337.62493	1940.79537	6.8081634	6285.23
18/03/2019	4300.77879	1933.48351	6.8081634	6241.07
19/03/2019	4264.92401	1925.91383	6.8081634	6197.65
20/03/2019	4230.03924	1918.0861	6.8081634	6154.93
21/03/2019	4196.10349	1910.00029	6.8081634	6112.91
22/03/2019	4163.09611	1901.65661	6.8081634	6071.56
23/03/2019	4130.99003	1893.05548	6.8081634	6030.85
24/03/2019	4099.75877	1884.19754	6.8081634	5990.76
25/03/2019	4069.38306	1875.08367	6.8081634	5951.27
26/03/2019	4039.84402	1865.71499	6.8081634	5912.37
27/03/2019	4011.12307	1856.09285	6.8081634	5874.02
28/03/2019	3983.20203	1846.21883	6.8081634	5836.23
29/03/2019	3956.06304	1836.09477	6.8081634	5798.97
30/03/2019	3929.68859	1825.72276	6.8081634	5762.22
31/03/2019	3904.06152	1815.10513	6.8081634	5725.97
01/04/2019	3452.02009	1952.79015	6.42240222	5411.23
02/04/2019	3430.50042	1942.91168	6.42240222	5379.83
03/04/2019	3409.6018	1932.82226	6.42240222	5348.85
04/04/2019	3389.31013	1922.52492	6.42240222	5318.26
05/04/2019	3369.6116	1912.02291	6.42240222	5288.06
06/04/2019	3350.49268	1901.31974	6.42240222	5258.23
07/04/2019	3331.94011	1890.41914	6.42240222	5228.78
08/04/2019	3313.94088	1879.32512	6.42240222	5199.69
09/04/2019	3296.48228	1868.04194	6.42240222	5170.95
10/04/2019	3279.55183	1856.5741	6.42240222	5142.55
11/04/2019	3263.1373	1844.92637	6.42240222	5114.49
12/04/2019	3247.22671	1833.10378	6.42240222	5086.75
13/04/2019	3231.80833	1821.11161	6.42240222	5059.34
14/04/2019	3216.87064	1808.95542	6.42240222	5032.25
15/04/2019	3202.40238	1796.64102	6.42240222	5005.47
16/04/2019	3188.39248	1784.17449	6.42240222	4978.99
17/04/2019	3174.83011	1771.5622	6.42240222	4952.81
18/04/2019	3161.70465	1758.81075	6.42240222	4926.94
19/04/2019	3149.00567	1745.92704	6.42240222	4901.36
20/04/2019	3136.72297	1732.91821	6.42240222	4876.06
21/04/2019	3124.84652	1719.79169	6.42240222	4851.06
22/04/2019	3113.36651	1706.55516	6.42240222	4826.34
23/04/2019	3102.27328	1693.21658	6.42240222	4801.91
24/04/2019	3091.5574	1679.78415	6.42240222	4777.76
25/04/2019	3081.20958	1666.26635	6.42240222	4753.90
26/04/2019	3071.22074	1652.6719	6.42240222	4730.32
27/04/2019	3061.58193	1639.0098	6.42240222	4707.01

28/04/2019	3052.28441	1625.28926	6.42240222	4684.00
29/04/2019	3043.31959	1611.51977	6.42240222	4661.26
30/04/2019	3034.67902	1597.71103	6.42240222	4638.81
01/05/2019	2412.59123	1848.86763	5.7342877	4267.19
02/05/2019	2406.20035	1837.82079	5.7342877	4249.76
03/05/2019	2400.04855	1826.76698	5.7342877	4232.55
04/05/2019	2394.12961	1815.71466	5.7342877	4215.58
05/05/2019	2388.43741	1804.67244	5.7342877	4198.84
06/05/2019	2382.96595	1793.64908	5.7342877	4182.35
07/05/2019	2377.70936	1782.6535	5.7342877	4166.10
08/05/2019	2372.66188	1771.69473	5.7342877	4150.09
09/05/2019	2367.81785	1760.78196	5.7342877	4134.33
10/05/2019	2363.17173	1749.92448	5.7342877	4118.83
11/05/2019	2358.71809	1739.13168	5.7342877	4103.58
12/05/2019	2354.45163	1728.41305	5.7342877	4088.60
13/05/2019	2350.36712	1717.77817	5.7342877	4073.88
14/05/2019	2346.45948	1707.2367	5.7342877	4059.43
15/05/2019	2342.72371	1696.79833	5.7342877	4045.26
16/05/2019	2339.15494	1686.47283	5.7342877	4031.36
17/05/2019	2335.74841	1676.26997	5.7342877	4017.75
18/05/2019	2332.49945	1666.19957	5.7342877	4004.43
19/05/2019	2329.40351	1656.27142	5.7342877	3991.41
20/05/2019	2326.45617	1646.49532	5.7342877	3978.69
21/05/2019	2323.65309	1636.88104	5.7342877	3966.27
22/05/2019	2320.99007	1627.4383	5.7342877	3954.16
23/05/2019	2318.463	1618.17674	5.7342877	3942.37
24/05/2019	2316.0679	1609.10597	5.7342877	3930.91
25/05/2019	2313.8009	1600.23547	5.7342877	3919.77
26/05/2019	2311.65825	1591.57461	5.7342877	3908.97
27/05/2019	2309.63631	1583.13264	5.7342877	3898.50
28/05/2019	2307.73156	1574.91867	5.7342877	3888.38
29/05/2019	2305.94059	1566.94162	5.7342877	3878.62
30/05/2019	2304.26014	1559.21027	5.7342877	3869.20
31/05/2019	2302.68704	1551.73316	5.7342877	3860.15
01/06/2019	1879.07974	1737.62073	5.18171088	3621.88
02/06/2019	1877.96321	1731.95068	5.18171088	3615.10
03/06/2019	1876.92721	1726.50809	5.18171088	3608.62
04/06/2019	1875.96959	1721.29915	5.18171088	3602.45
05/06/2019	1875.08827	1716.32982	5.18171088	3596.60
06/06/2019	1874.28131	1711.60582	5.18171088	3591.07
07/06/2019	1873.54684	1707.13262	5.18171088	3585.86
08/06/2019	1872.88314	1702.91541	5.18171088	3580.98
09/06/2019	1872.28858	1698.95909	5.18171088	3576.43
10/06/2019	1871.76163	1695.2683	5.18171088	3572.21
11/06/2019	1871.30088	1691.84734	5.18171088	3568.33

12/06/2019	1870.90505	1688.70021	5.18171088	3564.79
13/06/2019	1870.57294	1685.8306	5.18171088	3561.59
14/06/2019	1870.30349	1683.24185	5.18171088	3558.73
15/06/2019	1870.09575	1680.93697	5.18171088	3556.21
16/06/2019	1869.94888	1678.91862	5.18171088	3554.05
17/06/2019	1869.86216	1677.18911	5.18171088	3552.23
18/06/2019	1869.83499	1675.7504	5.18171088	3550.77
19/06/2019	1869.86687	1674.60406	5.18171088	3549.65
20/06/2019	1869.95744	1673.75133	5.18171088	3548.89
21/06/2019	1870.10645	1673.19304	5.18171088	3548.48
22/06/2019	1870.31376	1672.92969	5.18171088	3548.43
23/06/2019	1870.57935	1672.96139	5.18171088	3548.72
24/06/2019	1870.90334	1673.28785	5.18171088	3549.37
25/06/2019	1871.28594	1673.90846	5.18171088	3550.38
26/06/2019	1871.72749	1674.82221	5.18171088	3551.73
27/06/2019	1872.22846	1676.02771	5.18171088	3553.44
28/06/2019	1872.7894	1677.52324	5.18171088	3555.49
29/06/2019	1873.41102	1679.30669	5.18171088	3557.90
30/06/2019	1874.09412	1681.37561	5.18171088	3560.65
01/07/2019	1792.76716	1717.02548	5.06702513	3514.86
02/07/2019	1793.54071	1719.54144	5.06702513	3518.15
03/07/2019	1794.37604	1722.32137	5.06702513	3521.76
04/07/2019	1795.27437	1725.36165	5.06702513	3525.70
05/07/2019	1796.23701	1728.65835	5.06702513	3529.96
06/07/2019	1797.2654	1732.20722	5.06702513	3534.54
07/07/2019	1798.36108	1736.00378	5.06702513	3539.43
08/07/2019	1799.52569	1740.04322	5.06702513	3544.64
09/07/2019	1800.76098	1744.32052	5.06702513	3550.15
10/07/2019	1802.0688	1748.83039	5.06702513	3555.97
11/07/2019	1803.45111	1753.56728	5.06702513	3562.09
12/07/2019	1804.90997	1758.52546	5.06702513	3568.50
13/07/2019	1806.44753	1763.69895	5.06702513	3575.21
14/07/2019	1808.06607	1769.08158	5.06702513	3582.21
15/07/2019	1809.76793	1774.66702	5.06702513	3589.50
16/07/2019	1811.55558	1780.44872	5.06702513	3597.07
17/07/2019	1813.43156	1786.42001	5.06702513	3604.92
18/07/2019	1815.39854	1792.57406	5.06702513	3613.04
19/07/2019	1817.45925	1798.90391	5.06702513	3621.43
20/07/2019	1819.61653	1805.40246	5.06702513	3630.09
21/07/2019	1821.87333	1812.06255	5.06702513	3639.00
22/07/2019	1824.23266	1818.87689	5.06702513	3648.18
23/07/2019	1826.69764	1825.83813	5.06702513	3657.60
24/07/2019	1829.27148	1832.93884	5.06702513	3667.28
25/07/2019	1831.95748	1840.17155	5.06702513	3677.20
26/07/2019	1834.75903	1847.52876	5.06702513	3687.35

27/07/2019	1837.67961	1855.00291	5.06702513	3697.75
28/07/2019	1840.72278	1862.58647	5.06702513	3708.38
29/07/2019	1843.8922	1870.27187	5.06702513	3719.23
30/07/2019	1847.19162	1878.05158	5.06702513	3730.31
31/07/2019	1850.62485	1885.91805	5.06702513	3741.61
01/08/2019	2139.06543	1800.17682	5.44236033	3944.68
02/08/2019	2143.34857	1809.42618	5.44236033	3958.22
03/08/2019	2147.79996	1818.74986	5.44236033	3971.99
04/08/2019	2152.42444	1828.13939	5.44236033	3986.01
05/08/2019	2157.22693	1837.58638	5.44236033	4000.26

ANEXO-J

Recibo de energía eléctrica para dimensionar SFA. Fuente: Proporcionado por el poblador del distrito de Ferreñafe.

Para Consultas, su código es: **26791750**

JARRAY TELLO ROSA
 PP. 11 SAN MARTIN DE PORRAS AV ANDRES AVELINO CACERES (1) 0340006
 PP. 11 SAN MARTIN DE PORRAS AV ANDRES AVELINO CACE

Ensa
 EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
 ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.
 San Martín N° 250 - Chiclayo
 R.U.C. 20103117560

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270155	Recibo por Consumo del 26/06/2019 al 26/07/2019	
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST3)	Cargo Fijo	3.22
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Recepción y Mantenimiento	1.31
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial	Ene. Total(S/ 0.6079 x 101.000 kWh)	61.40
Medidor N°	00000000873489 - Elect.Mec.	Alum. bradoPublico (Alcueta : S/ 0.4021)	4.83
Hilos	3	Interés Compensatorio	0.16
Lectura Anterior	25,049.00 (25/06/2019)	Ay. Ir Tarifario	-0.02
Lectura Actual	25,150.00 (26/07/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	12.78
Diferencia de Lectura	101.00	Sello por redondeo	0.02
Factor	1.0000	Diferencia de redondeo	0.03
Consumo	101.00 kWh	Aporte Ley Nro. 28749	0.85
Cons. Promedio	113.37 kWh	TOTAL RECIBO DE JULIO-2019	84.70
Potencia Contratada	0.50 kW.	Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 2.37	
Inicio Contrato	01/05/2001		
Término Contrato	30/04/2020		
Fecha Emisión	27/07/2019		

IMPRESIONES FLORES S.R.L. - RUC: 20271761351

Consumo Facturado (kWh) Importe Total (S/)

Año 2019

Importe 2 Últimos Meses Facturados

May - 2019 S/ 91.70 Jun - 2019 S/ 85.10

Ensa
 ATENCIÓN AL CLIENTE
 08 SEP 2019
 RODOLFO PAREDES CACHAY
 CANCELADO

FECHA DE VENCIMIENTO 16/08/2019

TOTAL A PAGAR S/ *****84.70

RECIBO N° 258-89679800 Julio-2019
 Suministro: 26791750 JARRAY TELLO ROSA
 Ferreñafe, Ferreñafe - Lambayeque/
 13.17 - 10182 - 9020 / 27/07/2019 / 16/08/2019
 TOTAL A PAGAR S/ *****84.70

Recibo de energía eléctrica para dimensionar SFA-IC. Fuente: Proporcionado por el poblador del distrito de Ferreñafe.

Nº 258-90054702
Ferreñafe, Ferreñafe - Lambayeque/
Consultas, su código es: **26776629**
ALDIVIEZO SERGIO
CENTR FERREÑAFE AV AUGUSTO B. LEGUIA 0412 0000
LEGUIA 412

Octubre-2019
1317 - 10182 - 8340

Ensa
EMPRESA REGIONAL DE SERVICIOS PÚBLICOS
DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.
San Martín Nº 205 - Chiclayo
R.U.C. 2010912746

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-271290	Recibo por Consumo del 26/09/2019 al 26/10/2019	3.34
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST3)	Cargo Fijo	1.39
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento	105.00
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial	Ene Activa(SI 0.6076 x 192.0000 kWh)	8.71
Medidor Nº	00000000872925 - Elect.Mec.	Alumbrado Público (Alcuerda : SI 0.3484)	0.54
Hilos	2	Interés Compensatorio	180.58
Lectura Anterior	41,789.00 (25/09/2019)	SUB TOTAL	23.56
Lectura Actual	41,981.00 (26/10/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	0.04
Diferencia de Lectura	192.00	Interés Moratorio	-0.01
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	-0.02
Consumo	192.00 kWh	Diferencia de redondeo	1.81
Cons. Prom.(6)	204.67 kWh	Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	
Potencia Contratada	0.60 kW.	TOTAL RECIBO DE OCTUBRE-2019	151.80
Inicio Contrato	01/05/2001	Deuda Anterior (1 Mes.)	151.80
Término Contrato	30/04/2020	Aporte FOSE(Ley Nº27510) SI/ 4.38	
Fecha Emisión	28/10/2019		

Consumo Facturado (kWh) — Importe Total (S/.)

Año 2019

Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ago - 2019 S/ 154.40	Set - 2019 S/ 151.80

Fecha Corte:19/11/2019
Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

😊 😞 😞

Recibo de energía eléctrica para dimensionar SF-ICR. Fuente: Proporcionado por el poblador del distrito de Ferreñafe.

RECIBO N° 258-90058180

Ferreñafe / Ferreñafe /


Para Consultas, su código es: **26828959**

CORNETERO SIANCAS, J

Av. ANDRES AVELINO CACERES N° 349 PP.JJ. VICTOR RAUL HAYA DE

Octubre-2019

1317 - 10183 - 60



Ensa

EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.

San Martín N° 250 - Chiclayo
R.U.C. 20103117560

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO

Tensión y SED 220 V - BT / D-270154

Sist. Eléctrico S221 Chiclayo Baj (ST3)

Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)

Opción Tarifaria BT5B - Residencial

Medidor N° 000000096006300 - Electrón.

Hilos 2

Lectura Anterior 33,671.00 (25/09/2019)

Lectura Actual 34,088.00 (26/10/2019)

Diferencia de Lectura 417.00

Factor 1.0000

Consumo 417.00 kWh

Cons. Prom.(6) 385.83 kWh

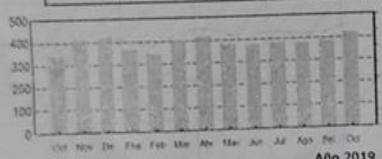
Potencia Contratada 0.60 kW.

Inicio Contrato 01/05/2001

Término Contrato 30/04/2020

Fecha Emisión 28/10/2019

Consumo Facturado (kWh) — Importe Total (S/)



Año 2019

Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ago - 2019 S/ 292.90	Sep - 2019 S/ 206.70

IMPORTES FACTURADOS

Recibo por Consumo del 26/09/2019 al 26/10/2019 3.34

Cargo Fijo 1.12

Cargo por Reposición y Mantenimiento 283.37

Ene.Activa(S/ 0.6076 x 417.0000 kWh) 12.19

Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.3484) 0.84

Interés Compensatorio 270.86

SUB TOTAL 48.75

Imp. Gral. a las Ventas 0.13

Interés Moratorio -0.04

Diferencia de redondeo 3.50

Aporte Ley Nro. 28749 0.0064

TOTAL RECIBO DE OCTUBRE-2019 323.20

Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 9.38

FECHA DE VENCIMIENTO **19/11/2019**

TOTAL A PAGAR S/ 323.20

RECIBO N° 258-90058180

26828959

Octubre-2019

CORNETERO SIANCAS, J

ANEXO-K

Base de datos de paneles solares propuestos. Fuente: Elaboración propia.

Nº	Panel Solar
1	panel solar polocristalino 270W Telesun
2	panel solar policristalino talesun 24V325W
3	panel solar Era solar 50W 12V
4	panel solar policristalino Era solar 12V 100W
5	panel solar policristalino Era solar 12V 150W
6	panel solar policristalino Era solar 12V 200W
7	panel solar policristalino Era solar 250W
8	panel solar policristalino Era solar 255W
9	panel solar policristalino Era solar 260W
10	panel solar policristalino Era solar 265W
11	panel solar policristalino Era solar 270W
12	Paneles solares SunPower 12V 20W flexible
13	Paneles solares SunPower 12V 35W flexible
14	Paneles solares SunPower 12V 40W flexible
15	Paneles solares SunPower 12V 55W flexible
16	Paneles solares SunPower 12V 140W flexible
17	Panel solar monocristalino 370W 24V Bauer energy
18	panel solar policristalino 300 24V Era Solar
19	panel solar policristalino 305 24V Era Solar
20	panel solar policristalino 310 24V Era Solar
21	panel solar policristalino 315 24V Era Solar
22	panel solar policristalino 320 24V Era Solar
23	panel solar policristalino 325 24V Era Solar
24	panel solar TAI Energy 12V 50W
25	panel solar TAI Energy 12V 80W
26	panel solar TAI Energy 12V 100W
27	panel solar TAI Energy 12V 150W
28	panel solar TAI Energy 24V 200W
29	panel solar TAI Energy 250W
30	panel solar TAI Energy 24V 300W
31	Panel solar policristalino Jinko 255W
32	Panel solar policristalino Jinko 260W
33	Panel solar policristalino Jinko 265W
34	Panel solar policristalino Jinko 270W
35	Panel solar Amerisolar policristalino 240W
36	Panel solar Amerisolar policristalino 245W
37	Panel solar Amerisolar policristalino 250W
38	Panel solar Amerisolar policristalino 255W
39	Panel solar Amerisolar policristalino 260W
40	Panel solar Amerisolar policristalino 265W
41	Panel solar Amerisolar policristalino 270W
42	Panel solar Amerisolar policristalino 275W

ANEXO-L

Base de datos de los controladores de carga. Fuente: Elaboración propia.

N°	Regulador de carga
1	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 12V 20A
2	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 12V 30A
3	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 12V 40A
4	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 12V 50A
5	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 24V 20A
6	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 24V 30A
7	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 24V 40A
8	Controlador de carga MPPT 100V Bauer energy 24V 50A
9	Controlador de carga LCD MPPT 100V Bauer energy 12V 20A
10	Controlador de carga LCD MPPT 100V Bauer energy 12V 30A
11	Controlador de carga LCD MPPT 100V Bauer energy 12V 40A
12	Controlador de carga LCD MPPT 100V Bauer energy 12V 20A
13	Controlador de carga LCD MPPT 100V Bauer energy 24V 30A
14	Controlador de carga LCD MPPT 100V Bauer energy 24V 40A
15	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 12V 10A
16	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 12V 20A
17	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 12V 30A
18	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 12V 40A
19	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 12V 50A
20	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 12V 60A
21	Controlador de carga LCD PWM 100V Must solar 48V 50A
22	Controlador de carga LCD PWM 100V Must solar 48V 60A
23	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 24V 10A
24	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 24V 20A
25	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 24V 30A
26	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 24V 40A
27	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 24V 50A
28	Controlador de carga LCD PWM 50V Must solar 24V 60A
29	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 12V 80A
30	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 24V 80A
31	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 36V 80A
32	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 48V 80A
33	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 12V 60A
34	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 24V 60A
35	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 36V 60A
36	Controlador de carga MPPT LCD 100V Must solar 48V 60A
37	Controlador de carga PWM Steca 6A 12V
38	Controlador de carga PWM Steca 6A 24V
39	Controlador de carga PWM Steca 8A 12V
40	Controlador de carga PWM Steca 8A 24V
41	Controlador de carga PWM Steca 10A 12V
42	Controlador de carga PWM Steca 10A 24V

43	Controlador de carga PWM blue solar Victron 5A 12V
44	Controlador de carga PWM blue solar Victron 5A 24V
45	Controlador de carga PWM blue solar Victron 10A 12V
46	Controlador de carga PWM blue solar Victron 10A 24V
47	Controlador de carga PWM blue solar Victron 20A 12V
48	Controlador de carga PWM blue solar Victron 20A 24V
49	Controlador de carga PWM blue solar Victron 30A 12V
50	Controlador de carga PWM blue solar Victron 30A 24V
51	otros
52	otros

ANEXO-M

Base de datos para elección de batería. Fuente: Elaboración propia.

Nº	baterias
1	Bateria Ritar 12V 150Ah Dc AGM
2	Bateria Formula Star 12V 70Ah
3	Bateria Formula Star 12V 80Ah
4	Bateria Formula Star 12V 110Ah
5	Bateria Formula Star 12V 155Ah
6	Bateria Formula Star 12V 200Ah
7	Bateria Formula Star 12V 240Ah
8	Bateria Formula Star 12V 260Ah
9	Bateria estacionaria 1700Ah 6V UP-GC42-2RE
10	Bateria AGM 12V 8Ah Ultracell
11	Bateria AGM 12V 18Ah Ultracell
12	Bateria Ritar 12V 70Ah Dc AGM
13	Bateria AGM 12V 80Ah kaise
14	Bateria AGM 12V 86Ah Ultracell
15	Bateria 250Ah 6V Upower
16	Bateria AGM 12V 115Ah Ultracell
17	Bateria AGM 12V 98Ah Ultracell
18	Bateria Ritar 12V 65Ah DG GEL
19	Bateria 165Ah 12V Upower
20	Bateria GEL 12V 115Ah Ultracell
21	Bateria GEL Frontal 12V 115Ah Ultracell
22	Bateria AGM 12V 138Ah Ultracell
23	Bateria GEL 2V 575Ah Ultracell
24	Bateria AGM 12V 172Ah Ultracell
25	Bateria GEL Frontal 12V 172Ah Ultracell
26	Bateria AGM 12V 230Ah Ultracell
27	Bateria GEL 12V 230Ah Ultracell
28	Bateria AGM Frontal 12V 250Ah Ultracell
29	BateriaAGM 250Ah 12V Upower TFS
30	Bateria estacionaria 600Ah 6V Ultracell
31	Bateria GEL 12V 288Ah Ultracell
32	otros
33	otros

ANEXO-N

Base de datos para elección del inversor. Fuente: Elaboración propia.

N°	Inversor
1	Inversor Victron Phoenix 12V 250VA VE.Direct
2	Inversor Victron Phoenix 24V 250VA VE.Direct
3	Inversor Victron Phoenix 48V 250VA VE.Direct
4	Inversor Victron Phoenix 12V 375VA VE.Direct
5	Inversor Victron Phoenix 24V 375VA VE.Direct
6	Inversor Victron Phoenix 48V 375VA VE.Direct
7	Inversor Victron Phoenix 12V 500VA VE.Direct
8	Inversor Victron Phoenix 24V 500VA VE.Direct
9	Inversor Victron Phoenix 48V 500VA VE.Direct
10	Inversor Victron Phoenix 12V 800VA VE.Direct
11	Inversor Victron Phoenix 24V 800VA VE.Direct
12	Inversor Victron Phoenix 48V 800VA VE.Direct
13	Inversor Victron Phoenix 12V 1200VA VE.Direct
14	Inversor Victron Phoenix 24V 1200VA VE.Direct
15	Inversor Victron Phoenix 48V 1200VA VE.Direct
16	Inversor Victron Phoenix 12V 1600VA VE.Direct
17	Inversor Victron Phoenix 24V 1600VA VE.Direct
18	Inversor Victron Phoenix 12V 2000VA VE.Direct
19	Inversor Victron Phoenix 24V 2000VA VE.Direct
20	Inversor Victron Phoenix 24V 3000VA VE.Direct
21	Inversor Victron Phoenix 48V 3000VA VE.Direct
22	Inversor Victron Phoenix 48V 5000VA VE.Direct
23	Inversor Schneider Xantrex 12V 700VA
24	Inversor Schneider Xantrex 12V 1400VA
25	Inversor Schneider Xantrex 12V 2000VA
26	otros
27	otros

ANEXO-0

Base de datos de inversor cargador. Fuente: Elaboración propia.

N°	INVERSOR CARGADOR
1	Inversor cargador 3KVA 24V 50A Must Solar PWM
2	Inversor cargador 5KVA 48V 60A Must Solar PWM
3	Inversor cargador 1KVA 12V 50A Must Solar PWM
4	Inversor cargador 5KVA 24V 60A Must Solar MPPT
5	Inversor cargador 1KVA 12V 40A Must Solar MPPT
6	Inversor cargador 1.5KVA 12V 40A Must Solar MPPT
7	Inversor cargador 2KVA 12V 40A Must Solar MPPT
8	Inversor cargador 3KVA 24V 50A Must Solar MPPT
9	Inversor cargador 5KVA 48V 80A Must Solar MPPT
10	Inversor cargador 6KVA 48V 60A Must Solar MPPT
11	Inversor cargador 5KVA 48V 80A Must Solar MPPT CB
12	Inversor cargador 10KVA 48V 120A Must Solar MPPT
13	Inversor cargador 2KVA 24V 40A Must Solar MPPT
14	otros

ANEXO-P

Base de datos para inversor de conexión a red. Fuente: Elaboración propia.

N°	inversor de conexión a red
1	Inversor Red solar x1 MINI 700W
2	Inversor Red solar x1 MINI 1100W
3	Inversor Red solar x1 MINI 1500W
4	Inversor Red solar x1 MINI 2000W
5	Inversor Red solar x1 AIR 2500W
6	Inversor Red solar x1 AIR 3000W
7	Inversor Red solar x1 AIR 3300W
8	Inversor Red solar x1 BOOST 3000W
9	Inversor Red solar x1 BOOST 3300W
10	Inversor Red solar x1 BOOST 3680W
11	Inversor Red solar x1 BOOST 4200W
12	Inversor Red solar x1 BOOST 4600W
13	Inversor Huawei SUN2000L- 2KTL
14	Inversor Huawei SUN2000L- 3KTL
15	Inversor Huawei SUN2000L- 3.68KTL
16	Inversor Huawei SUN2000L- 4KTL
17	Inversor Huawei SUN2000L- 4.6KTL
18	Inversor Huawei SUN2000L- 5KTL
19	Inversor interconexion fronius Galvo 1.5KW
20	Inversor interconexion fronius Galvo 2KW
21	Inversor interconexion fronius Galvo 2.5KW
22	Inversor interconexion fronius Galvo 3KW
23	Inversor interconexion fronius Galvo 3.1KW
24	otros
25	otros