



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

Proyecto de investigación previo a la
obtención del Título de Ingeniero Eléctrico

Título del Proyecto de Investigación:

**“ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TIPO
RED EN EL ALIMENTADOR CENTRO BABAHOYO 13.8kV DE CNEL EP
UNIDAD DE NEGOCIOS LOS RÍOS”**

Autores:

Frixon Samuel Macias Salazar

Martin Junior Mainato Baren

Auspicio Académico:

Ing. Diego Patricio Peña Banegas. Msc

Quevedo - Los Ríos –Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

Campus “Manuel Haz Álvarez”

CASILLAS

QUEVEDO:73

Teléfonos: (593-05) 755203 **FAX:** (593 -05) 753 300 / 753 303

E-mail: secretariageneral@uteq.edu.ec

Quevedo – Los Ríos - Ecuador

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Macias Salazar Frixon Samuel**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o certificación profesional; y, he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Firma: _____

Macias Salazar Frixon Samuel

C.C.: 1206464347



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

Campus “Manuel Haz Álvarez”

CASILLAS

QUEVEDO:73

Teléfonos: (593-05) 755203 **FAX:** (593 -05) 753 300 / 753 303

E-mail: secretariageneral@uteq.edu.ec

Quevedo – Los Ríos - Ecuador

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Mainato Baren Martin Junior**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o certificación profesional; y, he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Firma: _____

Mainato Baren Martin Junior

C.C.: 1207199934



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

Campus “Manuel Haz Álvarez”

CASILLAS

QUEVEDO:73

Teléfonos: (593-05) 755203 **FAX:** (593 -05) 753 300 / 753 303

E-mail: secretariageneral@uteq.edu.ec

Quevedo – Los Ríos - Ecuador

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, Peña Banegas Diego Patricio Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los Egresados Sr, Macias Salazar Frixon Samuel y el Sr, Mainato Baren Martin Junior, realizaron la tesis de grado titulada **“ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TIPO RED EN EL ALIMENTADOR CENTRO BABAHOYO 13.8kV DE CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIOS LOS RÍOS”** Previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



DIEGO
PATRICIO PENA
BANEGAS

Ing. PEÑA BANEGAS DIEGO PATRICIO Msc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PRECAUCIÓN DE COINCIDENCIAS Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Sr. Ing. Washington Chiriboga Casanova, Msc.

DECANO DE LA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA UTEQ

En su despacho.

De mi consideración.

En calidad de director del trabajo de investigación titulado: **“ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TIPO RED EN EL ALIMENTADOR CENTRO BABAHOYO 13.8kV DE CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIOS LOS RÍOS”**, me permito manifestar a usted lo siguiente:

Los señores **MACIAS SALAZAR FRIXON SAMUEL** y **MAINATO BAREN MARTIN JUNIOR**, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electricidad modalidad presencial del paralelo A, han cumplido con las correcciones pertinentes e ingresado su trabajo de investigación al sistema URKUND, tengo bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema reflejado con un porcentaje favorable del 2%, cumpliendo con el reglamento de graduación de Estudiantes de Pregrado y la Normativa establecida por la Universidad.

	
Documento	TESIS TERMINADA.docx (D137274308)
Presentado	2022-05-19 21:34 (-05:00)
Presentado por	dpena@uteq.edu.ec
Recibido	dpena.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	Revisión Mostrar el mensaje completo
2% de estas 165 páginas, se componen de texto presente en 8 fuentes.	

Por la aprobación que se sirva de dar a la presente, quedo ante usted muy agradecido.

Atentamente.

 Firmado electrónicamente por
**DIEGO
PATRICIO PENA
BANEGAS**

Ing. Diego Peña Patricio Banegas, Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.



TÍTULO:

**“ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS TIPO
RED EN EL ALIMENTADOR CENTRO BABAHoyo 13.8kV DE CNEL EP UNIDAD
DE NEGOCIOS LOS RÍOS”**

**Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título
de Ingeniero Eléctrico.**

Aprobado por:

**YADYRA
MONSERRATH
ORTIZ GONZALEZ**

Firmado digitalmente por
YADYRA MONSERRATH
ORTIZ GONZALEZ
Fecha: 2022.06.26
23:09:19 -05'00'

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Yadyra Monserrath Ortiz Gonzales, Msc.

**ANDRES
ALEXANDER DE
LA TORRE MACIAS**

Firmado digitalmente por ANDRES
ALEXANDER DE LA TORRE MACIAS
DN: cn=ANDRES ALEXANDER DE LA
TORRE MACIAS, c=EC, ou=Certificado
de Clase 2 de Persona Física EC,
email=andres.delatorrem@gmail.com
Fecha: 2022.06.28 22:49:54 -05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. De la Torre Macias Andrés Alexander, Msc.



Firmado electrónicamente por:
**MILTON GEOVANNY
CUENCA CABRERA**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Milton Geovanny Cuenca Cabrera, Msc.

QUEVEDO - LOS RÍOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a nuestros padres y familiares, han sido un apoyo importante para la culminación de esta etapa universitaria, brindándonos apoyo moral, económico, y emocional en los momentos adecuados. También queremos agradecer a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, que nos acogió en sus instalaciones dotándonos de conocimientos necesarios para defendernos en el ámbito profesional, académico y moral, definiéndonos como persona y como profesional calificado. Con mucha gratitud hacia nuestros docentes queremos expresar lo gratificante que se sintió estar recibiendo sus conocimientos y experiencias en el ámbito profesional siendo de enriquecimiento laboral. Finalmente agradecemos a los docentes que nos guiaron en el desarrollo de la presente investigación.

Macias Salazar Frixon Samuel, Mainato Baren Martin Junior

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de investigación va dedicado, a Dios por darme la sabiduría día a día, a mis padres Pedro y Rosa por apoyarme en todas las decisiones que eh tomado, a mi novia Dayanna y a mi hijo Mateo por ser el motor de mi vida y a mis hermanos Indira y Jeckson por su apoyo incondicional, durante todo este proceso y por estar conmigo en todo momento, gracias.

Macias Salazar Frixon Samuel

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de investigación va dedicado, a todas las personas que han sido parte de mi vida y me han dado apoyo en varias circunstancias, ayudándome a seguir adelante y siempre tratar de ser un mejor profesional. También este trabajo de investigación es dedicado a los docentes que han sido guías en el transcurso del camino del conocimiento de la ingeniería, ya que gracias a ellos nuestros conocimientos han podido crecer para solucionar problemas que se presenten en el resto de nuestras vidas.

Mainato Baren Martin Junior

RESUMEN EJECUTIVO

El sistema eléctrico de potencia siempre ha estado en constante análisis para mejorar su funcionamiento y prestar un servicio de calidad a los usuarios finales, siempre al menor costo posible. La implementación de la generación distribuida en la red es un avance necesario para el sistema eléctrico de potencia; estos centros de generación se caracterizan por tener dimensiones de pequeña y mediana escala, de esta forma pueden ser instalados cerca de los centros de cargas con un impacto ambiental bastante bajo en comparación a los centros de generación convencionales. Los sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento (SGDA) llevan consigo efectos que en este proyecto se analizó en la red de distribución, utilizando el alimentador CENTRO- BABAHOYO 13.8kV de CNEL EP unidad de negocios Los Ríos. Para observar los cambios que conlleva la implementación de los sistemas fotovoltaicos se utilizó el software CYME versión 9, donde se emplearon sistemas de generación fotovoltaicos. Para este análisis se obtuvieron parámetros como la irradiancia, hora solar pico y temperatura para la ciudad de Babahoyo. Para el dimensionamiento se tomó como muestra el consumo de ciertos usuarios y se diseñaron los sistemas de generación fotovoltaicos con base a la demanda de estos usuarios de forma individual. Con la implementación del SGDA se presentaron resultados donde denotan las mejoras obtenidas en la red, puesto que se ubicaron 665 SGDA a lo largo de la red, con esto se logró disminuir pérdidas principalmente en las líneas del alimentador, ya que la demanda para la cabecera del alimentador disminuye, y de igual forma las pérdidas por transporte de energía disminuyen.

ABSTRACT

The electrical power system has always been in constant analysis to improve its operation and provide a quality service to users, always at the lowest possible cost. The implementation of distributed generation to the grid is a necessary advance in the electrical power system. These generation centers are characterized by having small and medium scale dimensions, in this way they can be easily installed near load centers with a fairly low environmental impact compared to conventional generation centers. The Distributed generation systems for self-supply (SGDA) carry on with the effects that are analyzed in this project in the electrical distribution network, using the CENTRO- BABAHOYO 13.8kV feeder of CNEL EP-Business Unit Los Ríos, to obtain the changes that the implementation of the SGDA entails with the help of the software CYME, where photovoltaic generation systems will be used. For this analysis, a study of environmental conditions in the city of Babahoyo was carried out, where parameters such as irradiance, peak solar time and temperature were obtained. For the sizing, the consumption of certain users will be taken as a sample and the photovoltaic generation systems will be designed based on the demand of these users individually. The results achieved with the implementation of SGDA were presented, which they denote the improvements obtained in the electrical grid, and these were because the use of 665 SGDA. In addition, these improvements make the losses in the feeder lines get decreases due to the demand in the feeder line is reduced, and in the same way the losses due to energy transport is reduced.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
ABSTRACT	x
ABREVIATURAS	xxii
CÓDIGO DUBLÍN	xxiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problematización.	3
1.1.1. Diagnóstico.....	3
1.1.2. Formulación del problema de investigación.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.	5
1.3. Justificación.	6
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco Conceptual.....	8
2.1.1. Sistema de distribución de energía eléctrica.....	8
2.1.2. La generación distribuida y las energías renovables.	8
2.1.3. Energía solar fotovoltaica.....	10
2.1.3.1 Aplicaciones	10

2.1.3.2. Ventajas	10
2.1.4. Clasificación de los sistemas de generación fotovoltaica.....	11
2.1.4.1. Sistema fotovoltaico sin batería.....	11
2.1.4.2. Sistema fotovoltaico con batería.....	11
2.1.4.3. Sistema fotovoltaico conectado a la red.	12
2.1.5. Paneles solares.....	13
2.1.5.1. Diferentes tipos de tecnologías.....	13
2.1.5.2. Curvas de los paneles.	14
2.1.6. Recurso solar en el Ecuador.	16
2.1.6.1. Radiación solar.	16
2.1.6.2. Hora solar pico.	16
2.1.6.3. Temperatura.....	17
2.1.7. Elementos que intervienen en la generación fotovoltaica.	17
2.1.7.1. Módulo solar fotovoltaico (paneles solares).....	17
2.1.7.2. Regulador de carga	17
2.1.7.3 Sistema de almacenamiento	17
2.1.7.4. Inversor.....	18
2.2. Marco Referencial.	19
2.2.1. REGULACIÓN Nro. ARCERNNR-001/2021	19
2.2.1.1. Caracterización de la generación distribuida para autoabastecimiento.	19
2.2.1.2. Dimensionamiento de la potencia nominal del SGDA.....	19
2.2.1.3. Modalidades de generación distribuida para autoabastecimiento	20
2.2.1.4. Requisitos previos a la instalación de un SGDA.....	20
2.2.1.5. Habilitación de los SGDA	20
2.2.1.6. Incremento de potencia nominal de un SGDA.....	21
2.2.1.7. Instalación, conexión de un SGDA	21
2.2.1.8. Pruebas de equipo y conexión	21

2.2.1.9. Requisitos operativos.....	22
2.2.1.10. Balance de energía.....	22
a) Consumidores con tarifa residencial y general sin demanda	22
b) Consumidores con tarifa general con demanda	23
c) Consumidores con tarifa general con demanda horaria	23
2.2.1.11. Medición de la energía eléctrica.....	24
a) SGDA ubicado en el mismo predio del consumidor	24
b) SGDA ubicado en un predio distinto al del consumidor	24
CAPÍTULO III	25
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1. Localización.....	26
3.2. Tipo de investigación.	26
3.2.1. Investigación Bibliográfica.	26
3.2.2. Investigación Aplicada.	27
3.3. Métodos de investigación.	27
3.3.1. Método comparativo.....	27
3.3.2. Método analítico.	27
3.3.3. Método Deductivo.	27
3.3.4. Método de análisis cuantitativo	27
3.4. Fuentes de recopilación de información.	28
3.5. Diseño de la investigación.	28
3.5.1. Clasificación de usuarios.	28
3.5.1.1. Usuarios residenciales.	28
3.5.1.2. Usuarios comerciales e industriales.....	29
3.5.2. Dimensionamiento de los SGDA	29
3.5.2.1. Ubicación del proyecto	29
3.5.2.2. Datos del recurso solar	29

3.5.2.3. Datos de la demanda del usuario	30
3.5.2.4. Potencia del sistema fotovoltaico.	31
3.5.2.5. Elección de la tensión del sistema.	31
3.5.2.6. Temperatura de celda.....	32
3.5.2.7. Cantidad de paneles FV.....	33
3.5.2.8. Elección del inversor.	33
3.5.2.9. Determinación de la sección del conductor.....	34
3.5.2.10. Ángulo de inclinación del módulo FV.	34
3.5.4. Datos del sistema de distribución.	35
3.5.4.1. Demanda de los usuarios conectados a la red.....	36
3.5.4.2. Perfil de carga del alimentador CENTRO BABAHOYO.	36
3.5.4.3. Voltajes y corrientes del alimentador.	37
3.5.4.4. Consumo de energía del alimentador en el año 2021.....	38
3.5.5. Modelamiento de la red de distribución en CYME 9.0.....	39
3.5.5.1. Subestación.....	39
3.5.5.2. Conductores	40
3.5.5.3. Tramos aéreos y subterráneos.....	43
3.5.5.4. Fusibles.....	44
3.5.5.5. Reconectores	45
3.5.5.6. Seccionador	46
3.5.5.7. Cargas (Transformadores)	46
3.5.5.8. Sistemas fotovoltaicos	47
3.6. Instrumentos de la investigación.	48
3.7. Tratamiento de datos.	49
3.7.1. Tamaño de muestras.	49
3.8. Recursos humanos y materiales.....	51
CAPÍTULO IV	52

RESULTADO Y DISCUSIÓN	52
4.1. Resultados.....	53
4.1.1. Instalación del SGDA mediante la regulación ARCERNNR 001/2021.....	53
4.1.2. Operación del SGDA.....	55
4.1.3. Mantenimiento del SFV.....	56
4.1.4. Diseño de los Sistemas Fotovoltaicos tipo red: Residenciales, comerciales e industriales.....	56
4.1.1.1. Ubicación.....	56
4.1.1.2. Recurso solar	56
4.1.1.3. Para usuarios Residenciales.....	58
4.1.1.4. Para usuarios Comerciales.....	67
4.1.1.5. Para usuarios Industriales	73
4.1.5. Resultado caso base, sin la incorporación de sistemas fotovoltaicos para el autoabastecimiento en la red de distribución.....	78
4.1.5.1. Perfil de carga.....	79
4.1.5.2. Pérdidas en los conductores.....	81
4.1.5.3. Pérdidas en los transformadores.....	82
4.1.5.4. Condiciones anormales.....	83
4.1.5.5. Resumen flujo de carga	84
4.1.5.6. Perfil de tensión	86
4.1.6. Resultado del caso dos, incorporando los sistemas fotovoltaicos para el autoabastecimiento en la red de distribución.....	87
4.1.6.1. Perfil de generación de los sistemas Fotovoltaicos	87
4.1.6.2. Perfil de carga en el alimentador	88
4.1.6.3. Curva de demanda con y sin SGDA.....	89
4.1.6.4. Pérdidas en los conductores.....	90
4.1.6.5. Pérdidas en los transformadores	91
4.1.6.6. Condiciones anormales.....	92

4.1.6.7. Perfil de tensión	93
4.1.7. Comparación Caso 1 y Caso 2.....	94
4.2. Discusión.	95
CAPÍTULO V	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
5.1. Conclusiones.....	97
5.2. Recomendaciones.	98
CAPÍTULO VI	99
BIBLIOGRAFÍA	99
CAPITULO VII.....	102
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estrato de consumo para usuarios residenciales.....	28
Tabla 2: Grupos de consumo en base al N.V	29
Tabla 3: Coeficientes de pérdidas	30
Tabla 4: Tensión del sistema en función al número de células del módulo FV	32
Tabla 5: Máxima caída de tensión en los diferentes circuitos.....	34
Tabla 6: Ángulo óptimo de inclinación de acuerdo a la latitud donde se encuentre el proyecto.	35
Tabla 7: Potencia aparente por tipo de usuario	36
Tabla 8: Energía demandada en el alimentador en el 2021	38
Tabla 9: Características de los conductores.....	42
Tabla 10: Configuración de los tramos del alimentador.....	44
Tabla 11: Parámetros de los reconectores del alimentador	46
Tabla 12: Datos de la capacidad nominal del seccionador.	46
Tabla 13: Tamaño muestral y estratomuestral para usuarios residenciales.....	50
Tabla 14: Tamaño muestral y estratomuestral para usuarios comerciales e industriales...	50
Tabla 15: Recursos humanos y materiales.....	51
Tabla 16: Rango de los parámetros del sistema FV al conectarse a la red de distribución	55
Tabla 17: Límites de sincronización para la interconexión síncrona a una red.....	56
Tabla 18: Mediciones de la temperatura desde el 2001-2020	57
Tabla 19: Parámetros de la demanda del usuario seleccionado	59
Tabla 20: Especificaciones técnicas del módulo Tiger Pro 60HC	59
Tabla 21: Especificaciones técnicas del módulo JKM270PP-60	60
Tabla 22: Influencia de la temperatura en el módulo Tiger Pro 60HC	61
Tabla 23: Influencia de la temperatura en el módulo JKM270PP-60	61
Tabla 24: Número de paneles utilizados para un usuario residencial	61
Tabla 25: Parámetros del inversor seleccionado	62
Tabla 26: Conductor a utilizar recomendado por el fabricante	63
Tabla 27: Conductor a utilizar mediante el criterio de caída admisible de tensión.....	63
Tabla 28: Dispositivos de protección para un usuario residencial	64
Tabla 29: Diseños de los usuarios residenciales de acuerdo con su estrato de consumo ...	67
Tabla 30: Demanda de un usuario comercial.	67
Tabla 31: Número de paneles solares para un usuario comercial.....	68

Tabla 32: Número de paneles solares en funciona al área del predio.....	68
Tabla 33: Características del inversor de 20kW	69
Tabla 34: Selección de los conductores para usuario comercial	70
Tabla 35: Dispositivos de protección para un usuario comercial	70
Tabla 36: Capacidad del transformador para un usuario comercial	71
Tabla 37: Parámetros de la demanda de un usuario industrial	73
Tabla 38: Número de paneles para un usuario industrial	73
Tabla 39: Cantidad de inversores a utilizar	74
Tabla 40: Parámetros del inversor seleccionado de 36kW	74
Tabla 41: Conductores a utilizar para el sistema FV	75
Tabla 42: Dispositivos de protección para un usuario industrial.....	76
Tabla 43: Capacidad del transformador para un usuario industrial.....	76
Tabla 44: Perfil de carga sin SGDA	80
Tabla 45: Pérdidas presentadas en los conductores sin SGDA	81
Tabla 46: Pérdidas en los transformadores sin SGDA	82
Tabla 47: Condiciones anormales en la red sin SGDA	83
Tabla 48: Perfil de generación de los sistemas Fotovoltaicos	87
Tabla 49: Perfil de carga en el alimentador con SGDA	88
Tabla 50: Pérdidas en las líneas y en los cables con SGDA.....	91
Tabla 51: Pérdidas en los transformadores con SGDA	92
Tabla 52: Condiciones anormales con SGDA en el mes de Julio	92
Tabla 53: Condiciones anormales con SGDA en el mes de diciembre	93
Tabla 54: Comparación de resultados del caso 1 y caso 2	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva I-V, con valor de temperatura constante de 25°C y una irradiancia variable	15
Figura 2: Curva I-V con una temperatura variable y una irradiancia constante de 1000 W/m2	15
Figura 3: Ubicación geográfica del alimentador Centro Babahoyo (Color Marrón)	26
Figura 4: Ángulo de inclinación del módulo.....	35
Figura 5: Perfil de carga del alimentador en un día	36
Figura 6: Voltajes de fase en cabecera del alimentador.	37
Figura 7: Corrientes de fase en cabecera del alimentador durante un día.....	38
Figura 8: Datos de la subestación Terminal terrestre	40
Figura 9: Conductores instalados en el alimentador Centro Babahoyo	41
Figura 10: Configuraciones de las líneas aéreas del alimentador	43
Figura 11: Datos de los dispositivos de protección.....	45
Figura 12: Propiedades de los transformadores.....	47
Figura 13: Características del panel a utilizar	48
Figura 14: Valores de Irradiación de la ciudad de Babahoyo	57
Figura 15: Temperaturas registradas en el período 2001-2020.....	58
Figura 16: Diagrama multifilar del sistema fotovoltaico para un usuario residencial utilizando el módulo 460Wp.	65
Figura 17: Diagrama multifilar del sistema fotovoltaico para un usuario residencial utilizando el módulo 250Wp	66
Figura 18: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico para un usuario comercial.	72
Figura 19: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico para un usuario industrial.....	77
Figura 20: Demanda del alimentador registrada durante el año 2021.....	78
Figura 21: Modelado del alimentador Centro Babahoyo en la herramienta CYMDIST de CYME.....	79
Figura 22: Perfil de carga del alimentador para los meses de junio y diciembre.....	80
Figura 23: Densidad de carga en el alimentador centro Babahoyo	85
Figura 24: Perfil de tensión sin SGDA	86
Figura 25: Curva de demanda en la cabecera del alimentador con y sin SGDA, y curva de generación fotovoltaica conectada a la red en el mes de junio.....	89

Figura 26: Curva de demanda en la cabecera del alimentador con y sin SGDA, y curva de generación fotovoltaica conectada a la red en el mes de diciembre	90
Figura 27: Perfil de tensión en cada fase del alimentador con SGDA.	94

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	22
Ecuación 2	23
Ecuación 3	23
Ecuación 4	23
Ecuación 5	31
Ecuación 6	31
Ecuación 7	31
Ecuación 8	31
Ecuación 9	32
Ecuación 10	33
Ecuación 11	33
Ecuación 12	33
Ecuación 13	33
Ecuación 14	33
Ecuación 15	33
Ecuación 16	34
Ecuación 17	49
Ecuación 18	49
Ecuación 19	59
Ecuación 20	62

ABREVIATURAS

ARCERNNR: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

SGDA: Sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento.

SFV: Sistema fotovoltaico.

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad.

S/E: Subestación eléctrica.

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

MT: Media tensión.

MB: Baja tensión.

kW: kilovatios

kWh: kilovatios hora

kVAr: kilovoltios amperios reactivos

kVA: kilovoltios amperios.

V: Voltios

A: Amperios.

PV: Potencia fotovoltaica.

TP: Transformadores de potencial.

TC: Transformador de corriente.

HSP: Hora solar pico.

CÓDIGO DUBLÍN

Título	Análisis de la incorporación de sistemas fotovoltaicos tipo red en el alimentador centro Babahoyo 13.8kV de CNEL EP unidad de negocios Los Ríos			
Autores:	Macias Salazar Frixon Samuel, Mainato Baren Martin Junior			
Palabras claves	Sistemas Fotovoltaicos	Red de distribución	Demanda de energía	CYME
Fecha de publicación:				
Editorial:				
Resumen:	<p>Resumen.- El sistema eléctrico de potencia siempre ha estado en constantes análisis para mejorar su funcionamiento y prestar un servicio de calidad a los usuarios finales siempre al menor costo posible, la implementación de la generación distribuida en la red es un avance necesario para el sistema eléctrico de potencia, estos centros de generación se caracterizan por tener dimensiones de pequeña y mediana escala, de esta forma pueden ser instalados cerca de los centros de cargas con un impacto ambiental bastante bajo en comparación a los centro de generación convencionales. Los sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento llevan consigo efectos que en este proyecto se analizó en la red de distribución, utilizando el alimentador CENTRO- BABAHOYO 13.8kV de CNEL EP unidad de negocios Los Ríos. Para observar los cambios que conlleva la implementación de los sistemas fotovoltaicos se utilizó el software CYME, donde se emplearon sistemas de generación fotovoltaicos. Para este análisis se obtuvieron parámetros como la irradiancia, hora solar pico y temperatura para la ciudad de Babahoyo. Para el dimensionamiento se tomó como muestra el consumo de ciertos usuarios y se diseñaron los sistemas de generación fotovoltaicos con base a la demanda de estos usuarios de forma individual. Con la implementación del SGDA se presentaron resultados donde denotan las mejoras obtenidas en la red, puesto que se ubicaron 665 centrales de generación fotovoltaica a lo largo de la red, con esto se logró disminuir pérdidas principalmente en las líneas del alimentador, ya que la demanda para la cabecera del alimentador disminuye, y de igual forma las pérdidas por transporte de energía disminuyen. Este sistema es favorable para la red de distribución y para los usuarios que deciden implementar este tipo de sistemas, por lo que, se debe enfatizar en realizar constantes y minuciosos análisis a este tipo de sistemas para mejorar la calidad de servicio de energía eléctrica en el Ecuador con sistemas de generación amigables con el medio ambiente que permita disminuir los costos de operación en la red.</p> <p>Abstract: The electrical power system has always been in constant analysis to improve its operation and provide a quality service to users, always at the lowest possible cost. The implementation of distributed generation to the grid is a necessary advance in the electrical power system. These generation centers are characterized by having small and medium scale dimensions, in this way they can be easily installed near load centers with a fairly low environmental impact compared to conventional generation centers. The Distributed generation systems for self-supply SGDA carry on with the effects that are analyzed in this project in the electrical distribution network, using the CENTRO- BABAHOYO 13.8kv feeder of CNEL EP-Business Unit Los Ríos, to obtain the changes that the implementation of the SGDA entails with the help of the software CYME, where photovoltaic generation systems will be used. For this analysis, a study of environmental conditions in the city of Babahoyo was carried out, where parameters such as irradiance, peak solar time and temperature were obtained. For the sizing, the consumption of certain users will be taken as a sample and the photovoltaic generation systems will be designed based on the demand of these users individually. The results achieved with the implementation of SGDA were presented, which they denote the improvements obtained in the electrical grid, and these were because the use of 665 SGDA. In addition, these improvements make the losses in the feeder lines get decreases due to the demand in the feeder line is reduced, and in the same way the losses due to energy transport is reduced.</p>			
Descripción:	Hojas: dimensiones 29x27 cm			
URL:				

INTRODUCCIÓN

Las redes de distribución de energía eléctrica son fundamentales en los sistemas eléctricos de potencia puesto que éstos permiten que la energía llegue a los usuarios finales. Las redes inteligentes hoy en día están teniendo una gran acogida, debido a que son más eficientes y más confiables con el suministro de energía eléctrica, un punto a destacar de esta tecnología es que utilizan generación renovable Disminuyendo el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica y a la vez reducen el CO₂ en la atmósfera. Otras ventajas de implementar la generación distribuida son el alivio de carga en las redes, mejora los niveles de voltaje (hasta cierto punto), ayuda a que nuevos usuarios se conecten a las redes de distribución, entre otros beneficios.

Hay que tener en cuenta que el Ecuador al estar ubicado en la mitad del mundo, cuenta con un gran potencial de recurso solar, según el “Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica” el Ecuador posee un promedio de radiación solar de 4.200kWh/año/m² muy superior a la cantidad de radiación solar de España, la cual es 1.400 kWh/año/m² [1].

Por lo tanto, en este proyecto de investigación, se realiza un análisis en el alimentador Centro Babahoyo, donde se implementan sistemas fotovoltaicos de conexión a red y se detallan las ventajas y desventajas que se producen al conectar dichos sistemas de autoabastecimientos de energía eléctrica a la red. El alimentador está conectado a la subestación Terminal Terrestre de la ciudad de Babahoyo, se tomara toda la información proporcionada por CNEL EP unidad de negocio Los Ríos para el respectivo modelamiento de la red de distribución mediante el uso del software CYME, por consiguiente, se prevé categorizar a los usuarios residenciales en función al consumo mensual de energía y a los usuarios comerciales e industriales según el nivel de tensión al cual están conectados, con base a eso se realiza el diseño de los diferentes sistemas fotovoltaicos conectados a red mediante la aplicación de la regulación ARCERNNR 001/2021, para su respectiva implementación a la red de distribución.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematicación.

1.1.1. Diagnóstico.

La demanda del sector eléctrico ecuatoriano incrementa todos los años debido a que nuevos usuarios tanto residenciales, comerciales e industriales se conectan a las redes de distribución de energía eléctrica, esto conlleva a que se debe satisfacer dicha demanda en todo el tiempo y como consecuencia de aquello se deben utilizar diferentes tecnologías de generación, según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables ARCE RNNR, en su estadística multianual del año 2020, en Ecuador la generación es de tipo renovables corresponde a un 64.91%, mientras que aún existe un 35.09% de generación no renovables, es decir contaminante que corresponde a las centrales térmicas que funcionan a partir del uso de combustibles fósiles como el MCI, turbo-gas y turbo-vapor; y esto conlleva a altos costos ambientales, sociales y económicos [2].

Además, el crecimiento de la demanda energética origina problemas en las redes de distribución. En la ciudad de Babahoyo el alimentador analizado se encuentra ubicado en el centro de la ciudad, por lo tanto, la demanda es grande y va de la mano con la cantidad de usuarios conectados, esto genera inconvenientes a la red ya que estas deben operar a su capacidad máxima, incluso a veces trabajan muy cercana al límite de voltaje, de tal manera que se producen pérdidas de potencia y energía en la red. Por ello, se plantea diseñar e incorporar sistemas fotovoltaicos conectados a red, para el autoconsumo de energía eléctrica a los usuarios que están conectados en el alimentador centro de la ciudad de Babahoyo, mediante la regulación ARCERNR 001/2021, para mejorar la calidad de energía en el alimentador y reducir en parte el consumo proveniente de la red eléctrica y por consiguiente disminuyendo emisiones de CO₂.

1.1.2. Formulación del problema de investigación.

En los últimos años en el país se han creado regulaciones que permiten a los usuarios regulados incorporar sistemas de generación distribuida a sus hogares. El gobierno apunta hacia una matriz energética 100% renovable, porque pretende disminuir el uso de combustibles contaminantes fósiles en la generación térmica, incentivando a la población el uso de las nuevas regulaciones como lo es la ARCERNNR 001/2021.

Sin embargo, la implementación de un sistema fotovoltaico de conexión a red, puede provocar ventajas como aplacar la carga en el alimentador y disminuir las pérdidas, pero así mismo puede generar desventajas como aumento excesivo de tensión en línea, además de esto al ser inyectada energía a la red generaría un flujo de potencia bidireccional, por lo tanto requerirá de nuevos estudios para una coordinación de protecciones, es por ello que en dicho proyecto de investigación se analizará los parámetros eléctricos en el alimentador antes y después de la inyección de energía por parte de los sistemas fotovoltaicos para el autoconsumo con diferentes tipos de carga.

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Qué condiciones se debe tener en cuenta para el funcionamiento y operación del sistema fotovoltaico con conexión a red?

¿Qué parámetros se deben considerar para el diseño de los sistemas de generación fotovoltaicos con conexión a red?

¿Qué beneficios proporciona el modelamiento del alimentador, en el análisis del proyecto?

¿Qué impactos se producen al incorporar los sistemas de generación fotovoltaicos tipo red en el alimentador?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Analizar los cambios en la red de distribución del alimentador CENTRO-BABAHOYO ocasionados por la incorporación de sistemas de generación fotovoltaica conectados a red.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Conocer las condiciones para la instalación, conexión, operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico tipo red mediante la regulación ARCERNNR 001/2021.
- Diseñar los sistemas de generación fotovoltaica conectados a red para cada tipo de usuarios: Residencial, comercial e industrial.
- Realizar el modelamiento del alimentador CENTRO-BABAHOYO mediante el software CYME.
- Analizar el impacto de los sistemas de generación fotovoltaicos para el alimentador con base a sus usuarios (Comercial, industrial y residencial)

1.3. Justificación.

El presente proyecto se enfocó en un sistema el cual permite tener una mayor eficiencia en el proceso de distribución de energía eléctrica, se lo conoce como sistema de generación distribuida, este consta de instalaciones reducidas para la generación de energía eléctrica y son instaladas en los puntos más cercanos posibles del consumidor y conectados a la red de distribución. Utilizando la energía fotovoltaica como fuente de generación se logra un impacto ambiental menor a otros tipos de centrales de generación, ya que es una fuente renovable y el proceso de generación no es contaminante.

La regulación ARCERNNR 01/2021 establece los requerimientos y beneficios que puede tener el consumidor al implementar este tipo de sistemas. Para que el usuario pueda conectar a la red de distribución un sistema fotovoltaico debe cumplir ciertos parámetros técnicos y de calidad, y de igual forma poder acceder a beneficios de reducción de rubros que pagar por el consumo de energía eléctrica según la cantidad de energía eléctrica proporcionada a la red de parte del consumidor.

Estos sistemas también benefician al sistema eléctrico al que se encuentre conectado, ya que para la mayoría de los consumidores la fuente de generación se encuentra alejada y se tiene que transportar la energía eléctrica por conductores de varios kilómetros de longitud en los cuales se presentan pérdidas de energía.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual.

2.1.1. Sistema de distribución de energía eléctrica.

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica es la parte que constituye el conjunto de elementos de suministro eléctrico el cual tiene el objeto de suministrar energía eléctrica desde la subestación de distribución de energía hasta la demanda final que este caso sería la carga a la que se encuentra conectada. [3]

Se debe tomar en cuenta que los dispositivos que constituye el sistema de distribución son los transformadores, interruptores, seccionadores, fusibles, etc., estos elementos tiene el objetivo de minimizar los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión para llevarlos hasta niveles de media tensión con el objetivo de distribuirlo en varias salidas. [3]

Por otro lado, también cabe destacar que la distribución de energía eléctrica en las subestaciones de la red de transporte se realiza en dos fases. El primero incluye una red de distribución, desde subestaciones y distribución de energía, a menudo a través de circuitos alrededor de los principales centros de consumo, hasta las subestaciones de distribución, las cuales se encargan de bajar la tensión utilizando un centro de transformación hasta el nivel de distribución de media tensión. La segunda etapa consiste en la propia red de distribución, que tiene una estructura radial. La red cubre el área de grandes centros receptores conectando estaciones de distribución con nodos transformadores en la etapa final de suministro de energía de media tensión, ya que estos centros crean una salida de voltaje más bajo (120/220 o 220/380 V). [4]

2.1.2. La generación distribuida y las energías renovables.

La planificación de los sistemas de distribución ha tenido el objetivo de mejorar las propiedades del sistema utilizando estrategias como la reconfiguración de la fuente de alimentación, la colocación de capacitores, reguladores de voltaje, generadores, energía distribuida, entre otros. El más investigado en el mundo es la conformación de la generación de energía distribuida, el cual permite el uso de sistemas de energía convencionales y no convencionales en el sistema de energía eléctrica. [5]

El concepto de generación distribuida tiene tres características principales: conexión cercana a la carga, generación a pequeña, mediana y gran escala, y la posibilidad de estar o no conectada a la red de distribución. Por ende, se puede hacer énfasis que la generación distribuida es una potencia eléctrica conectada al sistema de distribución. La Agencia Internacional de Energía tiene la conceptualización de que la generación distribuida se

asemeja a una planta de generación la cual transporta electricidad al usuario final el mismo que sirve de soporte al sistema de distribución acoplado al sistema a niveles de tensión de distribución. Por otro lado, las tecnologías de generación de energía eléctrica establecidas en energías renovables tienen las siguientes propiedades:

- No tienen un despacho centralizado ya que tiene una generación variable
- Dependen directamente de las condiciones ambientales.

Es importante hacer énfasis que se puede calificar también según la capacidad de generación:

- Micro (generadores desde 1 W hasta 5 kW),
- Pequeña (generadores desde 5 kW hasta 5 MW),
- Mediana (generadores desde 5 MW hasta 50 MW)
- Grande (generadores desde 50 MW hasta 300 MW).

Existen cuatro tipos de inyección de potencia por parte de la generación distribuida.

- El primero incluye sólo inyectores de energía activa.
- El segundo tiene en cuenta únicamente la entrada de potencia reactiva del generador.
- El tercero tiene en cuenta el suministro de potencia reactiva y el funcionamiento del generador.
- El cuarto permite que el generador inyecte potencia activa y reactiva con capacitores que toman reactivos de la red y los inyectan.[6]

La energía renovable se produce a partir de recursos naturales o recursos como la luz solar, el agua y el viento. Son fuentes de energía renovables de forma natural o infinita y, por lo tanto, ahorran recursos limitados como el carbón y el petróleo. [7]

Se debe tomar en cuenta que las energías renovables están muy involucradas con el clima, por lo que se originan fundamentalmente como parte de la transformación de energía eléctrica. La transformación de los combustibles fósiles a las energías renovables tiene la finalidad de lograr la neutralidad total de CO₂ en electricidad y calefacción correspondientemente. [7]

2.1.3. Energía solar fotovoltaica.

En este caso la conversión de energía fotovoltaica se fundamenta en el efecto fotoeléctrico, esto conlleva a la conversión de la energía lumínica la cual proviene de la energía solar. Para realizar esta conversión se utilizan dispositivos llamados células solares, que están hechos de materiales semiconductores que generan artificialmente un campo eléctrico constante. El material más utilizado es el silicio, y estas celdas se conectan en serie o en paralelo para formar paneles solares que proporcionan voltaje y corriente según sea necesario. [8]

2.1.3.1 Aplicaciones

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en dos categorías amplias:

- Los dispositivos están aislados de la red eléctrica.
- Un dispositivo conectado a la red.

En la primera categoría, la energía generada por conversión fotovoltaica se utiliza para satisfacer el bajo consumo de energía en el mismo lugar donde se genera la demanda. Este es el caso de aplicaciones como la electrificación viviendas fuera de la red, básicamente aldeas electrificadas. Alumbrado público autónomos en parques, calles, monumentos, estaciones de autobuses, refugios de montaña, vallas publicitarias iluminadas. Aplicaciones agrícolas y ganaderas como bombeo de agua, sistemas de riego, iluminación de invernaderos y granjas, sistema de ordeño, abastecimiento, refrigeración, potabilización de aguas. [9]

Para las instalaciones conectadas a la red, se pueden observar dos situaciones: planta de energía fotovoltaica (donde la electricidad generada se alimenta directamente a la red, como cualquier otra planta de energía convencional), y sistemas fotovoltaicos en edificios o industrias. Conectado a la red, donde parte de la energía generada se utiliza para el propio edificio y el exceso de energía se retroalimenta a la red. También es posible recargar completamente la red, el usuario extraerá energía de la red como cualquier otro usuario. [9]

2.1.3.2. Ventajas

Al no haber combustión, no hay contaminación atmosférica en el punto de uso, ni efectos como lluvia ácida, efecto invernadero por dióxido de carbono, etc. El silicio, elemento necesario para fabricar células solares, es tan abundante que no es necesario extraer grandes cantidades con urgencia. Como principal fuente de energía en el sitio, evita rieles, cables, postes de energía, no requiere líneas eléctricas grandes, reduce el impacto visual y no tiene requisitos de terreno excesivos (1kWp puede ocupar de 10 a 15 metros cuadrados). La

energía real se genera cuando no hay absolutamente ningún ruido. Además, no requiere la presencia de ninguna fuente externa (combustible) u otro tipo de recurso (agua, viento) asociado a él. [9]

2.1.4. Clasificación de los sistemas de generación fotovoltaica.

2.1.4.1. Sistema fotovoltaico sin batería.

Cuenta con módulos fotovoltaicos o generadores (GFV) que alimentan la carga directamente sin el uso de ningún sistema de almacenamiento o batería, lo que limita su capacidad de suministrar energía durante el día. Su uso es para aplicaciones donde los requisitos de energía no son muy importantes (computadoras, ventiladores, etc.), los sistemas pueden tener una confiabilidad relativamente baja, o los sistemas de almacenamiento ya son parte del sistema en sí, por ejemplo, suciedad en el sistema de bombeo. La confiabilidad del sistema se puede definir como el porcentaje de tiempo que le toma al sistema satisfacer la demanda de carga. Si bien en este tipo de sistema, el GFV suministra energía directamente a la carga, es posible que se requiera algún tipo de sistema de acondicionamiento de energía para mantener esta última funcionando correctamente y maximizar la potencia de salida. [10]

2.1.4.2. Sistema fotovoltaico con batería.

Esta es la forma más común, ya que funciona mejor para la mayoría de las aplicaciones. Consta de un sistema de almacenamiento de energía que puede alimentar la carga incluso cuando el sistema fotovoltaico está inactivo (es decir, durante la noche, incluso durante períodos de baja irradiación). Para realizar la conexión entre la batería y el GFV se lo puede realizar de dos formas, la primera es mediante un regulador de carga y la segunda opción es conectarlos directamente. [11]

El primero se puede utilizar en lugares con muy poca variación estacional y en sistemas con una autonomía de batería significativa. Además de estas circunstancias, este tipo de sistemas pueden sobrecargar y descargar significativamente la batería. En ambos casos, incluso durante un período de tiempo relativamente corto, la vida útil de la batería se reduce significativamente y se reduce la integridad y la fiabilidad del sistema. Para resolver tales problemas, se utilizó un nuevo componente electrónico: un regulador de carga, que evita la sobrecarga y la descarga profunda de la batería. Este tipo de sistema tiene una amplia gama de aplicaciones. Un caso extremo es el sistema de telecomunicaciones. [11]

Están diseñados para un bajo mantenimiento con alta confiabilidad o muy baja probabilidad de pérdida de carga (LLP). La probabilidad de pérdida de carga se puede definir como la probabilidad de que el sistema fotovoltaico no pueda satisfacer la demanda de carga. Del mismo modo, también se define como la relación entre el déficit y la demanda energética. Por ejemplo, un sistema con LLP de $5 \cdot 10^{-2}$ se caracteriza por poder satisfacer el requerimiento de carga el 95% del tiempo. Debido a la aleatoriedad de la radiación solar, el valor LLP siempre es mayor que 0. [12]

En los sistemas de telecomunicaciones, la energía necesaria para el funcionamiento normal se puede predecir con suficiente precisión. Su tamaño proporciona a la batería una autonomía relativamente larga, lo que se traduce en una alta fiabilidad (por ejemplo, 10^{-4}). Por otro lado, se pueden encontrar sistemas que alimentan viviendas aisladas sin red tradicional. Una casa puede ser una casa de vacaciones o de campo en cualquier país en desarrollo. En este caso, la confiabilidad del sistema no necesita ser alta y los usuarios deben conocer la capacidad y la carga del sistema para asegurarse de que la batería rara vez se agote. [12]

2.1.4.3. Sistema fotovoltaico conectado a la red.

En el caso especial de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, que se utilizan principalmente en casas o edificios en áreas urbanas, los elementos de conversión (módulos fotovoltaicos) que se encargan de convertir la luz solar en electricidad se montan en el techo del edificio. Cada vez mejor exposición al sol. Para la conexión eléctrica del sistema a la red, esta se realiza a través del inversor. Como cualquier otra instalación eléctrica, estas instalaciones están dotadas de los medios adecuados para permitir una correcta y segura conexión y desconexión fotovoltaica a la red y para asegurar que los equipos y el personal estén adecuadamente protegidos frente a condiciones adversas de funcionamiento. [13]

Para ello, se deben seguir los principios y recomendaciones generales, así como los estándares establecidos específicamente para tales aplicaciones, como IEEE Std 1547 (IEEE, estándar para conectar recursos distribuidos con el sistema de energía). Cuando la demanda de electricidad en el inmueble no llega a la producción fotovoltaica, la diferencia la crea la electricidad de la red tradicional. Por otro lado, cuando hay un exceso de demanda de energía

fotovoltaica, se suministra directamente a las líneas de distribución del proveedor de servicios de energía. [13]

2.1.5. Paneles solares.

Un panel solar es un dispositivo que utiliza la luz solar para generar calor o electricidad. En base a estos dos objetivos, podemos distinguir entre paneles solares que utilizan el calor solar para producir agua caliente (normalmente para uso doméstico) y paneles fotovoltaicos que generan electricidad a partir de la radiación solar que cae sobre el panel solar. En el colector de calor, es decir, colector solar, existe un líquido que absorbe la radiación solar en forma de calor, y luego pasa a la cámara acumuladora de calor. El panel de control consta de una placa receptora y los conductos por los que circula el líquido. El líquido caliente pasa por un intercambiador de calor, donde cede calor, calentando el agua para su posterior uso doméstico. A medida que sale del intercambiador de calor, el líquido se enfría y luego regresa al colector solar. [14]

Los paneles solares fotovoltaicos están formados por un gran número de células, denominadas células fotovoltaicas, que convierten la radiación solar en electricidad. La electricidad es generada por el efecto fotovoltaico producido por la energía solar (fotones), que crea cargas positivas y negativas en dos tipos diferentes de semiconductores cercanos creando un campo eléctrico y por lo tanto una corriente eléctrica. Los materiales más utilizados para fabricar estas células son el arseniuro de galio (GaAs), que se utiliza en otros componentes electrónicos complejos, y el silicio (Si), que es más económico y también se utiliza en la industria microelectrónica. [14]

2.1.5.1. Diferentes tipos de tecnologías

En los sistemas fotovoltaicos las celdas de silicio son el tipo más común y ampliamente utilizado. La eficiencia de la celda fotovoltaica depende de la estructura interna tridimensional de estas láminas de silicio. De acuerdo con esta estructura, podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- Célula de silicio monocristalino: consiste en grandes cristales individuales cortados en finas láminas, normalmente de color azul uniforme. Son los más modernos, cuestan más de fabricar y ofrecen un rendimiento excelente bajo ciertas condiciones.

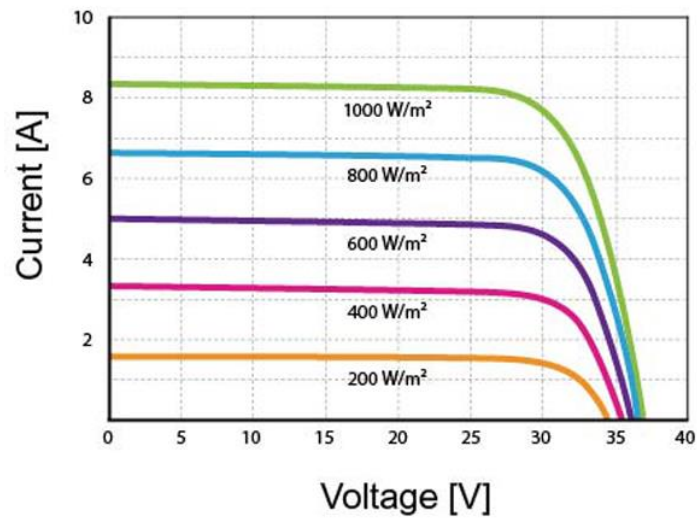
- Células de silicio policristalino: Están compuestas por varios cristales, y aunque las últimas técnicas de fabricación han hecho que las células se vean más uniformes, tienen un color azul desigual.
- Células de silicio amorfo: no incluye cristales. Son los más baratos, pero también los menos eficientes, por ejemplo, se utilizan en aparatos como calculadoras o relojes y también son capaces de generar electricidad (en pequeñas cantidades) incluso sin luz solar directa.[15]

2.1.5.2. Curvas de los paneles.

Cada panel solar tiene una curva característica mediante la cual representa la eficiencia que tiene para convertir los fotones de luz que recibe, en electricidad por un proceso denominado efecto fotovoltaico. Esta curva característica se la conoce como curva I-V, donde (I) es la intensidad de corriente y (V) es la tensión del voltaje de las células solares que fueron medidos al ser sometidos experimentalmente a ciertas condiciones de insolación y temperatura. Para leer la curva I-V correctamente se presentan los siguientes parámetros:

- Voc. (voltaje de circuito abierto) momento del "voltaje pico" se produce cuando se genera una ruptura en el circuito, representando una resistencia de un valor infinitamente elevado, por la cual no existirá un flujo de corriente a ninguna carga.
- Vmp. (tensión de potencia máxima). Es la tensión en el punto máximo de potencia, donde se intercepta con el valor máximo de corriente I_{pm} , este valor siempre será menor a Voc.
- Isc, (corriente de cortocircuito) Este valor se obtiene al unir los terminales positivos y negativos del circuito, simulando una resistencia que tiende a cero y de igual forma con un voltaje que tiende a cero, en este momento es cuando se obtiene el valor máximo de corriente.
- I_{pm} , (corriente de potencia máxima). Es la que se obtiene en la intersección con la tensión de voltaje máximo y su valor siempre será menor a Isc.
- MPP (Punto de potencia máxima). Es el punto donde se intersectan los valores máximos de corriente I_{pm} y voltaje V_{pm} , el producto de estos valores corresponden a el valor de la potencia máxima de energía en el sistema fotovoltaico.[16]

Figura 1: Curva I-V, con valor de temperatura constante de 25°C y una irradiancia variable

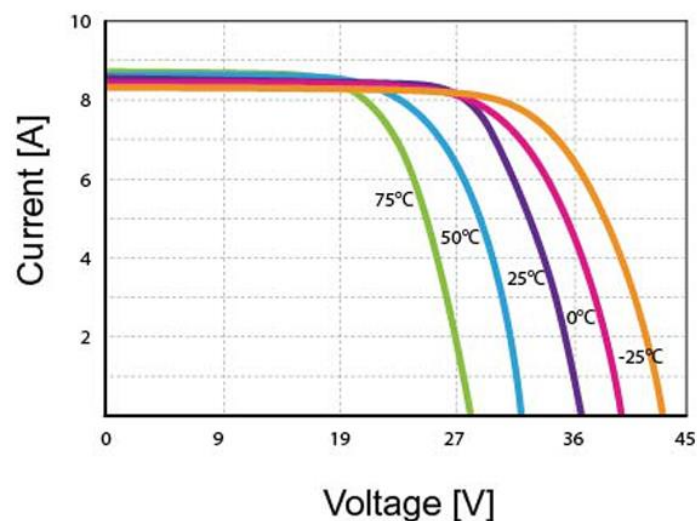


Fuente: TECNOSOL, 2017

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En la figura 1 se presenta la curva I-V, donde se considera un valor constante de temperatura de 25°C, y un valor de irradiancia variable, cuando los valores de irradiancia aumentan, el valor de corriente también aumenta considerablemente mayor al aumento que experimenta el voltaje, de igual forma cuando disminuye.

Figura 2: Curva I-V con una temperatura variable y una irradiancia constante de 1000 W/m²



Fuente: TECNOSOL, 2017

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

La figura 2 muestra la curva I-V donde el valor de la irradiancia es constante con un valor de 1000 W/m^2 , mientras que la temperatura varía, cuando la temperatura se aumenta, el valor del voltaje aumenta considerablemente, mayor al aumento que experimenta la corriente, de igual forma cuando disminuye.

2.1.6. Recurso solar en el Ecuador.

2.1.6.1. Radiación solar.

La radiación solar es la energía que se obtiene del sol en forma de luz. La radiación solar se define como el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. Esta colección de radiación es el resultado de varias reacciones nucleares resultantes de la fusión de núcleos atómicos. Durante esta operación se libera una gran cantidad de energía, que es la energía emitida por el sol. La radiación solar es la fuente de energía más importante y la causa de la vida en la Tierra. Esta radiación solar es responsable de otras formas de energía relacionadas, como el viento y las olas del mar. [17]

En Ecuador se estima que el valor medio aproximado de radiación solar en la parte peninsular es de 4200 kWh/año , con una variación aproximada de 30% en diferentes sectores del Ecuador continental y un 40 % en la región peninsular. La extensa variedad de condiciones atmosféricas y topográficas que se presentan en el Ecuador y el amplio intervalo de latitudes, desde las Galápagos hasta la Amazonia, crea una inmensa diversidad de situaciones de radiación a lo largo del país.[18]

2.1.6.2. Hora solar pico.

Es la cantidad de energía solar recibida por metro cuadrado de superficie. En total, si hay 5 HSP en este momento, tenemos 5 horas de sol transmitiendo 1000 W/m^2 . El sitio recibirá 5.000 Wh/m^2 en esa fecha, lo que equivale a 5 kWh/m^2 . (HSP) es la cantidad de energía que recibimos, medida en horas por metro cuadrado, y esta energía no es la misma según la ubicación (más cerca del ecuador, mayor) y la época del año. El sol de invierno es diferente del sol de verano. Así que cuando nos dicen que el pico solar de verano en julio es de 7, eso significa que el sol producirá unos 7.000 Wh/m^2 al día durante ese mes. En verano, podemos tener 10 horas de sol, pero producirá muy poco por la mañana y mucho al mediodía. Tenemos un total de 7 kWh/m^2 . [19]

2.1.6.3. Temperatura.

A medida que aumenta la temperatura, la capacidad del módulo fotovoltaico disminuirá. Al trabajar en el techo, el módulo se calienta mucho y su temperatura interna alcanza los 50 - 75°C. Por lo tanto, para el módulo cristalino, el factor de corte típico recomendado por la CEC (Comisión de Energía de California) es 89% o 0,89. Por lo tanto, un módulo típico de 100 vatios funcionará a unos 85 vatios ($95 \text{ vatios} \times 0,89 = 85 \text{ vatios}$).[20]

2.1.7. Elementos que intervienen en la generación fotovoltaica.

Los sistemas solares fotovoltaicos son capaces de generar electricidad a partir de fuentes renovables a partir de la radiación solar. Varios componentes están involucrados en su instalación y estos componentes son muy importantes en la instalación fotovoltaica ya que ejecutan su sistema operativo. Cada parte que lo compone debe recolectar energía solar y procesarla con el tiempo. Es un recurso eficiente y su demanda es creciente ya que se encarga de proporcionar servicios como agua caliente y calefacción, además de proporcionar electricidad a hogares aislados y sin red eléctrica. [21]

2.1.7.1. Módulo solar fotovoltaico (paneles solares)

Es el elemento principal de los sistemas fotovoltaicos, este consta de un conjunto de células fotovoltaicas las cuales aprovechan la energía solar para convertirla en energía eléctrica y la transporta a los diferentes equipos que conforman el sistema.[22]

2.1.7.2. Regulador de carga

El regulador de carga cumple la función de evitar que exista una sobredescarga en el banco de baterías del sistema, ya que esto podría ocasionar averías en las baterías disminuyendo la capacidad de almacenamiento. Otra función del regulador es impedir que las baterías reciban energía cuando estas ya están completamente cargadas, ya que se puede producir gasificación en las baterías o calentarse disminuyendo la vida útil de las baterías.[23]

2.1.7.3 Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento es muy utilizado en los sistemas fotovoltaicos autónomos, ya que, al estar desconectados de la red, se debe cubrir la demanda de energía en horarios donde la generación de energía es nula o muy baja, con el sistema de almacenamiento podemos cubrir dicha demanda. El sistema de almacenamiento está compuesto por un banco de batería, y envía la energía requerida a un inversor y este a su vez entrega directamente a la

carga conectada. Existen varios parámetros que se deben considerar al momento de escoger un tipo de batería, como son: el rendimiento, profundidad de descarga, ciclado, capacidad de almacenamiento, vida útil, tipo de tecnología, entre otros.[24]

2.1.7.4. Inversor

El inversor es el encargado de convertir la corriente directa DC que se obtiene a través de los paneles solares o del sistema de almacenamiento, en corriente alterna AC, con el nivel de tensión requerido, por lo general 120-240-360 V. En la actualidad existen muchos tipos de inversores con características muy variadas, es por ello que al momento de elegir un inversor se debe considerar varios aspectos importantes que presenta cada inversor como puede ser: Potencia nominal, eficiencia, temperatura de operación, valores de entrada (voltaje nominal), valores de salida (forma de onda, corriente nominal, voltaje nominal, frecuencia, distorsión armónica, regulación, número de fases)[25].

2.2. Marco Referencial.

2.2.1. REGULACIÓN Nro. ARCERNNR-001/2021

Marco normativo de la generación distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica.

La regulación insta las disposiciones para los procesos de habilitación, conexión y operación de los sistemas de generación distribuida que están constituidas a base de energías renovables para el autoabastecimiento de consumidores regulados. Dicha norma será aplicada a los consumidores que instalen y operen sistemas de generación distribuida que estén sincronizados a la red de distribución [26].

2.2.1.1. Caracterización de la generación distribuida para autoabastecimiento.

El SGDA debe encontrarse dentro de la misma área de servicio en la que se encuentra el usuario que instalará el sistema, la demanda estará asociada a un número de cuenta contrato y debe cumplir los siguientes parámetros:

- Potencia nominal debe ser menor a 1MW
- El sistema debe ser conectado a la red y estar sincronizado con la misma, o a través de las instalaciones del usuario.
- Debe aprovechar recursos renovables que estén dentro de la zona de la distribuidora.
- El sistema puede o no contener almacenamiento de energía [26].

2.2.1.2. Dimensionamiento de la potencia nominal del SGDA

La determinación de la potencia nominal se realizará en base a un estudio técnico de carga y demanda en término de energía, con la finalidad de abastecer la demanda de energía anual del consumidor. La energía generada anual del sistema fotovoltaico incorporado debe ser igual o menor que la energía anual consumida del consumidor, cabe recalcar que el dimensionamiento es responsabilidad del usuario [26].

Consumidores existentes: El estudio técnico se fomentará en base a los consumos históricos de energía eléctrica de los últimos 24 meses.

Nuevo consumidor: Se realizará una proyección de demanda de energía durante la vida útil del SGDA.

2.2.1.3. Modalidades de generación distribuida para autoabastecimiento

Con el objetivo de aprovechar el recurso energético renovable dentro del área de servicio de la empresa distribuidora, mediante el uso de tecnologías renovables, se establecen las siguientes modalidades:

- El SGDA y la demanda del consumidor se encuentran ubicadas en el mismo predio y disponen de un punto de conexión y medición con la red eléctrica.
- El SGDA y la demanda se encuentran en diferentes predios, pero conectadas a través de la red de distribución. El punto de conexión y de medición son individuales tanto para el SGDA como para la demanda del consumidor [26].

2.2.1.4. Requisitos previos a la instalación de un SGDA

- Solicitud de factibilidad de conexión de un SGDA
- Factibilidad de conexión para SGDAs

Categoría 1

Voltaje de conexión	Potencial nominal
Bajo	< a 10 kW monofásica
	< a 20 kW bifásica
	< a 30 kW trifásica

Fuente: ARCERNNR, 2021

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Categoría 2

Para usuarios que sobrepasen la potencia nominal de la categoría 1, realizarán un formulario, en base a lo establecido en la regulación, en el cual la distribuidora establecerá los parámetros que el usuario debe cumplir para no afectar la calidad de la energía en la red [26].

2.2.1.5. Habilitación de los SGDA

Para que el usuario pueda instalar y operar el SGDA debe obtener el certificado de calificación, cumpliendo con un proceder de pasos que lo dispondrá la distribuidora, en el cual el usuario presentará la siguiente documentación:

1. Factibilidad de conexión
2. Ubicación del inmueble o predio donde se va a instalar el SGDA
3. Documento que acredite, la propiedad, posesión legítima del inmueble donde se instalará el SGDA
4. Memoria técnica del proyecto, que debe incluir:
 - Dimensionamiento del SGDA
 - Especificaciones del equipamiento del SGDA
 - Diagrama unifilar de la instalación
5. Diseño de las obras y/o adecuaciones a la red
6. Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones.
7. Cronograma de ejecución del proyecto del SGDA
8. Estar al día en los pagos a la distribuidora del SPEE y SAPG de todos los suministros de energía eléctrica a nombre del consumidor [26].

2.2.1.6. Incremento de potencia nominal de un SGDA

Si el usuario cuenta con el respectivo certificado de calificación vigente, podrá incrementar la potencia nominal hasta 1 MW solicitando ante la empresa distribuidora el nuevo respectivo certificado de calificación [26].

2.2.1.7. Instalación, conexión de un SGDA

El dueño del SGDA será el encargado de la construcción de todas las obras civiles y de la instalación de cada uno de los componentes del SGDA, conforme al cronograma presentado ante la distribuidora, cumpliendo con las normativas establecidas en la presente Regulación [26].

Si por algún motivo el usuario se retrasa en la obra civil, instalación de equipos y la operación del sistema, el usuario podrá solicitar una prórroga ante la distribuidora para el inicio de operación del SGDA [26].

2.2.1.8. Pruebas de equipo y conexión

Para la respectiva conexión del sistema de generación a la red, se procederá juntamente con la empresa distribuidora. Las pruebas y los requisitos técnicos para la conexión de un SGDA hacia la red, se tomará como norma referencial la IEEE Std. 1547 [26].

Una vez aprobadas las pruebas técnicas de conexión se suscribirá el contrato de suministro, y se autorizará la conexión e inicio de operación del sistema de generación [26].

2.2.1.9. Requisitos operativos

- Los sistemas de generación serán auto despachados y cumplirán las disposiciones operativas que otorga la distribuidora.
- La calidad de producto es responsabilidad únicamente del usuario y el control de los parámetros eléctricos que se cumplan serán únicamente por la distribuidora.
- En caso de que existan incumplimientos en la calidad de la energía la empresa distribuidora dispondrá una suspensión al usuario hasta que dichos parámetros cumplan con los límites establecidos.
- El usuario tomará como base los requerimientos técnicos que establecen la norma IEEE Std 1547, con respecto a operación normal, respuesta a condiciones anormales, monitoreo y control.
- Las maniobras de conexión y operación del SGDA no deben afectar a la calidad del servicio eléctrico por lo cual el propietario del sistema es el único responsable.
- El propietario del SGDA es adicionalmente responsable de daños derivados de la operación del SGDA que afecten a la seguridad de personas y a bienes de terceros

2.2.1.10. Balance de energía

La producción de energía del SGDA tiene como objetivo autoabastecer la demanda de energía eléctrica al usuario, si por condiciones operativas o por variación del consumo se presenta excedentes de energía, dicho excedente se inyectará a la red de distribución y el tratamiento por parte de la distribuidora se sujetará a las siguientes disposiciones[26]:

a) Consumidores con tarifa residencial y general sin demanda

Para los usuarios que no tengan demanda horaria, mediante al pliego tarifario vigente se considerará lo siguiente:

Mediante el sistema de medición de energía respectivo, se determinará el balance de energía de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$ENET_i = ERED_i - EINY_i \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$ENET_i$: Energía neta en el periodo mensual de consumo [kWh]

$ERED_i$: Energía consumida de la red eléctrica en el mes [kWh]

$EINY_i$: energía inyectada hacia la red eléctrica en el mes [kWh]

- Si la energía neta es menor o igual que cero, la empresa eléctrica facturará al consumidor por concepto de energía consumida, con valor cero
- Si la energía neta es mayor que cero, la empresa eléctrica verificará si el usuario dispone de un saldo total acumulado de meses anteriores; si es así se debitará del saldo acumulado; caso contrario se le facturará el saldo de energía restante en base a la tarifa correspondiente del pliego tarifario establecido en la SPEE [26].

b) Consumidores con tarifa general con demanda

Para consumidores que cuenten una tarifa con demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, el cálculo de la energía se lo establecerá como se lo realiza a los consumidores con tarifa residencial general y sin demanda; aparte de eso la empresa eléctrica le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo por comercialización en base al pliego tarifario [26]

c) Consumidores con tarifa general con demanda horaria

Para este tipo de usuarios se considerará lo siguiente:

La empresa eléctrica mediante las mediciones respectivas, se determinará el balance neto de energía en el mes, en cada uno de los periodos de demanda horaria aplicables al usuario, según lo establece el pliego tarifario [26].

La empresa eléctrica calculará en cada periodo de demanda, la energía equivalente inyectada por el SGDA y la energía equivalente consumida de la red por el consumidor, mediante las siguientes ecuaciones:

$$EEINY_i = \sum_{k=1}^n \frac{EINY_k \times T_k}{Tm_i} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$EERED_i = \sum_{k=1}^n \frac{ERED_k \times T_k}{Tm_i} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$ENETE_i = EERED_i - EEINY_i \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$EEINY_i$: Energía equivalente inyectada por el SGDA en el mes [kWh]

$EERED_i$: Energía equivalente consumida de la red en el mes [kWh]

Tm_i : Mayor de los cargos tarifarios horarios de los periodos de demanda aplicables al consumidor en el mes [USD/kWh]

T_k : cargo tarifario por energía del periodo de demanda k [USD/kWh]

$EINY_k$: Energía inyectada por el SGDA en el mes, en los periodos de demanda en que se aplica el cargo tarifario por energía [kWh]

$ERED_k$: energía consumida de la red en el mes, en los periodos de demanda en que se aplica el pliego tarifario por energía [kWh]

n: Número de cargos tarifarios por energía aplicables a la tarifa a la que corresponde el consumidor

$ENETE_i$: Energía neta equivalente en el periodo mensual de consumo [kWh]

2.2.1.11. Medición de la energía eléctrica

Con lo que respecta al sistema de medición a usuarios que tengan su SGDA se analizará para los siguientes casos:

a) SGDA ubicado en el mismo predio del consumidor

La distribuidora será la responsable de la adquisición, calibración e instalación del medidor bidireccional, con la finalidad de registrar el consumo neto de energía por parte del consumidor. El consumidor deberá cancelar la diferencia del costo del medidor en relación al equipo que la empresa eléctrica instalaría a un usuario de la misma categoría sin un SGDA, dicho valor será cancelado en la primera planilla de consumo [26]

b) SGDA ubicado en un predio distinto al del consumidor

Para este caso la distribuidora instalará dos equipos de medición unidireccionales; uno en el predio donde se encuentra el SGDA para medir la energía inyectada; y el otro donde se encuentra la demanda del consumidor para medir la energía consumida, para que así la distribuidora pueda realizar el neteo de energía [26].

Como en el punto anterior la distribuidora está a cargo de la adquisición, calibración e instalación, y el valor de los equipos de medición serán facturados en la primera planilla de consumo [26].

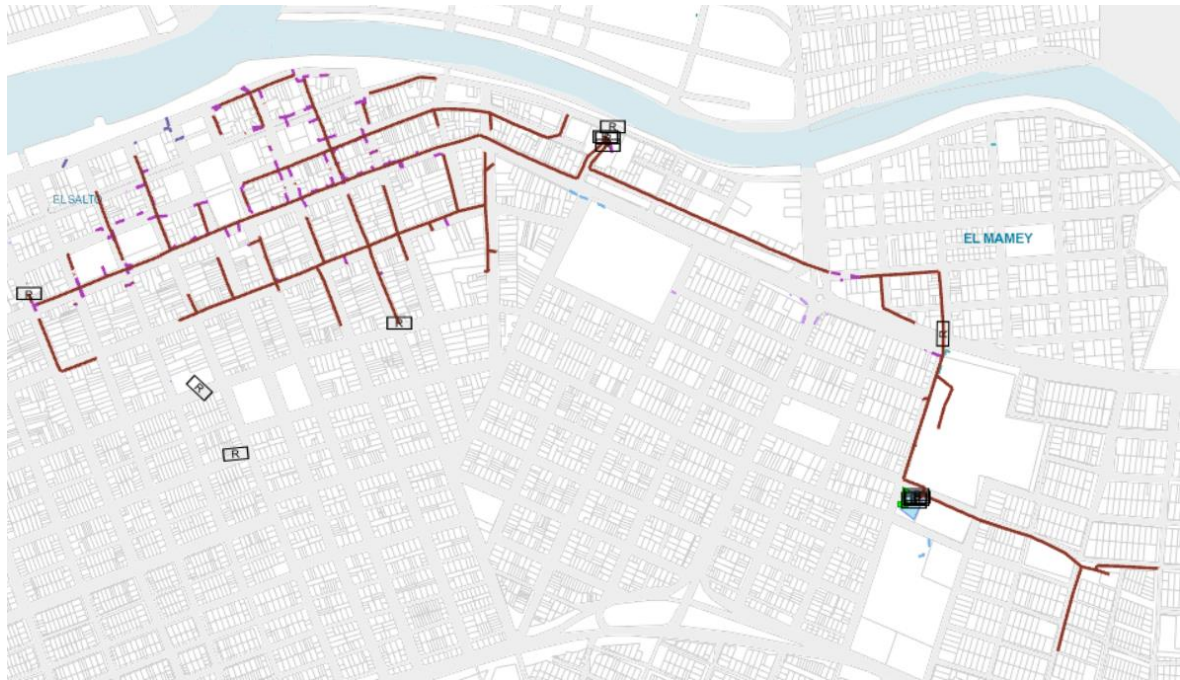
CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

Este proyecto de estudio está ubicado en el centro de ciudad de Babahoyo en la provincia de Los Ríos, donde se realizó el análisis técnico del alimentador S/E – CENTRO BABAHOYO, dicho alimentador está dentro del área de concesión de la distribuidora CNEL EP Unidad de negocios Los Ríos, la cual facilitó los datos técnicos para dicho estudio.

Figura 3: Ubicación geográfica del alimentador Centro Babahoyo (Color Marrón)



Fuente: GEOPORTAL CNEL

Elaborado por: GRUPO DE GIS DE CNEL

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación Bibliográfica.

Permitió identificar los estudios y parámetros que intervienen en el proceso de generación de energía eléctrica a partir de los sistemas fotovoltaicos para autoconsumo, mediante la utilización de fuentes documentales y teóricas, tomando en cuenta estudios realizados y posibles metodologías que se han utilizado para conocer las ventajas y desventajas al incorporar sistemas fotovoltaicos a la red de distribución.

3.2.2. Investigación Aplicada.

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas presentado en la sociedad o en el sector productivo, por lo cual se procedió a aplicar los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación, para identificar los problemas o ventajas que se tendrían al inyectar potencia por parte de un sistema fotovoltaico de un usuario regulado hacia el alimentador Centro Babahoyo de la red de distribución de la CNEL unidad de negocios Los Ríos, lo cual dicho análisis se realizó mediante el uso del software CYME.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Método comparativo.

Mediante un proceso sistemático en el cual intervienen uno o más fenómenos, se busca establecer mediante la comparación, para crear similitudes y diferencias entre ellos, por lo tanto, se comparará con estudios similares para realizar cada uno de los dimensionamientos para los usuarios residenciales, comerciales e industriales y elegir la mejor metodología conveniente, tomando en cuenta todos los aspectos técnicos.

3.3.2. Método analítico.

El método analítico descompone una premisa en elementos básicos que plantean comprender los fenómenos al describir y medir las relaciones causales que suceden. Por lo tanto, el método apoya al procesamiento de los datos e información que permitió un correcto análisis a la hora de incorporar generación distribuida hacia las redes de distribución, teniendo en cuenta cada uno de los parámetros como: perfiles de tensión, flujos de potencia y las pérdidas en la red.

3.3.3. Método Deductivo.

Con base a los antecedentes de estudios realizados, se extraerán conclusiones válidas, para determinar las mejores metodologías para los dimensionamientos de los sistemas FV para cada tipo de usuario, y en base a las características de cada usuario utilizar componentes que se adecuen al sistema sin que afecten los parámetros eléctricos de la red.

3.3.4. Método de análisis cuantitativo

Se emplea dicho método debido a que los datos de los usuarios son cuantitativos con características similares y con un patrón de comportamiento similar, para aquello se utilizara

un método probabilístico de muestreo aleatorio estratificado (M.A.E) para categorizar y clasificar a cada usuario.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La información fue recopilada a través de fuentes primarias debido a que se obtuvo información de la base de datos de la Unidad de Negocios Los Ríos, como los parámetros del alimentador (estructuras, número de usuarios y mediciones). Además, se obtuvo información de las fuentes secundarias tales como:

Power larc NASA; para obtener los datos climatológicos como la irradiancia y la temperatura en dicha zona para el respectivo dimensionamiento de los SGDA; Geoportal de CNEL, para datos de ubicación de los usuarios. Además, este proyecto se guio mediante la regulación ARCERNNR 001/2021 para seguir los pasos que se deben tener en cuenta para la instalación y operación de los SGDA. Finalmente, mediante libros, artículos y revistas, para complementar información basada en sistemas de generación fotovoltaica conectados a red.

3.5. Diseño de la investigación.

3.5.1. Clasificación de usuarios.

Para llevar a cabo el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos se realizó primeramente una clasificación a los usuarios residenciales, comerciales e industriales.

3.5.1.1. Usuarios residenciales.

Tabla 1: Estrato de consumo para usuarios residenciales

Categoría de estrato de consumo	# Clientes	Escalas [kWh/mes/cliente]
E	684	0-100
D	301	101-150
C	357	151-250
B	174	251-350
A	166	351-500
A1	122	≥501

Fuente: GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN, 2017

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Para los usuarios residenciales con un total de 1804, se los agrupó en base al estrato de consumo mensual en kWh, como lo establece la norma para sistema de distribución en el apartado A- Guía de diseño de redes de distribución de la EEQ S.A [27].

3.5.1.2. Usuarios comerciales e industriales.

Para la clasificación de los usuarios comerciales e industriales se los agrupó con base al nivel de tensión al cual están conectados, como lo establece el capítulo 3 del pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica de la ARCERNNR [28].

Tabla 2: Grupos de consumo en base al N.V

Nivel de voltaje	Grupo de consumo	# Clientes
Bajo voltaje	Comercial	779
NV<600V	Industrial	51
Medio voltaje	Comercial	4
$600V \leq NV \leq 40kV$	Industrial	67

Fuente: PLIEGO TARIFARIO ARCERNNR, 2021

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

3.5.2. Dimensionamiento de los SGDA

Para realizar los respectivos modelamientos de los SGDA, se necesita conocer una serie de parámetros que se detallan a continuación:

3.5.2.1. Ubicación del proyecto

Se necesita las coordenadas x,y donde se realiza el proyecto, ya que estas coordenadas permiten conocer el recurso solar en dicha zona y conocer el ángulo de inclinación, al cual se someten los paneles solares.

3.5.2.2. Datos del recurso solar

Con las coordenadas obtenidas se procede a conocer el recurso solar en dicha zona, mediante el uso de servidores web como el Power Larc NASA.

Las fuentes mencionadas ayudan a conocer los datos históricos de irradiancia y temperatura en la zona a estudio y permitirá conocer los promedios mensuales de la irradiancia, temperatura máxima, temperatura mínima y la hora solar pico [HSP].

3.5.2.3. Datos de la demanda del usuario

Tabla 3: Coeficientes de pérdidas

k_b	Pérdidas en el proceso de acumulación		
0.05	Acumuladores nuevos, sin descargas intensas		
0.1	Acumuladores viejos, descargas intensas		
k_r	Pérdidas en el controlador de carga		
0.1	Controlador de carga eficiente		
0.15	Controlador de carga antiguo, poco eficiente		
k_a	Autodescarga de la batería		
0.002	Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento		
0.005	Baterías estacionarias de energía solar		
0.012	Baterías de alta autodescarga		
k_i	Pérdidas por el rendimiento del inversor		
0	No hay inversor en la instalación		
0.05	Rendimiento inversor 95%		
0.1	Rendimiento inversor 90%		
0.15	Rendimiento inversor 85%		
0.2	Rendimiento inversor <85%		
k_v	Otras pérdidas no consideradas		
0.1	Si no han tenido en cuenta pérdidas en el cableado		
0.05	Si ya se ha realizado un estudio detallado de pérdidas		
P_d	Profundidad de descarga máxima admisible		
0.9	Batería descargada hasta el 90%	0.5	Batería descargada hasta el 50%
0.8	Batería descargada hasta el 80%	0.4	Batería descargada hasta el 40%
0.7	Batería descargada hasta el 70%	0.3	Batería descargada hasta el 30%
0.6	Batería descargada hasta el 60%		
N	Número de días de autonomía		
3	Vivienda fines de semana		
5	Vivienda habitual		
15	Instalaciones especiales con servicio prioritario		
20	Instalaciones especiales alta fiabilidad		

Fuente: INEL, 2021

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

La demanda del usuario es de vital importancia, porque permitirá calcular la cantidad de paneles a utilizar en la instalación, para ello se necesita conocer un registro histórico de la demanda mensual (24 meses); esto se da para usuarios que ya han generado un consumo y para usuarios nuevos se realiza una proyección de demanda.

Para calcular la demanda energética se utiliza la siguiente ecuación:

$$Demanda\ energética = \frac{Energía\ consumida\ diaria}{Rendimiento\ global} [kWh] \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde

La energía consumida diaria: Para usuarios con registro histórico se da mediante la Ecuación 6, mientras que para los usuarios nuevos se realiza un diagrama de carga donde se toma en cuenta los equipos eléctricos a utilizar y el número de horas que estarán encendidos.

$$Energía\ consumida\ diaria = \frac{Energía\ pro\ mensual}{30} [kWh] \quad \text{Ecuación 6}$$

Rendimiento global de la instalación: Son las pérdidas que se producen en los equipos que intervienen en el sistema de generación fotovoltaico y se los representan mediante coeficiente con valoraciones según sus condiciones[29].

$$R = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v) * (1 - k_a * \frac{N}{P_d}) \quad \text{Ecuación 7}$$

3.5.2.4. Potencia del sistema fotovoltaico.

Teniendo la demanda energética del usuario se halla la potencia del generador fotovoltaico

$$P_{G-FV} = \frac{Demanda\ energética}{HSP} [W] \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

P_{G-FV} : Potencia generada FV [W]

HSP: Hora solar pico [kWh/m²/día]

3.5.2.5. Elección de la tensión del sistema.

Para elegir la tensión del sistema hay diferentes metodologías, según [30], [31] y [32] establece que la tensión nominal del sistema se la elige en función al voltaje de máxima potencia del panel, en función a la potencia instalada del consumo del usuario o del número

de células que contenga el panel; si el módulo presenta voltajes en potencia máxima entre 15 y 19V; la tensión del sistema se toma de 12V y si es entre 36 y 39V; la tensión del sistema se toma de 24V, a continuación, se categoriza el voltaje del sistema en función al número de células que contenga el panel.

Tabla 4: Tensión del sistema en función al número de células del módulo FV

# Células	Voltaje de trabajo del módulo	Voltaje del sistema [V]	Aplicaciones recomendadas
36	12V	12	Sistemas Autónomos
60	24V	Entrada de DC del inversor	Conectados a red
72	24V	24	Sistemas Autónomos
120	12-24-48V	12-24-48-Inversor	Para potencias elevadas
144	12-24-48V	12-24-48-Inversor	Para potencias elevadas

Fuente: AUTOSOLAR, TECHNOSUN

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

3.5.2.6. Temperatura de celda.

Los parámetros de los paneles fotovoltaicos son cálculos obtenidos en función a condiciones de laboratorio STC; es decir cuando los módulos se someten a una irradiancia de 1000W/m² y 25°C; pero estos parámetros casi no se dan cuando los paneles están en funcionamiento, es por ello que es necesario calcular la variación de la temperatura cuando trabajan a diferentes condiciones [33].

$$T_C = T_{amb} \frac{NOCT-20}{800} * G \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \textbf{Ecuación 9}$$

Donde:

T_C: Temperatura de la celda

T_{amb}: Temperatura ambiente

NOCT: Temperatura operacional nominal de célula

G: Irradiancia

Una vez obtenida la temperatura de la celda se procede a corregir las características del panel fotovoltaico, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\Delta P_{max} = (T_{cmax} - 25^{\circ}\text{C}) * coef. T_{Pmax} \%/^{\circ}\text{C} \quad \textbf{Ecuación 10}$$

$$\Delta V_{oc} = (T_{cmin} - 25^{\circ}\text{C}) * coef. T_{Voc} \%/^{\circ}\text{C} \quad \textbf{Ecuación 11}$$

$$\Delta I_{sc} = (T_{cmax} - 25^{\circ}\text{C}) * coef. T_{Isc} \%/^{\circ}\text{C} \quad \textbf{Ecuación 12}$$

3.5.2.7. Cantidad de paneles FV.

Obtenido los valores corregidos del módulo fotovoltaico, se calcula la cantidad de paneles que se utilizan en el sistema de generación, así mismo el número de paneles en serie y en paralelo.

$$N. \text{ paneles} = \frac{P_{G-FV}}{P_{FV} \text{ corregido}} \quad \textbf{Ecuación 13}$$

$$N_{PS} = \frac{V_{nominal}}{V_{oc}} \quad \textbf{Ecuación 14}$$

$$N_{PP} = \frac{P_{G-FV}}{P_{FV} \text{ corregido} \times N_{PS}} \quad \textbf{Ecuación 15}$$

Donde:

$N. \text{ paneles}$: El número de paneles FV a utilizar en el sistema.

N_{PS} : Número de paneles en serie

N_{PP} : Número de paneles en paralelo-Arreglo en paralelo

V_{oc} : voltaje de circuito abierto

$V_{nominal}$: Voltaje nominal del sistema

3.5.2.8. Elección del inversor.

El inversor se elige en función a la capacidad del sistema fotovoltaico [kW], si se opta por un inversor de potencia muy superior a la de la potencia pico del sistema, existirá un número elevado de horas, en la que el inversor opere a bajos rendimientos; y si se elige un inversor de potencia muy inferior, tomando en consideración los efectos combinados de la irradiancia y la temperatura, habrá determinado número de horas en la que el inversor se encuentre operando en limitación de potencia o este se encuentre parado. Por lo que se recomienda que la potencia del inversor sea entre un 70% y un 90% de la potencia nominal del generador FV [32].

3.5.2.9. Determinación de la sección del conductor.

La sección del conductor dependerá de la corriente que circula a través de cada uno de los componentes que intervienen en el sistema fotovoltaico, según [32] la máxima caída de tensión se detalla a continuación:

Tabla 5: Máxima caída de tensión en los diferentes circuitos

Desde	Hacia	Caída de tensión máxima [%]
Generador	Regulador/inversor	3
Regulador	Batería	1
Inversor	Batería	1
Regulador	Inversor	1
Inversor/ regulador	Carga	3

Fuente: DIAZ, CARMONA, 2010

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Para determinar la sección de los conductores en cada tramo del circuito se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\%(Va - Vb)} [mm^2] \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde

S: sección del conductor

ρ : Conductividad del material

L: Longitud

I: Intensidad de corriente

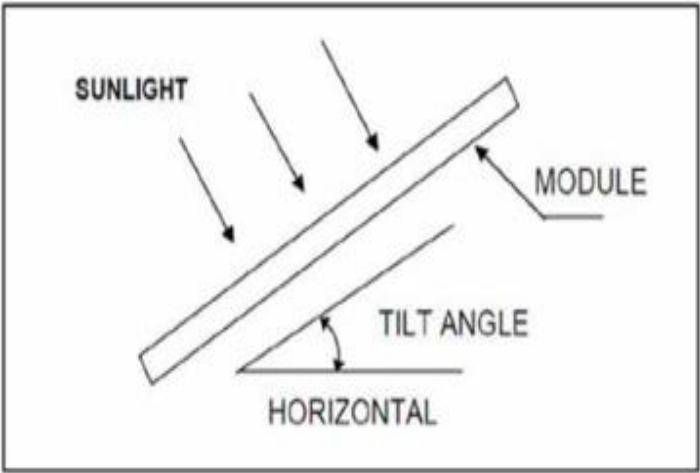
$\%(Va - Vb)$: caída de tensión

3.5.2.10. Ángulo de inclinación del módulo FV.

El fabricante Neosun y otros [34], recomiendan instalar los módulos que están conectados en serie a una misma orientación y ángulo, ya que a orientaciones y ángulos diferentes pueden provocar una reducción de potencia de salida. Para instalaciones en las que los módulos solares están en una misma estructura, los módulos deben inclinarse para que tengan un rendimiento óptimo en época de invierno. El ángulo de inclinación del módulo se

mide entre los módulos solares y el suelo. La inclinación óptima del tiempo del módulo de energía es casi la misma que la latitud del lugar de la instalación.

Figura 4: Ángulo de inclinación del módulo



Fuente: NEOSUN ENERGY

Tabla 6: Ángulo óptimo de inclinación de acuerdo a la latitud donde se encuentre el proyecto.

Grado de latitud	Ángulo de inclinación
0°~15°	15°
15°~25°	Misma latitud
25°~30°	Latitud +5°
30°~35°	Latitud +10°
35°~40°	Latitud +15°
40° +	Latitud +20°

Fuente: NEOSUN ENERGY

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Debido a que el Ecuador está cercano a la línea equinoccial el ángulo de inclinación de los paneles solares debe estar comprendido entre los 0 a 15 grados, con vista hacia el norte cuando la latitud se presente en valores negativos y con vista hacia el sur si la latitud presenta valores positivos.

3.5.3. Datos del sistema de distribución.

Los datos para el modelamiento del sistema de distribución se los obtuvo del departamento técnico de la CNEL, donde se detallan a continuación:

3.5.4.1. Demanda de los usuarios conectados a la red.

El mayor consumo de energía de los usuarios se da en el ámbito industrial, correspondiendo a un 35% del consumo de energía, precedido por los residenciales y por último los comerciales.

Tabla 7: Potencia aparente por tipo de usuario

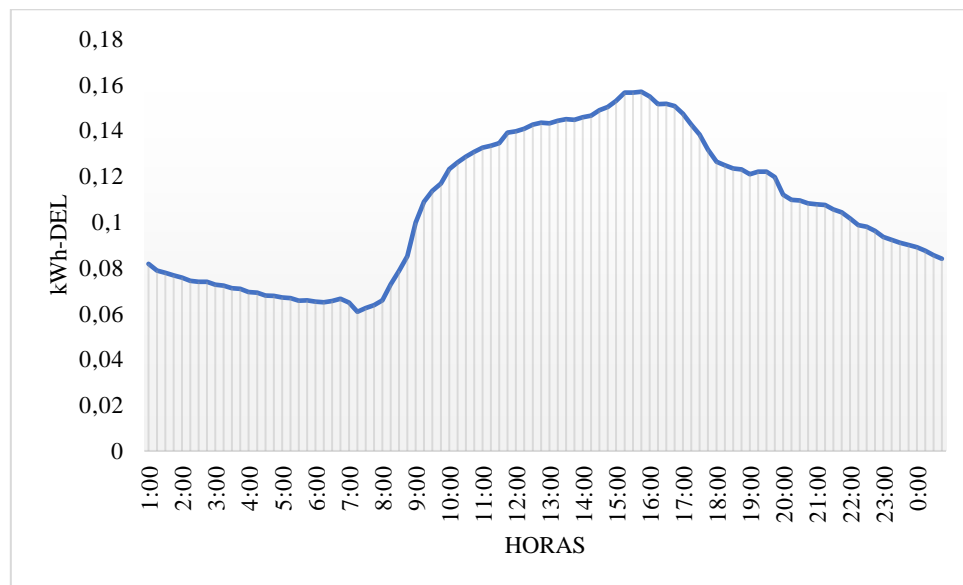
Tipo de usuario	Potencia Aparente	%
Industrial	521.75 kVA	35
Residencial	496.55 kVA	33
Comercial	478.75 kVA	32

Fuente: CNEL, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

3.5.4.2. Perfil de carga del alimentador CENTRO BABAHOYO.

Figura 5: Perfil de carga del alimentador en un día



Fuente: CNEL, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

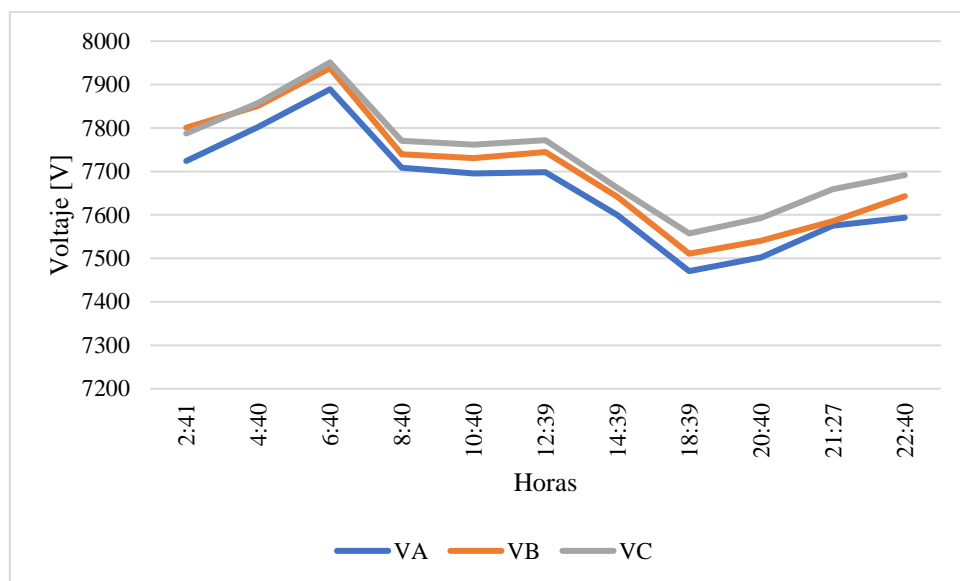
La curva de carga diaria del alimentador comprendido en un día, está en términos de kWh-DEL, que son los kilovatios hora entregados, indica que en periodos del día, a partir desde las 8:00.am, empieza a aumentar la demanda producida por los consumidores, donde se

produce el valor pico aproximadamente en horas de la tarde en horarios comprendidos de las 15:00 hasta las 16:00; y a partir de las 17:00, el valor de la demanda empieza a decrecer, debido a que el alimentador está ubicado en la parte urbana de la ciudad, la mayor parte del consumo lo realiza los usuarios industriales, sin embargo el comportamiento de la curva se da de esa manera debido a que en esas horas los comercios y empresas, sus colaboradores dejan de laborar. Por lo tanto, el consumo de energía se reducirá. Las mediciones obtenidas fueron en intervalo de tiempo de 15min.

3.5.4.3. Voltajes y corrientes del alimentador.

Las mediciones de los voltajes y corrientes se realizaron en cabecera del alimentador mediante transformadores de medida como los TP y TC, con relación de transformación de 117 y 40 correspondiente, las mediciones de voltaje y corriente se las obtuvo en intervalos de tiempos de aproximadamente 2 horas.

Figura 6: Voltajes de fase en cabecera del alimentador.

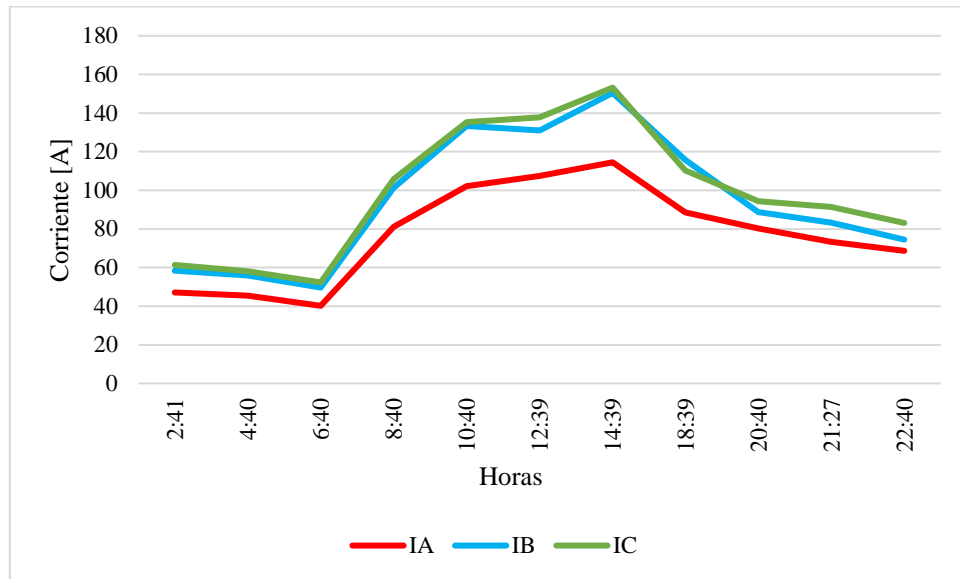


Fuente: CNEL, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Los valores de las mediciones corresponden a voltajes de fase durante un día.

Figura 7: Corrientes de fase en cabecera del alimentador durante un día



Fuente: CNEL, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Los valores de las mediciones de las corrientes corresponden a corrientes de fase a lo largo de un día.

3.5.4.4. Consumo de energía del alimentador en el año 2021.

Tabla 8: Energía demandada en el alimentador en el 2021

Meses	MW/h	MVAr/h	MW	Días medidos
ene-21	1297	14	2,9	31
feb-21	1250	23	3,1	28
mar-21	1438	47	3,2	31
abr-21	1377	52	3,1	30
may-21	1203	28	3,0	30
jun-21	1245	20	2,7	31
jul-21	1203	13	2,7	31
ago-21	1212	23	2,9	31
sep-21	1250	28	3,0	30
oct-21	1363	33	3,1	31
nov-21	1231	23	3,2	30
dic-21	1400	42	3,3	31

Fuente: CNEL, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Los valores de energía demandada por los usuarios conectados al alimentador durante el año 2021, permitirán analizar al alimentador en diferentes casos de estudio cuando se inyecte energía a través de los sistemas de generación fotovoltaicos.

3.5.4. Modelamiento de la red de distribución en CYME 9.0

Para poder realizar el modelamiento del alimentador de distribución, fue necesario obtener los datos de la empresa Distribuidora CNEL EP como: Longitud de cada tramo del alimentador, dispositivos de maniobra y protección (reconectores, seccionadores y fusibles), tipo de estructuras, transformadores y conductores, cada uno de estos elementos está identificado con un código único que permite acceder a información detallada de estos, mediante la base de datos de Geoportal CNEL.

El modelamiento con los datos reales presenta la ventaja de conocer el funcionamiento antes y después de la incorporación de sistemas fotovoltaicos hacia la red de distribución.

Para realizar el modelamiento se realiza un *nuevo estudio* y para implementar los equipos necesarios se los escoge desde la sección *inventario de los equipos*.

A continuación, se detalla los elementos utilizados para modelar el alimentador:

3.5.5.1. Subestación.

Para ingresar los datos de la fuente en el programa CYME se la realiza a través de la ventana propiedades de red en la cual se ingresan los valores de: voltaje nominal, magnitud, ángulo e impedancias equivalentes de la fuente, además se puede colocar el nombre y el área de la fuente. La subestación Terminal terrestre Babahoyo opera a un nivel de tensión de 69/13.8kV y tiene una capacidad de 20/25 MVA.

Figura 8: Datos de la subestación Terminal terrestre

Equivalente de fuente

General Límites de carga Armónicos Fiabilidad Símbolo

Tensión del equivalente de fuente

Nominal: 13,8 kVLL

Servicio: 13,8 kVLL

Ángulo de fase: 0,0 °

Configuración de la fuente

Capacidad nominal

Capacidad: 25,0 MVA

Equivalente de la fuente

Modo: Impedancias equivalentes

Unidad: p.u. Potencia de base: 100,0 MVA

	Nivel bajo de fallas		Nivel alto de fallas	
	R	X	R	X
Z1	54,571 p.u.	218,282 p.u.	54,571 p.u.	218,282 p.u.
<input type="checkbox"/> Z2	54,571 p.u.	218,282 p.u.	54,571 p.u.	218,282 p.u.
Z0	54,571 p.u.	218,282 p.u.	54,571 p.u.	218,282 p.u.
	Calcular...		Calcular...	

Aplicar Aceptar Cancelar

Fuente: CNEL, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En la Figura 8, se muestran los valores de la subestación ingresados al software CYME. Dichos datos fueron obtenidos mediante la CNEL, ciertos parámetros que da el software no se modificaron los cuales son (límite de carga, armónicos y símbolo) ya que son parámetros que se aplican en las subestaciones.

3.5.5.2. Conductores

Para la configuración de los conductores se tomó en cuenta el tipo y el calibre de cada conductor tanto para las fases como para el neutro, esto se lo realizó tanto para las estructuras áreas como para las soterradas.

Figura 9: Conductores instalados en el alimentador Centro Babahoyo

Conductor

General Límites de carga Fiabilidad Notas

Detalles de construcción

Palabra código: ACSR 1/0

Tipo de construcción: Conductor de aluminio reforzado con acero

Material: Aluminio

Tamaño: 53,49 mm²

Diámetro interno: 0,0 cm

Diámetro externo: 1,011 cm

RGM: 0,5084 cm

Capacidad nominal

Crte perman. nominal: 242,0 A

Capac. de soporte de cc: 242,0 A

Resistencia

	ac	cc	
R 25°C:	0,5227	0,0	Ohmios/km
R 50°C:	0,5227	0,0	Ohmios/km

Aceptar Cancelar

Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Como se muestra en la figura, todos los conductores que se ingresaron a CYME, los cuales forman parte del alimentador Centro Babahoyo, se tomó a consideración los parámetros importantes como: el tipo de construcción, material y tamaño del conductor, en la siguiente tabla se muestra de forma detallada los parámetros antes mencionados.

Tabla 9: Características de los conductores.

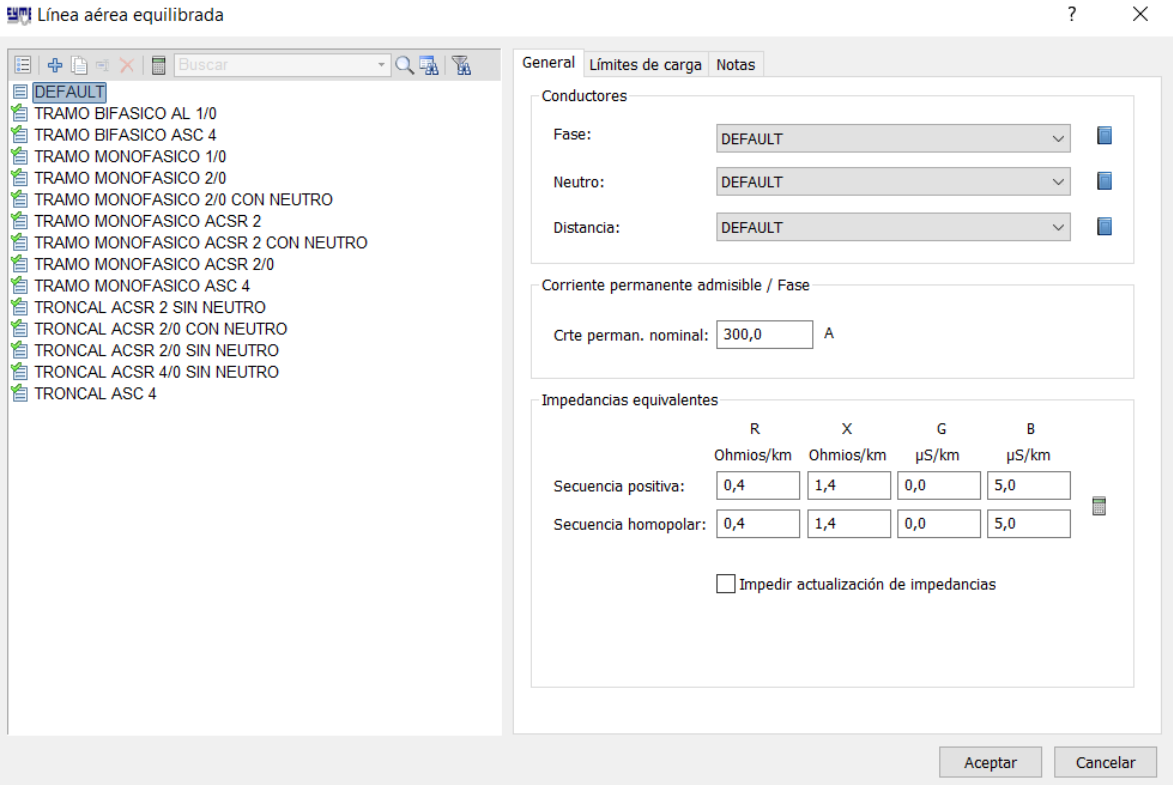
Calibre KCMIL o AWG	Tipo de construcción	Material	Capacidad de corriente [A]
Tramos aéreos			
ACSR.2	Conductor de aluminio reforzado con acero	Aleación de aluminio	184
ACSR.1/0	Conductor de aluminio reforzado con acero	Aleación de aluminio	242
ACSR.2/0	Conductor de aluminio reforzado con acero	Aleación de aluminio	276
ACSR.3/0	Conductor de aluminio reforzado con acero	Aleación de aluminio	315
ACSR.4/0	Conductor de aluminio reforzado con acero	Aleación de aluminio	357
ASC.4	Conductor de aluminio reforzado con acero	Aleación de aluminio	138
Tramos subterráneos			
2 AWG	Tripolar	Cobre	185
1/0 AWG	Tripolar	Cobre	247
2/0 AWG	Tripolar	Cobre	300
3/0 AWG	Tripolar	Cobre	345
4/0 AWG	Tripolar	Cobre	400
2 AWG	Unipolar	Cobre	300
1/0 AWG	Unipolar	Cobre	247

Fuente: CYME**Elaborado por:** MACIAS S, MAINATO(2022)

3.5.5.3. Tramos aéreos y subterráneos.

Para agregar los tramos del alimentador se consideran ciertos aspectos como la longitud de las líneas y secciones de las líneas (trifásica, bifásica y monofásica), para ingresar los datos se lo realiza en propiedades del tramo, se ingresa la longitud y se escoge el tipo, un dato importante para los tramos aéreos y subterráneos es la longitud en metros o en pies (ft) ya que en los conductores se les estableció el tipo y el calibre, por lo tanto, el programa automáticamente calculará la impedancia de todas las líneas.

Figura 10: Configuraciones de las líneas aéreas del alimentador



Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En la *Figura 10* se muestra todas las configuraciones de las líneas aéreas que forman parte del alimentador Terminal terrestre Babahoyo, en donde cada una de ellas se encuentran configurada de acuerdo con el conductor con el cual está conformada, tanto como para la fase y el neutro; las impedancias equivalentes de las líneas nos las proporciona de manera automática CYME, en la siguiente tabla se muestran las características.

Tabla 10: Configuración de los tramos del alimentador

Línea aérea	Conductor	Impedancias	
		R (ohmios/km)	X (ohmios/km)
Tramo bifásico 1/0	ASCR 1/0	0,5227	0,4832
Tramo bifásico 4	ASC.4	0,856	0,4832
Tramo monofásico 1/0	ACSR.1/0	0,5227	0,4832
Tramo monofásico 2/0	ACSR.2/0	0,4151	0,4832
Tramo monofásico 2/0 +N	ACSR.2/0 y ACSR 2	0,4152	0,4831
Tramo monofásico 2	ACSR.2	0,8316	0,4832
Tramo monofásico 2+N	ACSR.2 y ACSR.4	0,4	1,4
Tramo monofásico 2/0	ACSR.2/0	0,4151	0,4832
Tramo monofásico 4	ASC 4	0,856	0,4832
Troncal 2	ACSR 2	0,8316	0,4832
Troncal 2/0 +N	ACSR.2/0 y ACSR 2	0,4152	0,4831
Troncal 2/0	ACSR.2/0	0,4151	0,4832
Troncal 4/0	ACSR.4/0	0,261	0,4832
Troncal 4	ASC 4	0,856	0,4832

Fuente: CYME**Elaborado por:** MACIAS S, MAINATO(2022)

3.5.5.4. Fusibles

Todos los transformadores que están conectados al alimentador están protegidos con seccionadores fusibles, aparte en ciertos tramos del alimentador están colocados estos dispositivos de maniobra y protección, para agregar los respectivos datos se deben conocer los parámetros de: Fase de conexión (A, B, C), la corriente a través de ellos y la corriente máxima de corto circuito.

Figura 11: Datos de los dispositivos de protección.

The image shows a software window titled "Fusible" with a search bar and a tree view on the left. The tree view contains "DEFAULT", "FUSIBLE 7.97KV", and "FUSIBLE 13.8KV". The main area has four tabs: "General", "Límites de carga", "Fiabilidad", and "Símbolo". The "General" tab is selected and contains two sections. The "Información" section has dropdown menus for "Fabricante", "Modelo", "Capacidad", and "Tensión nominal", all set to "(No definido)", and text boxes for "Clasificación" and "Estándar". The "Capacidad nominal" section has text boxes for "Corriente continua nominal" (100,0 A), "Tensión nominal" (25,0 kV), and "Valor de interrupción máx. admisible" (600,0 A). Below this is a "Modo de operación" section with a "Reversible" checkbox. At the bottom right are "Aceptar" and "Cancelar" buttons.

Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En la *Figura 11* se muestra los parámetros ingresados al software CYME a lo que respecta los seccionadores fusibles, en el cual se observa (corriente continua nominal, tensión nominal y valor de interrupción máxima admisible) en ciertos fusibles cambia su valor de tensión nominal como lo es con los transformadores monofásico para ellos la tensión nominal del seccionador fusible es de (7,97kV), mientras que para los tramos trifásicos la tensión nominal es de 13.8kV.

3.5.5.5. Reconectadores

En el alimentador Centro Babahoyo se encuentran instalados 6 reconectadores, el primero se encuentra a la salida de la subestación, y el resto aguas abajo que sirven para asegurar la confiabilidad, cada vez que se presenten fallos o mantenimiento en la red, para agregarlos a la red en la simulación se recopiló datos como corriente nominal, tensión nominal y el valor de interrupción nominal.

Tabla 11: Parámetros de los reconectores del alimentador

Capacidad nominal	Reconectores aguas abajo	Reconector subestación
Corriente nominal (A)	630	630
Tensión nominal (Kv)	13,8	13,8
Corriente max. cortoC (kA)	16	12.5
Control	Manual	Telecomandado

Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

3.5.5.6. Seccionador

En el alimentador Centro Babahoyo se encuentra instalado un seccionador tipo cuchilla a la salida de la subestación para configurar dicho seccionador se recopiló datos de la capacidad nominal como; corriente nominal, tensión y valores nominales de interrupción.

Tabla 12: Datos de la capacidad nominal del seccionador.

Capacidad nominal	Seccionador
Corriente nominal (A)	630
Tensión nominal (Kv)	13,8
Valor nominal de interrupción (A)	12500

Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En la Tabla 12 se detalla los valores de capacidad nominal del seccionador instalado, donde se tiene como corriente nominal 630A, tensión nominal 13.8kv y un valor nominal de interrupción de 12500A.

3.5.5.7. Cargas (Transformadores)

Para agregar las cargas al sistema se deben conocer ciertas variables como: fase a la cual se va a conectar, conexión (Y, D, Y-Neutro), tipo de cliente (comercial, residencial, industrial u otro), potencia activa, potencia reactiva, capacidad conectada, consumo kWh, y la cantidad de clientes; para agregar los datos mencionados se los realiza a través de la ventana

propiedades del tramo, y con los datos obtenidos de la distribuidora se llenan los campos para que el programa pueda simular.

Figura 12: Propiedades de los transformadores

Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

3.5.5.8. Sistemas fotovoltaicos

Para configurar los datos del panel fotovoltaico se necesitan los datos que ofrece el fabricante como: potencia del panel, voltaje en circuito abierto, corriente de cortocircuito, temperatura a la que trabaja, coeficientes de temperatura, entre otros.

Figura 13: Características del panel a utilizar

The screenshot shows a software window titled 'Panel fotovoltaico'. On the left is a sidebar with a search bar and a library section labeled 'Biblioteca CYME' containing 'Mi inventario (1)' and a 'DEFAULT' button. The main area has three tabs: 'General', 'Costos', and 'Símbolo'. The 'General' tab is active, displaying a 'Diagrama fotovoltaico' at the top. The diagram shows a 'PV Array' connected to a 'DC Link' (represented by a capacitor symbol), which is then connected to an 'Inverter' block. The inverter has three output lines labeled '3 phases AC output'. Below the diagram is a section titled 'Parámetros de la ficha técnica del panel fotovoltaico (en CEP)' containing a table of technical specifications.

Parámetros de la ficha técnica del panel fotovoltaico (en CEP)			
Corriente en el punto de máxima potencia	Impp:	13,45	A
Tensión en el punto de máxima potencia	Vmpp:	34,2	V
Corriente de cortocircuito en CEP	Isc:	14,01	A
Tensión en circuito abierto en CEP	Voc:	41,48	V
Coef. de temperatura de la corriente de cortocir.	asct:	0,048	%/°C
Coef. de temperat. de la tensión en circ. abierto	βoct:	-0,28	%/°C
Temperat. de funcionamiento normal de la pila	NOCT:	45,0	°C
Temperatura ambiente de referencia	Ta ref:	36,0	°C
Temperatura en CEP	Tstc:	25,0	°C
Irradiancia en CEP	Gstc:	1000,0	W/m²

* CEP : Condiciones Estándar de Prueba

At the bottom of the window are three buttons: 'Aplicar', 'Aceptar', and 'Cancelar'.

Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

3.6. Instrumentos de la investigación.

Mediante los registros obtenidos de las mediciones realizadas en la cabecera del alimentador, los datos del alimentador, la información de los usuarios y de investigaciones previas se logra identificar la mejor metodología a utilizar para realizar el análisis de la incorporación de los sistemas fotovoltaicos hacia la red de distribución.

Para modelar el alimentador y la conexión de los diseños fotovoltaicos, se obtuvo información de temas a estudio relacionados con sistemas conectados a red, las cuales describen los parámetros a considerar para los diseños, teniendo en cuenta la categoría del usuario y que los parámetros cumplan con la regulación ARCERNNR 001/2021.

3.7. Tratamiento de datos.

3.7.1. Tamaño de muestras.

Debido a que el alimentador cuenta 2705 usuarios en general, se eligió un método estadístico para elegir el número de clientes, a los que se realizó el diseño de sistema de generación fotovoltaico que van conectados al alimentador. Para elegir el tamaño de muestras tanto para usuario residenciales, comerciales e industriales, se tomó el muestro aleatorio estratificado (M.A.E); ya que este se aplica cuando la población presenta una gran variabilidad en la característica y subdivide a la población en grupos o estratos con características homogéneas.

Para determinar el tamaño de muestra cuando se aplica el M.A.E, primero se calcula el tamaño de la muestra n y luego se determina cuántas unidades muestrales se tomará en cada estrato o categoría, mediante las siguientes fórmulas:

$$n = \frac{z^2 N \cdot P \cdot Q}{N \cdot e^2 + z^2 \cdot P \cdot Q} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra.

N : Tamaño de la población o Universo.

Z : Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.

P : probabilidad de que ocurra el evento estudiado.

Q : Probabilidad de que no ocurra el evento.

$$n_h = n * \frac{N_h}{N} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde

n_h : Tamaño de h-ésimo estrato muestral.

N_h : tamaño de h-ésimo estrato poblacional.

N : Tamaño de la población objeto de estudio.

n = tamaño de muestra calculada.

Por lo tanto, para calcular el número de muestras por categoría se utilizó un nivel de confianza del 95% y una probabilidad tanto de que ocurra como de que no ocurra el evento

del 50% debido a que los datos a analizar no han sido sometidos a pruebas estadísticas anteriores; dando los siguientes resultados:

Nivel de confianza: 95%

Error: 5%

P: 50%

Q: 50%

Tabla 13: Tamaño muestral y estratomuestral para usuarios residenciales.

Categoría	# clientes	Muestra	Tamaño estratomuestral
E	684	317	120
D	301		53
C	357		63
B	174		31
A	166		29
A1	122		21

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Tabla 14: Tamaño muestral y estratomuestral para usuarios comerciales e industriales.

Categoría	Nivel de tensión	# Clientes	Muestra	Tamaño estratomuestral
Comercial	Bajo voltaje	779	258	257
	Medio voltaje	4		1
Industrial	Bajo voltaje	51	90	39
	Medio voltaje	67		51

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Para seleccionar a los usuarios al cual se le realizará los diseños, debido a que se utilizó la metodología del muestreo aleatorio estratificado, una vez obtenido las submuestras por categoría se utilizó la herramienta de numeración aleatoria del software Excel, para seleccionar a cada uno de los usuarios.

3.8. Recursos humanos y materiales.

Tabla 15: Recursos humanos y materiales

Humano		
Ítem	Descripción	Horas
1	Macias Salazar Samuel	200
2	Mainato Baren Junior	200
3	Ing. Peña Banegas Diego	50
Equipos		
Ítem	Descripción	Cantidad
1	Disco Estado Solido	1
2	Laptop	2

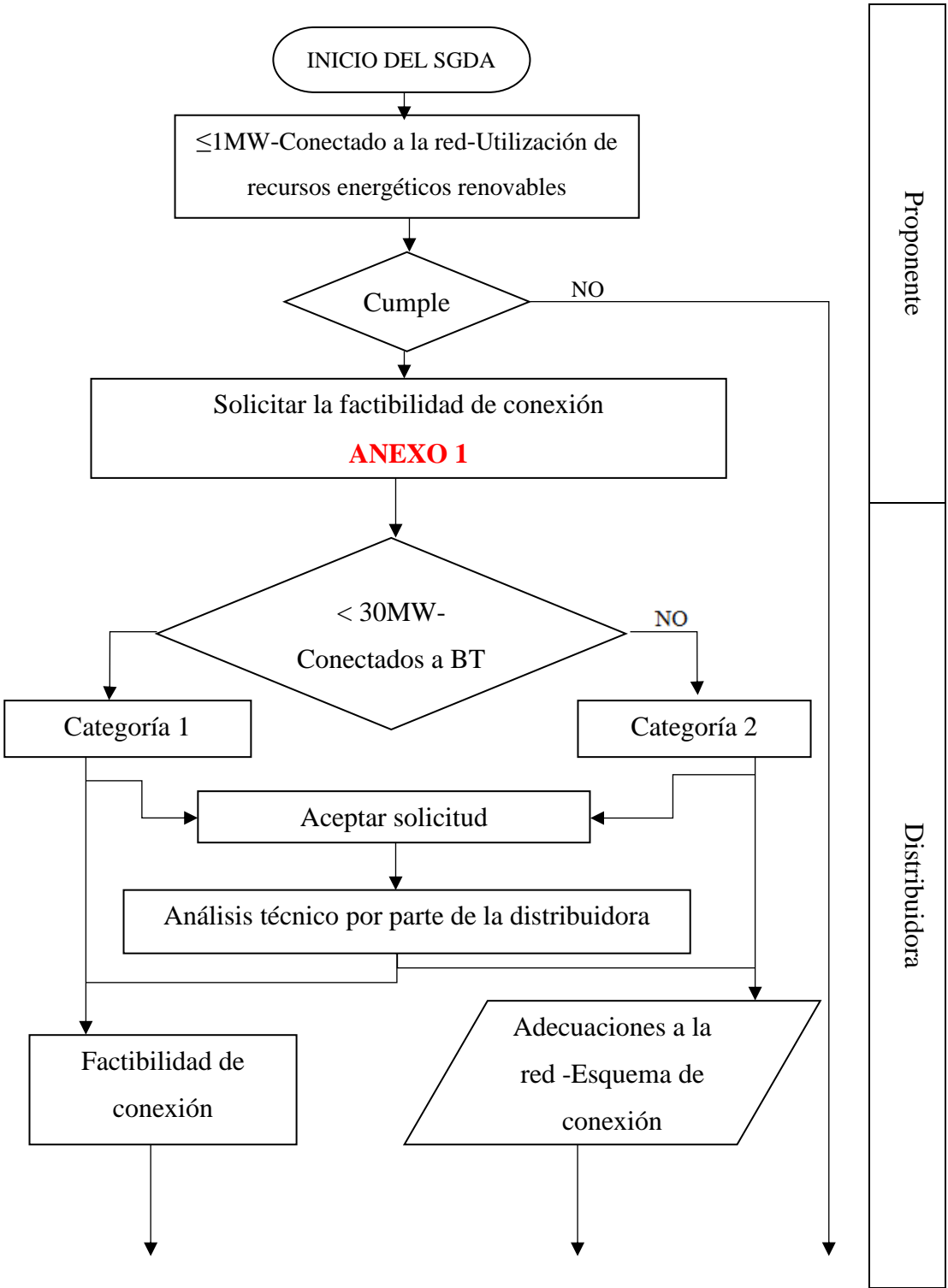
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022).

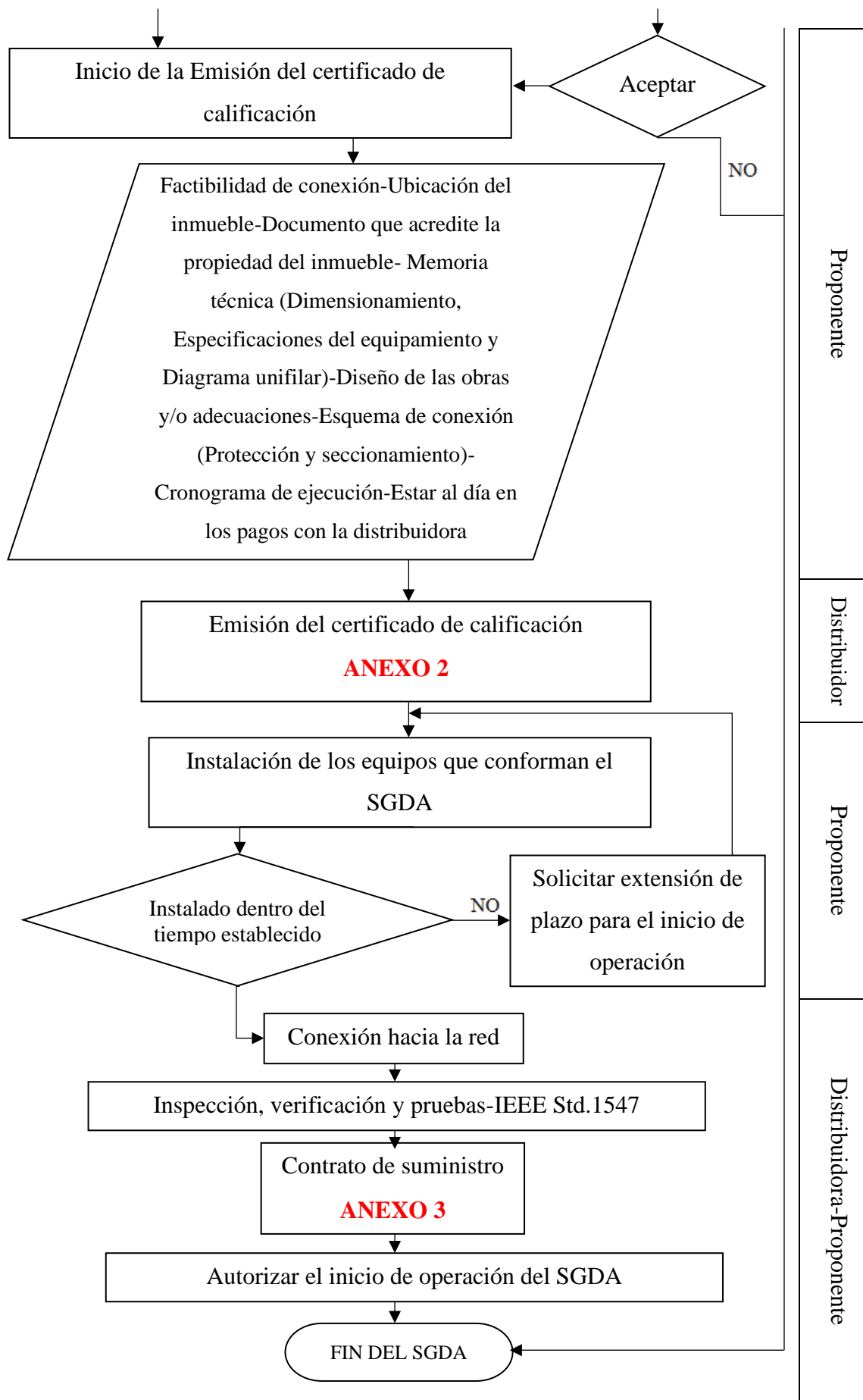
CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Instalación del SGDA mediante la regulación ARCERNNR 001/2021





Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.2. Operación del SGDA

La operación de los sistemas fotovoltaicos, como son menores a 1MW, la potencia generada de estos sistemas será auto despachados, es decir no es necesario que estén en coordinación con el Operador Nacional de Electricidad (CENACE). Estos serán auto despachados si y sólo si, están cumpliendo con los parámetros de calidad de energía dispuestas por la distribuidora CNEL, cabe recalcar que el usuario del SFV es el único responsable del cumplimiento de los parámetros eléctricos.

Si la empresa eléctrica detectare alguna inconsistencia en la calidad de la energía por parte del SFV del usuario, la distribuidora le suspenderá la operación del sistema, hasta que los parámetros eléctricos estén dentro de los límites permitidos.

Para el cumplimiento de los parámetros eléctricos, se aplica la norma IEEE Std. 1547.

Puesta en servicio del SFV: Establece que al entrar en operación el sistema FV, no deberá energizar a la red de distribución hasta que el voltaje y la frecuencia estén dentro de los rangos especificados, que se detallan a continuación [35]:

Tabla 16: Rango de los parámetros del sistema FV al conectarse a la red de distribución

Introducir criterio de servicio		Configuración predeterminada	Rango de configuraciones predeterminadas
Servicios de permiso		Habilitado	Habilitado/Deshabilitado
Voltaje aplicable	Valor mínimo	≥ 0.917 p.u	0.88 a 0.95 p.u
al alcance	Valor máximo	≤ 1.05 p.u	1.05 a 1.06 p.u
Frecuencia dentro	Valor mínimo	≥ 59.5 Hz	59.0 a 59.9 Hz
del rango	Valor máximo	≤ 60.1 Hz	60.1 a 61.0 Hz

** Corresponde al rango B de ANSI C84.1, tabla 1, columna para voltaje de servicio 120-600V.

Fuente: IEEE

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Sincronismo: El SFV se conectará en paralelo con la red de distribución, sin causar cambios bruscos de voltaje RMS, en el punto de conexión no debe exceder del 3% cuando esté conectado a media tensión y cuando esté en baja tensión no debe exceder el 5% [35].

En la tabla 17, se muestran los límites de sincronización establecidos.

Tabla 17: Límites de sincronización para la interconexión síncrona a una red

Clasificación kVA	Diferencia de frecuencia (Δf, Hz)	Diferencia de voltaje (ΔV, %)	Diferencia de ángulo de fase ($\Delta \Phi^\circ$)
0-500	0.3	10	20
>500-1500	0.2	5	15
>1500	0.1	3	10

Fuente: IEEE

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.3. Mantenimiento del SFV

El usuario es el único responsable para el mantenimiento del sistema fotovoltaico, los sistemas fotovoltaicos al no contener partes móviles, los mantenimientos son pocos. Una recomendación es limpiarlos en épocas de verano, debido a la acumulación de partículas sólidas en el ambiente como es el polvo, cabe recalcar que, si los paneles solares no están del todo limpios, la producción de energía se verá afectada.

4.1.4. Diseño de los Sistemas Fotovoltaicos tipo red: Residenciales, comerciales e industriales.

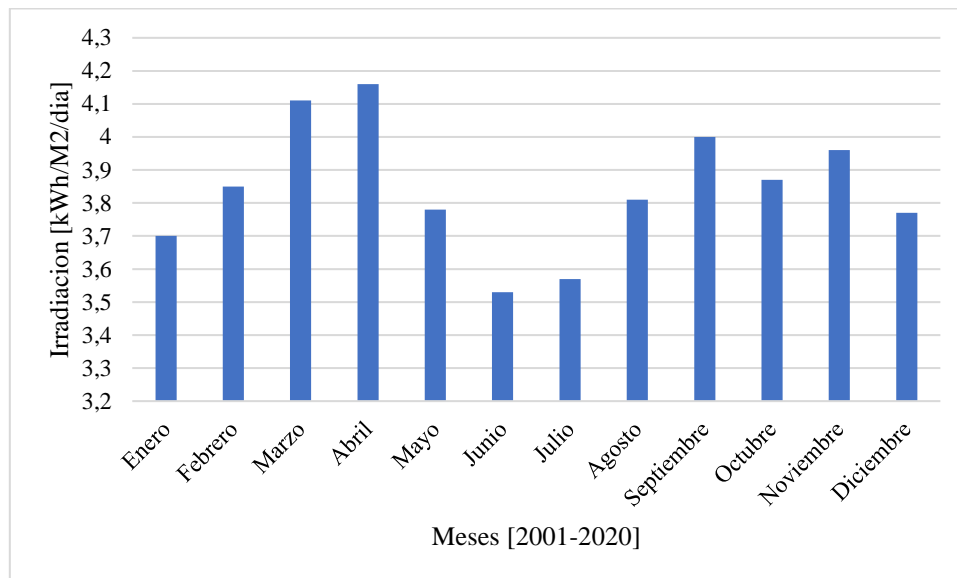
4.1.1.1. Ubicación

El alimentador donde se conectarán los diseños, se encuentra ubicado en la ciudad de Babahoyo en las coordenadas (-1,8078 latitud; -79,5168 longitud).

4.1.1.2. Recurso solar

Las variaciones de la Irradiancia solar y las variaciones de temperatura se las obtuvo desde la página web de la NASA; dichas mediciones son valores promediados por cada mes, desde el año 2001 hasta el 2020.

Figura 14: Valores de Irradiación de la ciudad de Babahoyo



Fuente: NASA, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Los valores de irradiación son fundamental para el diseño, ya que permitieron dimensionar los diseños fotovoltaicos, para el estudio se tomó el mes de menor irradiación, por lo tanto, el sistema fotovoltaico debe satisfacer la demanda del usuario cuando se presente dicha condición.

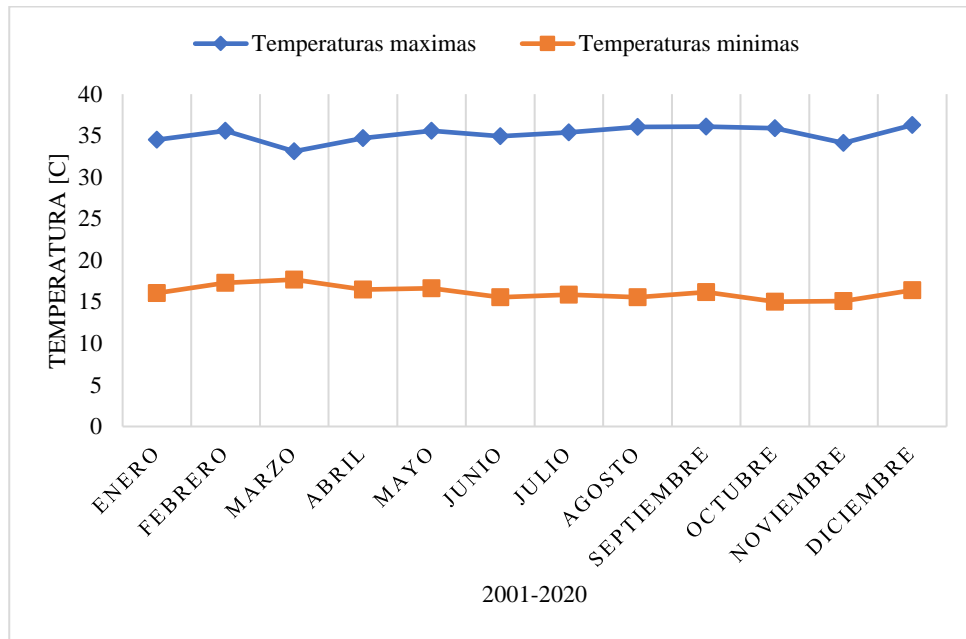
Tabla 18: Mediciones de la temperatura desde el 2001-2020

2001-2020	Temp max [°C]	Temp min [°C]
Enero	34,51	16,07
Febrero	35,58	17,3
Marzo	33,12	17,68
Abril	34,71	16,47
Mayo	35,58	16,63
Junio	34,93	15,55
Julio	35,4	15,87
Agosto	36,07	15,54
Septiembre	36,1	16,16
Octubre	35,92	15,02
Noviembre	34,11	15,08
Diciembre	36,28	16,41

Fuente: NASA, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Figura 15: Temperaturas registradas en el período 2001-2020



Fuente: NASA, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Con los datos obtenidos se escoge el valor mínimo de irradiancia para establecer la hora solar pico; en el mes de junio es cuando se presenta la menor irradiancia en el año y debe evaluarse en aquel escenario debido a que el sistema fotovoltaico debe satisfacer la demanda requerida en dicho periodo de tiempo.

Los datos obtenidos de la irradiación están en [kWh/m²/día], lo que es equivalente a la hora solar pico, en las mediciones obtenidas dicho valor es de 3,53h para la ciudad de Babahoyo.

4.1.1.3. Para usuarios Residenciales

Para realizar el diseño se tomó al usuario 1001541410, perteneciente al estrato de consumo C. El promedio de energía mensual de cada usuario se la obtiene mediante el registro histórico de la demanda proporcionada por la distribuidora CNEL, luego se procede a calcular el rendimiento de la instalación, debido a que los sistemas de generación fotovoltaica a estudiar no cuentan con sistema de acumulación se desprecia las constantes k_b , k_a , P_d , N de la Ecuación 7; para luego calcular la demanda energética diaria.

Tabla 19: Parámetros de la demanda del usuario seleccionado

Parámetros de la demanda	
Numero de medidor	1001541410
Promedio mensual	200,91 kWh
Promedio diario	6,70 kWh
Hora solar pico	3,53 h
Rendimiento global	0.9
Demanda energética	7,44 kWh

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Obtenida la demanda energética se calcula la potencia fotovoltaica y se elige el panel que mejor de adecue a las características requeridas, en el estudio realizado se tomó a consideración 2 tipos de paneles con diferentes potencias del fabricante JINKO SOLAR, cabe recalcar que los módulos mencionados se utilizarán para todos los diseños (Residenciales, comerciales e industriales) y se calculó las variaciones en función a la temperatura que afectan a la potencia de salida, el voltaje en circuito abierto y la corriente de cortocircuito.

$$P_{G-FV} = \frac{7,44}{3,53} \text{ kW}$$

$$P_{G-FV} = 2.11 \text{ kW}$$

Ecuación 19

Tabla 20: Especificaciones técnicas del módulo Tiger Pro 60HC

FICHA TÉCNICA PANEL 1	
Marca	JINKO SOLAR
Pmax	460W
Vnom	24,00V
Vpm	34,2V
Ipm	13,45A
Voc	41,48V
Isc	14,01A
TNOC	45°C
Coef Temp. Pmax	-0,35%

FICHA TÉCNICA PANEL 1	
Coef Temp.Voc	-0,28%
Coef Temp. Isc	0,048%
Dimensiones	1.903x1.134m ²
N. de celdas	120(6x20)
Tipo de celda	Monocristalina
Peso	24.2Kg

Fuente: JINKO SOLAR, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Tabla 21: Especificaciones técnicas del módulo JKM270PP-60

FICHA TÉCNICA PANEL 2	
Marca	JINKO SOLAR
Pmax	255W
Vnom	24,00V
Vpm	30,8V
Ipm	8,28A
Voc	38V
Isc	8,92A
TNOC	45°C
Coef Temp. Pmax	-0,4%
Coef Temp.Voc	-0,3%
Coef Temp. Isc	0,06%
Dimensiones	1.650x0.992m ²
N. de celdas	60(6x10)
Tipo de celda	Policristalina
Peso	19Kg

Fuente: Jinko Solar, 2022

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Los valores corregidos de potencia máxima, voltaje en circuito abierto y corriente de cortocircuito, se los evaluó en función a la temperatura máxima y mínima registrada en la zona a estudiar, mediante la Ecuación 9, Ecuación 10, Ecuación 11 y Ecuación 12.

Tabla 22: Influencia de la temperatura en el módulo Tiger Pro 60HC

Influencia de la temperatura módulo JKM270PP-60	
Tc	67,53°C
Var. Potencia	-17,01
Var. Voc	2,99
Var. Isc	2,55
Pmax correg	211,62
Voc correg	39,14
Isc correg	9,15

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)**Tabla 23:** Influencia de la temperatura en el módulo JKM270PP-60

Influencia de la temperatura módulo Tiger Pro 60HC	
Tc	67,53°C
Var. Potencia	-14,89
Var. Voc	2,79
Var. Isc	2,04
Pmax correg	391,53
Voc correg	42,64
Isc correg	14,30

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Se procede a determinar el número de paneles a utilizar, así mismo conocer el número de paneles que se conectarán en serie y en paralelo, utilizando la Ecuación 13, Ecuación 14 y Ecuación 15.

La tensión del sistema se la elige en función a la tensión nominal con la que trabaja el inversor en corriente continua, lo cual sería de 360 VDC.

Tabla 24: Número de paneles utilizados para un usuario residencial

Panel Tiger Pro 60HC 460W		Panel JKM270PP-60 255W	
# Paneles totales	6	# Paneles totales	10
# Paneles en serie	6	# Paneles en serie	10
# Paneles en paralelo	1	# Paneles en paralelo	1

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Conocida la potencia a instalar se procede a elegir el inversor, este se lo elige en función a la potencia fotovoltaica, comprendida entre un 70% y un 90% de la potencia FV del sistema, los conductores se los dimensiona de acuerdo a la Ecuación 16, cumpliendo con el límite admisible de caída de tensión o se eligen en base a lo que indique el fabricante del inversor y por último las protecciones se la elige en función a los parámetros de salida del inversor seleccionado.

$$P_{Inversor} = 2.11 \text{ kW} \times 80\%$$

$$P_{Inversor} = 1.6 \text{ kW}$$

Ecuación 20

Tabla 25: Parámetros del inversor seleccionado

INVERSOR R5-1.5K-S1 – 1.5kW	
Entrada en CC	
Potencia max de matriz fotovoltaica [Wp]	2250
Voltaje máximo en DC [V]	450
Tensión MPPT rango [V]	40-425
Tensión nominal de CC [V]	360
Tensión de arranque [V]	40
Tensión de CC mínima [V]	40
Corriente máxima de entrada de CC [A]	12.5
Corriente máxima de corto CC [A]	15
Número de MPPT	1
Interruptor de CC	Integrado
Salida en AC	
Potencia de CA nominal [W]	1500
Potencia máxima de CA [VA]	1650
Corriente de CA nominal [A]@230Vac	6.6
Corriente máxima de CA [A]	7.5
Nominal AC Voltage/Rango [V]	220,230,240/180-280
Frecuencia de red/ Rango [Hz]	50,60/45-55,55-65
Factor potencia [cos φ]	0,8 interlineador-0,8 rezagado
Distorsión armónica total [THDi]	<2%
Alimentación	L+N+PE
Protección interna contra sobretensión	Integrado
Monitoreo de aislamiento de CC	Integrado

INVERSOR R5-1.5K-S1 – 1.5kW	
Salida en AC	
Vigilancia de la protección anti-isla	AFD
Protección contra sobretensiones de CC	Integrado
Protección contra sobretensiones de CA	Integrado
Protección térmica	Integrado
Fuente: SAJ	
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)	

La sección del conductor a utilizar desde el inversor hasta la red eléctrica según el fabricante [36], es la siguiente:

Tabla 26: Conductor a utilizar recomendado por el fabricante

Modelo	Cable de área seccional transversal recomendado	AWG
	valor/max. Valor (mm ²)	
R5-1.5K-S1	4.0/6.0	10/12

**Si la distancia de conexión a red es demasiado lejos, seleccionar el cable con mayor diámetro según la condición que se presente.

Fuente: SAJ

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Y mediante la Ecuación 16, se tiene:

Tabla 27: Conductor a utilizar mediante el criterio de caída admisible de tensión

Desde	hacia	Long [m]	Máxima caída	I [A]	V [V]	S [mm ²]	AWG
Paneles FV	Inversor	50	3%	14,30	360	3	12
Inversor	Red	90	3%	7,50	220	4,50	10/12




**Conductividad del cobre 0.022Ωmm²/m a 75°C

Fuente: SAJ

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En la actualidad las protecciones tanto en DC como en AC ya vienen internamente en el inversor; sin embargo, se recomienda utilizar protecciones en el circuito, para aquello se necesita conocer los parámetros de entrada y salida del inversor, por lo general los fabricantes de inversores recomiendan las protecciones a utilizar tanto en DC como en AC en el circuito montado.

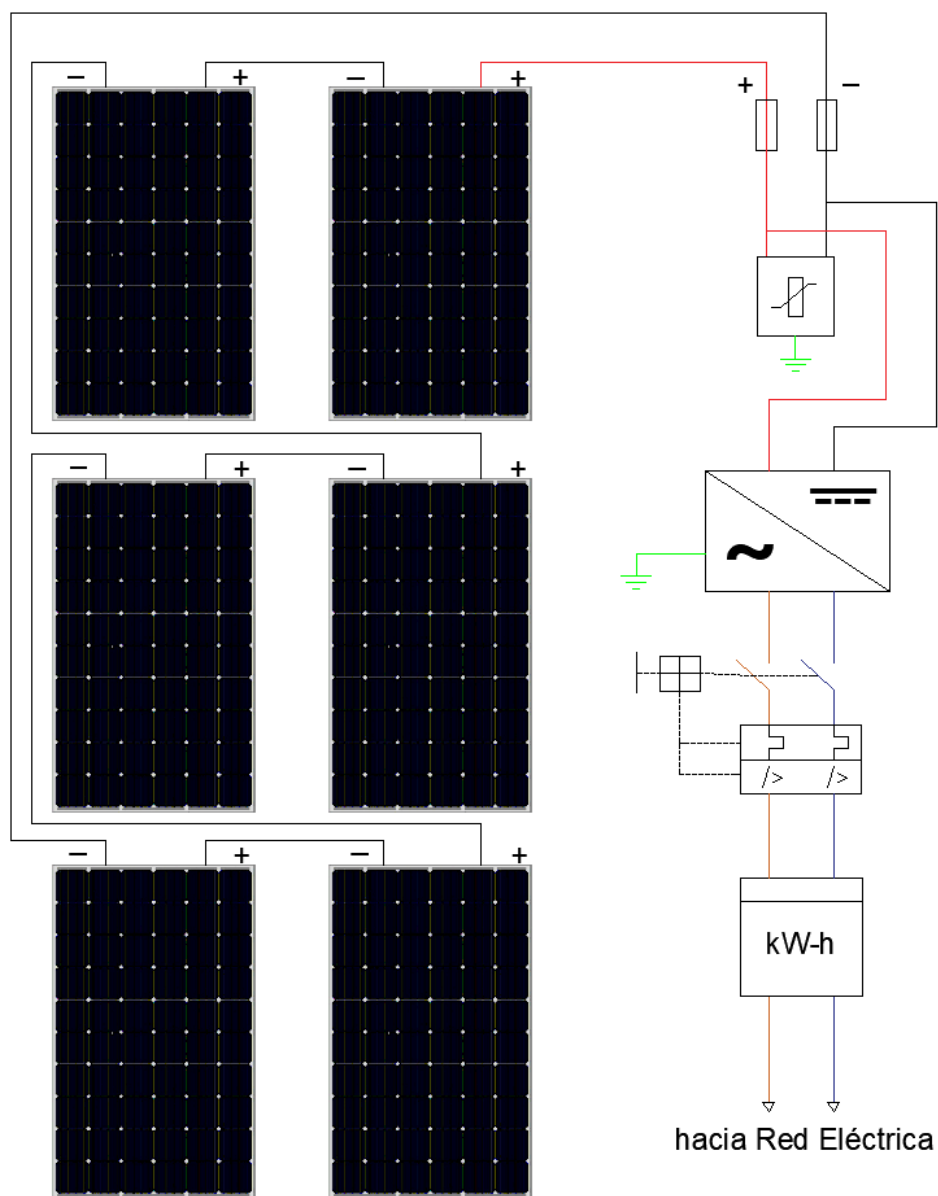
Tabla 28: Dispositivos de protección para un usuario residencial

Parámetros del inversor	Magnitud	Dispositivo de protección	Nombre comercial	
Corriente máxima en CA	7.5A	Magnetotérmico 20A	Resi9; 2P; 20 A; 6000 A; 230 V	
Corriente máxima de entrada en CC	12.5A	Fusibles de 15A	15A 1000VDC 10x38	
Voltaje máximo en DC	450V	Prot. Sobretensión 450V	DS42VGS-450D	

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Utilizando el módulo Tiger Pro 60HC de 460Wp, el diagrama multifilar del sistema fotovoltaico se muestra en la figura 16:

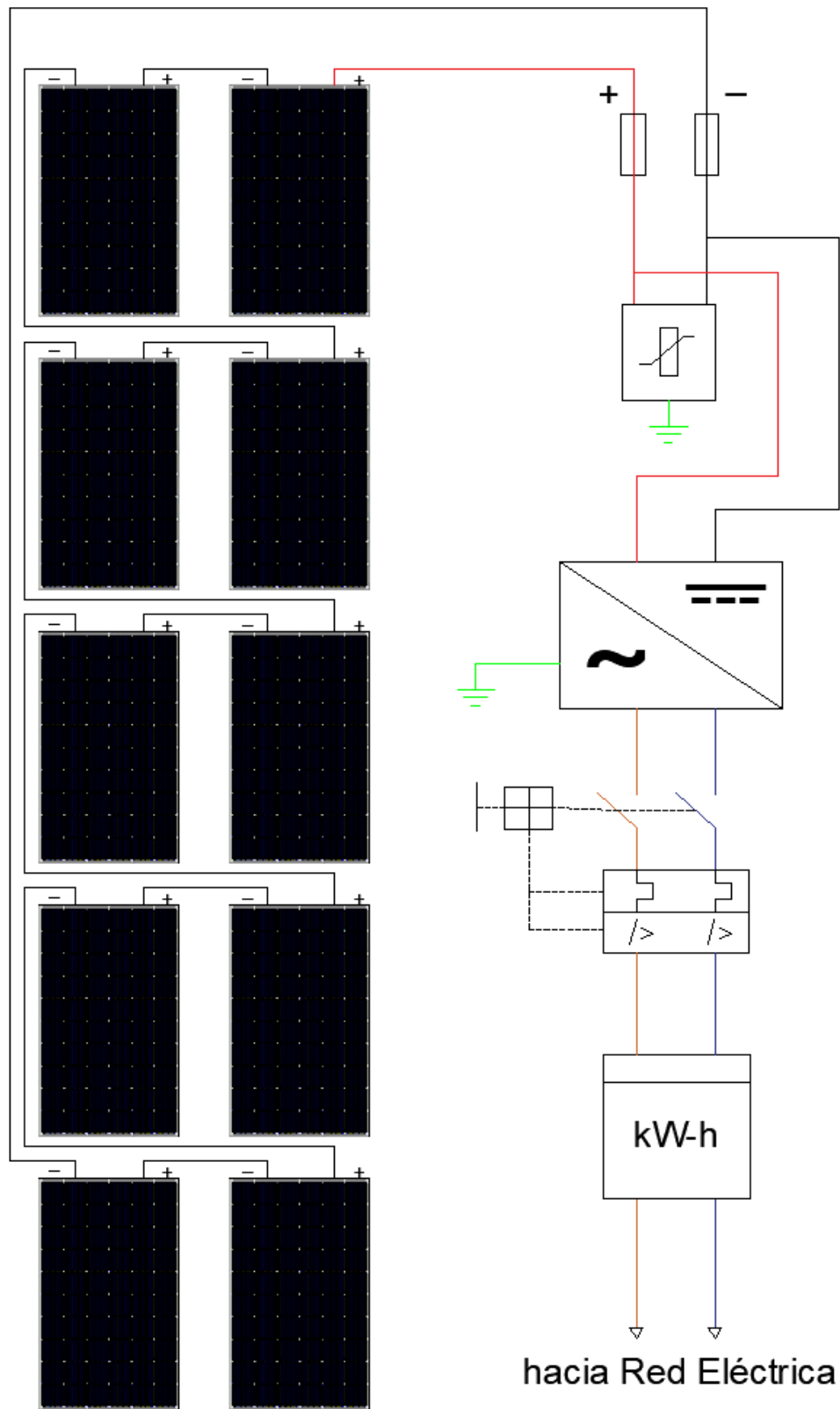
Figura 16: Diagrama multifilar del sistema fotovoltaico para un usuario residencial utilizando el módulo 460Wp.



Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Utilizando el módulo JKM270PP-60 de 255Wp, se presenta en la figura 17:

Figura 17: Diagrama multifilar del sistema fotovoltaico para un usuario residencial utilizando el módulo 250Wp



Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Los diseños de las 317 muestras obtenidas mediante el estudio estadístico correspondiente a los usuarios residenciales categorizados en función de los estratos de consumo se presentan en el apartado de anexos.

Tabla 29: Diseños de los usuarios residenciales de acuerdo con su estrato de consumo

Estrato de consumo	Número de diseños	Anexos
E	120	Anexo 4
D	53	Anexo 5
C	63	Anexo 6
B	31	Anexo 7
A	29	Anexo 8
A1	21	Anexo 9

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Todos los diseños residenciales se conectarán al nivel de tensión de bajo voltaje en la configuración monofásica, debido a que la potencia de los sistemas fotovoltaicos de cada uno de los usuarios es menor a 10kW, lo cual así lo recomienda la regulación ARCERNR 001/2021, en el apartado factibilidad de conexión; sin embargo la factibilidad de conexión quedará a consideración de la distribuidora si es factible o no la conexión en dicho punto, ya que la distribuidora analizará los impactos que se tendrían en la red de distribución, debido a que ella es la responsable de las redes de distribución.

4.1.1.4. Para usuarios Comerciales

Como ejemplar se tomó al usuario 14758260, utilizando la misma metodología que se utilizó para los usuarios residenciales, se procede a calcular la demanda energética, la potencia fotovoltaica, la potencia del inversor, la tensión del sistema, el número de paneles a utilizar, la sección de los conductores y la determinación de las protecciones.

Tabla 30: Demanda de un usuario comercial.

Demanda energética del usuario comercial	
Numero de medidor	14758260
Promedio mensual	2576,75 kWh
Promedio diario	85,89 kWh
Hora solar pico	3,53 h

Demanda energética del usuario comercial	
Demanda energética	95,44 kWh
Potencia FV	27,04 kW
Potencia del Inversor	24.33 kW
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)	

Para los usuarios comerciales se debe tener en cuenta el área del predio del usuario, ya que, si el área de instalación requerida por los paneles para satisfacer la demanda es mayor que el área de la vivienda, se debe disminuir la potencia en el sistema FV, o si el usuario tiene un predio en el cual está dentro de la zona de la red al cual está conectado, se hace uso de la regulación ARCERNNR 001/2021, del apartado “modalidades de generación distribuida para autoabastecimiento”.

Para el estudio se utilizaron dos tipos de paneles, por lo tanto, se tomará en cuenta el panel de mayor potencia (Módulo 460W), debido a que el área del arreglo fotovoltaico es menor.

Tabla 31: Número de paneles solares para un usuario comercial

Panel Tiger Pro 60HC 460W	
# Paneles totales	70
# Paneles en serie	14
# Paneles en paralelo	5
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)	

El área del techo del usuario es 138.7m², mientras que el área requerida para la instalación de los paneles solares es de 151m², por lo que se debe disminuir la potencia del sistema FV, calculando el número de paneles que se puedan instalar y en función a eso se calcula la potencia FV del sistema para la elección del inversor.

Tabla 32: Número de paneles solares en función al área del predio

Consideraciones en función al área de instalación	
Área del predio del usuario	138.7m ²
Área por módulo FV	2.158m ²
Número de paneles a instalar	64
Potencia FV	25.05kW

Consideraciones en función al área de instalación	
N. arreglo en serie	14
N. arreglo en paralelo	5
Potencia del inversor	20kW

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Por lo tanto, el inversor seleccionado es de 20kW. La tensión del sistema es de 600V DC, ya que esa es la tensión nominal que trabaja el inversor.

Tabla 33: Características del inversor de 20kW

INVERSOR SUN2000-20KTL-M2	
Entrada en CC	
Potencia max de matriz fotovoltaica [Wp]	30000
Tensión de entrada máxima [V]	1080
Corriente máxima de entrada (Por MPPT)	22A
Corriente máxima de cortocircuito (por MPPT)	30A
Tensión mínima de arranque [V]	200
Rango de tensión de operación	160-950V
Rango de tensión MPPT con carga completa	480-850V
Tensión nominal de entrada	600V
Número de MPPT	2
Cantidad de rutas de entrada	4
Salida en AC	
Potencia de CA nominal [W]	20000
Potencia máxima de CA [VA]	22000
Corriente de CA nominal [A]	30.4A (380V) / 28.9A (400V)
Corriente máxima de CA [A]	33.5A
Nominal AC Voltage/Rango [V]	220/380V, 230/400V. 3W+(N)+PE
Frecuencia de red/ Rango [Hz]	50/60
Factor potencia [cos ϕ]	0,8 capacitivo-0,8 inductivo

INVERSOR SUN2000-20KTL-M2

Salida en AC

Distorsión armónica total [THDi]	<3%
Alimentación	3W+(N)+PE

Fuente: HUAWEI

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

El fabricante en el manual de instalación del inversor recomienda la sección de los conductores y las protecciones a utilizar [37].

Tabla 34: Selección de los conductores para usuario comercial

Nombre	Tipo	Sección	AWG
Cable de entrada de CC	Cable fotovoltaico estándar	4-6mm ²	12-10
Cable de salida de AC	Cable de cobre para exteriores	6-16mm ²	10-6
Cable de tierra	Cable de cobre para exteriores	≥10mm ²	≥8


Fuente: HUAWEI

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Tabla 35: Dispositivos de protección para un usuario comercial

Componente	Magnitudes	Nombre comercial
Interruptor de CC	1100 VDC 15A	SRD-30
Disyuntor trifásico	415VAC 40A	LV429777-3p 40A 25KA/415VAC



Componente	Magnitudes	Nombre comercial	Componente
Protección de Sobretensión	1000VDC	DDC50-21Y-1200	

Fuente: HUAWEI

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

El modo de conexión hacia la red dependerá de la potencia fotovoltaica instalada, este se puede presentar en configuración: monofásico si la potencia-FV es menor o igual que 10kW, bifásico si la potencia FV es menor o igual que 20kW y trifásico si la potencia FV es menor o igual que 30kW; todas estas configuraciones se conectarán a la red de bajo voltaje. Debido a que la potencia fotovoltaica del sistema es mayor que 20kW, el sistema fotovoltaico se lo recomienda conectar al nivel de tensión de bajo voltaje en configuración trifásico, según lo establecido en la regulación ARCERNNR 001/2021, sin embargo, la distribuidora otorgará la factibilidad de conexión, la cual dispondrá donde se debe inyectar finalmente la potencia del sistema fotovoltaico, debido a que primero realizará un análisis de conexión para evaluar los impactos en la red; teniendo en cuenta la red de distribución de baja tensión para el usuario seleccionado, dicha red no cuenta con una configuración trifásica, por lo que se dimensiona la capacidad del transformador para que dicha potencia sea inyectada a la red de media tensión.

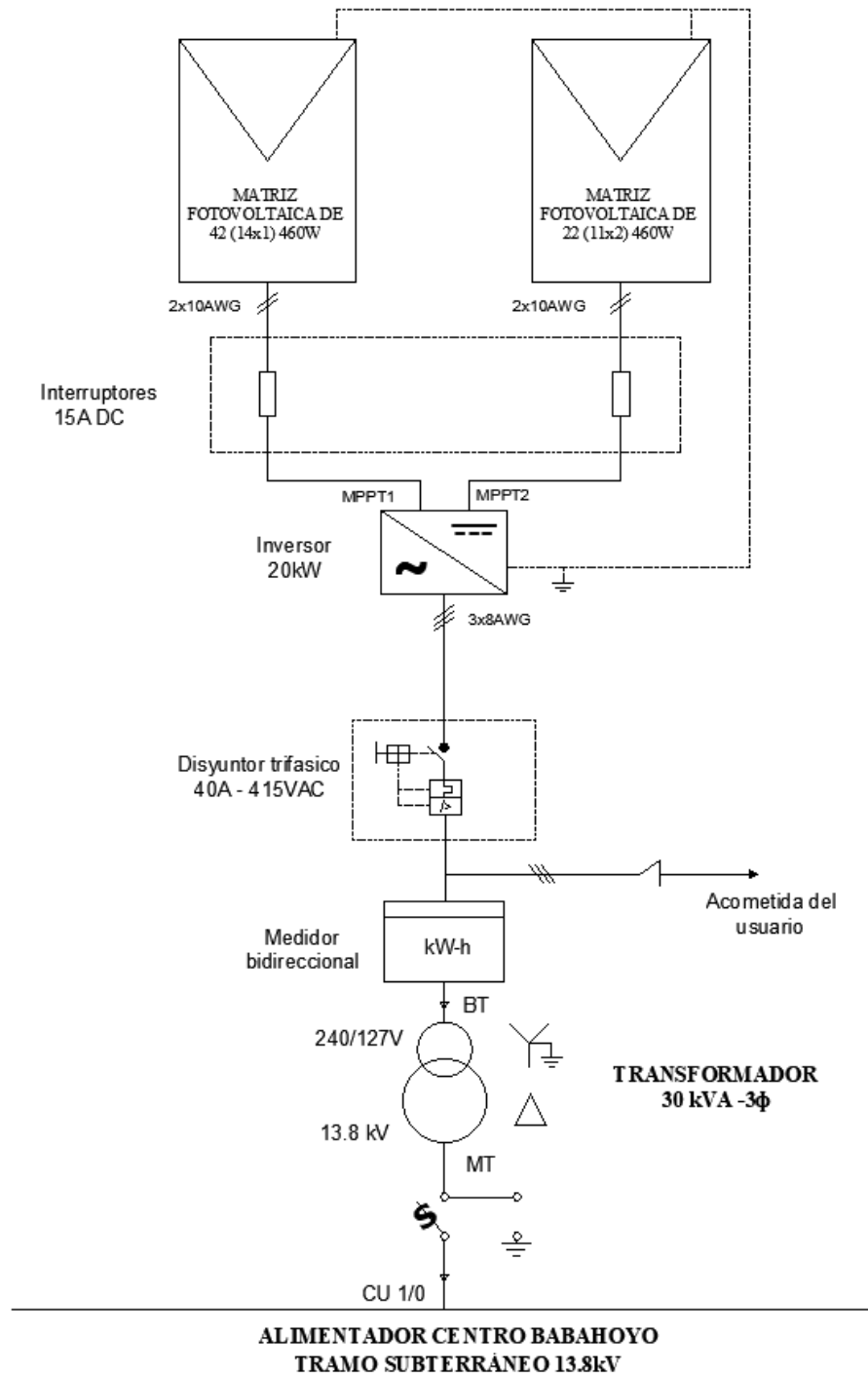
Según el [38], establece que la capacidad del transformador se la elige en función a la potencia FV del sistema, por lo que la potencia FV no debe superar el 80% de la capacidad del transformador.

Tabla 36: Capacidad del transformador para un usuario comercial

Potencia Fotovoltaica	Capacidad del transformador
25.05kW	31.31 ~ 30kVA 240/13.8kV valor comercial
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)	

El diagrama de conexión unifilar se presenta en la figura 18:

Figura 18: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico para un usuario comercial.



Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Los diseños de los 258 usuarios comerciales estarán conectados a la red eléctrica según la potencia fotovoltaica del sistema diseñado y el nivel de tensión al cual se conectarán dependerá de la disposición de la distribuidora. En los anexos 10 y 11 se presentan los respectivos diseños de los usuarios comerciales.

4.1.1.5. Para usuarios Industriales

Para ejemplo del diseño tipo industrial, se eligió al usuario 52073321, la metodología a emplear es la misma que se utilizó para los usuarios residenciales y comerciales.

Tabla 37: Parámetros de la demanda de un usuario industrial

Demanda energética del usuario industrial	
Numero de medidor	52073321
Promedio mensual	29461,33 kWh
Promedio diario	982,04 kWh
Hora solar pico	3,53 h
Demanda energética	1091,16 kWh
Potencia FV	309,11 kW
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)	

Para calcular el número de paneles se utilizará la metodología usada en los usuarios comerciales en función al área del predio o del techo.

Tabla 38: Número de paneles para un usuario industrial

Consideraciones en función al área de instalación	
Área del predio del usuario	484m ²
Área por módulo FV	2.158m ²
Número de paneles a instalar	224
Potencia FV	87.70kW
Potencia del inversor	70.16kW
N. arreglo en serie	14
N. arreglo en paralelo	17
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)	

Debido a que la potencia del inversor es muy elevada, esto conlleva a una gran inversión económica para la puesta del servicio del sistema fotovoltaico, por lo que se recomienda utilizar inversores a menor potencia, pero cumpliendo con la potencia del sistema FV. Para el diseño se eligió al inversor de Huawei SUN2000-36KTL-M3.

Tabla 39: Cantidad de inversores a utilizar

Requerimiento de potencia para el inversor	
Potencia requerida	70.16kW
Potencia por inversor	36kW
Cantidad de inversores a utilizar	2
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)	

Por lo tanto, la tensión del sistema es de 600V DC ya que esa es la tensión nominal que trabaja el inversor.

Tabla 40: Parámetros del inversor seleccionado de 36kW

INVERSOR SUN2000-36KTL-M3		
Entrada en CC		
Potencia max de matriz fotovoltaica [Wp]	54000	
Tensión de entrada máxima [V]	1100	
Corriente máxima de entrada (Por MPPT)	26A	
Corriente máxima de cortocircuito (por MPPT)	40A	
Tensión mínima de arranque [V]	200	
Rango de tensión de operación	200-1000V	
Rango de tensión MPPT con carga completa	520–800Vdc/(380Vac, 400Vac)	
	625–850Vdc/400Vac	
Tensión nominal de entrada	600V/380Vac	650V/440Vac
	720V/480Vac	
Número de MPPT	4	
Cantidad de rutas de entrada	8	
Salida en AC		
Potencia de CA nominal [W]	36000	

INVERSOR SUN2000-36KTL-M3

Salida en AC

Potencia máxima de CA [VA]	40000
Corriente de CA nominal [A]	54,7A (380Vac) - 52,0A (400Vac) - 47,3A (440Vac) - 43, A (480Vac)
Corriente máxima de CA [A]	61,1 A (380Vac)- 58,0 A (400Vac)-52,8 A (440Vac)-48,4 A (480Vac)
Nominal AC Voltaje/Rango [V]	220 Vac (380 Vac), 3W/N + PE 230 Vac (400 Vac), 3W/N + PE 254 Vac (440 Vac), 3W + PE 277 Vac (480 Vac), 3W + PE
Frecuencia de red/ Rango [Hz]	50/60
Factor potencia [cos ϕ]	0,8 capacitivo-0,8 inductivo
Distorsión armónica total [THDi]	<3%

Fuente: HUAWEI**Elaborado por:** MACIAS S, MAINATO(2022)

El fabricante Huawei, en el manual de instalación del inversor recomienda la sección de los conductores y las protecciones a utilizar [37].

Tabla 41: Conductores a utilizar para el sistema FV

Nombre	Tipo	Sección	AWG
Cable de entrada de CC	Cable fotovoltaico estándar	4-6mm ²	12-10
Cable de salida de AC	Cable de cobre para exteriores	16-50mm ²	6-1
Cable de tierra	Cable de cobre para exteriores	≥16mm ²	≥6

Fuente: HUAWEI**Elaborado por:** MACIAS S, MAINATO(2022)

El inversor Huawei ya contiene las protecciones tanto en DC como en AC, sin embargo, se recomienda utilizar protecciones en el circuito [37].

Tabla 42: Dispositivos de protección para un usuario industrial

Componente	Magnitudes	Nombre comercial
Interrupor de CC	1100 VDC 20A	PV-20A14F
Disyuntor trifásico	500VAC 100A	CHI0118A NXB-125 3P C100 10KA



Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En vista a que el usuario inyectara una potencia considerable, la distribuidora determinará a que nivel de tensión se conectará, por lo que será más probable que una vez realizado un análisis hacia la red, se le otorgue permiso a que se conecten a media tensión y para aquello el usuario necesitará de un transformador para poder inyectar la potencia generada a la red.

La capacidad del transformador se la calculó, utilizando la metodología de los usuarios comerciales.

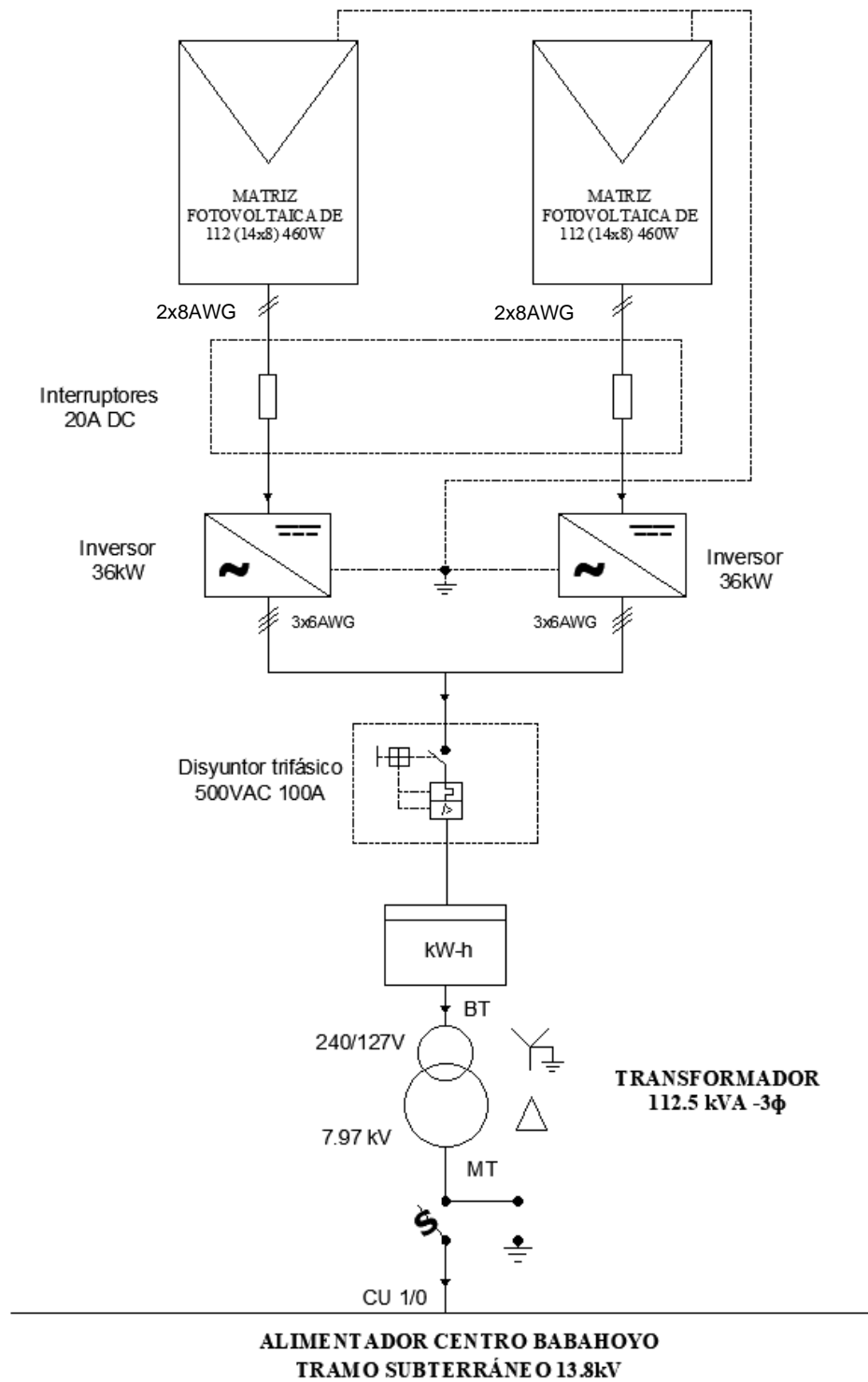
Tabla 43: Capacidad del transformador para un usuario industrial

Potencia Fotovoltaica	Capacidad del transformador
87.70kW	109.6 ~ 112.5kVA 240/13.8kV valor comercial

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

El diagrama unifilar del sistema fotovoltaico incorporado a la red de media tensión se presenta en la figura 19.

Figura 19: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico para un usuario industrial.



Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

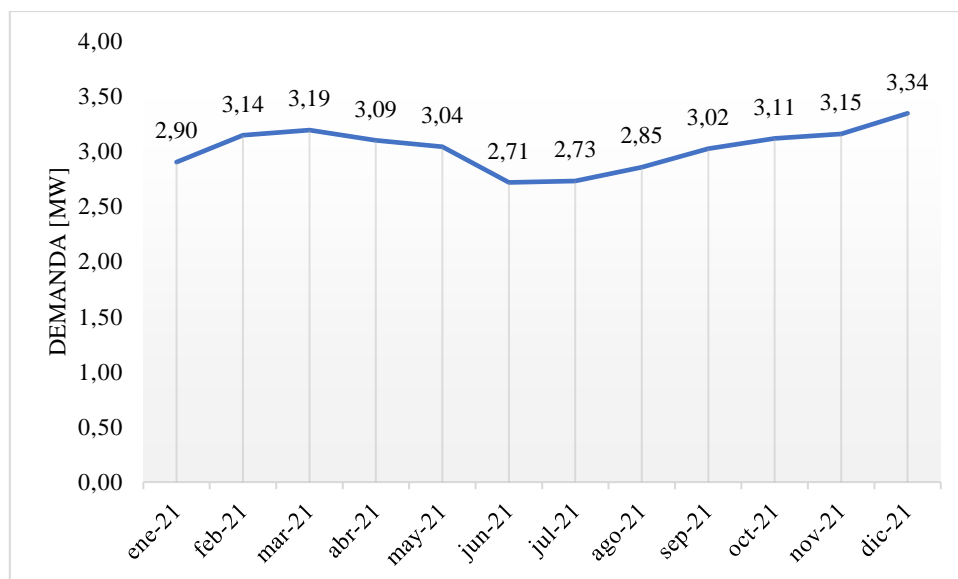
Los diseños de los sistemas fotovoltaicos de los usuarios industriales se conectarán a media y baja tensión, según lo establecido en la regulación ARCERNR 001/2021 o dependerá de la factibilidad de conexión que otorgue la empresa distribuidora, para los usuarios industriales la tensión del sistema varía entre 600 a 1100V en corriente continua, por motivo que los inversores están diseñados a que trabajen a esos niveles de tensión.

En los anexos 12 y 13 se presentan los diseños realizados para los usuarios industriales, tanto en media tensión como baja tensión.

4.1.5. Resultado caso base, sin la incorporación de sistemas fotovoltaicos para el autoabastecimiento en la red de distribución.

Para llevar a cabo el análisis en la red de distribución se tomó a consideración la demanda registrada en el año 2021, donde se tuvo presente la menor y la mayor demanda registrada durante el año.

Figura 20: Demanda del alimentador registrada durante el año 2021

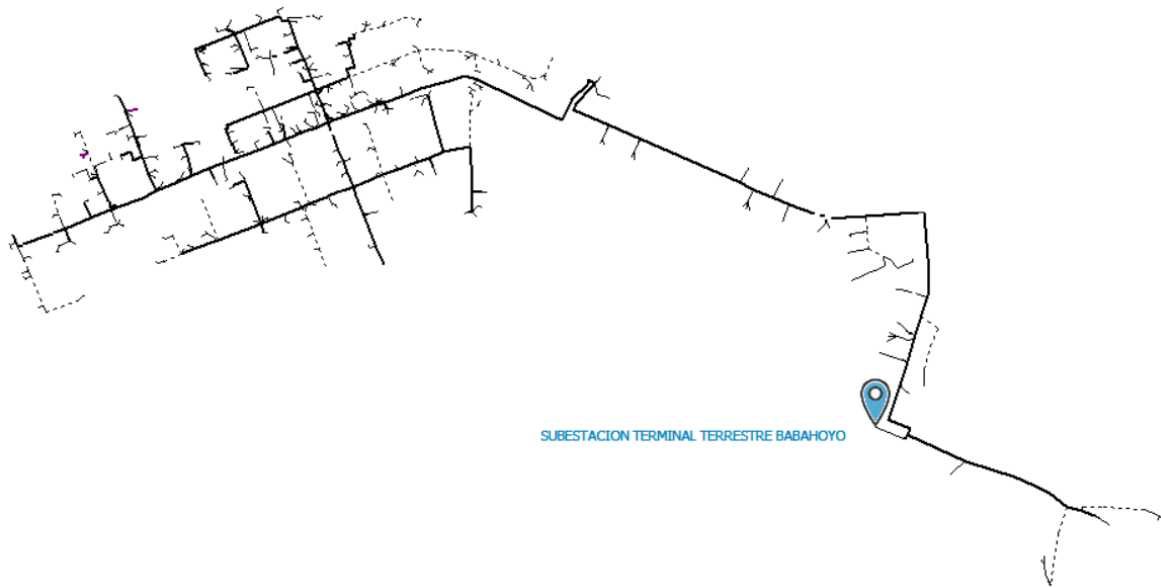


Fuente: CNEL

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Se analizará en el mes de junio, ya que es la menor demanda, registrada con un valor de 2.71MW y en el mes de diciembre debido a que presentó un valor de 3.34 MW, siendo este, el máximo valor registrado.

Figura 21: Modelado del alimentador Centro Babahoyo en la herramienta CYMDIST de CYME



Fuente: CYME

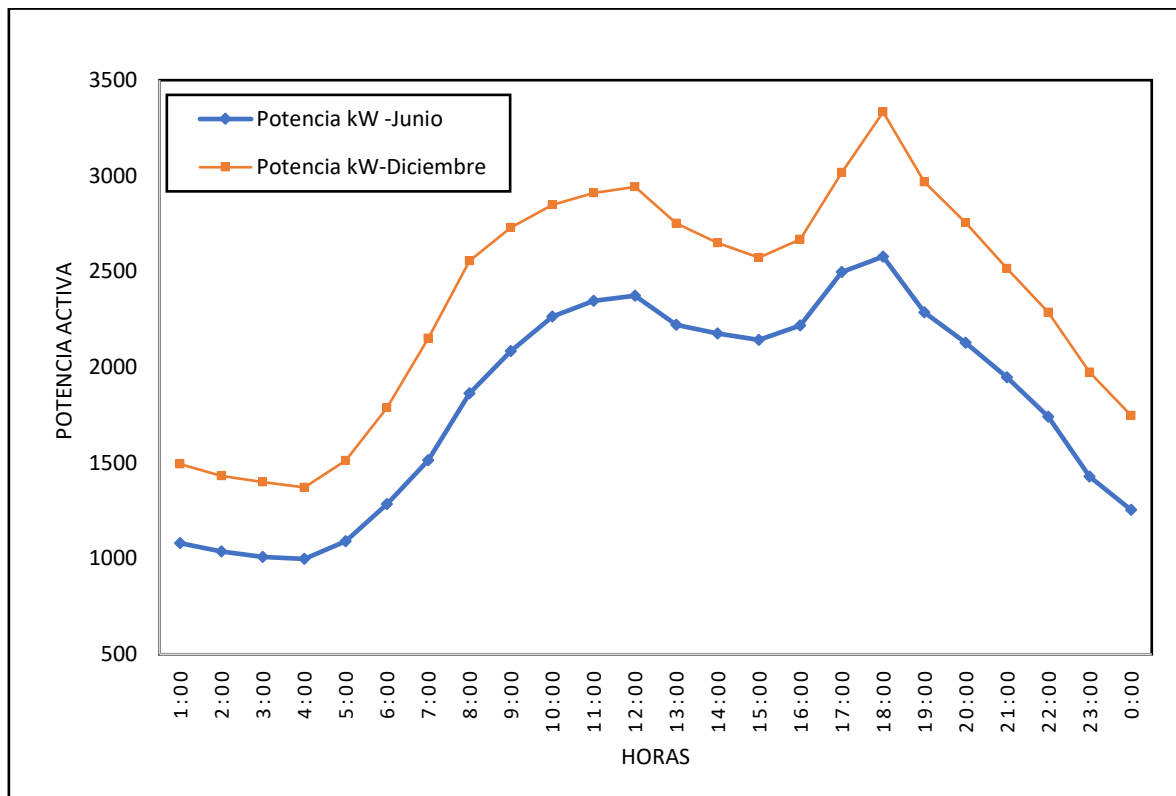
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Con el modelado del alimentador Centro Babahoyo en CYME mediante la herramienta CYMDIST, se ejecutó la simulación flujos de carga para conocer las magnitudes de tensión, corriente, potencias, factor de potencia en cada tramo del alimentador, ya que estos datos permitirán conocer las condiciones de la red en cada intervalo de tiempo.

4.1.5.1. Perfil de carga.

Las curvas de demanda que se registra en cabecera del alimentador permiten conocer el comportamiento de la demanda en el transcurso de un día, para los meses de junio y diciembre, donde se presentan el menor y el mayor consumo durante el año 2021, los perfiles de carga presentados se realizan en condiciones normales cuando aún no se inyecta potencia a través de los sistemas de generación fotovoltaica.

Figura 22: Perfil de carga del alimentador para los meses de junio y diciembre



Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Se observa en la figura 18 que el perfil de carga presentado para los meses de junio y diciembre tienen una demanda pico a las 18:00h, por motivo que se incrementa el consumo de energía.

Tabla 44: Perfil de carga sin SGDA

Hora	Junio		Diciembre	
	Potencia de paso (kW)	Fp promedio (%)	Potencia de paso (kW)	Fp promedio (%)
1:00	1080,0	98,43	1493,8	98,2
2:00	1036,9	98,49	1432,5	98,3
3:00	1008,6	98,53	1399,4	98,3
4:00	998,3	98,54	1371,9	98,4
5:00	1091,4	98,42	1512,0	98,2
6:00	1285,0	98,12	1787,5	97,8
7:00	1513,6	97,71	2151,0	97,3
8:00	1863,0	97,43	2555,2	97,0
9:00	2084,4	97,02	2729,4	96,6
10:00	2265,5	96,64	2849,0	96,3
11:00	2347,1	96,50	2909,8	96,3
12:00	2373,7	96,50	2942,0	96,3

Hora	Junio		Diciembre	
	Potencia de paso (kW)	Fp promedio (%)	Potencia de paso (kW)	Fp promedio (%)
13:00	2221,2	96,72	2751,6	96,4
14:00	2175,7	96,74	2649,4	96,5
15:00	2142,8	96,79	2573,1	96,6
16:00	2218,4	96,72	2667,6	96,6
17:00	2497,6	96,49	3017,9	96,2
18:00	2577,9	96,42	3333,2	95,9
19:00	2286,8	96,78	2968,2	96,4
20:00	2127,3	97,03	2754,8	96,6
21:00	1947,0	97,31	2516,0	97,0
22:00	1741,2	97,43	2286,1	97,3
23:00	1429,0	97,87	1973,0	97,5
0:00	1253,7	98,12	1747,8	97,8

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.5.2. Pérdidas en los conductores.

Las redes de distribución al ser parte de un sistema eléctrico de potencia se producen pérdidas en la distribución de la energía, el alimentador Centro Babahoyo contiene conductores tanto aéreos como subterráneos por lo tanto mientras más alejada se encuentre la carga concentrada, de la subestación mayor pérdidas presentará el sistema, estas pérdidas se representan en forma de calor debido a la corriente que está atravesando el conductor por el efecto Joule; en el alimentador la mayor cantidad de pérdidas se producen en horas picos entre las 17:00 hasta las 19:00, por motivo que la demanda a dichas horas empieza a crecer y esto conlleva a un aumento de corriente en cada transformador.

Tabla 45: Pérdidas presentadas en los conductores sin SGDA

Hora	Pérdidas totales - Junio	Pérdidas totales - Diciembre
	(kW)	(kW)
1:00	5,1	10,01
2:00	4,7	9,19
3:00	4,5	8,76
4:00	4,4	8,41
5:00	5,3	10,26
6:00	7,3	14,47
7:00	10,3	21,28
8:00	15,7	30,22
9:00	19,8	34,65
10:00	23,6	37,92
11:00	25,4	39,41
12:00	25,9	40,22

Hora	Pérdidas totales - Junio (kW)	Pérdidas totales - Diciembre (kW)
13:00	22,6	35,20
14:00	21,7	32,53
15:00	21,0	30,56
16:00	22,5	32,69
17:00	28,6	42,32
18:00	30,5	52,37
19:00	23,9	41,00
20:00	20,5	35,23
21:00	17,1	29,12
22:00	13,5	23,89
23:00	9,1	17,75
0:00	7,0	13,84

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.5.3. Pérdidas en los transformadores.

Las pérdidas que se producen en los transformadores se presentan por medio del calentamiento en los devanados y por histéresis en el núcleo del transformador, estas serán mayormente representativas cuando los transformadores estén operando cercano a sus valores de capacidad máxima, en el alimentador las pérdidas en el mes de diciembre son mayores en comparación del mes de junio, cabe recalcar que mientras mayor energía consumen los usuarios mayor corriente se presentará en el lado de baja tensión del transformador. En la

Tabla **46** se presentan las pérdidas totales en kW por cada hora, por lo que se observa que la mayor cantidad de pérdidas se producen durante el día.

Tabla 46: Pérdidas en los transformadores sin SGDA

Hora	Pérdidas totales - Junio (kW)	Pérdidas totales - Diciembre (kW)
1:00	3,5	5,51
2:00	3,3	5,15
3:00	3,2	4,93
4:00	3,1	4,76
5:00	3,6	5,61
6:00	4,8	7,64
7:00	6,7	11,09
8:00	9,0	14,52
9:00	11,4	17,19
10:00	13,8	19,64
11:00	14,8	20,11

Hora	Pérdidas totales - Junio (kW)	Pérdidas totales - Diciembre (kW)
12:00	15,0	20,06
13:00	13,2	18,35
14:00	12,8	17,52
15:00	12,5	16,60
16:00	13,2	16,82
17:00	15,8	20,85
18:00	16,8	25,04
19:00	13,5	19,49
20:00	11,7	17,23
21:00	9,7	14,27
22:00	8,4	11,66
23:00	5,9	9,42
0:00	4,7	7,51

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.5.4. Condiciones anormales

Lo que respecta a condiciones anormales se refiere al trabajo de los dispositivos conectados a la red de distribución, cuando estos operan fuera de los límites de su capacidad nominal; para el flujo de carga efectuado en el alimentador Centro Babahoyo se eligió límites de trabajo en función a la condición que se presente; mayor al 105% se presentará una sobretensión y menor a un 95% se presentará una subtensión, esto con respecto a los límites de tensión, mientras que para los límites de sobrecarga se tomó un valor del 100%.

Tabla 47: Condiciones anormales en la red sin SGDA

Tipo de dispositivo	ID	Valor	Hora
Junio			
Sobrecarga			
Transformador con dos devanados	1068181	107.63%	18:00
Sobretensión			
Nodo	1102	120.46%	18:00
Subtensión			
Nodo	895	87.33%	18:00

Tipo de dispositivo	ID	Valor	Hora
Diciembre			
Sobrecarga			
Transformador con dos devanados	1068181	110.79%	22:00
Sobretensión			
Nodo	1102	120.11%	18:00
Subtensión			
Nodo	895	75.81%	18:00

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Mediante las simulaciones realizadas se notó que el transformador 1068181 opera en condiciones de sobrecarga tanto en la demanda máxima para el mes de junio como para el mes de diciembre, así mismo dos nodos presentan condiciones anormales, por lo que se tomara en cuenta dichos componentes, para al momento de diseñar los sistemas FV a los usuarios que estén conectados a ese transformador y a esos nodos, enviar la potencia producida hacia la red de media tensión para el caso del transformador y del nodo que está presentado la sobretensión.

4.1.5.5. Resumen flujo de carga

	Junio 2021		Diciembre 2021	
Cresta	2578.0kW	18:00	3333.0kW	18:00
Potencia máxima	2938.0kVA	18:00	3882.0kVA	18:00
Potencia mínima	1127.0kVA	4:00	1553.0kVA	4:00
Potencia media	2082.8kVA		2703.3kVA	
Pérdidas totales	620.3kWh		982.2kWh	

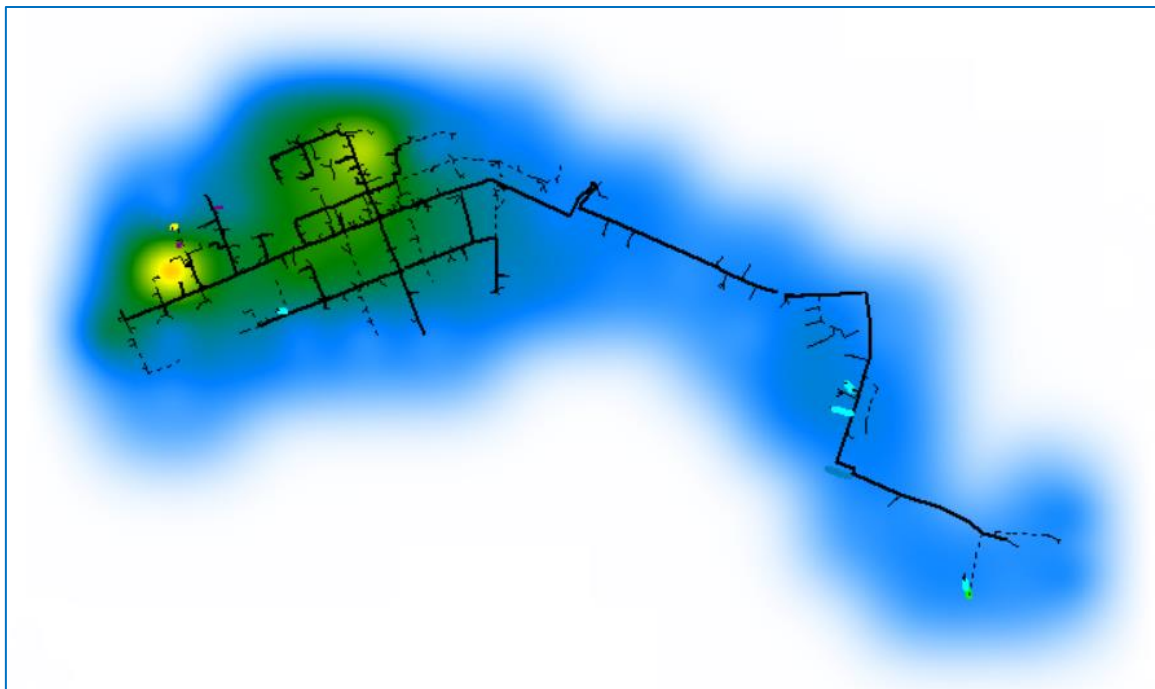
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

La cresta de la curva de la demanda del mes de junio corresponde a 2.6 MW, comparando con las mediciones obtenidas de la CNEL dicho valor fue de 2.7 MW, así mismo para el mes de diciembre la cresta fue de 3.3 MW en la simulación, mientras que en las mediciones el valor fue de 3.3 MW. Este tipo de información da a conocer que las simulaciones efectuadas en el alimentador están en condiciones operativas en el estado real cómo está trabajando el alimentador, por lo que da un mayor grado de confianza a la hora de realizar los respectivos análisis en la red.

La potencia máxima registrada en el alimentador se da a las 18:00H, mientras que la menor demanda se da a las 4:00H, las pérdidas del sistema incluyendo las pérdidas de los transformadores y de los conductores para el mes de junio fueron de 620.3kWh y para el mes de diciembre fue de 982.2kWh.

El flujo de carga realizado en el alimentador aparte de conocer los parámetros eléctricos permite conocer la mayor concentración de carga, lo cual permite identificar con mayor facilidad los sectores donde se producen mayor consumo en la red, como se observa en la figura, el sombreado amarillo-verde corresponde a la densidad de carga en la parte céntrica de la ciudad de Babahoyo.

Figura 23: Densidad de carga en el alimentador centro Babahoyo

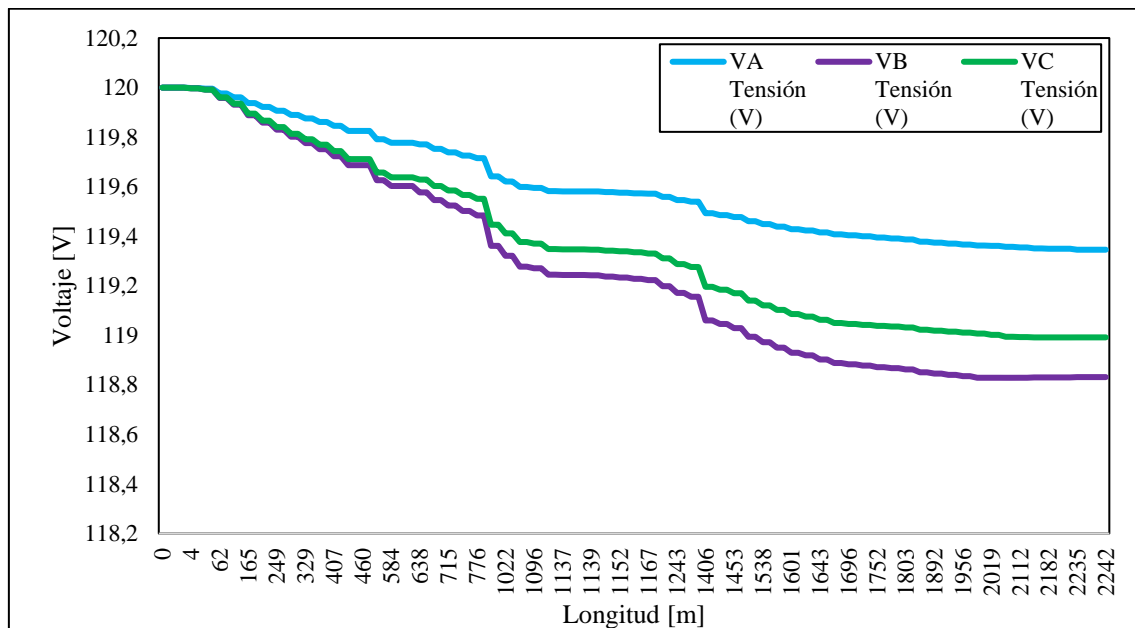


Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.5.6. Perfil de tensión

Figura 24: Perfil de tensión sin SGDA



Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Para el perfil de tensión a lo largo del alimentador se tomó una tensión base de 120V (recomendada por el software), con valores de 105% para sobretensión y 95 % para una subtensión, es decir valores mayores de 126 V se presentará una sobretensión y menores a 114V presentará una subtensión. A partir de dichos valores se estima la caída de tensión que va presentado el alimentador a medida que la longitud aumenta, se observa que la fase B en su punto más alejado de la subestación, llega a valores de 118.83V sin embargo a pesar de tener esos valores está dentro del límite permitido y no está presentando subtensiones anormales.

4.1.6. Resultado del caso dos, incorporando los sistemas fotovoltaicos para el autoabastecimiento en la red de distribución.

4.1.6.1. Perfil de generación de los sistemas Fotovoltaicos

La generación de los sistemas fotovoltaicos depende principalmente de la irradiancia, y esta se obtiene cuando se recibe la luz del sol, es por aquello que la generación de estos sistemas es nula por las noches y se ve afectada en temporadas invernales, la tabla 48, se detalla en intervalos de tiempo de 1 hora, la potencia total generada por estos sistemas en los meses de junio y diciembre donde se puede observar claramente que en horarios de 1:00H-6:00H y 18:00H-00:00H, no hay producción alguna por los motivos ya mencionados.

Tabla 48: Perfil de generación de los sistemas Fotovoltaicos

Hora	Potencia fotovoltaica - Junio (kW)	Potencia fotovoltaica - Diciembre (kW)
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	0	0
7:00	361,849385	391,975803
8:00	790,404997	882,374244
9:00	1228,08124	1309,74304
10:00	1683,55354	1626,06453
11:00	1877,06738	1626,04269
12:00	1930,79011	1838,4622
13:00	1856,75624	1722,35817
14:00	1605,4389	1467,42897
15:00	1247,68417	1088,2648
17:00	290,377417	160,831643
18:00	0	0
19:00	0	0
20:00	0	0
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	0	0
0:00	0	0

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.6.2. Perfil de carga en el alimentador

Tabla 49: Perfil de carga en el alimentador con SGDA

Hora	Junio		Diciembre	
	Potencia de paso (kW)	Fp promedio (%)	Potencia de paso (kW)	Fp promedio (%)
1:00	1080,0	98,43	1493,8	98,2
2:00	1036,9	98,49	1432,5	98,3
3:00	1008,6	98,53	1399,4	98,3
4:00	998,3	98,54	1371,9	98,4
5:00	1091,4	98,42	1512,0	98,2
6:00	1285,0	98,12	1787,5	97,8
7:00	1750,3	98,71	2118,6	98,3
8:00	1447,2	99,43	1753,2	99,0
9:00	1122,3	99,02	1439,1	99,6
10:00	704,4	99,64	1161,5	99,3
11:00	507,1	99,50	1158,3	99,3
12:00	391,3	99,50	883,3	99,3
13:00	456,6	99,72	990,7	99,4
14:00	692,8	98,74	1230,8	99,5
15:00	1073,4	98,79	1633,7	99,6
16:00	1606,9	96,72	2165,7	98,6
17:00	2037,2	96,49	2567,9	97,2
18:00	2577,9	96,42	3333,2	95,9
19:00	2286,8	96,78	2968,2	96,4
20:00	2127,3	97,03	2754,8	96,6
21:00	1947,0	97,31	2516,0	97,0
22:00	1741,2	97,43	2286,1	97,3
23:00	1429,0	97,87	1973,0	97,5
0:00	1253,7	98,12	1747,8	97,8

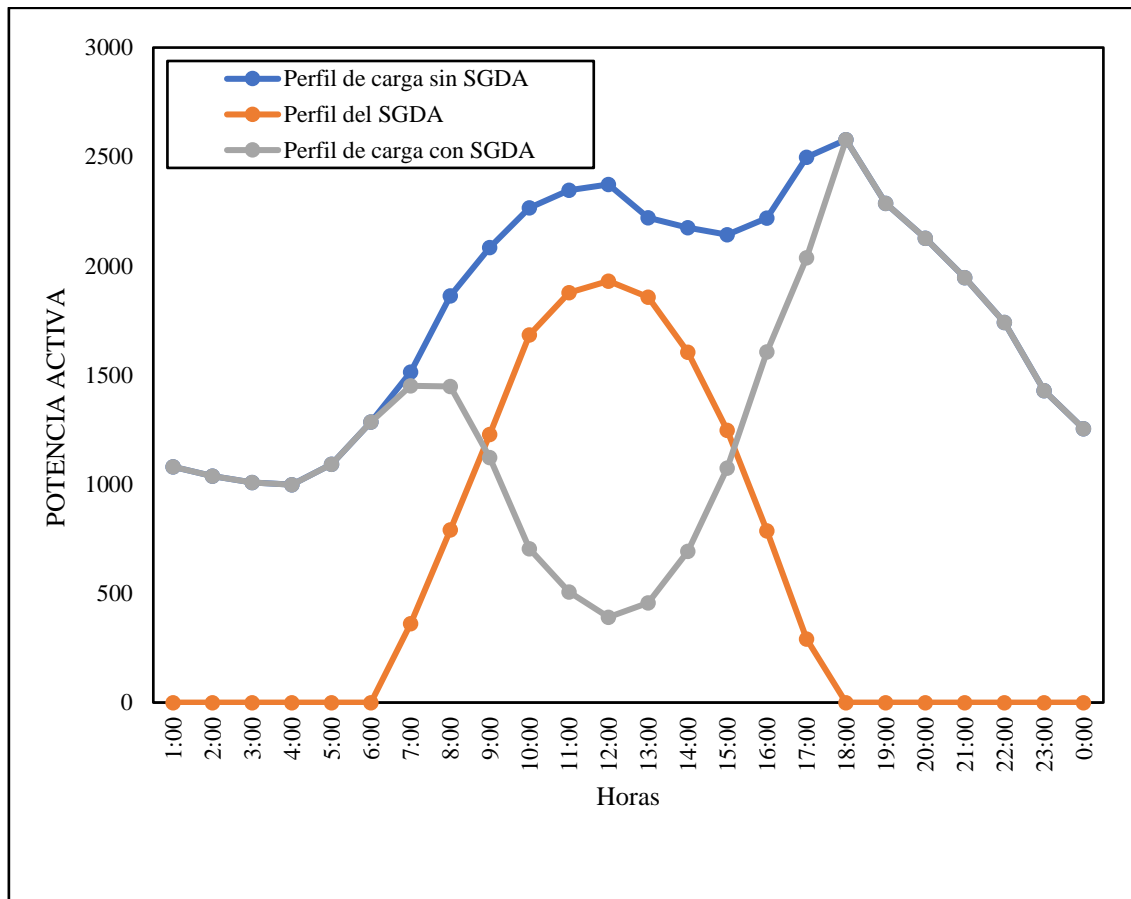
Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

La presencia de nuevas fuentes de energía en el alimentador ocasiona cambios en la curva de demanda de la cabecera del alimentador, considerando los valores de generación fotovoltaica mostrados en la tabla 49, se puede denotar la forma de comportamiento de los cambios en la demanda de la cabecera y se muestran en la siguiente tabla, donde se presenta disminución en la demanda en ciertos intervalos de tiempos y en otros se mantiene, de igual forma se presentan mejoras en el factor de potencia promedio en los mismos intervalos de tiempo.

4.1.6.3. Curva de demanda con y sin SGDA

Realizando una comparación en el comportamiento de las curvas de demanda en el alimentador que se muestra en la Figura 20 y Figura 22, se tiene que el cambio de la curva se empieza a denotar desde las 6:00 en ambos meses , en este mismo horario el sistema de generación fotovoltaico comienza a generar energía en pequeñas proporciones, y al transcurrir el tiempo durante el día comienza aumentar la producción en los sistemas fotovoltaicos, y de igual forma desde las 12:00 empieza a disminuir la producción de energía que se inyecta a la red, provocando una demanda menor en la cabecera del alimentador y se tienen las curvas que se muestran a continuación del mes de julio y diciembre respectivamente.

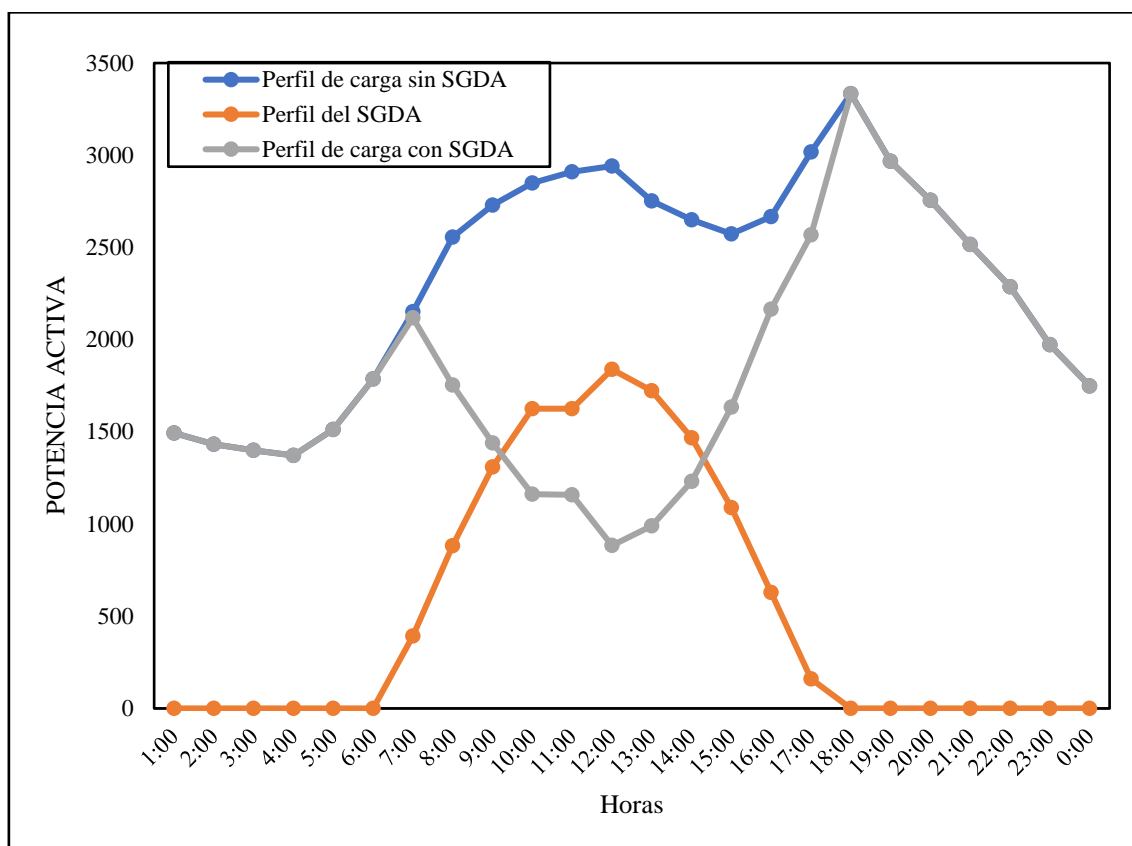
Figura 25: Curva de demanda en la cabecera del alimentador con y sin SGDA, y curva de generación fotovoltaica conectada a la red en el mes de junio



Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

Figura 26: Curva de demanda en la cabecera del alimentador con y sin SGDA, y curva de generación fotovoltaica conectada a la red en el mes de diciembre



Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

**La curva azul representa el comportamiento de la demanda cuando no existe los diseños fotovoltaicos conectado a la red, mientras que la curva gris representa la generación de todo el conjunto de los SFV y la curva naranja representa al comportamiento de la demanda cuando los usuarios tienen implementado los sistemas fotovoltaicos.

4.1.6.4. Pérdidas en los conductores

Las principales características de los SGDA es el aporte en la reducción de pérdidas en el sistema de distribución para tener una red más eficiente, la Tabla 50 indica los valores de pérdidas en las líneas y en los cables, en intervalos de 1 hora, cuando ya se ha incorporado los SGDA en los meses de julio y diciembre, en el mes de Julio se tiene una reducción en las pérdidas en los conductores de 0,037 kW, con respecto a los valores de pérdidas que se obtuvo cuando no se tenía implementado los SGDA, y en el mes de diciembre que es el mes donde hay mayor demanda de energía se logró reducir un total de 0,18kW.

Tabla 50: Pérdidas en las líneas y en los cables con SGDA

Hora	Pérdidas totales -Junio (kW)	Pérdidas totales - Diciembre (kW)
1:00	5,1	10,01
2:00	4,7	9,19
3:00	4,5	8,76
4:00	4,4	8,41
5:00	5,3	10,26
6:00	7,3	14,47
7:00	10,1	20,82
8:00	14,5	18,84
9:00	17	16,35
10:00	19,3	13,98
11:00	19,6	14,37
12:00	19,7	11,02
13:00	16,8	10,22
14:00	17,3	12,41
15:00	17,8	17,24
16:00	20,7	25,57
17:00	27,3	35,94
18:00	30,5	52,37
19:00	23,9	41
20:00	20,5	35,23
21:00	17,1	29,12
22:00	13,5	23,89
23:00	9,1	17,75
0:00	7	13,84

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.6.5. Pérdidas en los transformadores

Las pérdidas en los transformadores con los SGDA disminuyen en el día ya que parte de su capacidad es liberada para ser suministrada por los sistemas fotovoltaicos, permitiendo que los transformadores sobrecargados disminuyan el porcentaje de sobrecarga y en el mejor de los casos no exista sobrecarga en estos transformadores. En la tabla 51 se presentan las pérdidas en los transformadores en los meses de julio y diciembre, teniendo una reducción de 0,027 kW en el mes de julio y 0,023 kW en el mes de diciembre.

Tabla 51: Pérdidas en los transformadores con SGDA

Hora	Pérdidas totales -	Pérdidas totales -
	Junio (kW)	Diciembre (kW)
1:00	3,5	5,51
2:00	3,3	5,15
3:00	3,2	4,93
4:00	3,1	4,76
5:00	3,6	5,61
6:00	4,8	7,64
7:00	6,67	11,03
8:00	8,05	13,09
9:00	9,2	14,88
10:00	10,23	16,62
11:00	10,6	16,98
12:00	10,47	16,38
13:00	9,17	15,20
14:00	9,41	14,98
15:00	10,06	14,92
16:00	11,8	15,92
17:00	14,75	20,05
18:00	16,8	25,04
19:00	13,5	19,49
20:00	11,7	17,23
21:00	9,7	14,27
22:00	8,4	11,66
23:00	5,9	9,42
0:00	4,7	7,51

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.6.6. Condiciones anormales

Las condiciones anormales en él es de junio más relevantes que se presentaron en la simulación del alimentador implementado los SGDA son los que se muestran en la tabla 52, un transformador que se encuentra operando fuera de sus límites de capacidad, por lo tanto, se debe realizar un análisis para conseguir que el transformador pueda trabajar dentro de sus límites de operación.

Tabla 52: Condiciones anormales con SGDA en el mes de Junio

Tipo de dispositivo	Número de dispositivo	Valor	Fecha / Hora
Sobrecarga - Transformador con dos devanados	OID5976	178,90 %	05/07/2021 4:00
Sobretensión - Nodo	1095	174,55 %	05/07/2021 4:00
Subtensión - Nodo	1087	55,92 %	05/07/2021 18:00

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

En el mes de diciembre se presentaron condiciones anormales con porcentajes menos críticos que las que se produjeron en el mes de julio, el transformador presenta una reducción del 51% de sobrecarga. El nodo 1095 mantiene el mismo valor de sobretensión y el nodo 1087 aumentó un 0,92%.

Tabla 53: Condiciones anormales con SGDA en el mes de diciembre

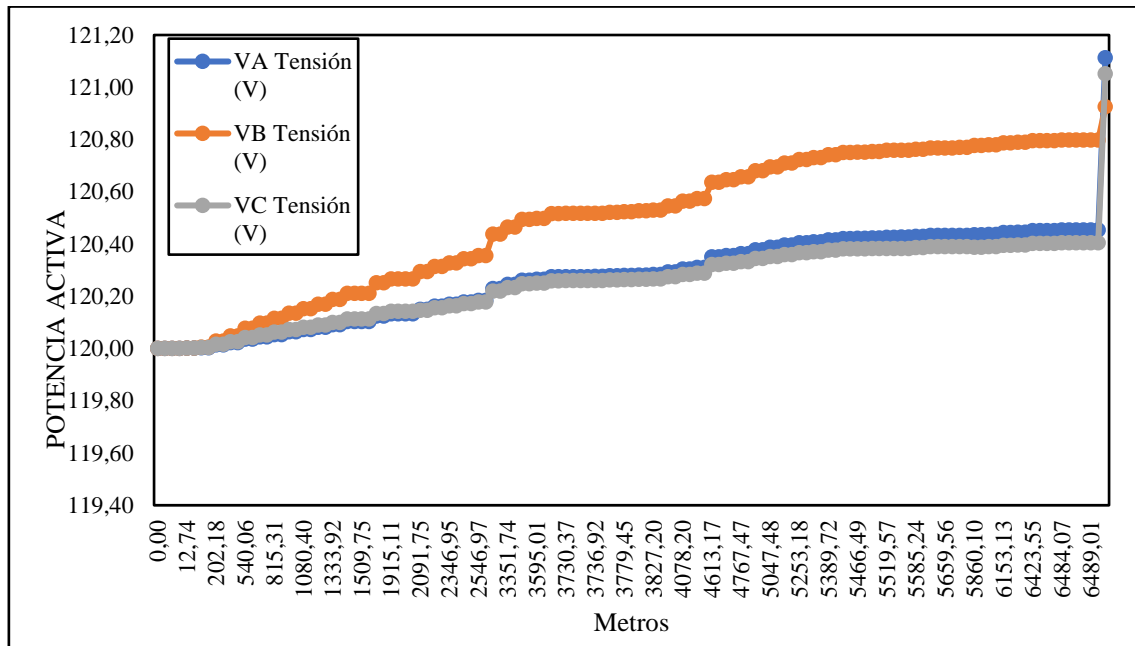
Tipo de dispositivo	Número de dispositivo	Valor	Fecha / Hora
Sobrecarga			
Transformador con dos devanados	OID5976	127,40 %	05/12/2021 21:00
Sobretensión			
Nodo	1095	174,52 %	05/12/2021 1:00
Subtensión			
Nodo	1087	56,84 %	05/12/2021 2:00

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.6.7. Perfil de tensión

Para el perfil de tensión a lo largo del alimentador se tomó una tensión base de 120V (recomendada por el software), con valores de 105% para sobretensión y 95 % para una subtensión, es decir valores mayores de 126 V se presentará una sobretensión y menores a 114V presentará una subtensión. A partir de dichos valores se estima el aumento de tensión que va presentado el alimentador a medida que la longitud aumenta, se observa que la fase A en su punto más alejado de la subestación, llega a valores de 121,11 sin embargo a pesar de tener esos valores está dentro del límite permitido y no está presentando sobretensiones anormales.

Figura 27: Perfil de tensión en cada fase del alimentador con SGDA.



Fuente: CYME

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.1.7. Comparación Caso 1 y Caso 2

La implementación del SGDA generó varios cambios en el alimentador, los cuales están especificados en la tabla 54, la cual contiene los valores de diferentes parámetros obtenidos mediante la simulación en el software CYME del caso 1 y el caso 2.

Tabla 54: Comparación de resultados del caso 1 y caso 2

Mes	Caso 1		Caso 2	
	Junio	Diciembre	Junio	Diciembre
Demanda total en cabecera del alimentador	43566,1 kW	56372,2 kW	31652,6 kW	43679 kW
Pérdidas totales en el conductor	390 kW	651,3 kW	353 kW	471,06 kW
Pérdidas totales en los transformadores	230,4 kW	330,97 kW	202,61 kW	308,27 kW
Punto más bajo de tensión	VB- 118,83 V		VA-VB-VC-120 V	
Punto más alto de tensión	VA-VB-VC-120 V		VA-121,11 V	

Elaborado por: MACIAS S, MAINATO(2022)

4.2. Discusión.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, permitió realizar una estimación de las condiciones iniciales del alimentador con ausencia del sistema SGDA, y denotar las mejoras que se presentan con la incorporación de estos sistemas a la red y los beneficios que puede tener el usuario al contar con dicho sistema. Para la implementación de los sistemas fotovoltaicos como fuentes de generación se debe considerar si las condiciones ambientales son favorables para este tipo de sistemas, si se tienen resultados no favorables se puede analizar otro tipo de generación compatible con las condiciones ambientales.

Los sistemas fotovoltaicos para un consumo con perfil residencial, resulta ideal considerando las dimensiones que se necesitan para ser instaladas donde se pueden ocupar espacios donde no ocasione incomodidades como, por ejemplo, el techo de una vivienda.

El diseño fotovoltaico realizado para cada usuario permitió estimar las consideraciones que se deben tener, al estar interesados en implementar un sistema de este tipo, como el tipo de panel a utilizar, la capacidad de generación de los paneles, la configuración de conexión entre paneles, las consideraciones técnicas para la elección de un inversor y entre otros.

Los SGDA en el alimentador Centro- Babahoyo generó cambios en la red, la demanda en la cabecera del alimentador presentó una reducción, esto se da en los horarios donde los sistemas fotovoltaicos empiezan a generar energía, por lo general es a partir de las 6:00 hasta las 18:00. La reducción de demanda en la cabecera del alimentador conlleva variaciones en varios aspectos de interés, debido a que la demanda disminuye en cierto intervalo de tiempo, las pérdidas en los conductores y en los transformadores comienzan a reducir, teniendo de esta forma un sistema más eficiente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Los usuarios que tengan el interés de implementar un sistema de generación conectado a la red de pequeña y mediana escala deben presentar una memoria técnica a la empresa distribuidora para la aprobación del proyecto, de esta forma la empresa distribuidora verifica que todos los parámetros de generación estén en los rangos requeridos, según lo establecido por la norma IEEE Std. 1547, el sistema de generación no puede ser conectado a la red sin que los valores de voltaje se encuentren como valor mínimo 0,917 pu y como valor máximo en 1,05 pu, y los valores de frecuencia como valor mínimo 59,5 Hz y como valor máximo 60,1 Hz, teniendo siempre un grado de sincronismo aceptable.
- Para obtener los diseños fotovoltaicos de cada usuario se tomó el consumo promedio de cada usuario, para que el sistema fotovoltaico cubra la demanda, de igual forma se obtuvo parámetros ambientales como irradiancia y temperatura, que son elementos principales para predecir la producción de energía en cada panel. Al momento de tener la cantidad de paneles se eligió el tipo de inversor a utilizar con la capacidad de suministrar a la red la potencia requerida por el usuario.
- El modelamiento del alimentador en el software CYME, cumple con la función más importante en este estudio, ya que con el software se realizó un análisis de varios aspectos de gran relevancia como; la curva de demanda, las pérdidas en los conductores y en los transformadores tanto para los meses de junio y diciembre, en el cual se observó el impacto que genera en la red la implementación de estos sistemas.
- Mediante las simulaciones realizadas se logró analizar los impactos que se producen al inyectar potencia a través de generación fotovoltaica, donde se constató que los perfiles de tensión a lo largo del alimentador se mejoraron ya que pasan a estar por encima del voltaje base especificado, así mismo las pérdidas en los conductores se redujeron en un 9,49% en el mes de junio y un 27,67% en el mes de diciembre; también la potencia entregada del alimentador hacia los respectivos usuarios se redujo en horas de las 8:00 hasta las 17:00 en los meses de junio y diciembre, ya que en estas horas los sistemas fotovoltaicos empiezan a generar energía eléctrica y aliviando en gran parte los conductores del alimentador Centro Babahoyo.

5.2. Recomendaciones.

- La finalidad de que un usuario lleve a cabo un proyecto de este tipo es disminuir los valores en los rubros de las planillas, puesto que, si el arreglo fotovoltaico se sobredimensiona y la generación supera por mucho el consumo del usuario, este habría invertido más de lo necesario y la empresa distribuidora no podrá recompensar la energía adicional que está inyectando a la red, es por ello que se debe realizar un análisis correcto en el diseño fotovoltaico para reducir costos de inversión.
- Al momento de elegir un inversor para el sistema fotovoltaico, considerar el aumento de la demanda del usuario, puesto que luego se requiera aumentar la capacidad de generación, no se tenga que cambiar el inversor por uno de mayor capacidad ocasionando gastos irresponsables por el mal diseño del sistema fotovoltaico.
- En el caso que la empresa distribuidora requiera incorporar los SGDA a la red, se tiene que realizar un análisis que permita conocer la ubicación óptima del sistema, donde se pueda obtener mayor número de mejoras en la red de distribución.
- En el modelamiento del alimentador se debe realizar un riguroso análisis de los cambios efectuados en la red por el sistema fotovoltaico, evitando de esta forma que se ignore algún cambio negativo en la red y se pueda perjudicar a la calidad del servicio de distribución.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONELEC, "Atlas solar del Ecuador," *Conelec*, pp. 1–51, 2008, [Online]. Available: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf
- [2] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, "Estadísticas Anuales Y Multianual Del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2018," *Rev. Energ. Ecuador*, vol. 16, no. I, p. 214, 2019.
- [3] H. Sepulveda, "Redes de distribución de energía eléctrica," 2017.
- [4] M. Bermúdez and B. Villalobos, "Red inteligente inalámbrica para el análisis de operación y gestión en distribución de energía eléctrica.," 2019.
- [5] A. Colmenar, D. Borge, E. Collado, and M. Castro, *Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes*. MADRID, 2015.
- [6] L. Grisales, B. Restrepo, and F. Jaramillo, "Ubicación y dimensionamiento de generación distribuida: una revisión," 2017.
- [7] S. Alvarado, "Definición e información de energías renovables," 2016.
- [8] M. Pareja, *Energía solar fotovoltaica*. Barcelona, 2016.
- [9] A. Sánchez Juárez, *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial*. MORELOS: Instituto de Energías Renovables, IER-UNAM, 2017. doi: 10.22201/ier.9785230417323e.2017.
- [10] J. Gutiérrez and Ó. Olaya, "Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos," 2016.
- [11] M. Molina, "Revista de Aplicaciones de la Ingeniería Revista de Aplicaciones de la Ingeniería," vol. 3, no. 6, pp. 9–11, 2016.
- [12] E. Espinel, E. Flórez, and J. Barbosa, "Estudio para la generación de energía por un sistema con paneles solares y baterías.," pp. 9–14, 2020.
- [13] D. Ramirez and T. Gutierrez, "Implementacion de sistemas fotovoltaicos a la red," INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ, 2016.
- [14] J. Olvera and L. Montalvo, "Análisis y diseño de una planta de generación de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos conectados a la red de distribución eléctrica de la subestación Santa Ana ubicada en Guayaquil," 2016.
- [15] J. Cata and F. Rodríguez, "Análisis Matemático De Un Panel Solar Fotovoltaico De Silicio," *Tesis Previa a La Obtención Del Tit. Ing. Eléctrico*, p. 113, 2015.
- [16] M. Castellanos, "Modelo de predicción de curvas I-V para paneles solares bajo condiciones difíciles de sombra basado en MACHINE LEARNING," 2020.
- [17] TECH Universidad tecnológica, "Radiación solar y zonas climáticas," 2021.
- [18] G. F. Velasco and E. Cabrera, "Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura," *Esc. Politécnica del Ejercito-Maestría en Energías Renov.*, pp. 1–7, 2009.
- [19] M. Gantes, "Qué es la Hora Solar Pico (HSP), para qué sirve y cómo calcularlo?. Irradiancia, irradiación y radiación solar.," 2018.
- [20] Todo Productividad, "Factores que afectan al rendimiento de las instalaciones

fotovoltaicas,” 2010.

- [21] J. Castan, “Componentes de una instalación fotovoltaica,” 2021.
- [22] R. Osorio, “Paneles solares: Aprendiendo sobre energías renovables en la Institución Educativa El Vergel de Tarqui Hulla,” 2021.
- [23] J. Cieza, ““Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el hostel LANCELOT ubicado en CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE,”” 2018.
- [24] A. Santillán Tituaña, “Estudio de la incorporación de baterías en sistemas fotovoltaicos,” *IEEE*, p. 31, 2016.
- [25] F. Acevedo, “Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios,” 2016.
- [26] ARCERNNR, “RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2021 - REGULACIÓN Nro. ARCERNNR-001/21,” pp. 1–39, 2021.
- [27] E. Marco Sosa, “Normas para sistemas de distribución. Parte A, Guía de diseño de redes de distribución,” p. 99, 2009.
- [28] Dirección de regulación económica y tarifas del sector eléctrico, “Pliego Tarifario Del Servicio Público De Energía Eléctrica,” pp. 1–35, 2021.
- [29] INEL, “Dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaicos Aislados,” 2021. <https://inelinc.com/ver-curso/dimensionamiento-de-sistemas-fotovoltaicos-aislados-vrkh8/2982> (accessed Apr. 03, 2022).
- [30] TechnoSun, “Paneles solares: 12V, 24V y 48V,” 2021. <https://b2b.technosun.com/blog/area-fotovoltaica-profesional-1/post/paneles-solares-12v-24v-y-48v-147> (accessed Apr. 12, 2022).
- [31] AutoSolar, “Paneles de conexión a red.” <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red> (accessed Apr. 28, 2022).
- [32] T. Diaz and G. Carmona, “Instalaciones solares fotovoltaicas CFGM - Mc Graw Hill.pdf.” p. 24, 2018.
- [33] F. A. García Barrios, “Efecto de los factores ambientales en la eficiencia de arreglos de paneles solares fotovoltaicos,” Universidad autónoma del Caribe, 2018.
- [34] Solardirect.com, “Solar PV Modules,” *Solardirect.com*, no. V, 2016, [Online]. Available: <https://www.solardirect.com/archives/pv/pvlist/pvlist.htm>
- [35] IEEE Std 1547, *IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces*. 2018.
- [36] R. M. Configuration, “GUANGZHOU SANJING ELECTRIC CO ., LTD .,” no. 9, pp. 7–8.
- [37] Huawei, “Smart PV Controller Huawei SUN2000,” pp. 10–11, 2021.
- [38] A. Jimenez, “Selección de inversores para proyectos de media tensión,” 2019. [Online]. Available: <https://www.solar-center.mx/>

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1: Formato de la solicitud de factibilidad de conexión para consumidores.

ANEXO 1			
SOLICITUD DE FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN PARA CONSUMIDORES			
<p>"Para personas naturales" Quien suscribe el presente (Nombre del titular del suministro o su delegado), solicito se sirva otorgar la factibilidad de conexión de un sistema de generación distribuido para autoabastecimiento -SGDA-, considerando los términos que describo a continuación:</p> <p>"Para personas jurídicas" Quien suscribe el presente (Nombre del titular del suministro, o su delegado)), solicito se sirva otorgar la factibilidad de conexión de un sistema de generación distribuido para autoabastecimiento -SGDA-, considerando los términos que describo a continuación:</p>			
DATOS DEL SOLICITANTE			
Número de suministro/ Cuenta Contrato:	(si aún no es consumidor de la Distribuidora se pondrá no aplica)		
Nombres y Apellidos / Razón Social:			
CI / RUC:			
Ciudad:			
Teléfono:			
Correo electrónico:			
DATOS DEL PROYECTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA AUTOABASTECIMIENTO			
Potencia nominal:		kW	
Energía anual a generar estimada		kWh	
Dispone de sistema de almacenamiento de energía:		Sí	No
Recurso energético renovable	Solar	()	
	Eólico	()	
	Biogás	()	
	Biomasa	()	
	Hidráulico	()	
	Otro	()	
Número de fases:			
Tipo de SDGA:	Con inversores ()	Con Gen. Síncrono ()	Con Gen. Asíncrono ()
Ubicación del punto de conexión del SGDA:			
Firma del Solicitante:	Firma de recepción:		
(Nombres y Apellidos del solicitante o Representante Legal)	(Nombre y Apellido de quien recibe la solicitud en la EED)		
(CI del solicitante o Representante Legal)	(CI de quien recibe en la ED)		
	Fecha de recepción:		
	Código Único de Trámite:		

Anexo 2: Formato Certificado de calificación para instalar y operar el SGDA

ANEXO 2

Certificado de Calificación para instalar y operar un Sistema de Generación Distribuido para Autoabastecimiento de un Consumidor Regulado

Certificado de Habitación Nro. EED-XXX-2021

La (*Razón Social de la Distribuidora que emita el Certificado de Calificación*), una vez que el consumidor (*Nombre de la persona natural o jurídica del consumidor*), con número de suministro o cuenta contrato:, ha cumplido con los requisitos establecidos en la Regulación Nro. (Incluir el número de la Regulación), "*Marco para la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica*", certifica que el consumidor está calificado para instalar y operar un Sistema de Generación Distribuida para su autoabastecimiento - SGDA, considerando los siguientes términos:

Potencia nominal del SGDA: kW/MW

Recurso energético renovable:

Tipo de SGDA: Con inversores/Generador Síncrono/Generador Asíncrono

Dispone de banco de baterías para almacenamiento de energía: Sí/No

Plazo de vigencia del Certificado de Calificación: años a partir del inicio de operación del SGDA, de acuerdo con lo establecido en el cronograma adjunto.

La implementación y operación del SGDA para la cual se otorga el presente Certificado de Calificación, la vigencia del mismo, y demás obligaciones del consumidor propietario del SGDA, se sujetarán a lo establecido en la Regulación Nro....., "*Marco para la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica*".

(*Nombre de la ciudad donde se atiende la solicitud de otorgamiento del Certificado de Calificación*), a los... días del mes de... de... (Incluir la fecha de otorgamiento del Certificado de Calificación)

Gerente General/Presidente Ejecutivo

(*Razón Social de la Distribuidora que otorga el Certificado de Calificación*)

Adjunto: Cronograma de Ejecución del SGDA

Anexo 3: Formato modelo base de contrato de suministro eléctrico específico para consumidores que instalen un sistema de generación distribuida para autoabastecimiento.

ANEXO 3

MODELO BASE DE CONTRATO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO ESPECÍFICO PARA CONSUMIDORES REGULADOS QUE INSTALEN UN SISTEMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA SU AUTOABASTECIMIENTO.

EMPRESA ELÉCTRICA

CONTRATO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

COMPARECIENTES:

Comparecen a la celebración de este contrato de suministro de energía eléctrica, por una parte...
..... (Nombre empresa eléctrica de distribución) a quien en adelante y para los efectos de este contrato se le denominará "DISTRIBUIDORA"; y, por otra,..... (nombre persona natural/ persona jurídica y representante legal) con cédula de ciudadanía/RUC/pasaporte número....., a quien en adelante se le denominará "CONSUMIDOR", quienes convienen en suscribir el presente contrato para la prestación del suministro de servicio público de energía eléctrica, al tenor de las siguientes Cláusulas:

CLÁUSULA PRIMERA.- ANTECEDENTES:

- a) Mediante escritura pública suscrita el (señalar fecha), ante el Dr. (señalar nombre), Notario..... del cantón....., el CONELEC, hoy ARCERNR, otorgó a la DISTRIBUIDORA (detallar nombre) el Título Habilitante por el cual se le autorizó la presentación del servicio público de energía eléctrica, dentro de su área de servicio.
- b) La DISTRIBUIDORA, de conformidad con lo previsto en el artículo 43 de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica –LOSPEE- y de su Título Habilitante, tiene la responsabilidad de prestar el servicio público de distribución y comercialización de energía eléctrica a toda la demanda de electricidad que le sea requerida dentro de su área de servicio, cumpliendo con los niveles de calidad establecidos en la regulación vigente sobre la materia.
- c) Con fecha (señalar fecha) la DISTRIBUIDORA otorgó el servicio de energía eléctrica al CONSUMIDOR.
- d) Mediante Oficio (señalar el número de Oficio), la DISTRIBUIDORA otorgó al CONSUMIDOR, la factibilidad de conexión del SGDA para autoabastecimiento.
- e) Con fecha (señalar fecha) el CONSUMIDOR solicitó a la DISTRIBUIDORA, la emisión del Certificado de Calificación para la instalación y operación de un SGDA.
- f) Mediante Oficio (señalar el número de Oficio), la DISTRIBUIDORA otorgó al CONSUMIDOR, el Certificado de Calificación para la instalación y operación de un SGDA.

Anexo 4

Dimensionamientos de los usuarios residenciales Categoría E

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	Tiger Pro 60HC -460W				JKM270PP-60 -255W				
				P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1506712922	82,08	3,04	0,86	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,69
20000004087	10,25	0,38	0,11	392	1	1	1	212	1	1	1	0,09
1503780630	92,5	3,43	0,97	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,78
1001767979	68,66	2,54	0,72	783	2	2	1	846	4	4	1	0,58
129222	94,16	3,49	0,99	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,79
1810386340	33,75	1,25	0,35	392	1	1	1	423	2	2	1	0,28
20110228499	14	0,52	0,15	392	1	1	1	212	1	1	1	0,12
1001747133	37,25	1,38	0,39	392	1	1	1	423	2	2	1	0,31
1502719616	41,41	1,53	0,43	783	2	2	1	635	3	3	1	0,35
50368693	87,66	3,25	0,92	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,74
1475276	65,25	2,42	0,68	783	2	2	1	846	4	4	1	0,55
20000004630	0,33	0,01	0,00	392	1	1	1	212	1	1	1	0,00
1480129	77,83	2,88	0,82	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,65
20216741	73,83	2,73	0,77	783	2	2	1	846	4	4	1	0,62
1001740750	83,33	3,09	0,87	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,70
50253798	82,75	3,06	0,87	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,69
1001753735	94,08	3,48	0,99	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,79
1001725606	3,08	0,11	0,03	392	1	1	1	212	1	1	1	0,03
1503702815	15,5	0,57	0,16	392	1	1	1	212	1	1	1	0,13
1001735805	84,58	3,13	0,89	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,71
1001735685	82,41	3,05	0,86	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,69
1001769013	20,25	0,75	0,21	392	1	1	1	423	2	2	1	0,17
1710146677	57,33	2,12	0,60	783	2	2	1	635	3	3	1	0,48

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001717515	49,25	1,82	0,52	783	2	2	1	635	3	3	1	0,41
1810375454	18,11	0,67	0,19	392	1	1	1	212	1	1	1	0,15
20000050111	6,88	0,25	0,07	392	1	1	1	212	1	1	1	0,06
1001541888	65,58	2,43	0,69	783	2	2	1	846	4	4	1	0,55
1001768419	82,75	3,06	0,87	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,69
1001727783	92,91	3,44	0,97	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,78
1710135897	30	1,11	0,31	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
1001722427	86,66	3,21	0,91	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,73
20000093676	9,83	0,36	0,10	392	1	1	1	212	1	1	1	0,08
14007706	32,83	1,22	0,34	392	1	1	1	423	2	2	1	0,28
1810386816	77,72	2,88	0,82	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,65
1001753060	72,41	2,68	0,76	783	2	2	1	846	4	4	1	0,61
1740506	64,66	2,39	0,68	783	2	2	1	846	4	4	1	0,54
1001542294	22,08	0,82	0,23	392	1	1	1	423	2	2	1	0,19
905078	33,25	1,23	0,35	392	1	1	1	423	2	2	1	0,28
1001740750	83,33	3,09	0,87	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,70
904764	39,66	1,47	0,42	783	2	2	1	423	2	2	1	0,33
50262819	39,75	1,47	0,42	783	2	2	1	423	2	2	1	0,33
20217017	0,16	0,01	0,00	392	1	1	1	212	1	1	1	0,00
50177229	36,25	1,34	0,38	392	1	1	1	423	2	2	1	0,30
1710146677	57,33	2,12	0,60	783	2	2	1	635	3	3	1	0,48
1810363003	99,83	3,70	1,05	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,84
1481199	30,91	1,14	0,32	392	1	1	1	423	2	2	1	0,26
20217024	1	0,04	0,01	392	1	1	1	212	1	1	1	0,01
20000004631	49,41	1,83	0,52	783	2	2	1	635	3	3	1	0,41
50225856	47,66	1,77	0,50	783	2	2	1	635	3	3	1	0,40
1001725996	73,16	2,71	0,77	783	2	2	1	846	4	4	1	0,61
2014211982	25,16	0,93	0,26	392	1	1	1	423	2	2	1	0,21

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001765864	30,83	1,14	0,32	392	1	1	1	423	2	2	1	0,26
1001549776	75,66	2,80	0,79	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,64
50177229	36,25	1,34	0,38	392	1	1	1	423	2	2	1	0,30
50392375	1,66	0,06	0,02	392	1	1	1	212	1	1	1	0,01
901765	94,41	3,50	0,99	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,79
2014211982	25,16	0,93	0,26	392	1	1	1	423	2	2	1	0,21
1810264304	39	1,44	0,41	783	2	2	1	423	2	2	1	0,33
1001726887	63,75	2,36	0,67	783	2	2	1	846	4	4	1	0,54
1001729517	7,75	0,29	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07
1710136152	49,33	1,83	0,52	783	2	2	1	635	3	3	1	0,41
20000004635	50,83	1,88	0,53	783	2	2	1	635	3	3	1	0,43
1001544146	0,75	0,03	0,01	392	1	1	1	212	1	1	1	0,01
1001720969	16,16	0,60	0,17	392	1	1	1	212	1	1	1	0,14
1001735732	19,83	0,73	0,21	392	1	1	1	212	1	1	1	0,17
2003019440	18,08	0,67	0,19	392	1	1	1	212	1	1	1	0,15
20000099852	82	3,04	0,86	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,69
20000049027	94,41	3,50	0,99	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,79
1810266642	1	0,04	0,01	392	1	1	1	212	1	1	1	0,01
1001739006	10,08	0,37	0,11	392	1	1	1	212	1	1	1	0,08
1503702716	3,16	0,12	0,03	392	1	1	1	212	1	1	1	0,03
1001735765	78,91	2,92	0,83	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,66
1001759254	24,5	0,91	0,26	392	1	1	1	423	2	2	1	0,21
50348128	0,08	0,00	0,00	392	1	1	1	212	1	1	1	0,00
1740506	64,66	2,39	0,68	783	2	2	1	846	4	4	1	0,54
1002049694	9,08	0,34	0,10	392	1	1	1	212	1	1	1	0,08
99617992	7,41	0,27	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,06
1475276	65,25	2,42	0,68	783	2	2	1	846	4	4	1	0,55
1710160073	3,83	0,14	0,04	392	1	1	1	212	1	1	1	0,03

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
371216	100	3,70	1,05	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,84
1001737649	48,75	1,81	0,51	783	2	2	1	635	3	3	1	0,41
1001747133	37,25	1,38	0,39	392	1	1	1	423	2	2	1	0,31
1503702596	35,08	1,30	0,37	392	1	1	1	423	2	2	1	0,29
20217029	56,08	2,08	0,59	783	2	2	1	635	3	3	1	0,47
1810266880	96,75	3,58	1,02	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,81
1503703084	92,83	3,44	0,97	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,78
1001735764	65,66	2,43	0,69	783	2	2	1	846	4	4	1	0,55
93172	77,66	2,88	0,81	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,65
1011040928	60,91	2,26	0,64	783	2	2	1	846	4	4	1	0,51
1001756858	0,25	0,01	0,00	392	1	1	1	212	1	1	1	0,00
1001737846	8,66	0,32	0,09	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07
1710165165	19,16	0,71	0,20	392	1	1	1	212	1	1	1	0,16
907317	1,83	0,07	0,02	392	1	1	1	212	1	1	1	0,02
93172	77,66	2,88	0,81	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,65
1001554440	79,66	2,95	0,84	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,67
1001725298	29,66	1,10	0,31	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
20110230008	99,66	3,69	1,05	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,84
904765	97,5	3,61	1,02	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,82
50296394	58	2,15	0,61	783	2	2	1	635	3	3	1	0,49
1001725298	29,66	1,10	0,31	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
1810363630	11,16	0,41	0,12	392	1	1	1	212	1	1	1	0,09
20000004646	93,1	3,45	0,98	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,78
1810264305	54,08	2,00	0,57	783	2	2	1	635	3	3	1	0,45
1001735762	84,66	3,14	0,89	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,71
50147490	80,5	2,98	0,84	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,68
20000050284	87,58	3,24	0,92	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,74
348274	28,75	1,06	0,30	392	1	1	1	423	2	2	1	0,24

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001759254	24,5	0,91	0,26	392	1	1	1	423	2	2	1	0,21
1001751296	0,41	0,02	0,00	392	1	1	1	212	1	1	1	0,00

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 5

Dimensionamientos de los usuarios residenciales Categoría D

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	Tiger Pro 60HC -460W				JKM270PP-60 -255W				
				P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv[kW]
902422	145,75	5,40	1,53	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,22
20000096306	119,16	4,41	1,25	1566	4	4	1	1270	6	6	1	1,00
20216569	136,08	5,04	1,43	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,14
1710136072	129,41	4,79	1,36	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,09
50350408	112,33	4,16	1,18	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,94
1001717957	141,58	5,24	1,49	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,19
1001735135	147,08	5,45	1,54	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,23
1001767978	136,5	5,06	1,43	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,15
1801959	127,5	4,72	1,34	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,07
2014209007	124	4,59	1,30	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,04
807023105	112,25	4,16	1,18	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,94
1001540503	115,58	4,28	1,21	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,97
20000100118	150,41	5,57	1,58	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,26
1810353334	110,16	4,08	1,16	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,92
50261249	106,83	3,96	1,12	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,90
1001717957	141,58	5,24	1,49	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,19
50348129	122,83	4,55	1,29	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,03
1710163121	139,33	5,16	1,46	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,17
1001538795	105,66	3,91	1,11	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,89
1810353333	115,91	4,29	1,22	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,97
50272502	118,58	4,39	1,24	1566	4	4	1	1270	6	6	1	1,00
20000004628	132,16	4,89	1,39	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,11
20110230141	121,16	4,49	1,27	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,02

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1710135900	131,83	4,88	1,38	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,11
112976	134,41	4,98	1,41	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,13
1001725605	124,75	4,62	1,31	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,05
1001737642	149,08	5,52	1,56	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,25
904891	148,33	5,49	1,56	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,25
1001749325	121	4,48	1,27	1566	4	4	1	1270	6	6	1	1,02
14007713	129,83	4,81	1,36	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,09
1001725557	131,41	4,87	1,38	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,10
50272502	118,58	4,39	1,24	1566	4	4	1	1270	6	6	1	1,00
20000100117	100,83	3,73	1,06	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,85
1503702617	145,66	5,39	1,53	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,22
1810363027	114,5	4,24	1,20	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,96
1503703078	112,22	4,16	1,18	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,94
20000004082	125	4,63	1,31	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,05
1001750474	126,91	4,70	1,33	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,07
1710160076	109,5	4,06	1,15	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,92
1001540995	133,58	4,95	1,40	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,12
20216772	126,66	4,69	1,33	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,06
1001735801	126,08	4,67	1,32	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,06
50347575	109	4,04	1,14	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,91
1002050418	131,5	4,87	1,38	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,10
20000095469	148,41	5,50	1,56	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,25
50348972	125,16	4,64	1,31	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,05
1710167406	102,16	3,78	1,07	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,86
1001737648	138	5,11	1,45	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,16
50347575	109	4,04	1,14	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,91
20000004621	127,75	4,73	1,34	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,07
1810353333	115,91	4,29	1,22	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,97

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001737754	136,08	5,04	1,43	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,14

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 6

Dimensionamientos de los usuarios residenciales Categoría C

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	Tiger Pro 60HC -460W			JKM270PP-60 -255W				
					#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv[kW]
1001555002	172,83	6,40	1,81	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,45
1001556459	156,25	5,79	1,64	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,31
20000005312	155,58	5,76	1,63	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,31
1001737362	155,83	5,77	1,63	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,31
1710164842	199,25	7,38	2,09	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,67
20000004083	173,33	6,42	1,82	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,45
1001717960	157,25	5,82	1,65	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,32
8002225	154,33	5,72	1,62	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,30
1810375316	234,25	8,68	2,46	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,97
20216732	162,66	6,02	1,71	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,37
1001754085	201,91	7,48	2,12	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,69
1001557686	242,75	8,99	2,55	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,04
904752	205,66	7,62	2,16	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,73
1001555522	155,75	5,77	1,63	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,31
1001767982	237,83	8,81	2,50	2741	7	7	1	2539	12	12	1	2,00
20216742	155,91	5,77	1,64	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,31
1710154307	230,75	8,55	2,42	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,94
1001752582	158,16	5,86	1,66	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,33
20110226135	192,66	7,14	2,02	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,62

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001746804	232,66	8,62	2,44	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,95
1001556526	213	7,89	2,23	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,79
20110226138	189	7,00	1,98	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,59
20110222798	242,91	9,00	2,55	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,04
1001731497	213,5	7,91	2,24	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,79
1710154307	230,75	8,55	2,42	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,94
20110224448	242,25	8,97	2,54	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,03
1001559931	193,83	7,18	2,03	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,63
1001754375	233,33	8,64	2,45	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,96
20000095023	193,33	7,16	2,03	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,62
1001731507	227,5	8,43	2,39	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,91
1001717960	157,25	5,82	1,65	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,32
1503780631	220,83	8,18	2,32	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,85
1001727574	169,58	6,28	1,78	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,42
1001547816	157,41	5,83	1,65	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,32
902092	199,5	7,39	2,09	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,67
2010021486	203,58	7,54	2,14	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,71
902092	199,5	7,39	2,09	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,67
1001751142	162,16	6,01	1,70	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,36
20000095023	193,33	7,16	2,03	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,62
1001725548	216,58	8,02	2,27	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,82
1810360503	194,41	7,20	2,04	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,63
1001544555	182	6,74	1,91	1958	5	5	1	2116	10	10	1	1,53
1001739295	168	6,22	1,76	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,41
1503780631	220,83	8,18	2,32	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,85
1001767982	237,83	8,81	2,50	2741	7	7	1	2539	12	12	1	2,00
110802758	183,25	6,79	1,92	1958	5	5	1	2116	10	10	1	1,54
1001545178	222,58	8,24	2,34	2349	6	6	1	2539	12	12	1	1,87

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1810353285	231,5	8,57	2,43	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,94
1810353901	206,75	7,66	2,17	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,74
1001725594	229,83	8,51	2,41	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,93
904723	161,41	5,98	1,69	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,35
110721	209,66	7,77	2,20	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,76
20216841	177	6,56	1,86	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,49
20110232226	194,5	7,20	2,04	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,63
1001733550	167,5	6,20	1,76	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,41
1810353907	160,41	5,94	1,68	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,35
50177210	207,58	7,69	2,18	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,74
1810387068	183,91	6,81	1,93	1958	5	5	1	2116	10	10	1	1,54
20216582	182,25	6,75	1,91	1958	5	5	1	2116	10	10	1	1,53
50347568	248,91	9,22	2,61	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,09
1710160455	187,75	6,95	1,97	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,58
1710163883	194,25	7,19	2,04	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,63
1001756953	176,25	6,53	1,85	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,48

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 7

Dimensionamientos de los usuarios residenciales Categoría B

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	Tiger Pro 60HC -460W			JKM270PP-60 -255W				
					#Paneles	NPS	NPP	P - FV[W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv[kW]
1001559930	282,75	10,47	2,97	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,37
1001748149	260,75	9,66	2,74	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,19

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
20000100124	326,5	12,09	3,43	3524	9	9	1	3598	17	17	1	2,74
1001748149	260,75	9,66	2,74	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,19
1001765165	265,75	9,84	2,79	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,23
90968	307,66	11,39	3,23	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,58
1710165108	259,75	9,62	2,73	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,18
1810363009	297,5	11,02	3,12	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,50
90968	307,66	11,39	3,23	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,58
20110222795	255,16	9,45	2,68	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,14
904725	329,33	12,20	3,46	3524	9	9	1	3598	17	17	1	2,76
1710144577	314	11,63	3,29	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,64
1001559930	282,75	10,47	2,97	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,37
1710163912	254,41	9,42	2,67	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,14
50253556	282,33	10,46	2,96	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,37
50220695	281,91	10,44	2,96	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,37
2014211523	254,08	9,41	2,67	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,13
20000098380	318,83	11,81	3,35	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,68
1810375942	327,08	12,11	3,43	3524	9	9	1	3598	17	17	1	2,75
1001722586	266,66	9,88	2,80	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,24
1001768414	272,83	10,10	2,86	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,29
1810354754	272	10,07	2,85	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,28
1001718548	300	11,11	3,15	3524	9	9	1	3174	15	15	1	2,52
50270752	267,33	9,90	2,80	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,24
1001551416	338,08	12,52	3,55	3915	10	10	1	3598	17	17	1	2,84
1001728444	275,5	10,20	2,89	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,31
1001726289	260,58	9,65	2,73	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,19
904256	258,83	9,59	2,72	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,17
902047	306,25	11,34	3,21	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,57
1001759267	328	12,15	3,44	3524	9	9	1	3598	17	17	1	2,75

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
50262568	275,16	10,19	2,89	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,31

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 8

Dimensionamientos de los usuarios residenciales Categoría A

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	Tiger Pro 60HC -460W			JKM270PP-60 -255W				
					#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv [kW]
911533	372,91	13,81	3,91	3915	10	10	1	4021	19	19	1	3,13
1810363025	363,91	13,48	3,82	3915	10	10	1	4021	19	19	1	3,05
1710159200	453,58	16,80	4,76	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,81
1710151615	419,08	15,52	4,40	4698	12	12	1	4444	21	19	2	3,52
20110223821	494,16	18,30	5,18	5481	14	14	1	5290	25	19	2	4,15
1001757003	456,66	16,91	4,79	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,83
1001742755	452,58	16,76	4,75	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,80
1810264377	362,58	13,43	3,80	3915	10	10	1	3809	18	18	1	3,04
1001544971	438	16,22	4,60	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,68
1810353949	439,75	16,29	4,61	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,69
902952	461,66	17,10	4,84	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,88
1810353949	439,75	16,29	4,61	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,69
1001751504	355,5	13,17	3,73	3915	10	10	1	3809	18	18	1	2,98
20000050843	394,75	14,62	4,14	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,31
20000050843	394,75	14,62	4,14	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,31
1001751092	352,5	13,06	3,70	3915	10	10	1	3809	18	18	1	2,96
20000100883	385,5	14,28	4,04	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,24

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1710164983	366,08	13,56	3,84	3915	10	10	1	4021	19	19	1	3,07
902674	434,75	16,10	4,56	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,65
1001757003	456,66	16,91	4,79	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,83
20216697	446,75	16,55	4,69	4698	12	12	1	4867	23	19	2	3,75
1001722413	429,66	15,91	4,51	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,61
1710146705	380,83	14,10	4,00	4307	11	11	1	4021	19	19	1	3,20
1001734591	400,83	14,85	4,21	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,36
50350535	394,58	14,61	4,14	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,31
14003085	396,83	14,70	4,16	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,33
20110231110	373,66	13,84	3,92	4307	11	11	1	4021	19	19	1	3,14
2010022191	454,41	16,83	4,77	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,81
1001748822	400,91	14,85	4,21	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,37

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 9

Dimensionamientos de los usuarios residenciales Categoría A1

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	Tiger Pro 60HC -460W				JKM270PP-60 -255W				
				P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv [kW]
50350566	845	31,30	8,87	9005	23	18	2	8888	42	19	3	7,09
902551	594,33	22,01	6,24	6264	16	16	1	6349	30	19	2	4,99
20000005117	551,66	20,43	5,79	5873	15	15	1	5925	28	19	2	4,63
1001553413	733,75	27,18	7,70	7831	20	18	2	7830	37	19	2	6,16
50369254	519,16	19,23	5,45	5481	14	14	1	5502	26	19	2	4,36
1001734251	548,75	20,32	5,76	5873	15	15	1	5925	28	19	2	4,61

Usuario	Prom mensual	Demanda	P FV	P - FV				P – FV				P.inv-kW
	[kWh]	[kWh]	[kW]	[W]	#Paneles	NPS	NPP	[W]	#Paneles	NPS	NPP	
1810375823	758,25	28,08	7,96	8222	21	18	2	8042	38	19	2	6,36
1710159198	549,83	20,36	5,77	5873	15	15	1	5925	28	19	2	4,62
1710160458	790,58	29,28	8,29	8614	22	18	2	8465	40	19	3	6,64
1001758051	861,58	31,91	9,04	9397	24	18	2	9100	43	19	3	7,23
1001757185	525,83	19,48	5,52	5873	15	15	1	5714	27	19	2	4,41
1810353952	809,25	29,97	8,49	8614	22	18	2	8676	41	19	3	6,79
1001765002	678,33	25,12	7,12	7439	19	18	2	7195	34	19	2	5,69
1710040135	629,08	23,30	6,60	6656	17	17	1	6772	32	19	2	5,28
1810375894	645,83	23,92	6,78	7047	18	18	1	6983	33	19	2	5,42
1503702572	670,41	24,83	7,03	7047	18	18	1	7195	34	19	2	5,63
1810375894	645,83	23,92	6,78	7047	18	18	1	6983	33	19	2	5,42
1001756366	593,33	21,98	6,23	6264	16	16	1	6349	30	19	2	4,98
110802771	507,83	18,81	5,33	5481	14	14	1	5502	26	19	2	4,26
1710159198	549,83	20,36	5,77	5873	15	15	1	5925	28	19	2	4,62
1001547552	551,66	20,43	5,79	5873	15	15	1	5925	28	19	2	4,63

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 10

Dimensionamientos de los usuarios comerciales conectados a baja tensión

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	Tiger Pro 60HC -460W				JKM270PP-60 -255W				
				P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P. inv [kW]
1207230	36,75	1,36	0,39	392	1	1	1	423	2	2	1	0,31
1001542497	313,33	11,60	3,29	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,63
68399946	21,75	0,81	0,23	392	1	1	1	423	2	2	1	0,18

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
902351	0,66	0,02	0,01	392	1	1	1	212	1	1	1	0,01
19031425	762,91	28,26	8,00	8222	21	18	2	8042	38	19	2	6,40
50348127	14,33	0,53	0,15	392	1	1	1	212	1	1	1	0,12
50262725	65,33	2,42	0,69	783	2	2	1	846	4	4	1	0,55
1503702697	248,08	9,19	2,60	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,08
1710136075	7,75	0,29	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07
20000003788	341,5	12,65	3,58	3915	10	10	1	3598	17	17	1	2,87
19031425	762,91	28,26	8,00	8222	21	18	2	8042	38	19	2	6,40
1001543481	1087,66	40,28	11,41	11746	30	15	2	11427	54	16	4	9,13
1001754246	262,16	9,71	2,75	3132	8	8	1	2751	13	13	1	2,20
2014211748	75,08	2,78	0,79	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,63
20000100896	34,42	1,27	0,36	392	1	1	1	423	2	2	1	0,29
1475427	389,41	14,42	4,09	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,27
18730980	14	0,52	0,15	392	1	1	1	212	1	1	1	0,12
2010020801	1433,75	53,10	15,04	15270	39	15	3	15237	72	16	5	12,03
1000208618	755,58	27,98	7,93	8222	21	18	2	8042	38	19	2	6,34
1001726002	0,08	0,00	0,00	392	1	1	1	212	1	1	1	0,00
1476121	296,33	10,98	3,11	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,49
14758260	2576,75	95,44	27,04	27407	70	15	5	27087	128	16	8	21,63
20000049405	491,75	18,21	5,16	5481	14	14	1	5290	25	19	2	4,13
1001732752	682,91	25,29	7,17	7439	19	18	2	7195	34	19	2	5,73
1001731708	383,33	14,20	4,02	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,22
11825090	210,08	7,78	2,20	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,76
2010022486	442,58	16,39	4,64	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,71
90980	166,33	6,16	1,75	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,40
1710163885	67	2,48	0,70	783	2	2	1	846	4	4	1	0,56
20000100792	21	0,78	0,22	392	1	1	1	423	2	2	1	0,18
1810352726	7,83	0,29	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
50253152	313	11,59	3,28	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,63
1480174	1597,75	59,18	16,76	16836	43	15	3	16930	80	16	5	13,41
20110222051	95,91	3,55	1,01	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,81
20110221970	260,83	9,66	2,74	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,19
14007715	319,25	11,82	3,35	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,68
20110225023	352,5	13,06	3,70	3915	10	10	1	3809	18	18	1	2,96
26050197	113,83	4,22	1,19	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,96
1001733975	1010	37,41	10,60	10963	28	18	2	10793	51	19	3	8,48
1001559669	835,08	30,93	8,76	9005	23	18	2	8888	42	19	3	7,01
20000096192	90	3,33	0,94	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,76
1001658792	101,41	3,76	1,06	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,85
1001747846	408,41	15,13	4,29	4307	11	11	1	4444	21	19	2	3,43
1001736617	161,75	5,99	1,70	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,36
1810354505	586,83	21,73	6,16	6264	16	16	1	6349	30	19	2	4,93
1001538793	377,08	13,97	3,96	4307	11	11	1	4021	19	19	1	3,17
1001720834	36,83	1,36	0,39	392	1	1	1	423	2	2	1	0,31
91688	106,33	3,94	1,12	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,89
50253571	277,5	10,28	2,91	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,33
1810358241	881,33	32,64	9,25	9397	24	18	2	9311	44	19	3	7,40
1478760	875,66	32,43	9,19	9397	24	18	2	9311	44	19	3	7,35
31103043	1567,16	58,04	16,44	16444	42	15	3	16506	78	16	5	13,15
1001544970	23,66	0,88	0,25	392	1	1	1	423	2	2	1	0,20
31014891	4784,8	177,21	50,20	50507	129	15	9	50365	238	16	15	40,16
1001765793	172,16	6,38	1,81	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,45
20000100793	29,25	1,08	0,31	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
1002050486	670,83	24,85	7,04	7047	18	18	1	7195	34	19	2	5,63
20000100338	657,25	24,34	6,90	7047	18	18	1	6983	33	19	2	5,52
90846	273,75	10,14	2,87	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,30

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
20110224940	380,66	14,10	3,99	4307	11	11	1	4021	19	19	1	3,20
50368523	385	14,26	4,04	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,23
1810266130	676,16	25,04	7,09	7439	19	18	2	7195	34	19	2	5,68
20000051883	190,66	7,06	2,00	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,60
20890168	567,16	21,01	5,95	6264	16	16	1	6137	29	19	2	4,76
1001719264	33,08	1,23	0,35	392	1	1	1	423	2	2	1	0,28
2010022641	340,75	12,62	3,58	3915	10	10	1	3598	17	17	1	2,86
2014211748	75,08	2,78	0,79	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,63
86834722	513	19,00	5,38	5481	14	14	1	5502	26	19	2	4,31
1001543481	1087,66	40,28	11,41	11746	30	15	2	11427	54	16	4	9,13
904254	220,33	8,16	2,31	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,85
1710159371	1397,83	51,77	14,67	14878	38	15	3	14813	70	16	5	11,73
1001765100	423,91	15,70	4,45	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,56
50261519	321,91	11,92	3,38	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,70
1001735917	1030,66	38,17	10,81	10963	28	15	2	11004	52	16	4	8,65
1001757686	159	5,89	1,67	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,33
2010022056	677,58	25,10	7,11	7439	19	18	2	7195	34	19	2	5,69
902335	175,41	6,50	1,84	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,47
1810354455	137,66	5,10	1,44	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,16
1001754246	262,16	9,71	2,75	3132	8	8	1	2751	13	13	1	2,20
1001717257	72,33	2,68	0,76	783	2	2	1	846	4	4	1	0,61
1710154227	468,83	17,36	4,92	5090	13	13	1	5079	24	19	2	3,94
1001552433	54,91	2,03	0,58	783	2	2	1	635	3	3	1	0,46
20110226320	56,25	2,08	0,59	783	2	2	1	635	3	3	1	0,47
1710157780	10,16	0,38	0,11	392	1	1	1	212	1	1	1	0,09
1001720980	262,25	9,71	2,75	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,20
1479564	483,58	17,91	5,07	5090	13	13	1	5079	24	19	2	4,06
1001737398	72,5	2,69	0,76	783	2	2	1	846	4	4	1	0,61

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001731988	166,75	6,18	1,75	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,40
20000006562	263,41	9,76	2,76	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,21
50261972	716,91	26,55	7,52	7831	20	18	2	7618	36	19	2	6,02
1001767977	287,66	10,65	3,02	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,41
1710136147	47	1,74	0,49	783	2	2	1	635	3	3	1	0,39
50296112	1317,36	48,79	13,82	14095	36	18	2	13967	66	19	4	11,06
901534	972,33	36,01	10,20	10571	27	18	2	10369	49	19	3	8,16
1001540866	361,83	13,40	3,80	3915	10	10	1	3809	18	18	1	3,04
50186103	18,5	0,69	0,19	392	1	1	1	212	1	1	1	0,16
93123	119,91	4,44	1,26	1566	4	4	1	1270	6	6	1	1,01
904065	435,08	16,11	4,56	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,65
807023239	21,41	0,79	0,22	392	1	1	1	423	2	2	1	0,18
1001765100	423,91	15,70	4,45	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,56
33557677	1299,91	48,14	13,64	13703	35	15	3	13755	65	16	5	10,91
50369152	107,25	3,97	1,13	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,90
1001559425	318,91	11,81	3,35	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,68
20000097667	69,66	2,58	0,73	783	2	2	1	846	4	4	1	0,58
50185010	30,33	1,12	0,32	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
20000095457	366,33	13,57	3,84	3915	10	10	1	4021	19	19	1	3,07
1478816	2533,33	93,83	26,58	26624	68	18	4	26664	126	19	7	21,26
1001552425	156	5,78	1,64	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,31
1502763364	70,75	2,62	0,74	783	2	2	1	846	4	4	1	0,59
19031425	762,91	28,26	8,00	8222	21	18	2	8042	38	19	2	6,40
1002051318	327,66	12,14	3,44	3524	9	9	1	3598	17	17	1	2,75
1710159371	1397,83	51,77	14,67	14878	38	18	3	14813	70	19	4	11,73
20110228726	281,66	10,43	2,96	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,36
50368523	385	14,26	4,04	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,23
1479654	269,25	9,97	2,82	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,26

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
2010021206	189	7,00	1,98	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,59
1503702721	154,25	5,71	1,62	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,29
2010021197	30,08	1,11	0,32	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
14003292	1178,5	43,65	12,36	12529	32	15	3	12486	59	16	4	9,89
1001727670	581,16	21,52	6,10	6264	16	16	1	6137	29	19	2	4,88
1001548640	1217	45,07	12,77	12920	33	15	3	12909	61	16	4	10,22
902675	218,91	8,11	2,30	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,84
2010022243	700,66	25,95	7,35	7439	19	18	2	7407	35	19	2	5,88
20000049405	491,75	18,21	5,16	5481	14	14	1	5290	25	19	2	4,13
110802	10,16	0,38	0,11	392	1	1	1	212	1	1	1	0,09
50185010	30,33	1,12	0,32	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
2010022293	401,91	14,89	4,22	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,37
1001737390	279,66	10,36	2,93	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,35
20000096305	660,33	24,46	6,93	7047	18	18	1	6983	33	19	2	5,54
1503702665	49,25	1,82	0,52	783	2	2	1	635	3	3	1	0,41
904722	246,33	9,12	2,58	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,07
50270482	295,66	10,95	3,10	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,48
20110231935	1082,41	40,09	11,36	11746	30	15	2	11427	54	16	4	9,09
20000049405	491,75	18,21	5,16	5481	14	14	1	5290	25	19	2	4,13
20000100786	18,37	0,68	0,19	392	1	1	1	212	1	1	1	0,15
902187	320,91	11,89	3,37	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,69
2010021650	462,33	17,12	4,85	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,88
2014211989	793,08	29,37	8,32	8614	22	18	2	8465	40	19	3	6,66
7049224	45,25	1,68	0,47	783	2	2	1	635	3	3	1	0,38
1001719556	274,41	10,16	2,88	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,30
50348131	80,66	2,99	0,85	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,68
1710146834	554,5	20,54	5,82	5873	15	15	1	5925	28	19	2	4,65
1001746869	280,33	10,38	2,94	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,35

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
8427632	15,75	0,58	0,17	392	1	1	1	212	1	1	1	0,13
20110231312	376,91	13,96	3,95	4307	11	11	1	4021	19	19	1	3,16
1001731988	166,75	6,18	1,75	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,40
1001548636	801	29,67	8,40	8614	22	18	2	8465	40	19	3	6,72
20000098520	1560,83	57,81	16,38	16444	42	15	3	16506	78	16	5	13,10
50370581	133,08	4,93	1,40	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,12
20000004722	716	26,52	7,51	7831	20	18	2	7618	36	19	2	6,01
2014211989	793,08	29,37	8,32	8614	22	18	2	8465	40	19	3	6,66
1001738374	7,66	0,28	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,06
1001734352	77,66	2,88	0,81	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,65
1001746874	478,5	17,72	5,02	5090	13	13	1	5079	24	19	2	4,02
91876	215,16	7,97	2,26	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,81
50349087	480,91	17,81	5,05	5090	13	13	1	5079	24	19	2	4,04
50147430	185,08	6,85	1,94	1958	5	5	1	2116	10	10	1	1,55
1001740748	561,66	20,80	5,89	6264	16	16	1	5925	28	19	2	4,71
2010022576	128,75	4,77	1,35	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,08
1000208638	1295,5	47,98	13,59	13703	35	15	3	13755	65	16	5	10,87
1001750006	96	3,56	1,01	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,81
1000208692	67,25	2,49	0,71	783	2	2	1	846	4	4	1	0,56
50261294	331,58	12,28	3,48	3524	9	9	1	3598	17	17	1	2,78
20110229221	178,83	6,62	1,88	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,50
1710163890	19,08	0,71	0,20	392	1	1	1	212	1	1	1	0,16
50262725	65,33	2,42	0,69	783	2	2	1	846	4	4	1	0,55
1810261495	425,91	15,77	4,47	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,57
1001739541	278,83	10,33	2,93	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,34
1001754170	57,33	2,12	0,60	783	2	2	1	635	3	3	1	0,48
1710136075	7,75	0,29	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07
20110225561	460,75	17,06	4,83	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,87

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
20000100791	62,75	2,32	0,66	783	2	2	1	846	4	4	1	0,53
1001542860	131,5	4,87	1,38	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,10
1002051348	158,16	5,86	1,66	1958	5	5	1	1693	8	8	1	1,33
902080	633,66	23,47	6,65	6656	17	17	1	6772	32	19	2	5,32
1810264378	110,75	4,10	1,16	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,93
2010022102	147	5,44	1,54	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,23
907278	216,91	8,03	2,28	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,82
1001750973	167,16	6,19	1,75	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,40
110802341	235,25	8,71	2,47	2741	7	7	1	2539	12	12	1	1,97
20110221756	22,25	0,82	0,23	392	1	1	1	423	2	2	1	0,19
1001726333	141,08	5,23	1,48	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,18
1810362717	389,33	14,42	4,08	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,27
20110222051	95,91	3,55	1,01	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,81
20110226320	56,25	2,08	0,59	783	2	2	1	635	3	3	1	0,47
1810355869	180,41	6,68	1,89	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,51
50147430	185,08	6,85	1,94	1958	5	5	1	2116	10	10	1	1,55
201012116	989	36,63	10,38	10571	27	15	2	10581	50	16	4	8,30
20000099991	9,12	0,34	0,10	392	1	1	1	212	1	1	1	0,08
50369152	107,25	3,97	1,13	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,90
20888935	1008,33	37,35	10,58	10963	28	15	2	10581	50	16	4	8,46
2010021206	189	7,00	1,98	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,59
1001552434	113	4,19	1,19	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,95
20110230815	3,08	0,11	0,03	392	1	1	1	212	1	1	1	0,03
20110226316	107,25	3,97	1,13	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,90
1001731708	383,33	14,20	4,02	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,22
50272505	534,83	19,81	5,61	5873	15	15	1	5714	27	19	2	4,49
1001734296	304,5	11,28	3,19	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,56
904762	89,58	3,32	0,94	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,75

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
20000005713	822,22	30,45	8,63	9005	23	18	2	8676	41	19	3	6,90
2010022486	442,58	16,39	4,64	4698	12	12	1	4656	22	19	2	3,71
20000099621	1216,4	45,05	12,76	12920	33	15	3	12909	61	16	4	10,21
20000099468	14,83	0,55	0,16	392	1	1	1	212	1	1	1	0,12
20110116806	28,08	1,04	0,29	392	1	1	1	423	2	2	1	0,24
1001733163	35,08	1,30	0,37	392	1	1	1	423	2	2	1	0,29
20110229187	1216,58	45,06	12,76	12920	33	15	3	12909	61	16	4	10,21
1710136075	7,75	0,29	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07
20000095459	30,5	1,13	0,32	392	1	1	1	423	2	2	1	0,26
1001750746	71,5	2,65	0,75	783	2	2	1	846	4	4	1	0,60
1001557200	376,83	13,96	3,95	4307	11	11	1	4021	19	19	1	3,16
20110221970	260,83	9,66	2,74	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,19
901589	23	0,85	0,24	392	1	1	1	423	2	2	1	0,19
1810266591	796,5	29,50	8,36	8614	22	18	2	8465	40	19	3	6,69
1810362717	389,33	14,42	4,08	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,27
1011015189	206,25	7,64	2,16	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,73
1810362721	205,66	7,62	2,16	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,73
1001538793	377,08	13,97	3,96	4307	11	11	1	4021	19	19	1	3,17
1001731988	166,75	6,18	1,75	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,40
50220688	164,41	6,09	1,73	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,38
1001751506	209,08	7,74	2,19	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,75
20110231868	490,16	18,15	5,14	5481	14	14	1	5290	25	19	2	4,11
2010022300	1273,25	47,16	13,36	13703	35	15	3	13544	64	16	4	10,69
1001735104	203,91	7,55	2,14	2349	6	6	1	2328	11	11	1	1,71
50296981	124,5	4,61	1,31	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,05
901830	194,25	7,19	2,04	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,63
20000100308	821,33	30,42	8,62	9005	23	18	2	8676	41	19	3	6,89
20000096305	660,33	24,46	6,93	7047	18	18	1	6983	33	19	2	5,54

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001768048	449,83	16,66	4,72	5090	13	13	1	4867	23	19	2	3,78
2010022294	21,08	0,78	0,22	392	1	1	1	423	2	2	1	0,18
1001548636	801	29,67	8,40	8614	22	18	2	8465	40	19	3	6,72
371378	0,66	0,02	0,01	392	1	1	1	212	1	1	1	0,01
1710136075	7,75	0,29	0,08	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07
1710146656	61,41	2,27	0,64	783	2	2	1	846	4	4	1	0,52
20000099993	39,75	1,47	0,42	783	2	2	1	423	2	2	1	0,33
3755031	104,75	3,88	1,10	1175	3	3	1	1270	6	6	1	0,88
1810267404	327,41	12,13	3,44	3524	9	9	1	3598	17	17	1	2,75
20000100793	29,25	1,08	0,31	392	1	1	1	423	2	2	1	0,25
1810355764	1106,5	40,98	11,61	11746	30	15	2	11639	55	16	4	9,29
1001754386	74,83	2,77	0,79	1175	3	3	1	846	4	4	1	0,63
20890063	129	4,78	1,35	1566	4	4	1	1481	7	7	1	1,08
1503702893	4,91	0,18	0,05	392	1	1	1	212	1	1	1	0,04
1001538673	166,41	6,16	1,75	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,40
1710157780	10,16	0,38	0,11	392	1	1	1	212	1	1	1	0,09
1810363053	54,41	2,02	0,57	783	2	2	1	635	3	3	1	0,46
1001719262	41,66	1,54	0,44	783	2	2	1	635	3	3	1	0,35
20216585	398,5	14,76	4,18	4307	11	11	1	4232	20	19	2	3,34
1810354505	586,83	21,73	6,16	6264	16	16	1	6349	30	19	2	4,93
20000100108	737,5	27,31	7,74	7831	20	18	2	7830	37	19	2	6,19
47709317	417,08	15,45	4,38	4698	12	12	1	4444	21	19	2	3,50
110802888	259,91	9,63	2,73	2741	7	7	1	2751	13	13	1	2,18
1710146656	61,41	2,27	0,64	783	2	2	1	846	4	4	1	0,52
1480174	1597,75	59,18	16,76	16836	43	15	3	16930	80	16	5	13,41
20000098520	1560,83	57,81	16,38	16444	42	15	3	16506	78	16	5	13,10
1810357911	281,58	10,43	2,95	3132	8	8	1	2963	14	14	1	2,36
902337	8,58	0,32	0,09	392	1	1	1	212	1	1	1	0,07

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
1001759272	180,41	6,68	1,89	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,51

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 11

Dimensionamientos de los usuarios comerciales conectados a media tensión

Tiger Pro 60HC -460W											
Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	Tension [V]	Pinv [kW]	P tran [kVA]	
311921625	1653,83	61,25	17,35	17619	45	15	3	600	13,88	21,69	

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 12

Dimensionamientos de los usuarios industriales conectados a baja tensión.

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	Tiger Pro 60HC -460W				JKM270PP-60 -255W				
				P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv[kW]
27825083	149,08	5,52	1,56	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,25
20969532	114,08	4,23	1,20	1566	4	4	1	1270	6	6	1	0,96
27824208	7676,58	284,32	80,54	80655	206	18	12	80627	381	19	21	64,43
27826033	562,33	20,83	5,90	6264	16	16	1	5925	28	19	2	4,72
1001542867	45,58	1,69	0,48	783	2	2	1	635	3	3	1	0,38
27826038	526.75	19.51	5.53	5873	15	15	1	5714	27	19	2	4.42

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
27824211	4327,33	160,27	45,40	45417	116	18	7	45498	215	19	12	36,32
20110225577	196,16	7,27	2,06	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,65
35946543	9869,83	365,55	103,56	103755	265	18	15	103694	490	19	26	82,84
2010021992	1418,33	52,53	14,88	15270	39	18	3	15025	71	19	4	11,90
20110225577	196,16	7,27	2,06	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,65
35925015	1350,08	50,00	14,17	14486	37	18	3	14178	67	19	4	11,33
13892478	5590,66	207,06	58,66	58729	150	18	9	58830	278	20	14	46,93
58706681	315,33	11,68	3,31	3524	9	9	1	3386	16	16	1	2,65
1503702896	292,75	10,84	3,07	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,46
1503702896	292,75	10,84	3,07	3132	8	8	1	3174	15	15	1	2,46
53444733	1912,75	70,84	20,07	20359	52	18	3	20104	95	20	5	16,05
180445	1472,41	54,53	15,45	15661	40	18	3	15660	74	20	4	12,36
27825083	149,08	5,52	1,56	1566	4	4	1	1693	8	8	1	1,25
14059558	2999,16	111,08	31,47	31714	81	18	5	31531	149	20	8	25,17
180089	369,91	13,70	3,88	3915	10	10	1	4021	19	19	1	3,10
902409	338,5	12,54	3,55	3915	10	10	1	3598	17	17	1	2,84
27826038	526,75	19,51	5,53	5873	15	15	1	5714	27	20	2	4,42
6982457	2772,33	102,68	29,09	29365	75	18	5	29203	138	20	7	23,27
35946585	805,41	29,83	8,45	8614	22	18	2	8465	40	20	2	6,76
27826033	562,33	20,83	5,90	6264	16	16	1	5925	28	20	2	4,72
28006153	1102,08	40,82	11,56	11746	30	18	2	11639	55	20	3	9,25
190	168,33	6,23	1,77	1958	5	5	1	1905	9	9	1	1,41
27826037	3719,41	137,76	39,02	39153	100	18	6	39150	185	20	10	31,22
1001767862	81,08	3,00	0,85	1175	3	3	1	1058	5	5	1	0,68
35946543	9869,83	365,55	103,56	103755	265	18	15	103694	490	20	25	82,84
50297121	494,33	18,31	5,19	5481	14	14	1	5290	25	20	2	4,15
27822685	3785,58	140,21	39,72	39936	102	18	6	39784	188	20	10	31,77
14059558	2999,16	111,08	31,47	31714	81	18	5	31531	149	20	8	25,17

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P – FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	P.inv-kW
35946585	805,41	29,83	8,45	8614	22	18	2	8465	40	20	2	6,76
28006285	3639,08	134,78	38,18	38370	98	18	6	38303	181	20	10	30,55
53444737	973,16	36,04	10,21	10571	27	19	2	10369	49	20	3	8,17
1710166648	193,83	7,18	2,03	2349	6	6	1	2116	10	10	1	1,63
6982457	2772,33	102,68	29,09	29365	75	19	4	29203	138	20	7	23,27

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL

Anexo 13

Dimensionamientos de los usuarios industriales conectados a media tensión.

Tiger Pro 60HC -460W											
Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	Tensión [V]	P. inv [kW]	P. tran [kVA]	
52073345	1951,25	72,27	20,47	20751	53	15	4	600	16,38	25,59	
20037211	9071,66	335,99	95,18	95533	244	18	14	720	76,14	118,98	
58706649	4687,41	173,61	49,18	49332	126	15	9	600	39,34	61,48	
27825004	3680,83	136,33	38,62	38761	99	15	7	600	30,90	48,27	
31423490	2034,25	75,34	21,34	21534	55	15	4	600	17,07	26,68	
27826072	1940	71,85	20,35	20359	52	15	4	600	16,28	25,44	
27826051	3131	115,96	32,85	32888	84	15	6	600	26,28	41,06	
31423490	2034,25	75,34	21,34	21534	55	15	4	600	17,07	26,68	
20037227	178,25	6,60	1,87	1958	5	5	1	600	1,50	2,34	
311923370	422,5	15,65	4,43	4698	12	12	1	600	3,55	5,54	
31014992	4159,33	154,05	43,64	43851	112	15	8	600	34,91	54,55	
31423490	2034,25	75,34	21,34	21534	55	15	4	600	17,07	26,68	
15029847	4796,25	177,64	50,32	50507	129	15	9	600	40,26	62,90	

Usuario	Prom mensual [kWh]	Demanda [kWh]	P FV [kW]	P - FV [W]	#Paneles	NPS	NPP	Tensión [V]	P. inv [kW]	P. tran [kVA]
311923370	422,5	15,65	4,43	4698	12	12	1	600	3,55	5,54
28908578	6051	224,11	63,49	63819	163	18	10	720	50,79	79,36
27826062	0,25	0,01	0,00	392	1	1	1	600	0,00	0,00
311923370	422,5	15,65	4,43	4698	12	12	1	600	3,55	5,54
27825004	3680,83	136,33	38,62	38761	99	15	7	600	30,90	48,27
13892520	1908,16	70,67	20,02	20359	52	15	4	600	16,02	25,03
27826085	3292,33	121,94	34,54	34846	89	15	6	600	27,63	43,18
31014992	4159,33	154,05	43,64	43851	112	15	8	600	34,91	54,55
27826092	5772,83	213,81	60,57	60687	155	15	11	600	48,46	75,71
52073362	1628,16	60,30	17,08	17227	44	15	3	600	13,67	21,35
11473893	10322,58	382,32	108,31	108453	277	18	16	720	86,64	135,38
52071457	19447	720,26	204,04	204377	522	18	29	720	163,23	255,05
52073321	29461,33	1091,16	309,11	309306	790	18	44	720	247,29	386,39
27824199	2973,16	110,12	31,19	31322	80	15	6	600	24,96	38,99
52072443	656,33	24,31	6,89	7047	18	15	2	600	5,51	8,61
52073259	3213,08	119,00	33,71	34063	87	15	6	600	26,97	42,14
52073247	10463,5	387,54	109,78	110019	281	18	16	720	87,83	137,23
52071420	1980,25	73,34	20,78	21142	54	15	4	600	16,62	25,97
15029847	4796,25	177,64	50,32	50507	129	15	9	600	40,26	62,90
16567754	4663,66	172,73	48,93	48941	125	15	9	600	39,15	61,16
52073195	2277,33	84,35	23,89	24275	62	15	5	600	19,12	29,87
35946537	1890,66	70,02	19,84	19968	51	15	4	600	15,87	24,80
27822711	1795,83	66,51	18,84	19185	49	15	4	600	15,07	23,55
27826092	5772,83	213,81	60,57	60687	155	15	11	600	48,46	75,71
52073195	2277,33	84,35	23,89	24275	62	15	5	600	19,12	29,87
27825004	3680,83	136,33	38,62	38761	99	15	7	600	30,90	48,27

** La primera columna indica el número de medidor del usuario, mediante esos dígitos se puede localizar al usuario en Geoportal de CNEL