



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



TESIS

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TOPOLOGÍAS EN SISTEMAS DE
ALUMBRADO PÚBLICO CON MICRO-INVERSORES E INYECCIÓN A LA
RED CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

PRESENTADA POR:

HUBER RONY HURTADO ARHUATA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA ELÉCTRICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS**

PUNO, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS



PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TOPOLOGÍAS EN SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO CON MICRO INVERSORES E INYECCIÓN A LA RED CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

PRESENTADA POR:

HUBER RONY HURTADO ARHUATA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


.....
Dr. NORMAN JESÚS BELTRÁN CASTAÑÓN

PRIMER MIEMBRO


.....
Dr. MATEO ALEJANDRO SALINAS MENA

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M.Sc. HENRY SHUTA LLOCLLA

ASESOR DE TESIS


.....
M.Sc. REYNALDO CONDORI YUCRA

Puno, 25 de marzo del 2022

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería Mecánica Eléctrica.

TEMA: Propuesta de implementación de topologías en sistemas de alumbrado público con micro-inversores e inyección a la red con energía solar fotovoltaica.



DEDICATORIA

Dedico con mucho Amor, Cariño, Respeto a mi Padre Santos Hipólito Hurtado Chayña (†), a mi Madre Luisa Eduvina Arhuata Mamani (†), por brindarme apoyo Incondicional en todo momento, aunque no estén físicamente conmigo modelos de vida a seguir, son un ejemplo a seguir y por convertirme en un hombre de bien.

A mis Hermanos Mery, Edwin y Elizabeth, mi sobrina Genesis, por todo el apoyo en todo momento.



AGRADECIMIENTOS

- La universidad Nacional del Altiplano, por brindarme la oportunidad, para seguir con mi formación profesional.
- Mi agradecimiento a mi colega y amigo Juan por el apoyo, en la elaboración y guía en la presente tesis.
- Seguidamente a mis docentes, Dr. Norman Jesús Beltrán Castañón, Mg. José Ramos Cutipa, Mg. Walter Paredes Pareja, Mg. Julio Chura Acero, a mi asesor Mg. Reynaldo Condori Yucra. Por su motivación, orientación y apoyo en todo momento para que salga este trabajo.
- Luego agradecer al personal administrativo y trabajadores en general de la escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno
- Mi profundo Agradecimiento a Hipólito (†) y Luisa (†) mis queridos Padres por todo el apoyo Incondicional en el transcurso de mi formación y que me motivan a seguir caminando para apertura de nuevas metas.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	14
1.1.1. Sistema Energético en el Perú	14
1.1.2. Energía Solar	21
1.1.3. Modulo Fotovoltaico	28
1.1.4. Sistema Interconectado a la Red	33
1.1.5. Redes de Eléctricas de Distribución	42
1.1.6. Software Etap de Análisis y Diseño de Sistemas Eléctricos	44
1.2. Antecedentes	45

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	50
2.2. Enunciados del problema	50
2.2.1. Problema general	50
2.2.2. Problemas Específicos	51



2.3. Justificación	51
2.4. Objetivos	51
2.4.1. Objetivo general	51
2.4.2. Objetivos específicos	51
2.5. Hipótesis	52
2.5.1. Hipótesis general	52
2.5.2. Hipótesis específicas	52

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	53
3.2. Población	54
3.3. Muestra	54
3.4. Método de investigación	54
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red	57
4.1.1. Calculo Panel Solar	57
4.1.2. Cálculo del Valor de la Irradiación Global Anual con una Inclinación Optima	58
4.1.3. Selección del Panel solar Fotovoltaico	59
4.1.4. Selección del Micro Inversor	60
4.2. Dimensionamiento y Configuración de Topologías de Alumbrado Público, y Panel fotovoltaicos conectados a la red	62
4.2.1. Diversas Simulaciones, configuraciones o Topologías SFCR	72
4.3. Determinación del diagrama unifilar base ETAP	73

CONCLUSIONES	75
--------------	----

RECOMENDACIONES	76
-----------------	----

BIBLIOGRAFÍA	77
--------------	----



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Industria de la Electricidad por tecnología	16
2. Ecuaciones de conexiones de paneles	32
3. Modelo del panel solar fotovoltaico EGE-200P-7	60
4. Características del Micro-Inversor MICRO REPLUS 250	61
5. Topologías con irradiancia 1000 W/m^2 , 500 W/m^2 y con adición de frecuencia y THD.	62
6. Topología 01 C-1, conexión con arreglo de un panel fotovoltaico por nodo.	63
7. Topología 01 C-2, conexión con arreglo de un panel fotovoltaico por nodo.	64
8. Topología 02 C-1, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo.	64
9. Topología 02 C-2, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo.	65
10. Topología 03 C-1, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles.	65
11. Topología 03 C-2, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo.	66
12. Topología 01C-1, conexión con arreglo de un panel fotovoltaico por nodo	66
13. Topología 01C-2, conexión con arreglo de un panel Fotovoltaico.	67
14. topología 01 C-1, conexión con arreglo de tres paneles.	67
15. Topología 02 C-2, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo, irradiancia 500W/m^2 .	68
16. Topología 03 C-1, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, irradiancia 500W/m^2 .	68
17. Topología 03 C-2, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, irradiancia 500W/m^2 .	69
18. Simulación Topología 01 C-1, Conexión Con Arreglo De Un Panel Fotovoltaico por Nodo, Frecuencia, THD.	69
19. Simulación Topología 01 C-2, Conexión Con Arreglo De Un Panel Fotovoltaico Por Nodo, Frecuencia, THD.	70
20. Simulación topología 02 C-1, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD.	70
21. simulación topología 02 C-2, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD.	71



22. Simulación topología 03 C-1, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD.	71
23. Simulación topología 03 C-2, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD.	72



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Participación por fuente de generación	15
2. La cantidad de radiación solar incidente sobre la Tierra	23
3. Diagrama Interno de una Foto Celda.	25
4. Células de silicio mono cristalino	26
5. Panel formado con células de silicio policristalino.	27
6. Panel formado con células de silicio policristalino.	27
7. Orientación e Inclinación de modulo fotovoltaico.	28
8. Definición de la Hora Solar Pico.	30
9. Panel solar y sus principales componentes.	30
10. Curva Característica i-v Panel Solar.	31
11. Tipos de conexión de módulos.	32
12. Micro inversores / Inversores Integrados.	37
13. Inversor Monofásico para conexión monofásica.	37
14. Inversor Monofásicos para Conexión a Red Trifásica.	38
15. Inversor Central Trifásica.	39
16. Inversor Trifásico en Paralelo.	39
17. Inversor Multicadena Trifásico.	40
18. Protección SFCR.	41
19. Smart collaborative Engineering & Team-Based Operation 2019.	45
20. Ubicación del Lugar de Estudio.	54
21. Irradiación media de cada mes año 2020.	58
22. Simulación Topología 01/ Diagrama Etap Topología 01.	72
23. Simulación, Topología 02/ Diagrama Etap, Topología 02.	73
24. Simulación, topología 03/ Simulación Etapa Topología 03.	73



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Plano de Distribución Plano N°1 topología (01)	81
2. Plano N°1.1 plano distribución de cargas topología (01)	82
3. Plano de distribución, plano n°2 Topología (02).	83
4. Planos N°2.1 plano distribución de cargas topología (02).	84
5. Plano de distribución, plano n°3 topología (03.)	85
6. Plano N°4 plano distribución de carga topología (03).	86
7. Esquema eléctrico de potencia, esquema unifilar de Topología 01	87
8. Esquema eléctrico de potencia, esquema unifilar de topología 02.	88
9. Datos Técnicos micro Inversor.	89
10. Hoja de datos panel fotovoltaicos.	91
11. Datos de la luminaria led.	93
12. Cálculos ETAP Irradiancia 500W/m ² , Irradiancia 1000W/m ² , Armónicos, Frecuencia. a) Topología 01 irradiancia 500W/m ² .	96
13. Topología 02 irradiancia 500W/m ² .	97
14. Topología 03 irradiancia 500W/m ² .	98
15. irradiancia_topologia_01_1000W/m ²	99
16. Irradiancia topología 02 ,1000W/m ² .	100
17. Irradiancia topología 03, 1000W/m ² .	101
18. Topología 01 armónicos.	102
19. Topología 02 armónicos.	103
20. Topología 03 armónicos	104
21. topología 01 frecuencia.	105
22. Topología 02 frecuencia.	106
23. Topología 03, frecuencia	107

RESUMEN

Este estudio muestra el comportamiento de sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) en sistemas de alumbrado público en la ciudad de Puno. sub estación de distribución BT105015. Como objetivo general evaluar con fines de estudio su comportamiento energético. Se trabaja con datos de consumo de energía eléctrica de 26 luminarias Considerando solo el sistema de alumbrado público, en redes bajas tensión, en sistemas radiales balanceados .La importancia de cada topología en términos de mejorar la confiabilidad de la red, así mismo mejorar los parámetros eléctricos como factor de potencia, la tensión y mayor generación de potencia para inyectar a la red, así mismo como el ahorro de energía con la tecnología FV con micro inversores, en el estudio se utilizó: panel fotovoltaico policristalino (SOLAR MODULE EGE-200P-72) , micro inversor (MICRO REPLUS), y luminarias considerados como carga 70W.Se muestra los resultados de las tres topologías del SFCR, mediante el software ETAP, considerando dos escenarios con irradiancia de (1000 y 500) W/m², donde en una mejora la confiabilidad la red en los nodos. En la topología 01 tiene una potencia 3.021KVA, topología 02: tiene una potencia 3.25KVA, topología 03: tiene una potencia 3.03KVA. en comparación a la red propuesta de estudio 1.91KVA. También se hizo un estudio de frecuencia y THD, donde se ve en los tres escenarios la frecuencia de 60Hz, y no hay alteraciones de THD. Con estos resultados se evidencia una mejora de la confiabilidad el sistema eléctrico de potencia de la red alumbrado Público.

Palabras claves: Alumbrado Público, Energía Solar, Fotovoltaico, Micro Inversor, Topología.

ABSTRACT

In this study, the performance of grid-connected photovoltaic system (SFCR) in public lighting systems in the city of Puno, distribution sub-station BT105015. The general aim of this study is to evaluate the energy performance of the system. We work with electrical energy consumption data of 26 luminaires considering only the public lighting system, in low voltage networks, in balanced radial systems. The importance of each topology in terms of improving the reliability of the network, as well as improving the electrical parameters such as power factor, voltage and higher power generation to inject into the network, as well as energy savings with PV technology with micro inverters, in the study was used: polycrystalline photovoltaic panel (SOLAR MODULE EGE-200P-72), micro inverter (MICRO REPLUS), and luminaires considered as 70W load. The results of the three topologies of the SFCR are shown, using the ETAP software, considering two scenarios with irradiance of (1000 and 500) W/m^2 , where in one improves the reliability of the network at the nodes. In topology 01 has a power 3.021KVA, topology 02: has a power 3.25KVA, topology 03: has a power 3.03KVA. compared to the proposed study network 1.91KVA. A study of frequency and THD was also made, where it is seen in the three scenarios the frequency of 60Hz, and there are no alterations of THD. These results show an improvement in the reliability of the electrical power system of the public lighting network.

Keywords: Micro Inverter, Photovoltaic, Street Lighting, Solar Energy, Topology

INTRODUCCIÓN

Para satisfacer una demanda de energía en constante crecimiento (aumento de la población y de los hábitos de consumo), es posible lograr este objetivo mediante la aplicación de energías renovables, es importante conocer conceptos fundamentales (Mariano & Junior, 2022). En este contexto la energía solar fotovoltaica destaca entre las fuentes de energía solar (Manrique, 1984), por ser considerada una fuente de generación inagotable, estudios muestran el diagnóstico, rendimiento de los paneles solares (Ramos Sánchez & Chávez Rivera, 2019), también muestran un diagnóstico en un sistema con paneles solares y baterías (Espinel-Blanco et al., 2020). Se toma en cuenta la incidencia solar y las horas del día sobre paneles solares fotovoltaicos (Campos et al., 2010). También en la tecnología fotovoltaica se usan simulaciones con el PVSYST para cubrir la demanda energética (Una & Hotelera, 2022).

Se ha difundido aplicaciones Fotovoltaicas en diferentes ámbitos de la industria, destilación de agua por energía solar (Jesus et al., 2015), bombeo de agua, aplicaciones de uso colectivo (Vian et al., 2021), se promocionan en el uso en vehículos eléctricos híbridos (Ali et al., 2014), en muchos países se están facilitando la compra de esta tecnología en sistemas de generación de energía solar (Favila Carvalhal et al., 2022), experiencias internacionales como en Japón, que la utilización de energía solar fotovoltaica en generación fotovoltaica fue creciendo debido a varios incentivos del gobierno (Yamahaki, 2018), también hay estudios donde calculan el retorno de la inversión para soportar el diseño de instalaciones fotovoltaicas (Ramos-Paja et al., 2013). También se han dado gran avance en el estudio de ultra condensadores en sistemas fotovoltaicos autónomos (Angulo et al., 2017).

El presente estudio en caso específico nos basaremos en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR) hoy en día vienen estudiando, analizando, realizando en proyectos, en diferentes países, se presentan las características del sistema de calidad de la energía donde se concluye que sistemas pueden ser utilizadas para implantar generación distribuida (Cáceres et al., 2017), es necesario comparar marcos regulatorios existentes en otros países para tener un modelo idóneo de trabajo (Hernández Mora et al., 2014).

Un SFCR consta de un micro inversor, o inversor, el estudio muestra un inversor monofásico conectado a la red a partir de fuentes renovables (Trujillo Rodríguez et al., 2012), existen diferentes topologías en el diseño de micro inversores con y sin vínculo de corriente continua (Cossoli et al., 2015). uso de un convertidor elevador (Boost) y un diseño de un inversor DC-AC de una fase (Arcos-Aviles et al., 2012).

Implantando esta tecnología se logra aumentar la generación y la inyección de energía a la red y mejora el impacto sobre la facturación (Gutiérrez-Villegas et al., 2021).

Diversos proyectos consistentes en instalaciones de alumbrado público alimentadas con energía solar bajo criterios de la capacidad tecnológica existente en el mercado y comparar los requisitos necesarios exigidos de alumbrado público de calles y vías (Orejón Sánchez & Gago Calderón, 2018). Otros Estudios de alumbrados públicos utilizan un dispositivo de iluminación led (Chacón-Avilés et al., 2017). Investigaciones de forma minuciosa enfocándose en iluminación led de su estado actual con respecto a las luminarias convencionales (Barbosa Franco et al., 2017), se ha analizado los aspectos de las fuentes de luz y la demanda visual de los usuarios desde una perspectiva social (Velásquez & Espín, 2018).

Los SFCR tienen gran flexibilidad para adaptarse a la red existente, se puede manejar diferentes niveles de potencias, diferentes niveles de tensión, se puede configurar de acuerdo a la necesidad de la red.

El presente estudio demuestra que en el sistema de alumbrado público con sistemas fotovoltaicos conectados a la red es realizable, se hace una simulación balanceada en el software ETAP, y nos muestra una alternativa importante como posibilidad del SFCR en nuestro medio, el modelo propuesto por las topologías sirva de marco normativo y se pueda acelerar en la legislación de nuestro medio.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue proponer la implementación de topologías en sistemas de alumbrado público con micro inversores e inyección a la red con energía solar fotovoltaica en una red de distribución.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Sistema Energético en el Perú

La generación por el origen, tipo de tecnología, el recurso energético, según la estadística del MEN Dirección (2016), se sabe qué. expresa claramente que ya es parte importante las energías renovables en nuestro país, tal como muestra: En cuanto a las centrales con generación hidráulica que representaron el 41,2%, se tiene a: Electroperú con 13,6% (549 GW.h); Edegel con 6,8% (273 GW.h); Cerro del Águila con 2,9% (170 GW.h); y Statkraft con 2,9% (116 GW.h). Para las energías no convencionales, ya funcionando se tiene que las unidades eólicas correspondientes a C.E. Parque Eólico Talara, C.E. Parque Eólico Cuspinique, C.E. Marcona y C.E. Tres Hermanas, produjeron en total de 101 GW.h lo que significó una participación del 2,5% del total generado. Por otro lado, las centrales con energía solar como, GTS Majes, GTS Repartición, Tacna Solar, Panamericana Solar y Moquegua FV S.A.C. produjeron un total de 19 GW.h; es decir, una participación del 0,5% del total generado por las centrales asociadas al COES.

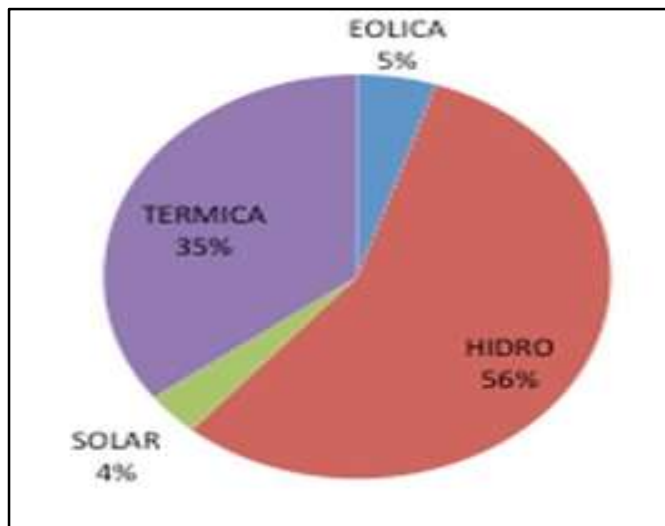


Figura 1. Participación por fuente de generación

Fuente: COES/MINEM.2018, (Direcci, 2016).

En el mes de enero del 2021, indicadores del sector eléctrico a nivel nacional, (N. Nacional, 2021). Se registró un incremento en las unidades de producción eléctrica; en las unidades hidráulicas registraron 3448 GWh, valor 3% mayor que se obtuvo en el mes del año 2020. En cuanto al gas natural que utilizaron algunas unidades térmicas produjeron 14% menos; la producción de energía eléctrica con recursos no convencionales como solar, eólico, bagazo y biogás acumularon en el mes de enero un total de 277 GWh, es decir 27% mayor a la cifra del mes anterior valor además que representa el 5,5% de la producción nominal del primer mes del año 2021.

Bienvenido los nuevos proyectos en energías no convencionales en ejecución , lo mismo que al término del año 2023 incrementarían la capacidad instalada de generación en 242,6 MW, (N. Nacional, 2021).

Tabla 1
Industria de la Electricidad por tecnología

Tecnología	Proyecto	Potencia Central (MW)	precio (USD/MWh)	fecha de la subasta	Inversión estimada (MM US\$)
Biomasa	Paramonga	23	52	2009	31
	Huaycoloro	4.4	110	2009	10.5
	La Gringa V	2	99.9	2011	5.6
Biogás	El Callao	2	77	2016	-
	Huaycoloro II	2	77	2016	-
Eólica	Marcona	32	65.5	2009	43.6
	Cupisnique	80	85	2009	242.4
	talara	30	87	2009	101.2
	tres hermanas	90	69	2011	180
	Parque Nazca	126	37.83	2016	-
	Huambos	18	36.84	2016	-
	Duna	18	37.49	2016	-
Solar	Panamericana	20	215	2009	94.6
	Majes	20	222.5	2009	73.6
	Reparticion	20	225	2009	73.5
	Tacna	20	223	2009	9.6
	Moquegua	16	119.9	2011	43
	Rubi	144.5	47.98	2016	-
Pequeñas Hidro	Intipampa	40	48.5	2016	-
	17 plantas	179.7	60	2009	285.1
	7 plantas	102	53.6	2011	227.6
	15 plantas	204.7	56.5	2013	450.3
	6 plantas	79.7	43.8	2016	-
Total	64	1274			1871.6

Fuente: Capacidad Instalada (N. Nacional, 2021)

El COES (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional) viene trabajando en un plan estratégico, para estar preparados, y afrontar los cambios que se van a dar en el sector energético, desafío técnico económico, con el mayor uso de energías renovables en Sistemas de Potencia, como: incorporación de tecnologías de almacenamiento de energía, la inclusión de la generación distribuida, Smart Grid, entre otros. Por otra parte, se viene impulsando por Consultores Internacionales, para los años 2022 y 2030. La inversión de las tecnologías de generación en energías renovables variables no convencionales (ERNC),(S. I. Nacional, 2019).

La Política Energética nacional en el Perú , mediante decreto supremo N° 064-2010-EM,(DS_ NÂo 064-2010-EM_00000.Pdf, n.d.), en donde resalta que “desarrollar un sector energético en mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de desarrollo sostenible, con una orientación de impulsar el desarrollo y uso de energías limpias y de tecnologías con bajas emisiones contaminantes y que eviten la biodegradación de los recursos”.

El camino hacia la producción descentralizada de electricidad y pautas para su reglamentación (Ramos, 2020), incluyen algunas propuestas y recomendaciones con el objetivo de ser evaluadas por los encargados de aprobar e implementar una normativa sobre Generación Distribuida en nuestro Perú, En consonancia con la legislación comparada y experiencias de otros países, resulta recomendable que la introducción de la Generación Distribuida No Domiciliaria se reconozcan sus beneficios. De otro lado, respecto de la Generación Distribuida Domiciliaria en el país, además de sus beneficios, la legislación comparada apuesta por una penetración gradual y programada de la Generación Distribuida Domiciliaria, considerando previamente la realización de un estudio de áreas seleccionadas en las redes de las empresas de distribución eléctrica para determinar el nivel de penetración que pueden soportar, siendo recomendable su implementación a través de programas pilotos.

1.1.1.1. Antecedentes de la Micro Generación

El concepto de micro generación surge junto con la masificación de la Generación Distribuida. Se entiende por generación distribuida como el uso de pequeñas unidades de generación instaladas en o cerca del punto de consumo de clientes finales y conectados directamente al sistema de distribución eléctrico. Algunos de los beneficios de este tipo de generación son el aumento en la calidad del suministro eléctrico, disminución de pérdidas óhmicas por transmisión y protección medioambiente cuando esta se realiza con energías renovables. La generación distribuida puede efectuarse en niveles de media y baja tensión, siendo este último el caso bajo el cual se efectúa la micro generación.

En términos generales, la micro generación se define como la producción a pequeña escala de calor o electricidad a partir de fuentes que provocan baja

emisión de carbón, con potencias en el rango de 1 W a 5 kW. La clase de tecnologías que satisfacen este requerimiento son la energía solar (paneles fotovoltaicos), micro generadores eólicos incluyendo nuevas turbinas montables en techos, micro-hidro, biomasa, y celdas de combustible de pequeña escala. Estas tecnologías tienen el potencial de ofrecer muchas oportunidades para ayudar a concretar objetivos de cambio climático.

1.1.1.2. Descripción del Marco legal en el Estado Peruano

Actualmente el gobierno ha elaborado un marco legal con la legislación de leyes y reglamentos que buscan promover el uso de energías renovables, para diversificar la matriz energética del país, y con ello hacerlo menos vulnerable a factores de mercados externos además que sea amigable al medio ambiente.

El estado busca promover la inversión en Generación Eléctrica Distribuida con el uso energía renovables por lo cual se han promulgado las siguiente leyes y normas:

- “Ley para asegurar el Desarrollo eficiente de la generación eléctrica”
- “Reglamento de la Generación distribuida”
- “Ley para Promover la Generación de Electricidad con Energía Renovables”
- “Reglamento de la generación de electricidad con Energías Renovables”
- “D.L. que establece el Régimen Especial de recuperación anticipada”
- “Ley que establece el beneficio de depreciación para proyectos de generación y otras renovables”.

Perú representa condición favorable para la generación fotovoltaica. De hecho, la zona del Sur representa una de las mejores condiciones, mientras que en la zona norte se ve reducida.

1.1.1.3. Marco Regulatorio

Ley 25844 “Ley para asegurar el Desarrollo eficiente de la generación eléctrica”

Siendo el objetivo general de esta ley de perfeccionar las reglas establecidas en la Ley de concesiones eléctricas, y con ello asegurar la suficiente generación eficiente que reduzca la exposición del sistema eléctrico peruano a la volatilidad de precios y a los riesgos de racionamiento prolongado.

Otros objetivos son:

- Asegurar la suficiencia de generación eficiente que reduzca la exposición del sistema eléctrico peruano a la volatilidad de precios y a los riesgos de racionamiento prolongado por falta de energía; asegurando al consumidor final una tarifa eléctrica más competitiva;
- Reducir la intervención administrativa para la determinación de los precios de generación mediante soluciones de mercado
- Adoptar las medidas necesarias para propiciar la efectiva competencia en el mercado de generación
- Introducir un mecanismo de compensación entre el SEIN y los Sistemas Aislados para que los Precios en Barra de estos últimos incorporen los beneficios del gas natural y reduzcan su exposición a la volatilidad del mercado de combustibles. Es de interés público y responsabilidad del Estado asegurar el abastecimiento oportuno y eficiente del suministro eléctrico para el Servicio Público de Electricidad.

La base de datos que se usa con mayor frecuencia debido a su disponibilidad publica es el de la NASA; <https://power.larc.nasa.gov>. De hecho, muchos proyectos energéticos sustentados en la energía solar toman como base los datos de esta fuente de información (Sánchez & Juárez, 2017).

1.1.1.4. Reglamento de la Generación Distribuida

Con la implementación del reglamento el estado busca regular la actividad de Generación Distribuida, estableciendo los requisitos para su incorporación y operación del mercado eléctrico.

El reglamento se aplica a todas las instalaciones de Generación Distribuida, independientemente del recurso energético o tecnología que utilice, hasta el

límite de 20 MW, conforme a las condiciones, requisitos y clasificación de estos tipos de generación que prevé el presente Reglamento y el PTGD.

El presente Reglamento será de aplicación al suministro de energía eléctrica en Sistemas Aislados, en lo que corresponda.

Los aspectos no previstos en el presente Reglamento se sujetan a las disposiciones de la LCE, la Ley, sus reglamentos y demás normas aplicables a las actividades eléctricas.

1.1.1.5. Ley para promover la Generación de Electricidad con Energía Renovable D.L. N°1002

Se garantiza una participación de hasta 5% del Consumo Anual durante los primeros cinco (5) años. En adelante esta participación puede ser incrementada por el MEM.

- Despacho preferencial.
- Venta asegurada de su producción en el Mercado de Corto Plazo a Costo Marginal más una Prima, en casos que el CMg sea menor a la Tarifa para Generación Renovable determinada por OSINERGMIN por tipo de tecnología.
- Depreciación Acelerada hasta un 20% al año (D.L. N° 1058).
- Ley que establece el Régimen Especial de recuperación anticipada (Ley N°28876) Esta ley otorga beneficios de recuperación del IGV en la inversión en RER.
- Ley que establece el beneficio de depreciación para proyectos de generación y otras renovables (Ley N°1058), Esta ley establece el beneficio de la depreciación acelerada, hasta el 20% anual, para la inversión de proyectos hidroeléctricos y otros recursos renovables.
- Marco institucional del sector eléctrico, Ministerio de Energía y Minas (MINEM): Es la institución que otorga las concesiones y establece la reglamentación del mercado.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN): Es la institución que establece las tarifas y compensaciones y se asegura que se cumpla con la reglamentación establecida por el MINEM. Puede complementar las reglamentaciones de ser necesario.

1.1.1.6. Promoción del SFCR en el Perú

El gobierno peruano ha creado el marco legal de las energías renovables y el marco institucional del sector eléctrico, con los que pretende fomentar las energías renovables que son trascendentales para el país, porque implica impulsar la diversificación de la matriz energética y con ello un avance hacia una política de seguridad energética y de protección del medio ambiente. esto considero, son los primeros pasos para con el estado ya pueda hacer los estudios de normatividad respecto a la Micro generación.

1.1.2. Energía Solar

La energía solar Valera & Palacios (2007), que es consumida cotidianamente en el mundo civilizado es la que se denomina energía convencional (hidroeléctrica, petróleo, gas, carbón), la misma que son limitadas. La energía solar siendo una fuente inagotable y disponible , se presenta como alternativa para reemplazar a la convencionales , en nuestro país a cada metro cuadrado de superficie horizontal llega cada día cerca de 5 KWh de energía solar ,comparando este valor con otras formas de energía: 5 Kwh en energía eléctrica, corresponde casualmente al consumo eléctrico diario de una casa familiar pequeña, 5 KWh en energía de combustión(1/2 litro de gasolina) es lo que requiere un auto pequeño para trasladarse cerca de 6.5 Km , 3.5 KWh en energía alimenticia (calorías) es lo que necesita diariamente un ser humano en alimentos. Lo cual queda de disponer de tecnologías que transformen la energía solar.

La radiación solar es aprovechable como fuente de energía, pero tiene el inconveniente de que la posición de la tierra cambia respecto al sol, dando lugar a los días, las noches y las estaciones, por lo que la cantidad de energía solar que nos llega es variable, sin embargo, conociendo el movimiento cíclico de nuestro planeta alrededor del sol, podemos calcular la posición

relativa entre ambos. Además, gracias a los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas, disponemos de tablas con valores de radiación muy útiles para determinar cuántos módulos fotovoltaicos o captadores solares térmicos serán necesario para satisfacer los requisitos que deseamos (Serrano, 2016).

La energía solar Valera & Palacios (2007), es esencialmente radiación electromagnética que emite el sol debido a su temperatura. Esta radiación está compuesta de tres tipos: radiación Infrarrojo (IR):42%, radiación visible (Vis):46%, radiación ultravioleta (UV):12%. En donde, la radiación infrarroja constituye esencialmente ondas de calor invisible para el ser humano, pero sensibles para el tacto humano. La radiación visible, constituye el único rango sensible por la vista humana y abarca longitudes de onda, entre 0,7 y 0,4 μm . también el sol emite una pequeña fracción de radiación ultravioleta ($\lambda < 0,4\mu\text{m}$), que tampoco podemos visualizar, y es por ejemplo la que causa la insolación en la piel, por ser radiación de alta energía. A la superficie de la tierra llegan mayormente la radiación visible y la infrarroja, que son importantes para las diversas aplicaciones (fototérmicas, fotovoltaicas, etc.).

La radiación solar Diaz (2010), es además del conjunto de radiaciones electromagnéticas que emite el sol, la principal fuente de todas las formas de energía conocidas. Es el origen de la vida en nuestro planeta puesto que hace posible la fotosíntesis proporcionando oxígeno, que todos los seres vivos necesitamos; es la causa de los movimientos de circulación de los océanos y de la atmosfera debido a que la radiación solar permite la evaporación del agua y provoca alteraciones en la densidad de los gases favoreciendo la circulación del aire.

El sol genera su energía mediante reacciones nucleares. Estas reacciones hacen que la temperatura en su superficie externa sea de entre 5500 °C y 6100°C, Asu vez, esta energía se propaga en todas las direcciones del espacio y se encuentran a una distancia media de la tierra de unos 150 millones de Kilómetros. finalmente, la energía total que llega a la capa externa de nuestra atmosfera terrestre, y que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección tierra – sol. El flujo de dicha energía proveniente del sol es la cantidad de energía recibida por unidad de

superficie, que se denomina constante solar, con un valor que se acepta $G_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2 = 4872 \text{ KJ/hr. m}^2$. el 4 de enero, la tierra se encuentra en el punto más cercano al sol, **perihelio**, mientras que alrededor del 1 de julio la tierra está en el punto más alejado, **afelio**.

A continuación, se ilustra como la energía total recibida en la capa externa de nuestra atmosfera, prácticamente la mitad es la radiación que llega a la superficie terrestre, cuando hay buenas condiciones.

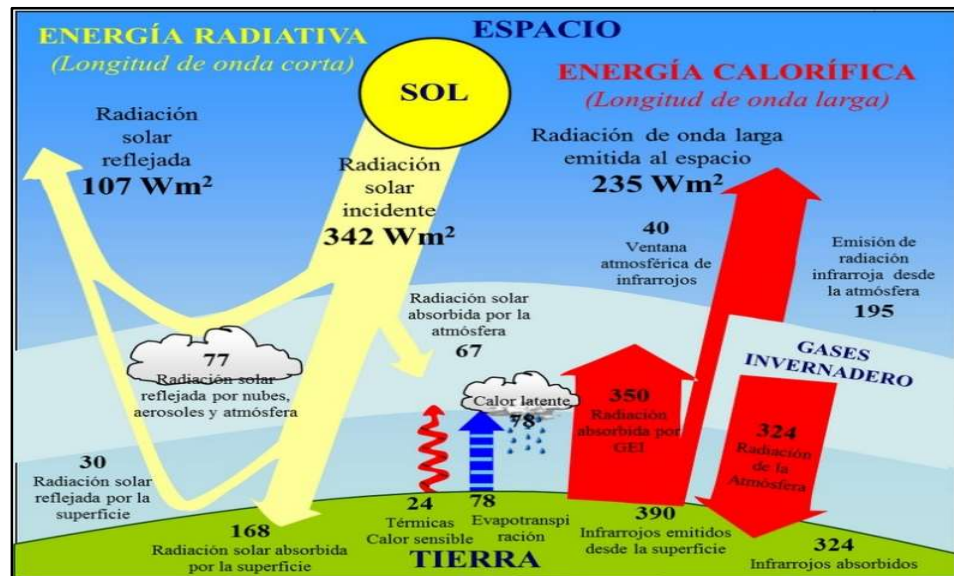


Figura 2. La cantidad de radiación solar incidente sobre la Tierra

Fuente: La radiación solar (Diaz, 2010).

El Sol como Fuente de Energía

El sol constituye una fuente de energía diaria permanente, gratuita, renovable y que es posible utilizar con el máximo respeto al medio ambiente.

El sol se considera una energía interminable, inagotable que está compuesto por un proceso de reacciones de fusión, que alcanzan temperaturas muy altas, millones de grados y que libera una energía fotónica que llega a la tierra, en enormes cantidades, esta energía se le conoce constante solar 1367 W/m^2 .

La energía procedente del sol puede distinguirse de dos términos:

1.1.2.1. Irradiancia e Irradiación

La irradiancia y la Irradiación son, respectivamente, magnitudes que cuantifican la potencia y la energía recibida por unidad de superficie debido a la radiación solar (Serrano, 2016).

Irradiancia

Mide la cantidad de intensidad (energía solar) que recibe un área determinada se mide en W/m^2 .

Irradiación

Mide la cantidad de energía del sol que recibe un área determinada en un tiempo determinado (se pueden agregar varias irradiancias) $W.h/m^2$.

1.1.2.2. Sistema de Energía Solar Fotovoltaica

Transforma la energía solar en energía eléctrica, que puede utilizarse para alimentar un determinado suministro (consumo de viviendas u otros equipos) o inyectarla a la red eléctrica.

Sistemas de energía solar térmica. – trata de incrementar la temperatura de un fluido y que se puede dar varios usos como: agua caliente sanitaria, calefacción, etc.

Naturaleza de la Radiación Solar

El sol es una estrella que tiene aproximadamente una masa 334000 veces mayor que de la tierra. para un observador en esta, el sol manifiesta un giro alrededor de su eje de una vez cada 4 semanas. Por otra parte, esta esfera de materia gaseosa inmensamente caliente, tiene un diámetro de 1.39 millones y en promedio, se encuentra a una distancia media de 150 millones de kilómetros de la tierra. La distancia mínima (en el perihelio) se alcanza alrededor del 15 de enero, mientras que la máxima (en el afelio) se tiene afines de julio, hay una discrepancia entre esas distancias que es 1/60 del valor medio. Es decir, la órbita elíptica que describe la tierra alrededor del sol es prácticamente circular. A una distancia media, el sol es visto desde la tierra según un Angulo de $32'$ (Manrique, 1984).

1.1.2.3. Efecto Fotovoltaico

El efecto fotovoltaico (o efecto fotoeléctrico) es el fenómeno por la cual la energía de la radiación luminosa se transforma en energía eléctrica, este fenómeno ocurre en materiales que tienen la propiedad de captar fotones y emitir electrones (Diaz, 2010), se puede ver este proceso.

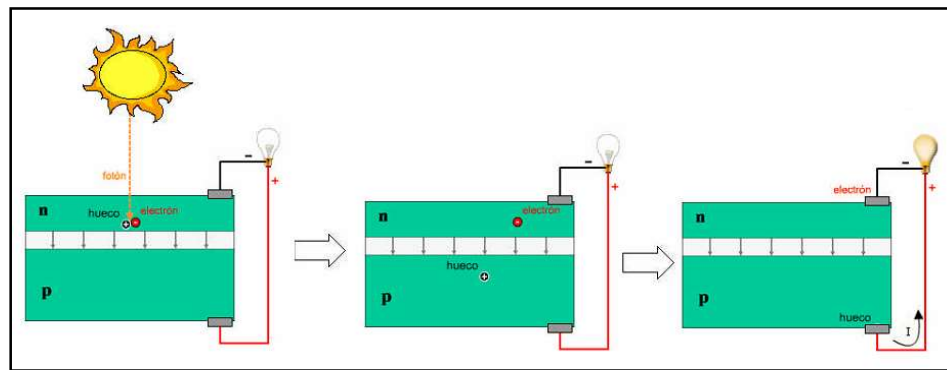


Figura 3. Diagrama Interno de una Foto Celda.

En general, la radiación que recibe un módulo fotovoltaico o un captador solar térmico es la suma de los siguientes tipos de radiaciones (Serrano, 2016).

Radiación directa. -proviene directamente del sol y se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos en los que incide. este tipo de radiación es inferior cuanto más nublado sea el día.

Radiación difusa. - proviene de la atmosfera, debido a la dispersión de parte de la radiación solar en ella, y se dirige en todas las direcciones. si no existen nubes, este tipo de radiación suele ser del 15% de la radiación global, pero en días nublados alcanza valores superiores al 50%.

Radiación reflejada o de albedo. - procede de la superficie terrestre y otros objetos, debido a la reflexión de la radiación solar sobre el terreno, lagos, etc. La cantidad de esta radiación depende de la capacidad de una superficie para reflejar la radiación solar. Dicha capacidad se mide con el coeficiente de reflexión de esa superficie o albedo.

1.1.2.4. Tipos de Células Fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas comerciales se fabrican con lingotes de silicio de alta pureza (material muy abundante en la arena). un lingote es rebanado en

forma de placas delgadas llamadas obleas, el espesor típico usado es del orden de 0.3 mm. Una fracción muy pequeña de tal espesor es impregnado con átomos de fósforo. A esta capa se le conoce como tipo-n. El resto de la oblea es impregnado con átomos de boro y se forma la capa conocida como-p. Estas capas forman un campo eléctrico (voltaje interno construido) dentro de la oblea y cerca de la superficie que recibe luz del sol. Dicho voltaje es el responsable de separar a las cargas foto generados positivas (huecos) y negativas (electrones).

La formación de la unión p-n mediante la deposición de varios materiales (boro y fósforo generalmente), y su integración en la estructura de silicio cristalino forman la celda finalmente se provee a la célula de contactos eléctricos adecuados.

Silicio Monocristalino

Caracterizado por una disposición ordenada y periódica, donde todos los átomos están dispuestos simétricamente. Presenta un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan rendimientos de laboratorio de 24% y un rendimiento directo de 15-18%.



Figura 4. Células de silicio mono cristalino

Fuente: Paneles solares, Rubio (2001).

Silicio Policristalino

Silicio depositado sobre otro sustrato, como una capa de 10-30 micrómetros y tamaño de grano entre 1 micrómetro y 1mm. Las direcciones de aleación

van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de laboratorios de 19-20% y un rendimiento directo de 12-14%.

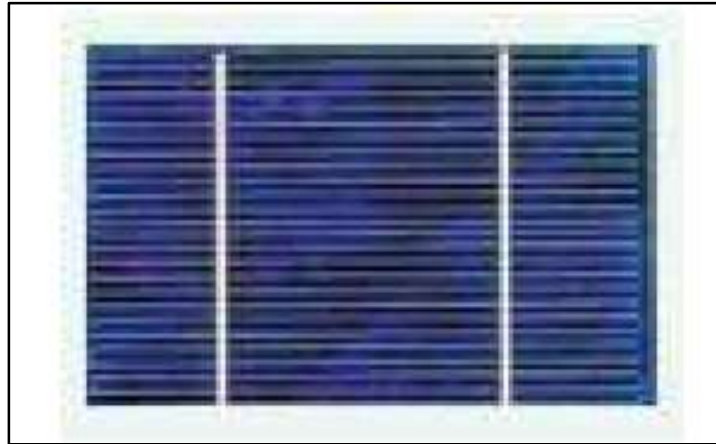


Figura 5. Panel formado con células de silicio policristalino.

Fuente: Paneles solares, Rubio (2001).

Silicio Amorfo

Compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, depositado sobre otra sustancia con un espesor de 1 micrometro. Presentan un color marrón y gris oscuro. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque alcanzan rendimientos de laboratorio del 16% y un rendimiento directo de $< 10\%$.



Figura 6. Panel formado con células de silicio policristalino.

Fuente: Paneles solares, Rubio (2001).

1.1.3. Modulo Fotovoltaico

Una vez conocida la orientación e inclinación del módulo solar, que fija la posición más favorable sol-receptor; su régimen de trabajo queda prácticamente determinado por la radiación incidente (magnitud y distribución espectral de irradiancia) y por la temperatura de celda.

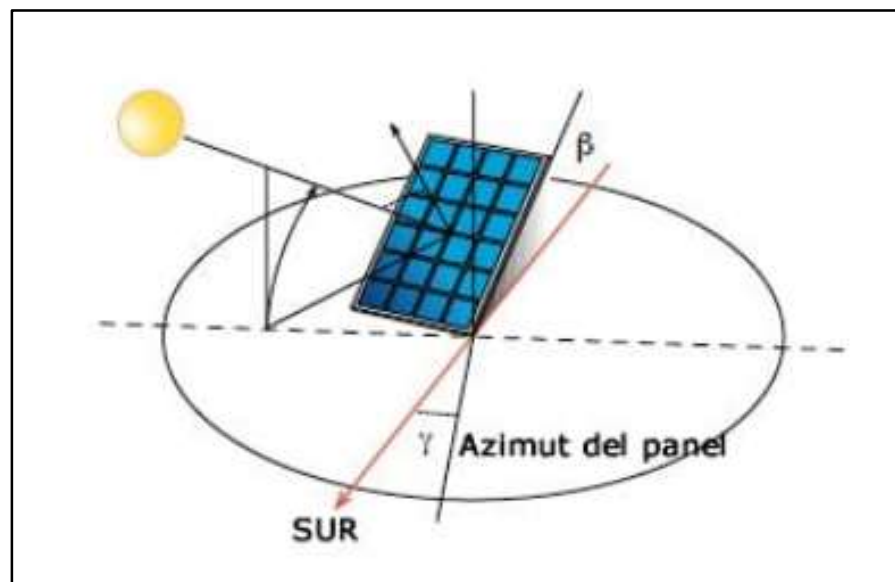


Figura 7. Orientación e Inclinación de modulo fotovoltaico.

Fuente: Inclinación modulo fotovoltaica (Valera & Palacios, 1993)

Los paneles solares se van a constituir no sólo en la superficie colectora de la energía solar, sino también en la superficie necesaria para evacuar el calor generado en las células solares durante su operación a lo largo del día, de las distintas épocas estacionales, según regímenes variables, determinados por la radiación incidente y la temperatura de celda.

Las características de un panel solar, estén referidos a valores específicos de radiación y temperatura de celda. Las referencias sirven para estandarizar estos componentes, y, como punto de partida en los cálculos de diseño y evaluación. Consecuentemente, resulta esencial conocer los parámetros de entrada y sus valores de referencia.

Las Condiciones normales o estándar, de medida (CEM ó STC), complementadas con la temperatura de operación nominal de celda (TONC)

Así se tienen:

1) CEM (STC): condiciones estándar de medidas (Estándar Test Conditions) definidas por la Comisión Electrotécnica Internacional en su norma 60904-1.

- Irradiancia..... 1 000 W/m².
- Distribución espectral..... AM 1,5.
- Incidencia..... normal.
- Temperatura de célula..... 25 °C.

2) TONC: temperatura de operación nominal de célula

- Irradiancia..... 800 W/m².
- Distribución espectral..... AM 1,5.
- Incidencia..... normal.
- Temperatura ambiente..... 20 °C.
- Velocidad del viento..... 1 m/s.

La información técnica que registran las hojas de datos del fabricante, debe corresponderse con estos referentes de estandarización, y, con recomendaciones dadas en las normas técnicas (IEC, DIN, UNE, IEEE, etc.), especificándose como mínimo, los siguientes parámetros:

1) Eléctricos

- Potencia máxima, o potencia pico.
- Tensión de circuito abierto.
- Corriente de corto circuito.
- Tensión en el punto de máxima potencia.

2) Térmicos

- Temperatura de operación nominal de célula.
- Coeficientes de temperatura.

Si la irradiación diaria disponible se considera que ha sido generada a irradiancia estándar (1000 W/m²); entonces, las horas, durante las cuales se acumula dicha irradiación, se denominan: hora solar pico. Este concepto, se ilustra con la siguiente figura:

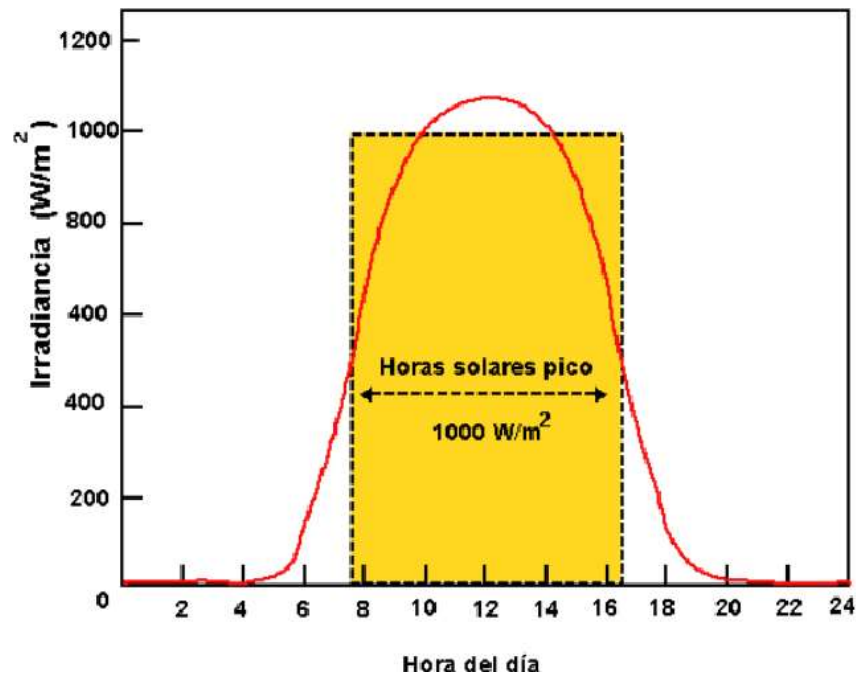


Figura 8. Definición de la Hora Solar Pico.

Fuente: Hora solar pico (Manrique, 1984).

1.1.3.1. Comportamiento del Panel Fotovoltaico

Los paneles fotovoltaicos son los encargados de proporcionar un voltaje, de acuerdo a la potencia requerida por una instalación. Constituyen un arreglo de unidades fundamentales o células; cada célula, típicamente presenta una superficie de 100 cm² y produce 1,5 W aproximadamente, con una tensión de 0,5 V y una corriente de 3 A (Moro, 2010).

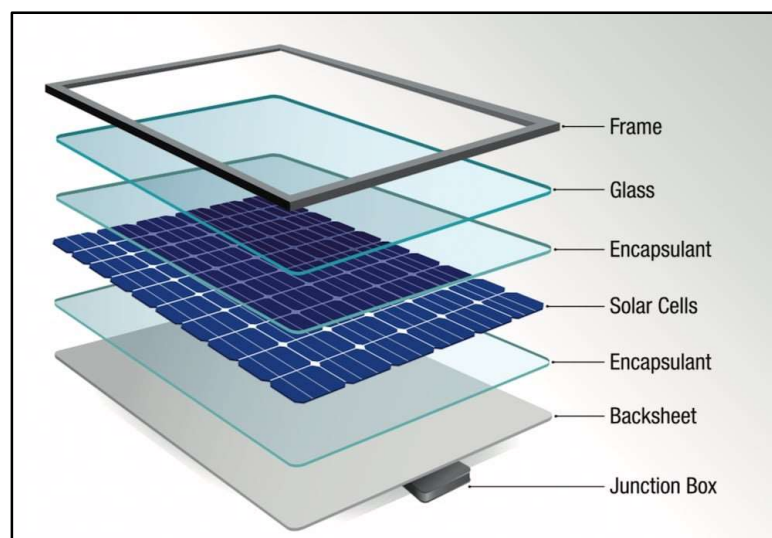


Figura 9. Panel solar y sus principales componentes.

Fuente: Estructura panel solar (Manrique, 1984).

El conocimiento del comportamiento eléctrico del panel solar se aborda a partir de su curva característica $i - v$. Ésta representa los valores de tensión y corriente medidos experimentalmente a condiciones constantes de irradiancia y temperatura, variando la resistencia de carga desde cero (corto circuito) hasta infinito (circuito abierto).

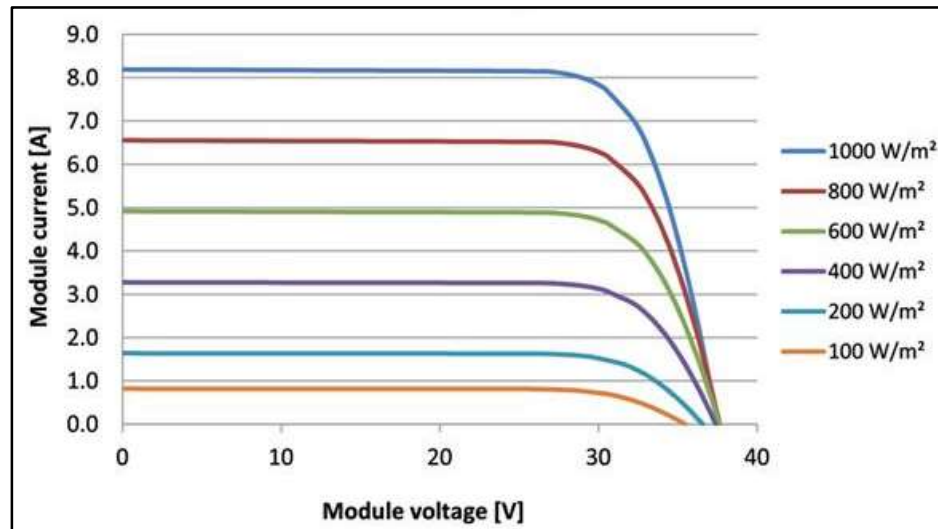


Figura 10. Curva Característica $i-v$ Panel Solar.

Fuente: Curva característica (Valera & Palacios, 2007).

En referencia a la curva característica del panel solar que se adjunta, es importante tener en cuenta que la carga exterior fija los valores de voltaje y corriente correspondientes a un punto sobre la curva, denominado punto de trabajo, como es el caso de A (I, V), quedando determinada la potencia que entrega el panel. Sobre la curva existirá un punto de potencia máxima, tal como B (I_m, V_m).

La curva del panel fotovoltaico tiene una característica de tensión de circuito abierto (V_{oc}), y corriente de corto circuito (I_{sc}). y que puede variar de acuerdo de temperatura que incide y pueda modificar el gráfico.

1.1.3.2. Agrupamiento de Módulos Fotovoltaicos

Normalmente Serrano (2016), se agrupan varios módulos para alcanzar las condiciones de potencia, tensión e intensidad que se requieren:

- Para incrementar la tensión en el generador (V_G) instalar en serie

- Para incrementar la corriente en el generador (I_G), instalar en paralelo.

Teniendo en cuenta los valores de la tensión (V_{mod}) e intensidad (I_{mod}) de un módulo y la tensión (V_G) e intensidad (I_G) del generador fotovoltaico que resulta de asociar los módulos en serie o paralelo.

Tabla 2
Ecuaciones de conexiones de paneles

Conexión en serie	Conexión en paralelo	Conexión mixta(serie-paralelo)
$I_G = I_{mod}$	$I_G = N_p \cdot I_{mod}$	$I_G = N_p \cdot I_{mod}$
$V_G = N_s \cdot V_{mod}$	$V_G = V_{mod}$	$V_G = N_s \cdot V_{mod}$

Fuente: adecuado de configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006)

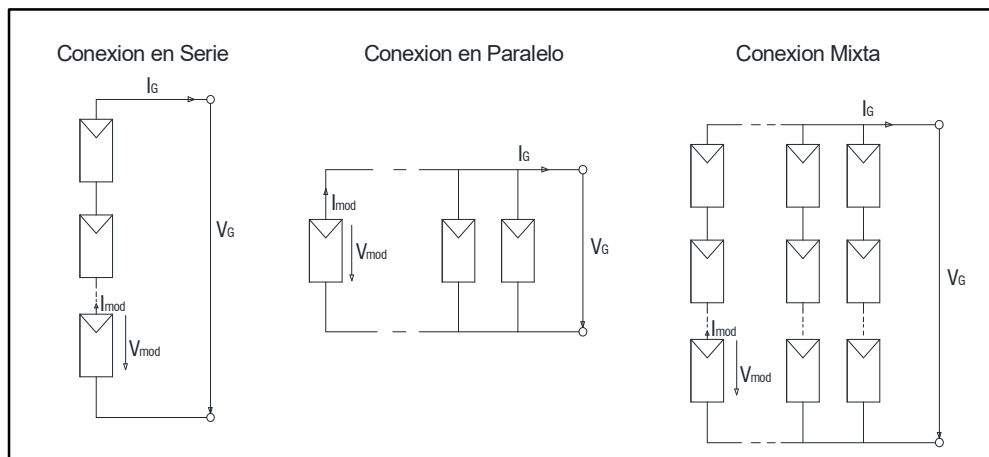


Figura 11. Tipos de conexión de módulos.

Fuente: Adecuado de configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006)

1.1.4. Sistema Interconectado a la Red

las instalaciones fotovoltaicas a la Red pueden clasificarse dependiendo de los siguientes criterios (Serrano, 2016).

En función del tamaño, las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red pueden clasificarse de la siguiente manera en función de su tamaño:

huertos solares y parque fotovoltaicos: su potencia suele ser superior a 100kW y entregan la energía en media o alta tensión.

edificios fotovoltaicos: normalmente, su potencia es de 5kW a 100kW y entregan la energía en baja tensión, aunque también pueden ser de mayor potencia, en cuyo caso deben proporcionar la energía media o alta tensión.

En función de la Ubicación, Dependiendo de donde se coloquen los módulos, las instalaciones fotovoltaicas pueden clasificarse en la superficie suelo, variables, pero con ajuste, etc.

La interconexión a la red eléctrica de baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad de hasta 30 Kwp, las dos configuraciones típicas son: GFV aterrizado y la GFV flotante (Comisión Federal de Electricidad, 2008), En esta especificación se establecen las características generales de cada configuración eléctrica.

1.1.4.1. Inversores

Importante en un sistema de conexión a la red, con una alta eficiencia para su correcto funcionamiento.

El inversor es capaz de vigilar, y proteger mediante un software y hardware características del voltaje, corriente. Mediante componentes como: Conversor DC/AC, convertidor DC/DC, monitoreo de red, entre los más importantes.

La salida de los inversores puede ser monofásica o trifásica. el inversor modifica constantemente la tensión y la corriente del generador de forma que el producto de ambos valores sea el máximo posible.

CARACTERISTICAS TECNICAS, Las principales características de los inversores:

potencia nominal. - determina la potencia que puede suministrarse a la red eléctrica, y debe evidenciar entre 80% y el 90% de la potencia pico del generador fotovoltaico (P_{GP})

$$0,8 \cdot P_{GP} < P_{inv} < 0,9 \cdot P_{GP}$$

Fango de tensión de entrada para el seguimiento del pmp

El inversor debe aceptar un cierto margen de tensiones de entrada para realizar correctamente el seguimiento del punto de máxima, que básicamente viene determinado por los valores mínimo y máximo de la tensión que pueda proporcionar el generador fotovoltaico, operando en su punto de máxima potencia, a una temperatura de 70°C y 10°C , respectivamente. Dicho margen debe ser al menos:

$$U_{inv\ min} < U_{GP}(70^{\circ}\text{C})$$

$$U_{inv\ max} < U_{GP}(-10^{\circ}\text{C})$$

• **Tensión nominal de entrada.** - el nivel de tensión que puede soportar el inversor en su entrada en condiciones normales de operación. Esta tensión debe ser:

$$U_{inv\ ent} < U_{Goc}(-10^{\circ}\text{C})$$

• **Tensión nominal de salida.** - nivel de tensión que proporciona el inversor, que suele ser de 230V(monofásica) o 380(trifásica).

• **Intensidad máxima a la entrada.** - debe ser superior a la intensidad máxima prevista que pueda llegar al generador fotovoltaico. Recordamos que la corriente máxima del generador es:

$$I_{G_{SC}} = N_p \cdot I_{SC}$$

• **Rendimiento.** -

El rendimiento de los inversores de conexión a la red actuales suele concentrarse entre 90% y al 96%, y es óptimo si estos equipos trabajan en torno a su potencia nominal.

- **Potencia máxima o capacidad de sobrecarga.** - Es la potencia (en porcentaje respecto a la potencia nominal), que el inversor puede proporcionar durante un tiempo determinado.
- **Potencia de arranque.** -es el umbral de potencia a partir del cual se produce la puesta en marcha del inversor.
- **Potencia en espera o stand-by.**- potencia que consume el inversor cuando esta encendido pero sin entregar energía a la red.
- **Tasa de distorsión armónica thd(%).**- indica el contenido de armónicos de la onda de tensión de salida.
- **Frecuencia.** - debe ser la misma que la de la red donde se conecta, 60Hz.Peru
- **Factor de potencia.** - mide la relación de potencia activa y la potencia aparente. En la mayoría de los inversores el factor de potencia es igual a la unidad, aunque, en cualquier caso, este valor es superior a 0,95.

Por lo tanto, el inversor se dimensiona de forma que sea capaz de proporcionar entre el 80% y el 90% de la potencia del generador. Esto se hace para compensar la pérdida de potencia de los módulos por la acumulación de suciedad en su superficie, la temperatura de funcionamiento, las pérdidas por envejecimiento de los módulos, las pérdidas en los cables, etc.

Cuando la potencia del generador es superior a la del inversor, este equipo limita su potencia de salida al valor de su potencia nominal, o proporciona la potencia de sobrecarga que admite durante un cierto tiempo.

1.1.4.2. Protección del Inversor

El método Los inversores incorporan protecciones eléctricas, tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna, algunas de ellas:

- Protección de polaridad

- Protección contra sobretensiones, mediante varistores o dispositivos similares.
- Desconexión por tensión de red fuera de rango: el inversor se desconecta de la red si detecta que esta se encuentra fuera de los márgenes admitidos (1,2 y 0,85 veces la tensión nominal). manteniéndose a la espera hasta que se recupere el valor normal, momento en el que se vuelve a conectar.
- Desconexión por baja tensión del generador: el inversor queda desconectado hasta que no se alcance un valor umbral de tensión en el lado del generador, momento que ocurre instantes posteriores al amanecer.
- Protección contra sobreintensidades (sobre cargas y cortocircuitos); la protección de sobre cargas puede hacerse limitando la potencia que entra al inversor desviando el punto de operación a otro en el que el generador proporcione menos potencia o bien desconectando directamente la entrada del inversor.
- Separación galvánica: puede realizarse mediante un transformador de red a 60Hz u otros dispositivos electrónicos, que protejan al generador fotovoltaico frente a sobretensiones de la red y evitan cualquier influencia electromagnética.
- Limitador de frecuencia máxima y mínima de la onda de salida.

1.1.4.3. Conexión a la Red con Inversores e Micro inversores

Una instalación fotovoltaica puede conectarse a la red de diferentes formas en función de la tecnología de los inversores que se utilizan para ello.

Las diferentes configuraciones que podemos encontrar:

- Micro inversor o inversores integrados
- Inversor monofásico para conexión a red monofásica
- Inversor monofásico para conexión a red trifásica
- Inversor central trifásico
- Inversor trifásico en paralelo
- Inversor multicadena trifásico

Micro Inversores o Inversores Integrados

Se trata de pequeños inversores, cuya potencia no suele superar los 300W, que se instalan junto a cada módulo de forma que todos ellos quedan conectados en paralelo. proporciona flexibilidad en una instalación.

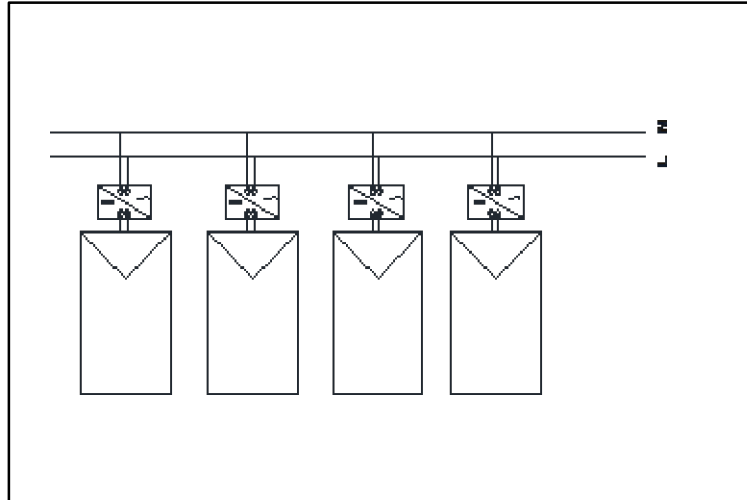


Figura 12. Micro inversores / Inversores Integrados.

Fuente: Adecuado , configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006).

Inversor Monofásico para Conexión a Red Monofásico

Cuando la instalación fotovoltaica conectada a red es de potencia inferior a 5kW, se suele utilizar un único inversor monofásico conectado a la red de baja tensión (230V).

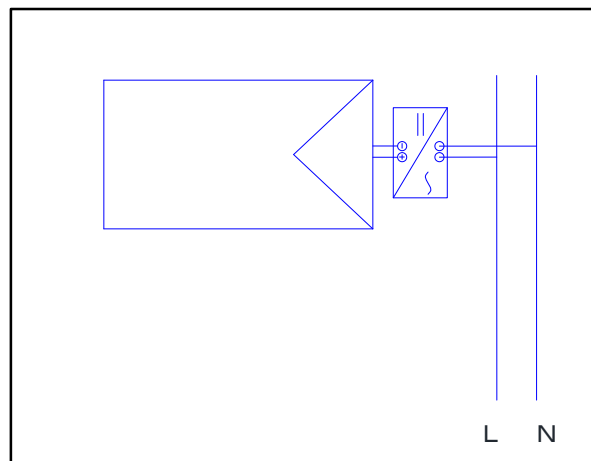


Figura 13. Inversor Monofásico para conexión monofásica.

Fuente: Adecuado, configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006).

Inversor monofásico para conexión a red Trifásico,

Si la instalación tiene una potencia superior a 5kW y hasta 100kW, la conexión a la red debe ser trifásica en baja tensión. La conexión se hace con un inversor monofásico a cada una de las fases y que pueda estar la conexión equilibrada.

de 230V. En realidad, pueden conectarse inversores en múltiplos de tres (seis, nueve, etc), de forma que siempre se conecte el mismo número de inversores de cada fase y carga quede repartida de forma uniforme entre ellos.

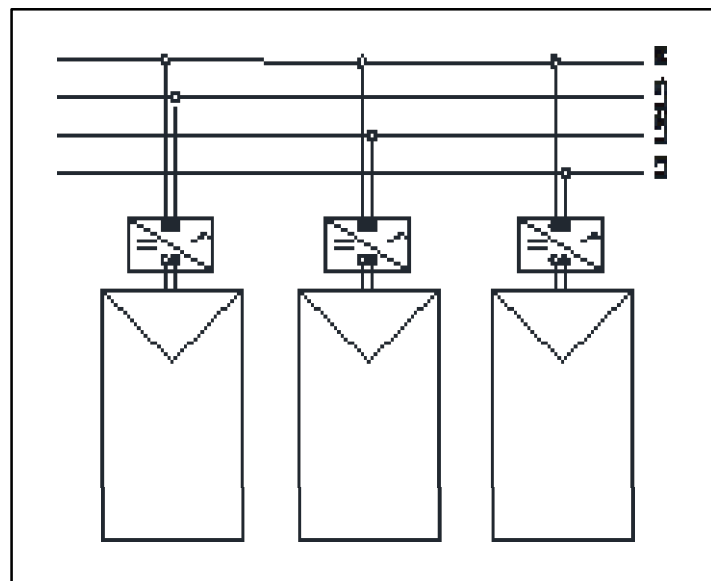


Figura 14. Inversor Monofásicos para Conexión a Red Trifásica.

Fuente: Adecuado, configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006).

Inversor Central Trifásico

Todas las cadenas del generador quedan conectadas en paralelo, Se utiliza en algunas instalaciones cuya potencia nominal se encuentra entre 15 a 100kW, conectándose a una red trifásica de baja tensión (380).

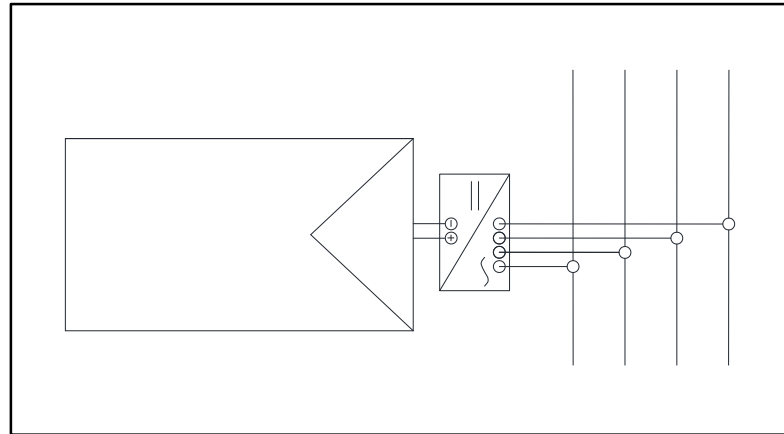


Figura 15. Inversor Central Trifásica.

Fuente: Adecuado, configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006).

Inversor trifásico en Paralelo

Se conectan inversores trifásicos en paralelo en instalaciones de media o alta potencia, se sugiere que incluyan estructuras de seguimiento solar para que mejore la fiabilidad y el rendimiento de la instalación, también permite futuros incrementos en la instalación.

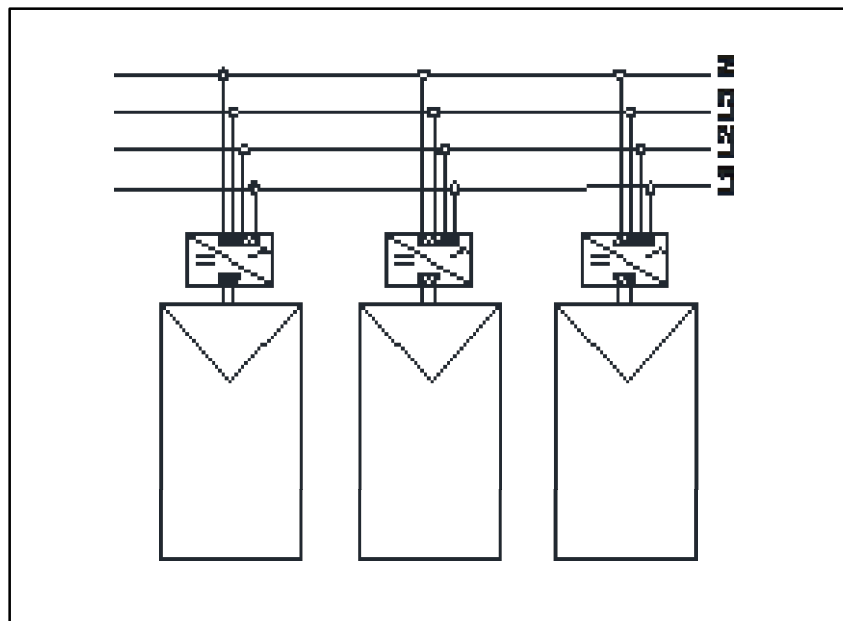


Figura 16. Inversor Trifásico en Paralelo.

Fuente: Adecuado, configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006).

Inversor Multicadena Trifásico

Esta configuración es especialmente interesante cuando existen dos o tres cadenas de módulos con orientaciones, inclinaciones y/o potencias diferentes. El lado de la conexión a red, funcionan como un inversor central trifásico convencional.

El lado de corriente continua utiliza un convertidor CC/CC cada cadena y después se conecta a un inversor central trifásico.

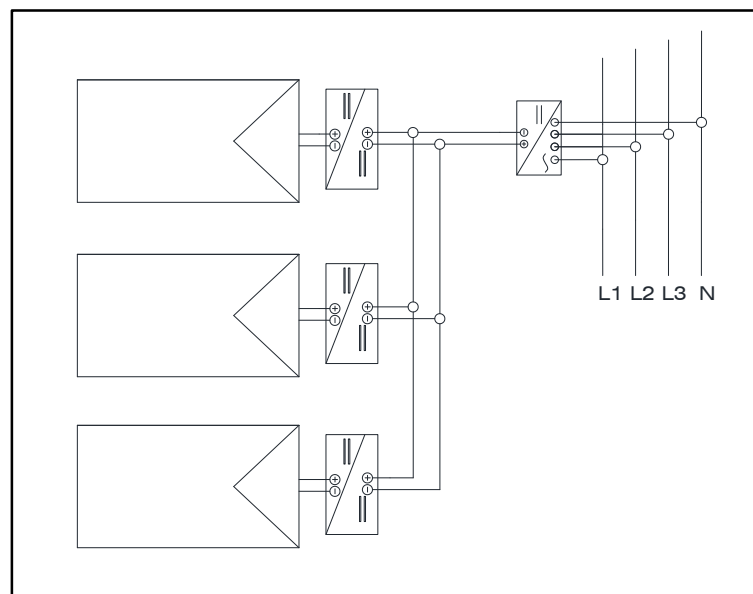


Figura 17. Inversor Multicadena Trifásico.

Fuente: Adecuado, configuración de instalaciones solares (Serrano, 2006).

Protección para seccionar el Arreglo Fotovoltaico

Cada equipo en un SFVI debe contar con medios de desconexión para aislarlo de los demás equipos y de todas las fuentes de energía. Los medios de desconexión pueden ser interruptores o conectores, dependiendo de su función dentro del sistema para evitar energizar la red en caso de licencias para mantenimiento. Aun cuando las protecciones son propiedad y responsabilidad del usuario la CFE (comisión federal de electricidad) puede verificar su funcionamiento cuando así lo considere, con el objeto de garantizar que el SFV no energice redes que CFE haya librado para mantenimiento (Comisión Federal de Electricidad, 2008).

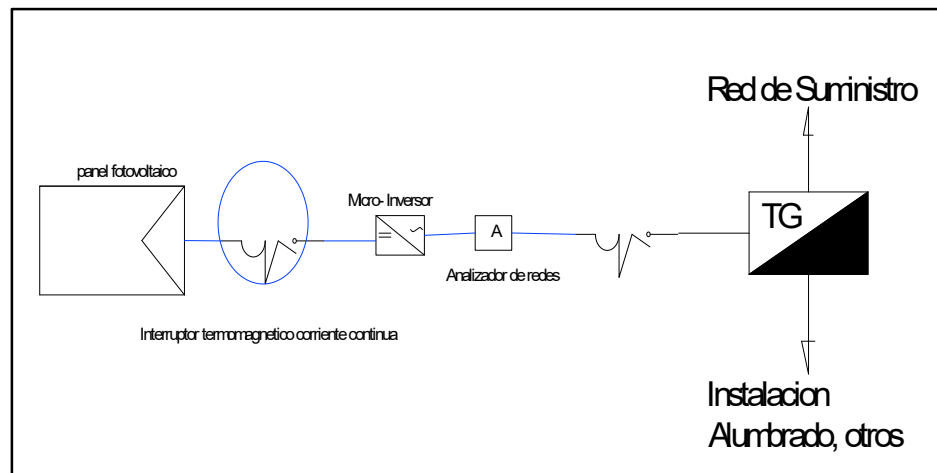


Figura 18. Protección SFCR.

Para seccionar un Arreglo Fotovoltaico

Se requiere contar con medios que permitan seccionar el arreglo en segmentos no peligrosos. Así mismo, los medios de seccionamiento son útiles para realizar labores de mantenimiento al arreglo FV. Para cumplir este requerimiento se deben instalar medios de desconexión para cada rama y para cada sub-arreglo del GFV. Los medios de desconexión para el seccionamiento del arreglo pueden ser interruptores o conectores que cumplan con las especificaciones establecidas. El empleo de interruptores termomagnéticos es recomendable porque además de proporcionar los medios de desconexión necesarios, provee las protecciones contra sobre corriente que se especifican. En arreglos de bajo tensión (hasta 48 V nominales) y de pequeña capacidad (hasta 2 kWp), la utilización de fusibles en cada rama puede sustituir a los medios de desconexión a la vez que proporciona protección contra sobre corriente.

Diodo de Bloqueo

Se deben utilizar diodos de bloqueo en cada rama del arreglo adicionalmente a las protecciones por sobre corriente. Los diodos no son dispositivos de sobre corriente, sin embargo, ayudan a controlar algunas corrientes de falla en las ramas del GFV. Para minimizar las pérdidas por conducción se deben utilizar diodos "Schottky". Es recomendable sobredimensionar la corriente nominal en un 50 % para reducir las caídas resistivas en los diodos de

bloqueo, ya que su resistencia en estado de conducción disminuye al aumentar su capacidad. En cuanto a la tensión de bloqueo, ésta debe ser al menos el doble de la tensión de circuito abierto del arreglo, con el propósito de compensar las sobretensiones que se pueden presentar por descargas atmosféricas y maniobras de conmutación.

Diodos de Paso

Los diodos de paso se utilizan para aliviar la disipación de energía en los MFV causada por el sombreado parcial o total de uno o varios de ellos. El sombreado puede ocurrir por obstrucción parcial de la radiación incidente en el arreglo FV o por defectos de fabricación de las celdas. La utilización de diodos de paso es indispensable, ya que evita daños mayores a los módulos y reduce considerablemente las pérdidas de potencia por concepto de sombreado.

Se debe utilizar por lo menos un diodo de paso en paralelo con cada módulo del arreglo FV. El ánodo del diodo se conecta a la terminal negativa del módulo y el cátodo del diodo a la terminal positiva del mismo. Normalmente los fabricantes incluyen uno o dos diodos de paso en cada módulo, en cuyo caso no es necesario instalar diodos adicionales.

1.1.5. Redes de Eléctricas de Distribución

Los sistemas de distribución son típicamente radiales, es decir el flujo de potencia nace en un nodo, el cual generalmente es la subestación, entre sus características principales están: topologías, múltiples conexiones, cargas de naturaleza distinta. Las redes de distribución se dividen en redes primarias y secundarias, el análisis propuesto contempla redes de distribución secundarias de niveles de tensión aprobados para los subsistemas de distribución secundaria e instalaciones de alumbrado público que abastecen servicios públicos que son de 220 V y 380 V Las tensiones que se emplean son tales que permitan adoptar los siguientes sistemas de corriente alterna de 60 Hz:

- 220 V, trifásico, 3 conductores (activos)

- 380/ 220 V, trifásico, 4 conductores (3 conductores activos y un conductor neutro con puesta a tierra múltiple)
- 220V, monofásico, 2 conductores (activos)
- 440/220V, monofásico, 3 conductores (dos conductores activos y un conductor neutro con puesta a tierra múltiple)

1.1.5.1. Topología de Red

La topología hace referencia a las formas de interconexión de los elementos constitutivos de la red (dispositivos, nodos, enlaces...). Esta puede ser física, si hace referencia al cableado que interconecta los elementos, o lógica, cuando trata el tipo de flujo de datos entre los elementos que conforman la red.(Arias, 2013) .Las topologías físicas y lógicas pueden o no ser coincidentes: topologías físicas idénticas pueden divergir en su forma lógica debido a la distancia entre nodos, la velocidad de transmisión o el tipo de señal empleado. las topologías físicas más comunes son las mostradas.

Cadena. Los nodos se conectan uno a otro de modo similar a los vagones de un convoy. Las conexiones de esta topología no forman una red en sentido estricto, ya que la información ha de pasar por un nodo para llegar al siguiente. Suelen emplearse para potencia, señales analógicas o datos digitales, solos o como combinación de éstos.

Árbol. Derivada de la cadena, se crea una estructura en árbol cuando de uno o varios nodos de ésta nacen en derivación otras cadenas.

Bus. Todos los nodos comparten un único sistema de control o de datos de modo que la información no tiene que pasar por ninguno de ellos para ser accesible a los demás.

Estrella. Se conforma con un nodo central al que se conectan los otros nodos (periféricos). El nodo central gestiona el tránsito de información con y entre los nodos periféricos. Se trata de una configuración robusta, ya que un fallo en una conexión sólo inhabilita un nodo periférico sin alterar el resto de conexiones.

Anillo. Cada nodo se conecta a otros dos, creando una única vía de comunicación que se cierra. La información pasa de nodo a nodo como en

la cadena, pero con la ventaja, respecto de aquella, de que lo puede hacer en un sentido o en el contrario.

Malla. Cada nodo de la red actúa de forma independiente, ya esté o no interconectado con otros nodos o redes. Así se permite una rápida reconfiguración en caso de pérdida de cualquier conexión. Combinaciones de las anteriores.

1.1.5.2. Alumbrado Publico

Definición. - Es el servicio que tiene como alcance la iluminación de las vías públicas, zonas de libre circulación vial, peatonal, lugares recreacionales como parques, jardines. El servicio de alumbrado público es de responsabilidad de las empresas concesionarias de distribución eléctrica, para Puno se trata de Electro Puno. Publico

El alumbrado público toma energía de la red de distribución eléctrica, el control se realiza por un dispositivo denominado célula fotoeléctrica. En el Perú, en sus ciudades, regiones, distritos; la ley de concesiones eléctricas. Está encargada de normar la actividad eléctrica MINEM (1992), y establece en su artículo 94 lo siguiente, que el servicio de alumbrado público es responsabilidad de la empresa concesionaria.

Otra definición Harper (2005), es un sistema de iluminación que tiene como finalidad principal proporcionar condiciones mínimas de iluminación para el tránsito seguro de peatones y vehículos en vialidades y espacios. Los sistemas de alumbrado público se pueden clasificar en: vialidades, autopistas, carreteras, ciclo-pistas, vías rápidas, vías principales, vías secundarias, parques y jardines, plazas.

1.1.6. Software Etap de Análisis y Diseño de Sistemas Eléctricos

ETAP provee de software de análisis, monitoreo, simulación control y automatización para sistemas eléctricos de potencia, de entorno sencillo y con alrededor de 30 años es líder en el mercado de software de sistemas eléctricos. Usando Etap Ofrece resultados muy confiables, puede calcular las tensiones, desfases de, potencias y corrientes a través de cualquier elemento del sistema “Load Flow Software ETAP”, 2019. Además, permite evaluar distintos escenarios, configuraciones y conexionado de redes.

También permite evaluar escenarios de energías renovables conectado a la red con paneles y micro inversores, se puede ver fallas asimétricas, evaluar alternativas de solución, corrección de condiciones de operación entre un sinfín de otras herramientas muy útiles.



Figura 19. Smart Collaborative Engineering & Team-Based Operation 2019.

1.2. Antecedentes

“Análisis de los factores que Influyen en el Diseño de una Planta Fotovoltaica de 40MW Ubicada en el Valle del Mantaro”, llegando a una de las soluciones, los factores económicos han resultado determinantes a la hora de evaluar las alternativas propuestas ya que la evolución histórica de los costos por megavatio de potencia Instalada, los beneficios por venta de Energía , Bonos de carbono así como otros incentivos como las subastas de Energía son decisivos al momento de incentivar la toma de decisiones por parte de los Inversionistas.(Martínez, 2020).

“Estudio de Factibilidad y Rentabilidad de la Micro Generación Fotovoltaica Conectada a Red, en la Región de Arequipa”, se pudo comprobar que la alternativa de la micro generación ofrece muchas Oportunidades para optar al suministro de sistemas eléctricos, y en general a objetivos de seguridad y disminución en la emisión de contaminantes. (Quispe, 2018).

“Aspectos regulatorios a considerar en la implementación de la micro generación distribuida residencial fotovoltaica en el mercado eléctrico peruano”, se mostró que la micro generación distribuida residencial fotovoltaica, permitirá a los usuarios regulados

reduzcan sus costos por la energía eléctrica, además contribuirá a reducir la emisión de gases de Efecto Invernadero, sin perjudicar o afecte a la empresa distribuidora y otros usuarios en la zona de influencia. (Nuñez, 2019).

“Factibilidad de la Instalación de Generación Distribuida en la Universidad Nacional del Callao”, se concluye que con la instalación de generación distribuida en la UNC se obtendrá beneficios económicos, académicos, sociales y Ambientales. En lo económico se recuperará en un periodo de 20 años con la venta de la energía excedente, en lo académico a ver una visión amplia del sector eléctrico. (Escuela & Ingenier, 2019).

“Evaluación del potencial de energía solar para generación de energía eléctrica, como una alternativa para disminuir el uso de combustibles fósiles, en la región Piura”, se concluye que en la región Piura se puede usar la Radiación Solar como fuente de Energía en Bombas Hidráulicas solares, secadores solares para café u cacao, deshidratación de frutas, sistemas de transferencia de calor en zonas de heladas para generar energía eléctrica en poblados aislados, entre otros. (Atarama, 2019),

"Análisis, Diseño Y Selección De Alternativas De Iluminación Para Alumbrado Público Con Nuevas Tecnologías”, muestra como resultado, que el uso de nuevas tecnologías se logra una eficiencia mucho mayor en el sistema de iluminación, se seleccionó adecuadamente los mejores componentes para el diseño de un sistema de Iluminación con nuevas tecnologías (Labán, 2018).

“Generación distribuida mediante energías renovables como factor de sostenibilidad de las redes eléctricas de distribución”, se concluyó ,se presenta como alternativa más viable y efectiva a corto plazo para aliviar los problemas provenientes de un crecimiento radial de la demanda de energía , asi como la dependencia de los combustibles fósiles derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica a grandes escalas , ofrece beneficios importantes ,en los sistemas de distribución como en la reducción de perdidas ,mejorar la confiabilidad , la calidad de energía entre otros (Portillo, 2018).

“Generación Distribuida en redes secundarias en Arequipa”, con las siguientes conclusiones: En el Perú no está definida la reglamentación de la generación distribuida a niveles de redes secundarias, La generación distribuida fotovoltaica, puede suministrar toda la energía necesaria para muchos hogares, siendo el costo de implementación el

único inconveniente, La generación distribuida mejora el comportamiento de los niveles de tensión en las redes secundarias (Solorzano, 2017).

“Impacto de las energías renovables en el bienestar del poblador jacto del distrito de Ascensión Huancavelica 2016”, se concluye que : las energías renovables generan impacto positivo y significativo en el bienestar del poblado de Jacto del distrito de Ascensión Huancavelica 2016, el cual se demuestra con las prueba de Ji Cuadrado (X^2) (Sig. Bilateral = 0,000 < 0,05; $X^2 = 30,00$; $gl = 2$) (Carampoma, 2015).

“Aprovechamiento de Energía Solar Térmica Y Fotovoltaica en Conexión a La Red de Distribución Eléctrica Para uso Eficiente De Energía En Viviendas”, se concluye que por cada generador a pequeña escala que genera 150KWH con energía solar , y sustituye la energía de origen térmico por quema de combustible , evita la emisión de 81,75Kg de CO₂ , calculando según los factores de emisión en el boletín Informativo emitido por el (ministerio de energía y minas del Perú ,dirección general de Eficiencia Energética) (Uscovilca, 2015).

“Generación distribuida mediante energías renovables como factor de sostenibilidad de las redes eléctricas de distribución”, se concluyó que a mediano y largo plazo, la red de distribución evolucionara operativamente y estructuralmente hasta convertirse en una red similar a la de transmisión mediante la implementación de la generación distribuida en todo aspecto de energías alternas renovables y sus tecnologías asociadas , rompiendo así con la generación convencional de energía eléctrica centralizada (Rubiños, 2013).

“Confiabilidad De Los Sistemas De Alumbrado Público En El Contexto De La Smart Grid”, se ha actuado sobre el punto de luz de forma individual , en su gestión y en la mejora de la inmunidad frente a los huecos de tensión del balasto que lo alimenta, y de forma general , dotando a la red alumbrado de un sistema de comunicación integrado y un interfaz que permita gestión y sobre la capacidad de regulación de la etapa de alimentación del sistema de alumbrado con el fin de aumentar su fiabilidad mediante un sistema de compensación de fallas de red (Arias, 2013).

“Determinación De La Energía Solar Para El Diseño Bioclimático De Viviendas En La Ciudad De Juliaca Región Puno”, se determinó las variables de la energía solar, observándose una Irradiación Solar promedio global de 1110,04 w/m² durante las 9:00

hasta 17:00 horas, el cual es mayor que las condiciones estándares de Medida (CEM) de 1000 W/m² y las HSP en la ciudad de Juliaca (Larico, 2013).

“Diseño y simulación de un inversor electrónico para la optimización de tensión de salida en un sistema solar fotovoltaico para una vivienda unifamiliar”, se logró que el sistema donde aparece una senda senoidal de tensión de salida siendo este 218,1rms a una frecuencia de 60 Hz , conocer el estado del Arte en convertidores de/de, inversores dc/ac y funcionamiento de dispositivos semiconductores de potencia, se hace el uso eficiente de los convertidores de DC/DC (Luis, 2014).

“Relación De Potencia De Entrada Y Salida De Un Inversor Como Medida De La Eficiencia De La Energía Fotovoltaica Y Su Adaptación a La Red De Distribución”, en el cual se concluye que si es posible la inyección a la red de distribución a través de inversores multinivel, con una eficiencia del inversor del 90% al 98% (Polanco, 2014).

“Diseño de un convertidor bidireccional flyback para la interconexión de un módulo de capacitores electroquímicos a un sistema móvil eólico-Fotovoltaico”, se realizaron simulaciones en el programa PSIM® utilizando los datos obtenidos

durante la etapa de cálculo de componentes. Los resultados obtenidos en la tensión y la corriente de los interruptores S1 y S2, así como en los diodos D1 y D2, proporcionaron las formas de onda características de la topología flyback; así mismo, la tensión de salida del circuito simulado tuvo un valor de +24V cd para la operación de carga, y +48V de cd en la operación de descarga (Cancino, 2015).

“Smart Grids en México: Situación actual, retos y propuesta de implementación” El resultado muestra una diferencia entre generación y consumo de 2 kWh, lo que valida la correcta estimación del estudio. En adición, se presenta un análisis de recuperación económica que justifica la instalación de Micro Redes aisladas, con medios de generación alternativos, para llevar la energía a lugares de difícil acceso con redes convencionales (Luz Ileri et al, 2019).

“Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red” en el cual se concluyó que: la utilización de un sistema fotovoltaico en el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial (ESAVI), permitirá no solo reducir el consumo de energía eléctrica en cada aula



de clase y en las oficinas ubicadas en este sector, sino también cuidar el medioambiente (Andrés et al., 2019).

“Tecnología para la Optimización del Proceso de Pelado de Tunta “, en la cual se concluyó a la tecnología mejorada es que usa más horas de producción según se planteó con la infraestructura prevista, además de ser una tecnología limpia y no emite emisiones de CO₂, ahorro de combustible, solo requiere una inversión inicial, que con el valor agregado generado es factible su inmediato financiamiento, sabiendo que los costos de la generación FV está disminuyendo cada año (Salinas, 2015).

“Generación de Energía Eléctrica Aprovechando los Recursos Naturales Eólico-Solar y Biomasa en la Región de Puno”, se concluyó que: en la zona sierra este recurso es como consecuencia de la actividad agropecuaria, con todos estos argumentos creemos que la alternativa más viable es ejecutar pequeños proyectos de electrificación, utilizando energías no convencionales en zonas rurales (Cabrera, 2015).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

En el Perú actualmente no se cuenta con desarrollo ni promoción en la implementación de GD con recursos renovables, se han tomado iniciativas por parte del gobierno y se tiene una pre publicación del decreto supremo que aprueba el reglamento de GD en nuestro país, así como iniciativas a nivel nacional y regional; en nuestra región de Puno cuenta con generación de energía con paneles solares, y con la iniciativa de empresas privadas en conjunto con universidades y programas de apoyo a la innovación del estado como Innóvate Perú. Entonces se busca desarrollar proyectos que apoyen y promuevan a nivel nacional y especialmente en nuestra ciudad de Puno que cuenta con un gran potencial de aprovechamiento solar, la implementación de instalaciones de micro generación, distribuida en hogares, instituciones públicas, privadas, y principalmente centros de estudio, y que sea motivo a tomar conciencia de la tecnología solar fotovoltaica como una solución a la gran problemática de contaminación del aire y el deterioro de la capa de ozono en nuestra ciudad y en el mundo. Por tales motivos, el presente proyecto Proponer la Implementación de Topologías en Sistemas de Alumbrado Público con Micro inversores e Inyección a la Red con Energía Solar Fotovoltaica.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuáles son las Topologías para proponer la implementación de sistemas de Alumbrado Público con Micro Inversores e Inyección a la Red con Energía Solar Fotovoltaica, para que puedan ser implementadas en sistemas balanceados?

2.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la mejor configuración de topología en las redes de alumbrado público con micro inversores conectados a la red?
- ¿Cuál es el resultado del estudio del comportamiento de operación con la red de distribución secundaria mediante el software ETAP?
- ¿Cuál es el resultado que muestre el marco normativo de generación eléctrica conectado a la Red de distribución de baja tensión balanceado?

2.3. Justificación

El desarrollo de la generación distribuida (GD) en la ciudad de Puno, es una iniciativa en el área de energías renovables y debido a la necesidad de implementar acciones y desarrollar proyectos que mitiguen la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, como también por el altísimo potencial de irradiación solar en la ciudad de Puno pueda desarrollarse proyectos de este tipo. De modo que realizando la implementación de Topologías en sistemas de alumbrado público con micro inversores e inyección a la red con energía solar fotovoltaica, resultara un proyecto muy atractivo y de gran envergadura para aprovechar la energía solar en fuente de generación eléctrica y así obtener la más adecuada configuración.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Proponer la Implementación de Topologías en Sistemas de Alumbrado Público con Micro inversores e Inyección a la Red con Energía Solar Fotovoltaica en una red de distribución.

2.4.2. Objetivos específicos

- Proponer topologías en las redes de alumbrado público con micro - inversores conectados a la red.
- Estudiar, el comportamiento característico del sistema y evaluar su comportamiento en operación con la red de distribución secundaria mediante el software ETAP.

- Mostrar el estado actual del marco normativo y legislativo, que oriente y reglamente las actividades en la generación de energía eléctrica mediante sistema fotovoltaico conectado a la Red

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Al proponer la implementación de topología de una instalación de alumbrado público con micro inversores se logrará conectar a la red con energía solar fotovoltaica en una red de distribución.

2.5.2. Hipótesis específicas

- Al proponer la topología en las redes de alumbrado público con micro inversores se logrará definir la mejor configuración de conectar a la red.
- Al Estudiar, el comportamiento característico del sistema y evaluar su comportamiento en operación con la red de distribución secundaria se logrará hacer funcionar el sistema mediante el software ETAP.
- Al mostrar la instalación propuesta adecuada en la generación de energía eléctrica mediante sistema fotovoltaico conectado a la Red, queda como posibilidad el uso y que pueda modernizar la Redes SEIN.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

Para el presente estudio de análisis e investigación de “Propuesta de Implementación de Topologías en sistemas de Alumbrado Público con Micro Inversores e Inyección a la Red con energía solar fotovoltaica”, se realizó en

- Lugar: avenida simón bolívar (primera y segunda cuadra)
 - Latitud: -15.8329
 - Longitud: -70.0223
 - Altitud: 3870msnm
 - Coordenada geográfica: E 387377 y N 8250716
- Distrito: Puno
- Provincia: Puno.
- Departamento: Puno – Perú.



Figura 20. Ubicación del Lugar de Estudio.

Fuente: Google Maps (Google, S.F.)

3.2. Población

El presente estudio se desarrolló en una subestación código – Etiqueta 105015 de distribución en la AV. Simón Bolívar, ubicado en el distrito de Puno, entre las coordenadas latitud -15.8329, longitud -70.0223 y altitud 3870msnm.

3.3. Muestra

Se tomo el muestreo no probabilístico, fueron seleccionadas por conveniencia. Se tomo como muestra 66 lotes que está en la misma AV. Simón Bolívar, considerando la misma avenida con 26 pastorales de alumbrado público, con una subestación con Etiqueta-código 105015, considerando las cargas de las viviendas y las cargas de las luminarias. en el cual se analizará su comportamiento de las topologías propuesta en el presente estudio Selección de muestra no aleatoria, constituido por una parte de la población.

3.4. Método de investigación

El método de investigación aplicada es explicativa y experimental a base de simulaciones, se trabaja con datos de consumo de energía eléctrica de 26 luminarias Considerando solo el sistema de alumbrado público, con el objetivo de implementar la topología en sistemas de alumbrado público , realizando tres propuestas en donde en la primera propuesta topología (01) se considera 26 micro inversores conectadas en los pastorales consideradas

como nodos en la simulación , en la segunda topología(02) propuesta 27 micro inversores conectadas en las colas de los circuitos , y en la tercera topología (03) propuesta 26 micro inversores con la conexión mixta como se detalla en los cálculos y diagrama, estas propuestas generen energía eléctrica y conectadas a la red , y que posteriormente en los calculo se pueda encontrar valores óptimos para lograr la topología ideal para su funcionamiento.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Se considerar en la presentación de la metodología:

a) Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos,

Las variables de análisis con las que se trabajaron son:

Variables Independientes:

- Potencia del micro inversor
- Potencia del panel fotovoltaico
- Tipo de red
- Potencia de las luminarias

Variables Dependientes:

- Frecuencia
- Nivel de tensión
- Potencia (Watts,VAR(reactiva),VA(aparente))
- Número de horas de conexión a la red

b) Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos, insumos, entre otros, Para el desarrollo de la investigación se tienen las siguientes materiales, equipos e instrumentos

Materiales

- Útiles de escritorio en general

Equipos

- Computadora
- Impresora



- Laptop

Instrumentos

- Software computacional
- Analizador de redes

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

El sistema a evaluar ha sido en las dos primeras cuadras de la AV. Simón Bolívar de la ciudad de Puno a la cual entrega energía al tablero de distribución principal, constituyendo un sistema fotovoltaico conectado a la Red (SFCR), que es una posibilidad que contribuye a la configuración de un sistema eléctrico de generación distribuida (Serrano, 2006).

Para el estudio y el análisis se diseñó tres topologías en sistema de alumbrado público, Harper (2005), se utilizaron: panel fotovoltaico de 200 W, y un micro inversor, que serían conectados a la red de acuerdo a las topologías conectadas a la Red.

4.1.1. Calculo Panel Solar

El objetivo de este apartado es evaluar el dimensionamiento del generador fotovoltaico Valera & Palacios (1993), que necesita el sistema en conjunto. se muestra la irradiación para la ciudad de Puno con una latitud: -15.8329, longitud: -70.0223 y una altitud: 3870 m.s.n.m. resaltando que es mayor en el mes de noviembre en el año 2020 (Figura 21)

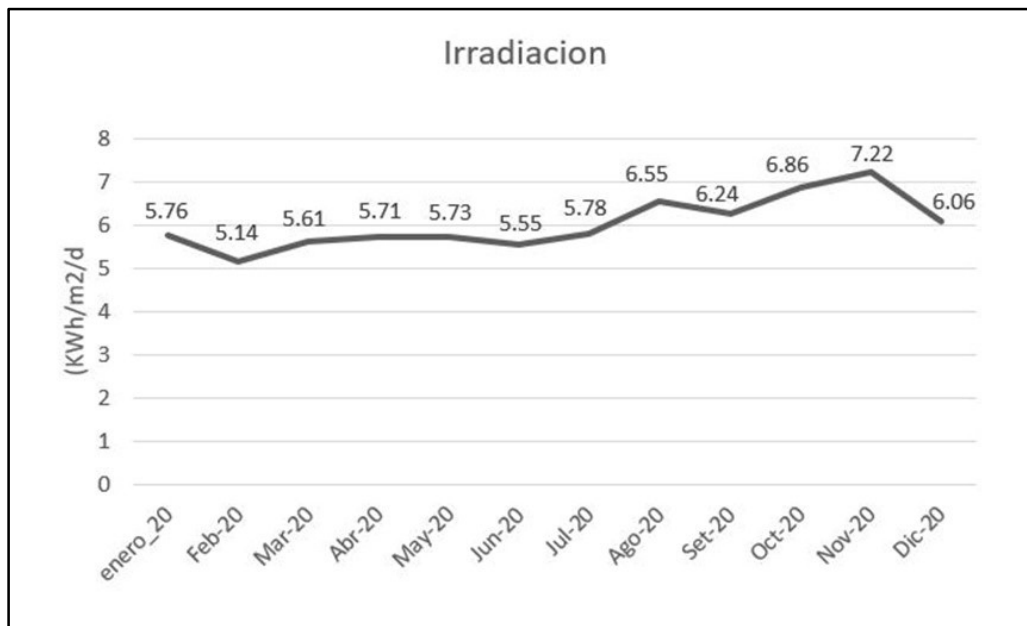


Figura 21. Irradiación media de cada mes año 2020.

Los datos mostrados en el cálculo son utilizados del año 2020 de la página de la nasa, otros estudios muestran el uso software que proporcionan datos geométricos el programa muestra una versatilidad en el uso (Gutiérrez & Torres, 2013), es importante evaluar el rendimiento de los paneles solares porque estos determinan la curva de operación de los paneles y poder validar el funcionamiento (Ramírez et al., 2021).

4.1.2. Cálculo del Valor de la Irradiación Global Anual con una Inclinación Optima

Para una latitud: -15.8329

Calculando la Inclinación Optima:

$$\beta = 3.7 + 0,69\phi$$

$$\beta = 14,60 \cong 15^\circ$$

$$Ga(\beta) = \frac{Ga(0^\circ)}{1 - 4,46 \cdot 10^{-4} \cdot \beta - 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot \beta^2}$$

De la Irradiación Promedio Anual: $6,0175 \frac{kwh}{m^2 \text{ dia}}$

Entonces:

$$Ga(0^\circ) = 6,0175 * 365 \text{ dias} = 2196,38 \frac{Kwh}{m^2}$$

$$Ga(15^\circ) = 2272,4345 \frac{Kwh}{m^2}$$

$$Ga(15^\circ) = 2272,4345/365 = 6,22KWh/m^2 \text{ dia}$$

Hora solar pico: HSP: 6,22 KWh/m² .día

Calculo, Energía Suministrada por el Generador en un día:

$$E_{G==} = HSP \times p_P \times N_T \times \eta_m$$

N_T ; numero de panel fotovoltaico

p_P ; potencia pico de cada módulo es:

$$p_P = I_{mp} \times V_{mp} = 200.013W$$

$\eta_m = 90\%$

Finalmente:

$$E_G = 6,22(200.013) \times 0,9$$

$$E_G = 1119,67 KWh/dia$$

4.1.3. Selección del Panel solar Fotovoltaico

La potencia de este modelo de panel solar fotovoltaico Policristalino se basa en el modelo SOLAR MODULE 72 CELLS con una potencia de 200W, y una corriente de corto circuito 11,41A. (Tabla 3).

Tabla 3
Modelo del panel solar fotovoltaico EGE-200P-7

Parámetros Eléctricos STC	Descripción
Potencia de Salida (P_{max})	200 W
Corriente de Máxima Potencia (I_{mp})	10.45 A
Tensión de Máxima Potencia (V_{mp})	19,14 V
Corriente de Corto Circuito (I_{sc})	11,41 A
Tensión de Circuito Abierto (V_{OC})	23,31 V
Características de Temperatura	
Coefficiente de temperatura de (P_{max})	-0.396%/°C
Coefficiente de temperatura de (V_{oc})	-0.31%/°C
Coefficiente de temperatura de (I_{sc})	+0.06%/°C

Fuente: Ficha técnica Eco Green Energy 2018

El modelo utilizado es un panel solar fotovoltaico policristalino , en comparación con un estudio (Vera et al., 2019). Donde ayuda a predecir el comportamiento de salida de un panel fotovoltaico principalmente por las condiciones climáticas ,en otra investigación con una herramienta computacional SAM (system Advisor Model) utiliza el panel fotovoltaico monocristalino y resalta la inclinación y orientación (Izquierdo Torres et al., 2018).

4.1.4. Selección del Micro Inversor

La potencia del Micro-Inversor en la entrada es de 270 W en corriente continua y una potencia de salida de 225W de corriente alterna y una potencia promedio diario de carga de 70W (Tabla 4).

Tabla 4
Características del Micro-Inversor MICRO REPLUS 250

Entrada DC	
Energía del generador(270Wp)	270
Corriente máxima de cortocircuito de entrada(A)	14
Voltaje máximo de entrada (V)	55
Rango de Voltaje DC por MPPT(V)	22-45
Salida en AC	
Potencia Nominal(W)	225
Tensión Nominal(V)	208
Rango/frecuencia de alimentación de CA (Hz)	59,3-60,5
THD en salida Nominal	<4%
Factor de Potencia(cosØ)	<0,95
Eficiencia	96,3%
Grado de protección	IP66
El promedio diario de potencia de la carga= 70W	HSP=6,22 KWh/m ² .día
Potencia fotovoltaica=consumo diario/HSP=	
0,0112KW debe cumplir como mínimo mi panel	

Fuente: Ficha técnica Micro-Replus 2020.

El micro inversor utilizado para este estudio muestra características acordes al panel fotovoltaico, hay estudios muestran que hay una mejora en el rendimiento con arreglo fotovoltaico con micro inversores a comparación por encima de un arreglo de inversores centralizados (Cortés et al., 2020), y queda como posibilidad de incluir micro inversores en DC/DC la característica importante es que aumenta la cantidad de energía activa (Vargas et al., 2019).

La intensidad máxima a la entrada que el inversor debe ser capaz de soportar, la intensidad de cortocircuito del panel.

$$I_{sc} = 11,41A; I_{sc} = NpxI_{5C}$$

La entrada del Inversor la corriente máxima de entrada 14A, Micro Replus-250

4.2. Dimensionamiento y Configuración de Topologías de Alumbrado Público, y Panel fotovoltaicos conectados a la red

En este apartado se muestra todos los resultados de las tres topologías con una irradiancia mayor y menor. Los datos considerados son en cada nodo. Datos de la red de estudio por nodos. - Con la configuración propuesta se verifica que la red consume 1,82KW; 0.597 KVAR(1,91KVA). El estudio realizado considera tres topologías. topología 01, con conexión de un panel fotovoltaico por nodo; Topología 02, con conexión de tres paneles fotovoltaico por nodo; Topología 03, con conexión con arreglo mixto de un panel y de tres paneles. El resultado que se Consideró con una irradiancia de 1000 W/m^2 , se muestra que la topología 02, sobresale con una potencia aparente: 3,25KVA, que sobresale de las otros dos. El resultado que se Consideró con una irradiancia de 500 W/m^2 , muestra que la topología 02, una reducción de la potencia reactiva: 0.529KVAR, que sobresale de las otros dos. Y. cuando se adiciono cálculo de frecuencia y THD. El resultado se Consideró con una irradiancia de 1000 W/m^2 , y se muestra que la topología 01, muestran aparición de THD, siempre y cuando se altere un micro inversor: 0.019, que sobresale de las otros dos (Tabla 5).

Tabla 5
Topologías con irradiancia 1000 W/m^2 , 500 W/m^2 y con adición de frecuencia y THD

Topología		KW	KVAR	KVA	THD (%)	Hz
IRRADIANCIA 1000 W/m^2	TOPOLOGÍA 01	3.02	0.103	3.021	-	-
	TOPOLOGÍA 02	3.22	-0.448	3.25	-	-
	TOPOLOGÍA 03	3.02	-0.264	3.03	-	-
IRRADIANCIA 500 W/m^2	TOPOLOGÍA 01	0.527	-0.327	0.62	-	-
	TOPOLOGÍA 02	0.619	0.529	0.814	-	-
	TOPOLOGÍA 03	0.527	-0.437	0.684	-	-
ADICIÓN DE FRECUENCIA Y THD	TOPOLOGÍA 01	4.45	0.579	4.48	0.019	60
	TOPOLOGÍA 02	4.63	0.02	4.63	0	60
	TOPOLOGÍA 03	4.44	0.207	4.45	0	60

Con los resultados mostrados se logra una mejora de la confiabilidad de la red. Un estudio similar muestra (Hernández et al., 2014), el uso como generador fotovoltaico conectado a la red de baja tensión se pueden realizar balances energéticos y puedan evidenciar esta confiabilidad de la red.

Los resultados muestran una reducción de producción de energía fotovoltaica debido a una irradiancia menor, tal como la evaluación energética de potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente. En un estudio similar (CACERES et al., 2017) se verifica la cantidad de energía inyectada y su rendimiento característico, siempre y cuando se utilicen inversores adecuados.

Resultados nos muestra una alteración de THD y la frecuencia se mantiene constante, considerando que producto de esa variación es porque en uno de los micro inversor generamos una falla. Un estudio similar muestra que con el uso de la innovación tecnológica mediante la introducción de tecnología fotovoltaica conectada a la red de baja tensión (Rodríguez et al., 2018), se puede llegar a la mejora de la calidad.

Se muestra los cálculos simulados de las tres Topologías

Tabla 6
Topología 01 C-1, conexión con arreglo de un panel fotovoltaico por nodo

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
A-1.1	1.5	0.072	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.2	0.461	0.047	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.3	0.346	0.024	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.4	0.231	0	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.5	0.115	-0.023	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-1	0.922	0.002	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-2	0.807	0.023	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-3	0.691	-0.045	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-4	0.576	-0.069	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-5	0.461	-0.092	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-6	0.346	-0.069	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-7	0.231	-0.046	0.07	0.023	0.185	0	0.381
A-8	0.115	-0.023	0.07	0.023	0.185	0	0.381

Tabla 7

Topología 01 C-2, conexión con arreglo de un panel fotovoltaico por nodo

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
B-1.1	1.55	0.033	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
B-1.2	0.824	-0.014	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
B-1.3	0.706	-0.037	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
B-1.4	0.589	-0.06	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
B-1.5	0.471	-0.083	0.07	0.023	0.185	0	0.381
B-1.6	0.354	-0.06	0.07	0.023	0.185	0	0.381
B-1.7	0.237	-0.037	0.07	0.023	0.185	0	0.381
B-1.8	0.119	-0.014	0.07	0.023	0.185	0.01	0.381
B-2.1	0.576	0.024	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
B-2.2	0.461	0.001	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
B-2.3	0.346	-0.023	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
B-2.4	0.231	-0.046	0.07	0.023	0.185	0	0.38
B-2.5	0.115	-0.023	0.07	0.023	0.185	0	0.38

Tabla 8

Topología 02 C-1, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
A-1.1	1.91	-0.143	0.07	0.023	0	0	0.38
A-1.2	0.831	0.047	0.07	0.023	0	0	0.38
A-1.3	0.901	0.07	0.07	0.023	0	0	0.38
A-1.4	0.971	0.093	0.07	0.023	0.556	0.139	0.38
A-1.5	0.486	-0.023	0.07	0.023	0.556	0	0.38
A-1	1.14	-0.167	0.07	0.023	0	0	0.38
A-2	1.21	-0.143	0.07	0.023	0	0	0.38
A-3	1.27	-0.119	0.07	0.023	0	0	0.38
A-4	1.33	-0.095	0.07	0.023	0	0	0.381
A-5	1.4	-0.071	0.07	0.023	0	0	0.381
A-6	1.46	-0.048	0.07	0.023	0.558	0.022	0.381
A-7	0.971	-0.046	0.07	0.023	0.556	0	0.381
A-8	0.486	-0.023	0.07	0.023	0.556	0	0.381

Tabla 9

Topología 02 C-2, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
B-1.1	1.31	-0.299	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.2	0.621	-0.161	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.3	0.691	-0.138	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.4	0.761	-0.115	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.5	0.835	-0.092	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.6	0.901	-0.069	0.07	0.023	0	0	0.381
B-1.7	0.971	-0.046	0.07	0.023	0.556	0	0.381
B-1.8	0.486	-0.023	0.07	0.023	0.556	0	0.381
B-2.1	0.761	-0.115	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.2	0.831	-0.092	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.3	0.901	-0.069	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.4	0.971	-0.046	0.07	0.023	0.556	0	0.381
B-2.5	0.486	-0.023	0.07	0.023	0.556	0	0.381

Tabla 10

Topología 03 C-1, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
A-1.1	1.5	-0.019	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.2	0.461	0.094	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.3	0.346	0.071	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.4	0.231	0.047	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1.5	0.115	0.024	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-1	0.922	-0.137	0.07	0.023	0.185	0.046	0.38
A-2	0.806	-0.16	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-3	0.691	-0.131	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-4	0.576	-0.115	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-5	0.461	-0.092	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-6	0.346	-0.069	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-7	0.23	-0.046	0.07	0.023	0.185	0	0.38
A-8	0.115	-0.023	0.07	0.023	0.185	0	0.38

Tabla 11
Topología 03 C-2, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
B-1.1	1.52	-0.241	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.2	0.805	-0.114	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.3	0.876	-0.091	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.4	0.946	0.046	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.5	1.2	-0.045	0.07	0.023	0	0	0.381
B-1.6	1.09	-0.022	0.07	0.023	0.185	0.046	0.381
B-1.7	0.971	-0.046	0.07	0.023	0.556	0	0.381
B-1.8	0.487	-0.023	0.07	0.023	0.556	0	0.381
B-2.1	0.779	-0.103	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.2	0.845	-0.08	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.3	0.911	-0.057	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.4	0.977	-0.033	0.07	0.023	0.557	0.013	0.381
B-2.5	0.486	-0.023	0.07	0.023	0.556	0	0.381

RESULTADOS DE TOPOLOGÍAS MENOR IRRADIANCIA 500W/m²

Tabla 12
Topología 01C-1, conexión con arreglo de un panel fotovoltaico por nodo , Irradiancia 500 W/m².

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
A-1.1	0.263	-0.163	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1.2	0.081	-0.047	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1.3	0.061	-0.046	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1.4	0.041	-0.046	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-1.5	0.02	-0.023	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-1	0.162	-0.116	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-2	0.142	-0.116	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-3	0.122	-0.115	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-4	0.101	-0.115	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-5	0.081	-0.092	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-6	0.061	-0.069	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-7	0.041	-0.046	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-8	0.02	-0.023	0.07	0.023	0.09	0	0.38

Tabla 13

Topología 01C-2, conexión con arreglo de un panel Fotovoltaico por nodo, irradiancia 500W/m²

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
B-1.1	0.263	-0.163	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
B-1.2	0.142	-0.116	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
B-1.3	0.122	-0.115	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
B-1.4	0.101	-0.115	0.07	0.023	0.09	0	0.38
B-1.5	0.081	-0.092	0.07	0.023	0.09	0	0.38
B-1.6	0.061	-0.069	0.07	0.023	0.09	0	0.38
B-1.7	0.041	-0.046	0.07	0.023	0.09	0	0.38
B-1.8	0.02	-0.023	0.07	0.023	0.09	0	0.38
B-2.1	0.101	-0.047	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
B-2.2	0.081	-0.047	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
B-2.3	0.061	-0.046	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
B-2.4	0.041	-0.046	0.07	0.023	0.09	0	0.38
B-2.5	0.02	-0.023	0.07	0.023	0.09	0	0.38

Tabla 14

topología 01 C-1, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo, irradiancia 500W/m²

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
A-1.1	0.446	-0.23	0.07	0.023	0	0	0.38
A-1.2	0.261	-0.024	0.07	0.023	0	0	0.38
A-1.3	0.331	-0.001	0.07	0.023	0	0	0.38
A-1.4	0.401	0.022	0.07	0.023	0.271	0.068	0.38
A-1.5	0.201	-0.023	0.07	0.023	0.271	0	0.38
A-1	0.254	-0.183	0.07	0.023	0	0	0.38
A-2	0.324	-0.16	0.07	0.023	0	0	0.38
A-3	0.394	-0.137	0.07	0.023	0	0	0.38
A-4	0.463	-0.114	0.07	0.023	0	0	0.38
A-5	0.533	-0.091	0.07	0.023	0	0	0.38
A-6	0.603	-0.068	0.07	0.023	0.271	0.001	0.38
A-7	0.401	-0.046	0.07	0.023	0.271	0	0.38
A-8	0.201	-0.023	0.07	0.023	0.271	0	0.38

Tabla 15

Topología 02 C-2, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo, irradiancia 500W/m²

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
B-1.1	0.173	-0.299	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.2	0.051	-0.161	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.3	0.121	-0.138	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.4	0.191	-0.115	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.5	0.261	-0.092	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.6	0.331	-0.069	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.7	0.401	-0.046	0.07	0.023	0.271	0	0.38
B-1.8	0.201	-0.023	0.07	0.023	0.271	0	0.38
B-2.1	0.191	-0.115	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.2	0.261	-0.092	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.3	0.331	-0.069	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.4	0.401	-0.046	0.07	0.023	0.271	0	0.38
B-2.5	0.201	-0.023	0.07	0.023	0.271	0	0.38

Tabla 16

Topología 03 C-1, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, irradiancia 500W/m²

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
A-1.1	0.263	-0.162	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1.2	0.081	-0.001	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1.3	0.061	-0.001	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1.4	0.04	-0.001	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1.5	0.02	0	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-1	0.162	-0.161	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
A-2	0.142	-0.16	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-3	0.121	-0.137	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-4	0.101	-0.114	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-5	0.081	-0.092	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-6	0.061	-0.069	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-7	0.04	-0.046	0.07	0.023	0.09	0	0.38
A-8	0.02	-0.023	0.07	0.023	0.09	0	0.38

Tabla 17

Topología 03 C-2, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, irradiancia 500W/m²

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW
B-1.1	0.264	-0.275	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.2	0.141	-0.138	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.3	0.211	-0.115	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.4	0.281	-0.092	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.5	0.351	-0.069	0.07	0.023	0	0	0.38
B-1.6	0.421	-0.046	0.07	0.023	0.09	0.023	0.38
B-1.7	0.401	-0.046	0.07	0.023	0.271	0	0.38
B-1.8	0.201	-0.023	0.07	0.023	0.271	0	0.38
B-2.1	0.192	-0.114	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.2	0.262	-0.091	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.3	0.332	-0.068	0.07	0.023	0	0	0.38
B-2.4	0.402	-0.045	0.07	0.023	0.271	0.001	0.38
B-2.5	0.201	-0.023	0.07	0.023	0.271	0.001	0.38

RESULTADOS DE TOPOLOGIAS, FRECUENCIA, THD

Tabla 18

Simulación Topología 01 C-1, Conexión Con Arreglo De Un Panel Fotovoltaico por Nodo, Frecuencia, THD.

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión	Frecuencia Hz	Armónicos (THD)
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW		%
A-1.1	2.22	0.313	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0.021
A-1.2	0.685	0.121	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0.013
A-1.3	0.513	0.079	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0
A-1.4	0.342	0.037	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0.009
A-1.5	0.171	-0.005	0.07	0.023	0.185	0	0.38	60	0.006
A-1	1.37	0.149	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0
A-2	1.2	0.108	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0.024
A-3	1.03	0.066	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0.009
A-4	0.855	0.024	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0
A-5	0.684	-0.018	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0.024
A-6	0.513	-0.014	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
A-7	0.342	-0.009	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
A-8	0.171	-0.005	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0

Tabla 19
Simulación Topología 01 C-2, Conexión Con Arreglo De Un Panel Fotovoltaico Por Nodo, Frecuencia, THD.

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión	Frecuencia Hz	Armónicos (THD)
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW		%
B-1.1	2.22	0.266	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0
B-1.2	1.2	0.108	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0
B-1.3	1.03	0.066	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0
B-1.4	0.855	0.024	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0.013
B-1.5	0.684	-0.018	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0.017
B-1.6	0.513	-0.014	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
B-1.7	0.342	-0.009	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0.034
B-1.8	0.171	-0.005	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0.039
B-2.1	0.855	0.117	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0
B-2.2	0.684	0.075	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0.017
B-2.3	0.513	0.033	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0.021
B-2.4	0.342	-0.009	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
B-2.5	0.171	-0.005	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0

Tabla 20
Simulación topología 02 C-1, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD.

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión	Frecuencia Hz	Armónicos (THD)
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW		%
A-1.1	2.59	0.08	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0.024
A-1.2	1.05	0.121	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0
A-1.3	1.07	0.126	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0
A-1.4	1.08	0.131	0.07	0.023	0.556	0.14	0.381	60	0.018
A-1.5	0.541	0.004	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0
A-1	1.55	-0.037	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0
A-2	1.57	-0.032	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0
A-3	1.58	-0.027	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.022
A-4	1.59	-0.023	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0
A-5	1.61	-0.018	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0.018
A-6	1.62	-0.013	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0
A-7	1.08	-0.009	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0.012
A-8	0.541	-0.004	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0.023

Tabla 21
simulación topología 02 C-2, conexión con arreglo de tres paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD.

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión	Frecuencia Hz	Armónicos (THD)
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW		%
B-1.1	2.04	-0.059	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0.01
B-1.2	1.01	-0.032	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.014
B-1.3	1.03	-0.027	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.023
B-1.4	1.04	-0.023	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0
B-1.5	1.05	-0.018	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.006
B-1.6	1.07	-0.014	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0
B-1.7	1.08	-0.009	0.07	0.023	0.555	0	0.381	60	0
B-1.8	0.541	-0.004	0.07	0.023	0.555	0	0.381	60	0.011
B-2.1	1.04	-0.023	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0.017
B-2.2	1.05	-0.018	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.009
B-2.3	1.07	-0.013	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.02
B-2.4	1.08	-0.009	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0
B-2.5	0.541	-0.004	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0.015

Tabla 22
Simulación topología 03 C-1, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD

Nodo	En cada punto		En la carga		Generación		Tensión	Frecuencia Hz	Armónicos (THD)
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW		%
A-1.1	2.22	0.22	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0
A-1.2	0.685	0.168	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0.02
A-1.3	0.513	0.126	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0
A-1.4	0.342	0.084	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0
A-1.5	0.171	0.042	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0.022
A-1	1.37	0.01	0.07	0.023	0.185	0.047	0.38	60	0
A-2	1.2	-0.032	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
A-3	1.03	-0.027	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
A-4	0.855	-0.023	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
A-5	0.684	-0.018	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
A-6	0.513	-0.014	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0.017
A-7	0.342	-0.009	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0
A-8	0.171	-0.005	0.07	0.023	0.185	0	0.381	60	0.019

Tabla 23

Simulación topología 03 C-2, conexión con arreglo mixto (de 3 y 1) paneles fotovoltaicos por nodo, frecuencia, THD.

Nodo	En cada punto		En la carga		Eneración		Tensión	Frecuencia Hz	Armónicos (THD)
	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW		%
B-1.1	2.22	-0.013	0.07	0.023	0	0	0.38	60	0
B-1.2	1.2	0.015	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.17
B-1.3	1.21	0.019	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0
B-1.4	1.22	0.024	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0
B-1.5	1.24	0.028	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.006
B-1.6	1.25	0.033	0.07	0.023	0.185	0.047	0.381	60	0.01
B-1.7	1.08	-0.009	0.07	0.023	0.555	0	0.381	60	0.04
B-1.8	0.541	-0.004	0.07	0.023	0.555	0	0.381	60	0.026
B-2.1	1.04	-0.023	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.014
B-2.2	1.05	-0.018	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0.02
B-2.3	1.07	-0.013	0.07	0.023	0	0	0.381	60	0
B-2.4	1.08	-0.009	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0
B-2.5	0.541	-0.004	0.07	0.023	0.556	0	0.381	60	0

4.2.1. Diversas Simulaciones, configuraciones o Topologías SFCR

El estudio realizado considera tres topologías. topología 01, con conexión de un panel fotovoltaico por nodo; Topología 02, con conexión de tres paneles fotovoltaico por nodo; Topología 03, con conexión con arreglo mixto de un panel y de tres paneles.

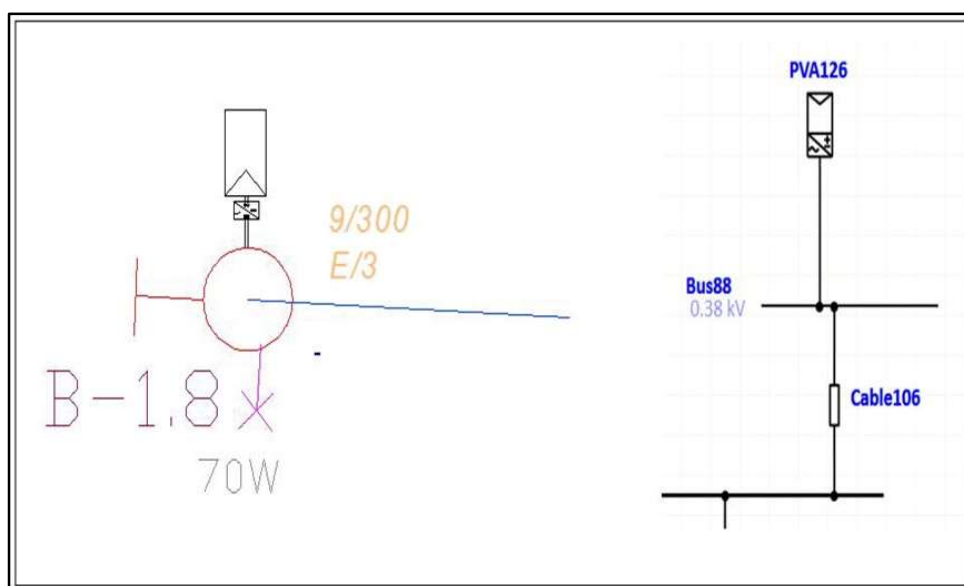


Figura 22. Simulación Topología 01/ Diagrama Etap Topología 01.

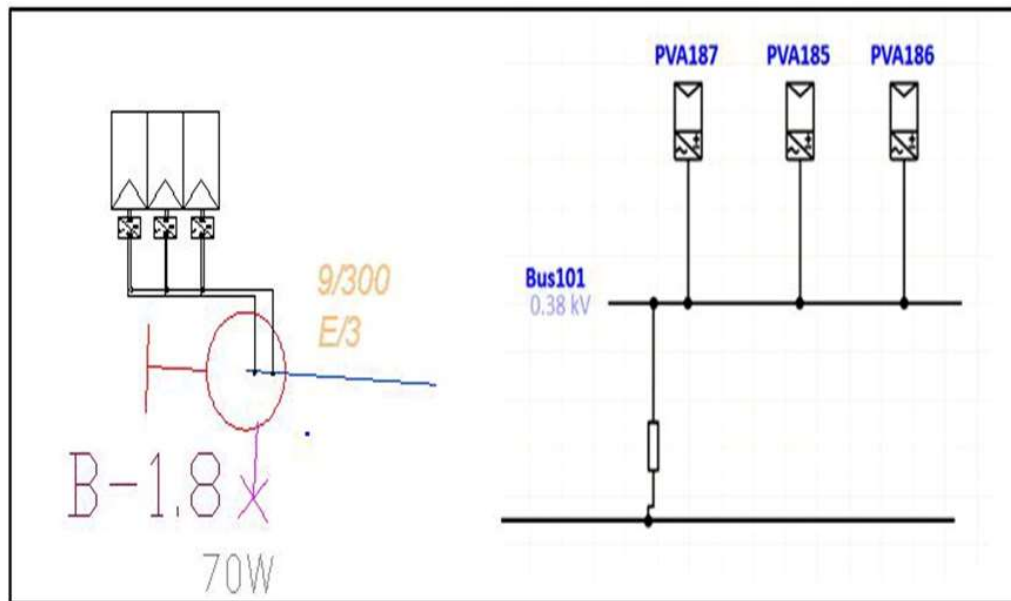


Figura 23. Simulación, Topología 02/ Diagrama Etap, Topología 02.

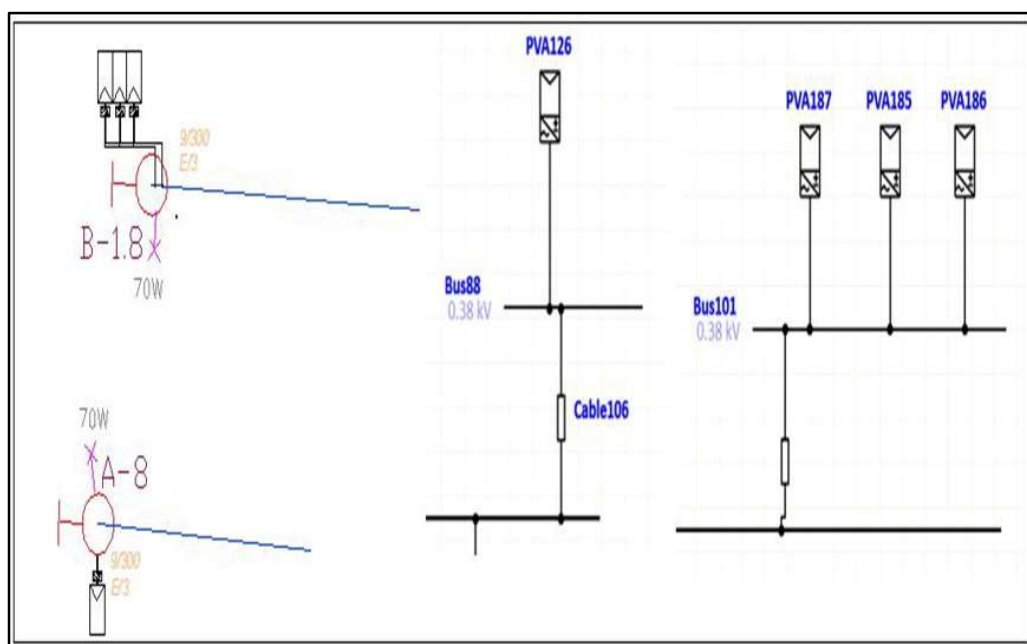


Figura 24. Simulación, topología 03/ Simulación Etapa Topología 03.

4.3. Determinación del diagrama unifilar base ETAP

El modelamiento de la red de distribución se elaboró de acuerdo a la teoría expuesta, asumiendo un sistema de balanceado

Configuración y criterios de la elaboración del diagrama unifilar.

1) Cuadro de potencia instalada.

Se realizo con un total de 26 luminarias, con tres tipos de topologías



Red Equivalente (SET).

- Tensión nominal: 10kV
- Configuración: modo de operación Swing.
- Simulación en sistema balanceado.

2) Transformador.

- Nivel de tensión:
Primario = 10kV. - Delta
Secundario = 0.38kV. - Estrella
- Impedancias: Típico Z & X/R.
- Potencia: 150kVA.
- Altitud: 3800msnm.

CONCLUSIONES

- En el presente estudio ha puesto la evidencia las tres topologías en sistemas de alumbrado público, implementando un SFCR en redes de baja tensión, en sistemas radiales balanceados. La importancia de mejorar los parámetros eléctricos como factor de potencia, la tensión y mayor generación de potencia para inyectar a la red, así mismo como el ahorro de energía con la tecnología FV con micro inversores. Y para otras investigaciones se pueda considerar un sistema desbalanceado y con cargas inductivas (Núñez et al., 2013).
- Se muestra los resultados de las tres topologías del SFCR, mediante el software ETAP, considerando lo siguiente: se hizo dos escenarios con irradiancia de (1000 y 500) W/m^2 , donde en una mejora la confiabilidad la red en los nodos (A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, B-1.5, B-1.6, B-1.7, B-1.8, B-2.4, B-2.5) y en la otra no altera ni mejora la red. En la topología 01 tiene una potencia 3.021KVA, topología 02: tiene una potencia 3.25KVA, topología 03: tiene una potencia 3.03KVA. en comparación a la red propuesta de estudio 1.91KVA. También se hizo un estudio de frecuencia y THD, donde se ve en los tres escenarios la frecuencia de 60Hz, y no hay alteraciones de THD.
- Con estos resultados se evidencia una mejora de la confiabilidad el sistema eléctrico de potencia de la red alumbrado en relación a potencia activa, potencia reactiva, tensión, frecuencia, THD. Un estudio llegó a estimar las fluctuaciones de la producción fotovoltaica en la calidad de energía en un red de baja tensión mediante flujo de carga (Brinkel et al., 2020) talvez esto quede como para unas futuras investigaciones, como también en otra investigación se estudió la eficiencia de conversión de los inversores (Cáceres et al., 2014) en sistema fotovoltaico conectado a la red.
- De acuerdo a las topologías mostradas con fines de estudio de la red de alumbrado público de 1.91 KVA conectado a la red, muestra una posibilidad de uso en nuestra región y que este estudio entre en el reglamento en la generación eléctrica mediante el sistema fotovoltaico conectado a la red.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones, se consideren más aspectos a estudiar como armónicos, reguladores de tensión automáticos, garantizando el servicio a las condiciones del SFGR en redes de alumbrado público, y se pueda tener un registro en una base de datos, de todas las ocurrencias que pueda ocurrir, para futuras simulaciones considerar un sistema desbalanceado, también agregar otras cargas, y hacer un estudio del comportamiento de cargas.
- Para Instalaciones, proyectos y análisis de sistemas solares referidos a SFGR, los sistemas fotovoltaicos se pueden asociar de diferentes niveles de potencias, como los inversores y micro inversores se pueden asociar también a distinto niveles de potencia y que esta tecnología pueda aprovechar, aportar a la reducción del cambio climático.
- Que esta investigación pueda impulsar y acelerar la implementación de estos sistemas conectados a la Red de distribución de servicio público y desarrollar la normativa nacional necesaria a fin de modernizar el SEIN.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, A., Kamel, H., Sharaf, A., & Hegazy, S. (2014). MODELING AND SIMULATION OF HYBRID ELECTRIC VEHICLES. *The International Conference on Applied Mechanics and Mechanical Engineering*, 16(16), 1–12. <https://doi.org/10.21608/amme.2014.35475>
- Angulo, A., Martínez, F., & López, G. (2017). Almacenamiento de energía usando ultracondensadores en sistemas fotovoltaicos autónomos. *Visión Electrónica*, 11(1), 30–39. <https://doi.org/10.14483/22484728.12875>
- Arcos-Aviles, D., Urbina, M., & Sotomayor, D. (2012). Controlador en Modo Deslizante para Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica. *MASKAY*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.24133/maskay.v2i1.141>
- Barbosa Franco, A. F., Noguera Vega, L. A., & Giral Ramírez, W. M. (2017). Análisis de distorsión armónica en iluminación LED. *Revista Vínculos*, 14(2), 95–107. <https://doi.org/10.14483/2322939X.12520>
- CACERES, M., BUSSO, A., VERA, L., & FIRMAN, A. (2017). PRIMER SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED DE BAJA TENSIÓN DEL NORTE ARGENTINO: CARACTERIZACIÓN Y ANALISIS. *DYNA ENERGIA Y SOSTENIBILIDAD*, 6(1), [13 p.]-[13 p.]. <https://doi.org/10.6036/ES8151>
- Campos, A. L. P. S., Farias, A. V. A., De Farias, L. A., Pereira Júnior, V. N., Da Costa, B. P., & De Macedo, I. P. (2010). INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOLAR FOTOVOLTÁICA. *HOLOS*, 3, 82. <https://doi.org/10.15628/holos.2010.386>
- Chacón-Avilés, R., Meza-Benavides, C., C.-Braga, H. A., S.-Almeida, P., & G.-Casagrande, C. (2017). Proceso de diseño de sistemas de iluminación LED energéticamente autónomos. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 52. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3411>
- Comisión Federal de Electricidad. (2008). *Interconexion a la red electrica de baja tension de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30 kW*. 48. http://proyectodeenergiarenovable.com/Descargas/Manuales/Curso_Interconexcion_a_red/CFE_G0100-04.pdf

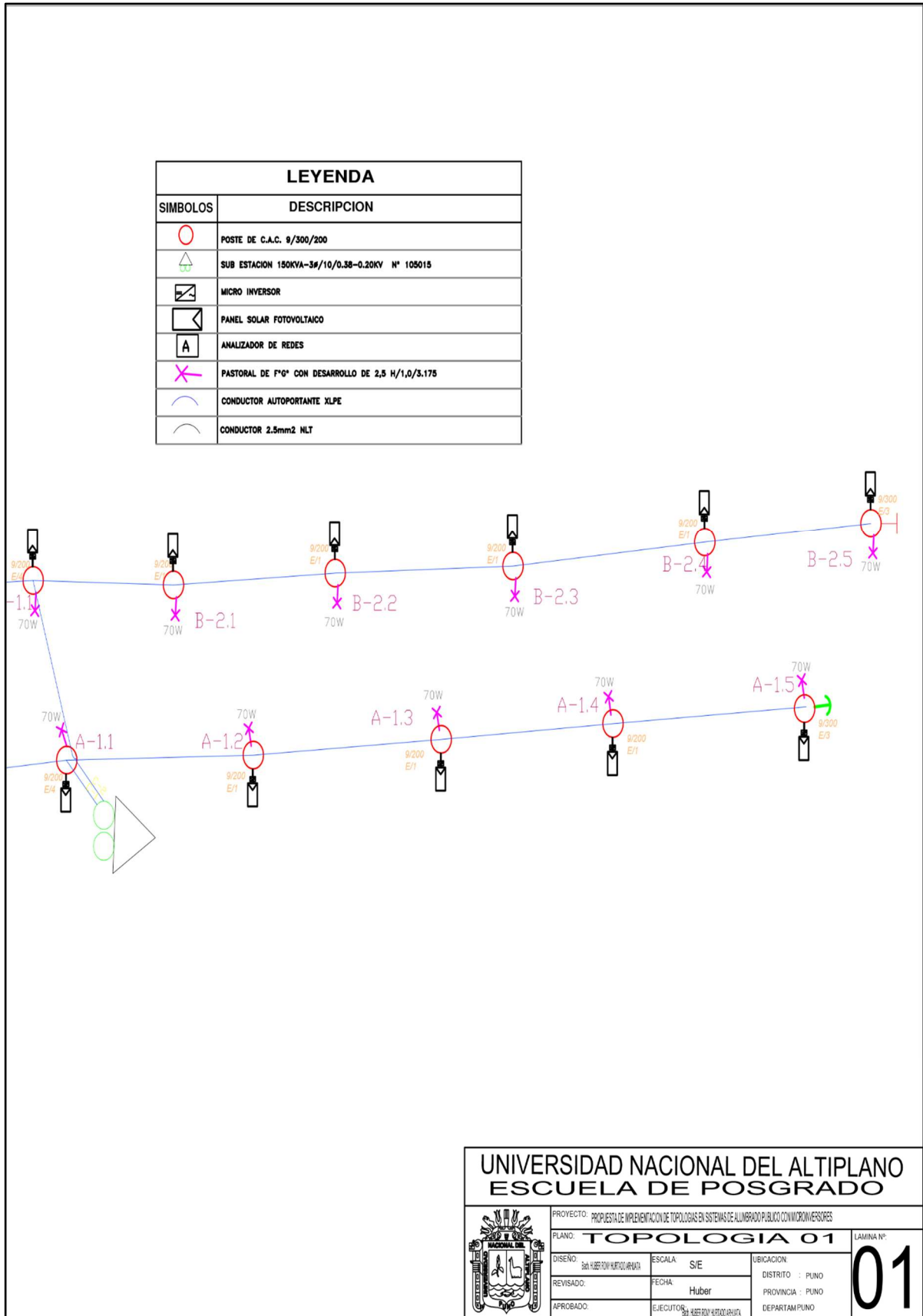
- Cossoli, P., Firman, A., Cáceres, M., & Busso, A. (2015). Micro-inversores: principales topologías. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 2(0379), 14. <https://doi.org/10.30972/eitt.20276>
- Diaz, N. M. A. G. (2010). *Instalaciones de Energía Fotovoltaica. como rentabilizar la energía solar* (M. IBERGARCETA PUBLICACIONES , S.L. (Ed.); primera).
- Direcci, M. (2016). *ESTADÍSTICA ELÉCTRICA N°01 Agosto – Setiembre estimado 2016* Ministerio de Energía y Minas *ESTADÍSTICA ELÉCTRICA N°01. 2016*, 2–9.
DS_ NÁ° 064-2010-EM_00000.pdf. (n.d.).
- Espinel-Blanco, E., Flórez-Solano, E. N., & Barbosa-Jaimes, J. E. (2020). Estudio para la generación de energía por un sistema con paneles solares y baterías. *Revista Ingenio*, 17(1), 9–14. <https://doi.org/10.22463/2011642X.2392>
- Favila Carvalhal, L., Rafael Silva Santana, P., & FAVILA DE FIGUEIREDO CARVALHAL, G. (2022). *SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR. 1*, 1–9. <https://doi.org/10.29327/aconemi.406028>
- Flores Arias, J. M. (2013). *Confiabilidad De Los Sistemas De Alumbrado Público En El Contexto De La Smart Grid*.
- García Vera, Y. E., Sanabria Pérez, L. F., Cruz Pardo, L. A., & Montufar Benavides, C. H. (2019). Análisis Comparativo del Rendimiento de los Módulos Fotovoltaicos Monocristalino y Policristalino bajo Condiciones Climáticas de Fusagasugá. *Ingeniería*, 24(1), 49–63. <https://doi.org/10.14483/23448393.13751>
- Gutiérrez-Villegas, J. C., Murillo-Rodríguez, V. A., Quiroz-Martínez, R., & Briseño-Aguilar, F. (2021). Power Generation of Grid-Connected Photovoltaic Systems (PVS) and its Impact in the Electricity Bill. *Journal of Engineering Research*, 1(1), 2–7. <https://doi.org/10.22533/at.ed.3172115108>
- Hernández Mora, J. A., Cortés Borray, A. F., Balaguera Cañola, D. A., & Uruña Saavedra, M. A. (2014). Aplicación de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red: estado del arte. *Revista Tecnura*, 18, 157. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.SE1.a12>
- Izquierdo Torres, I. F., Pacheco-Portilla, M. G., Gonzalez-Morales, L. G., & Zalamea-

- León, E. F. (2018). Simulación fotovoltaica considerando parámetros de integración en edificaciones. *Ingenius*, 21, 21–31. <https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.02>
- Jesus, G. O., Freiras, J. J. S. O., Silva, R. J., Forte, L. G., Mattedi, S. S., & Fiuza, R. da P. (2015). DESTILAÇÃO DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR. *Cadernos de Prospecção*, 8(3), 468–476. <https://doi.org/10.9771/S.CPROSP.2015.008.052>
- Manrique, J. (1984). *ENERGIA SOLAR , fundamentos y aplicaciones fototermicas* (H.-MEXICO (Ed.)).
- Mariano, J. D., & Junior, J. U. (2022). Energia solar fotovoltaica: Princípios fundamentais. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*. Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.752221803>
- Nacional, N. (2021). *Febrero 2021*. 2021, 2021.
- Nacional, S. I. (2019). Memoria anual 2019. *REOP - Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 30(3), I–VI. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.30.num.3.2019.27700>
- Orejón Sánchez, R. D., & Gago Calderón, A. (2018). Alumbrado Público Fotovoltaico: Análisis de Viabilidad Técnica, Económica, y Social. *WPS Review International on Sustainable Housing and Urban Renewal*, 1(7–8), 25–43. <https://doi.org/10.24310/wps.vi7-8.12118>
- Ramos-Paja, C. A., Trejos-Grajales, A., & Restrepo-Cuestas, B. J. (2013). Predicción de Energía en Sistemas Fotovoltaicos Urbanos. *TecnoLógicas*, 81. <https://doi.org/10.22430/22565337.370>
- Ramos, E. (2020). La generación distribuida: El camino hacia la producción descentralizada de electricidad y pautas para su reglamentación. *Forseti: Revista de Derecho*, 8(11), 7–35. <https://doi.org/10.21678/forseti.v8i11.1255>
- Ramos Sánchez, J. R., & Chávez Rivera, R. (2019). Consumo energético y económico de las celdas fotovoltaicas en viviendas de estrato social de clase media-alta de Victoria, Tamaulipas México. *Revista Cimexus*, 14(1), 13–31. <https://doi.org/10.33110/cimexus140101>
- Rodríguez Gámez, M., Vázquez Pérez, A., Velez Quiroz, A. M., & Saltos Arauz, W. M.

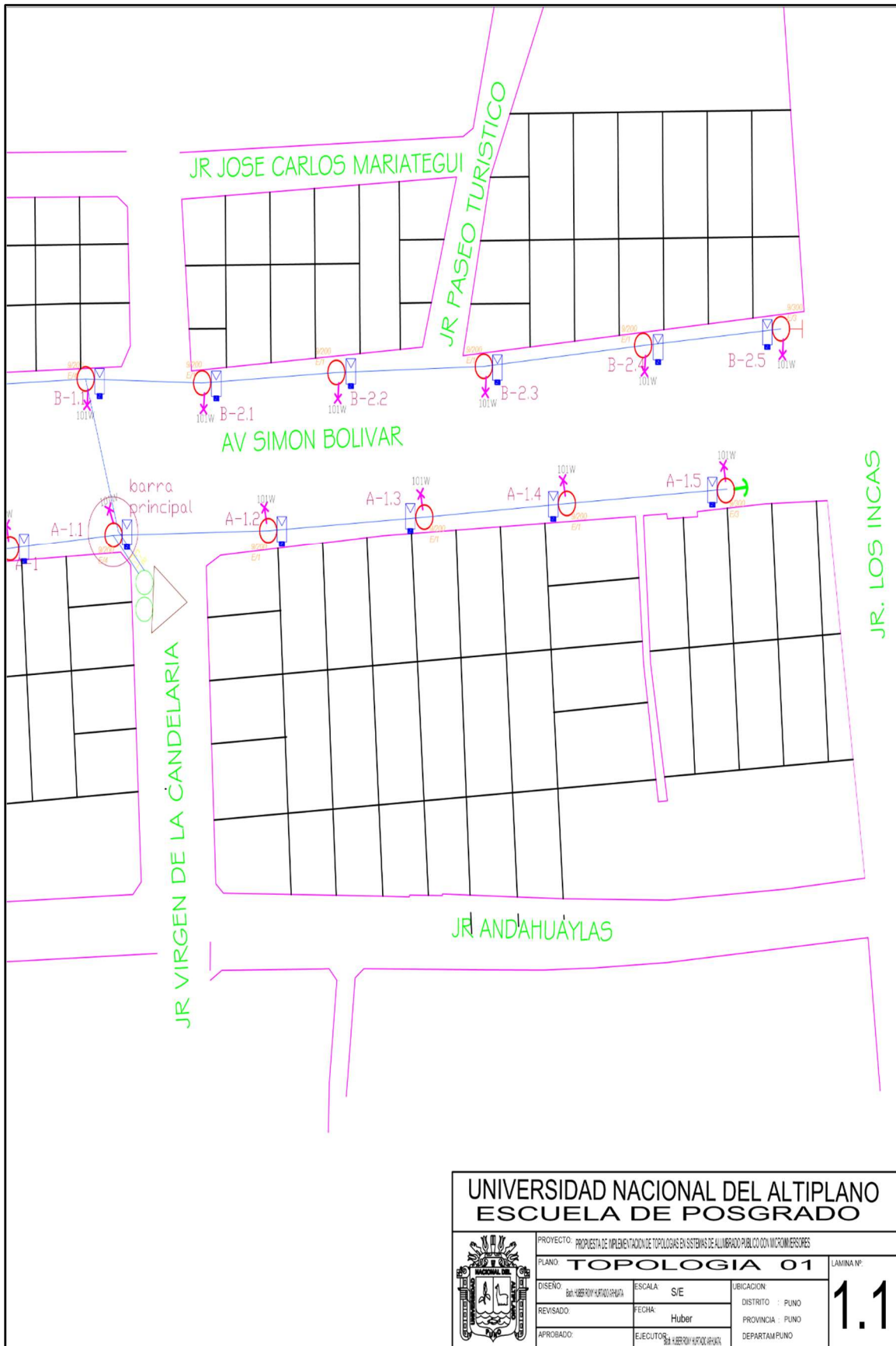
- (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Revista Científica*, 3(33), 265–274. <https://doi.org/10.14483/23448350.13104>
- Sánchez Juárez, A. (2017). Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial. In *Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los Sectores Residencial, Servicio e Industrial* (1st ed.). Instituto de Energías Renovables, UNAM. <https://doi.org/10.22201/ier.9785230417323e.2017>
- Serrano, J. C. (2006). *Configuración de Instalaciones Solares Fotovoltaicas* (M. J. lopes razo (Ed.); 2016th ed.). 2016.
- Serrano, J. C. (2016). *CONFIGURACION DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS* (L. CARMONA & CARMEN (Eds.); PRIMERA). 2016. <https://www.amazon.com/-/es/JULIÁN-CANTOS-SERRANO/dp/842833756X>
- Trujillo Rodríguez, C. L., De La Fuente, D. V., Figueres Amorós, E., Garcerá Sanfeliú, G., & Guacaneme Moreno, J. (2012). Diseño, modelado e implementación de inversor conectado a la red eléctrica a partir de fuentes renovables. *Revista Tecnura*, 16(32), 12. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2012.2.a01>
- Una, E. E. N., & Hotelera, I. (2022). *Potencialidades de generación fotovoltaica sobre cubiertas de edificaciones en una instalación hotelera*. May.
- Valera, & Abel, A. (2007). *ENERGIA SOLAR II* (A. N. de Rectores (Ed.); Primera). 2007.
- Valera, & P. (1993). *ENERGIA SOLAR I* (Editorial Hozlo S.C.R.L. (Ed.); primera).
- Velásquez, C., & Espín, F. (2018). Posibles efectos socioeconómicos de la eficiencia energética de los nuevos sistemas de iluminación basados en tecnología LED. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 1(1), 9–22. <https://doi.org/10.22206/cyap.2018.v1i1.pp9-22>
- Vian, Â., Tahan, C. M. V., Aguilar, G. J. R., Gouvea, M. R., & Gemignani, M. M. F. (2021). Geração de Energia Solar. In *Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações* (pp. 11–32). Editora Blucher. <https://doi.org/10.5151/9786555500592-01>
- Yamahaki, C. (2018). *Financiamento para Energia Solar Fotovoltaica em Geração Distribuída*. August.

ANEXOS

Anexo 1 Plano de Distribución Plano N°1 topología (01)

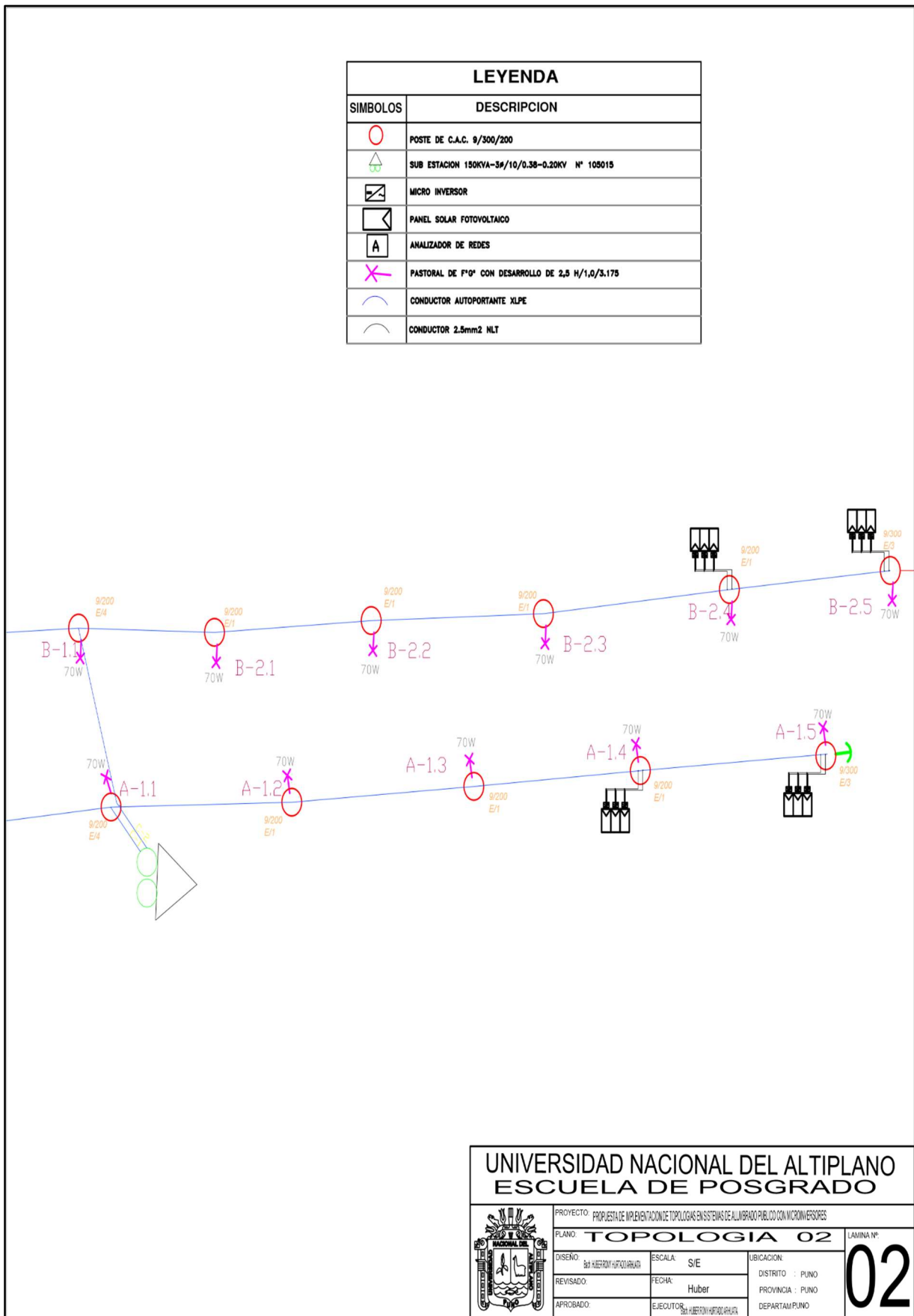


Anexo 2 Plano N°1.1 plano distribución de cargas topología (01)

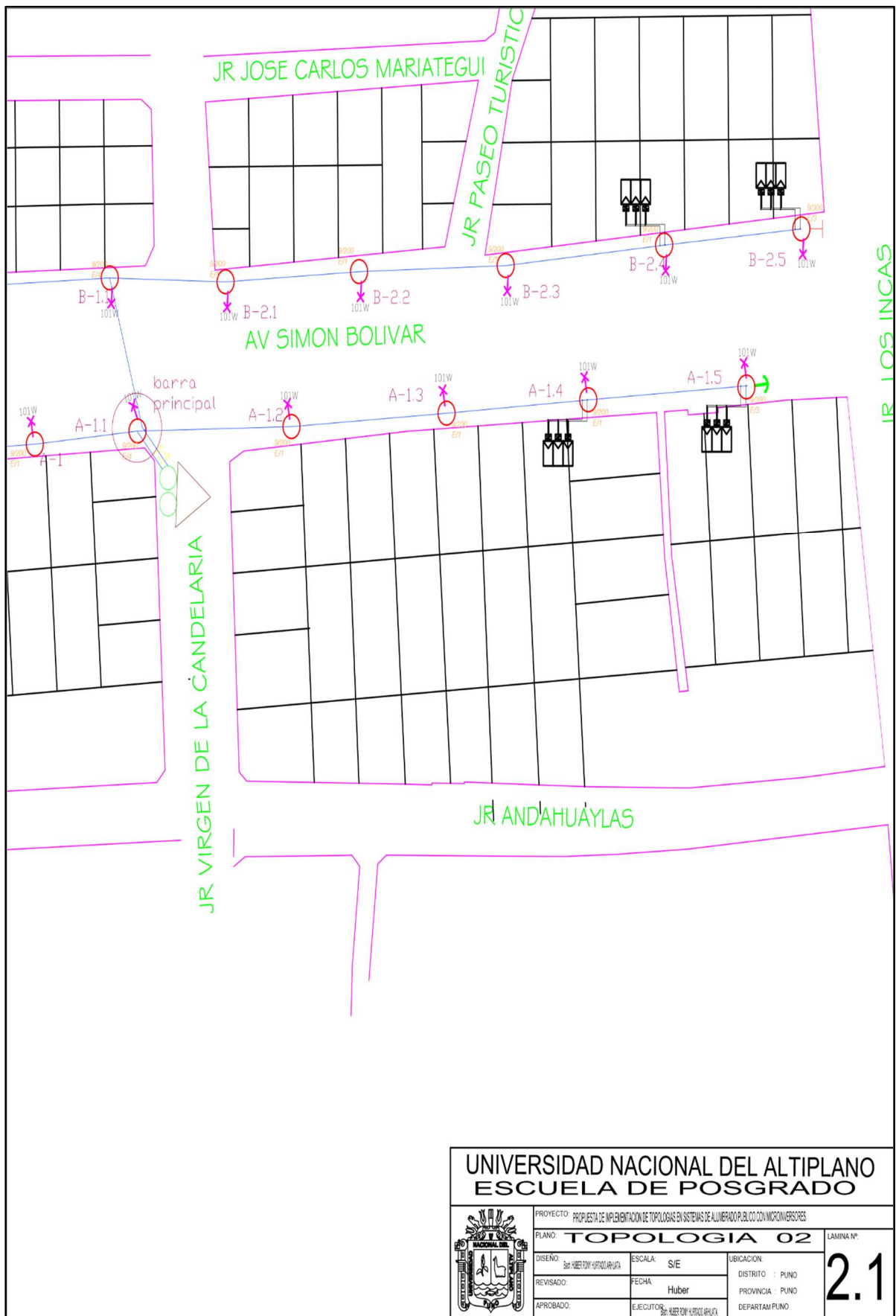


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA DE POSGRADO			
	PROYECTO:	PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE TOPOLOGIAS EN SISTEMAS DE ALUMBRADO PUBLICO CON MUSEOS ESCUELAS	
	PLANO:	TOPOLOGIA 01	
	DISEÑO:	ESCALA:	S/E
	REVISADO:	FECHA:	Huber
APROBADO:	EJECUTOR:	Huber	
			UBICACION: DISTRITO : PUNO PROVINCIA : PUNO DEPARTAMENTO : PUNO
			1.1

Anexo 3 Plano de distribución, plano n°2 Topología (02).

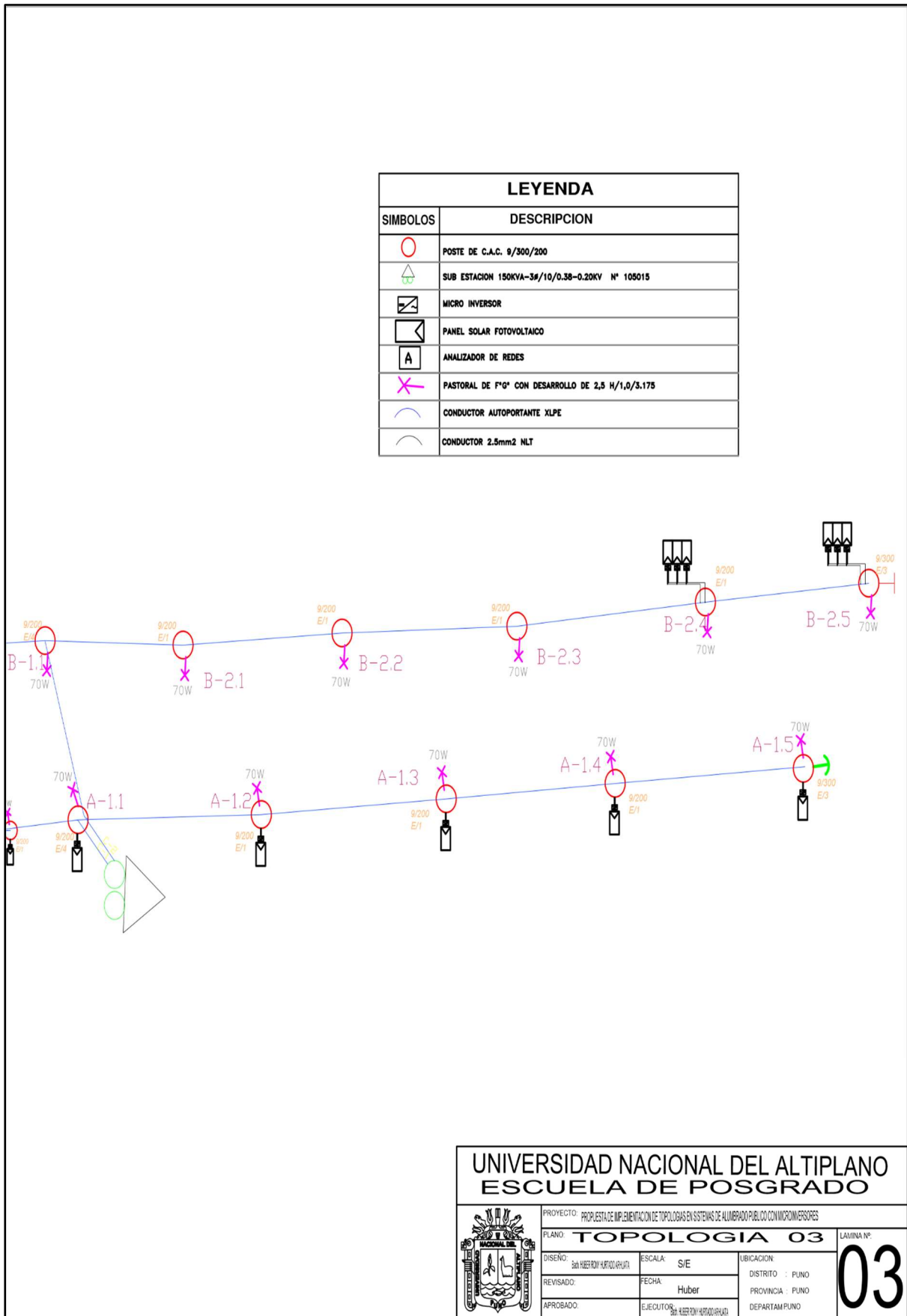


Anexo 4 Planos N°2.1 plano distribución de cargas topología (02).

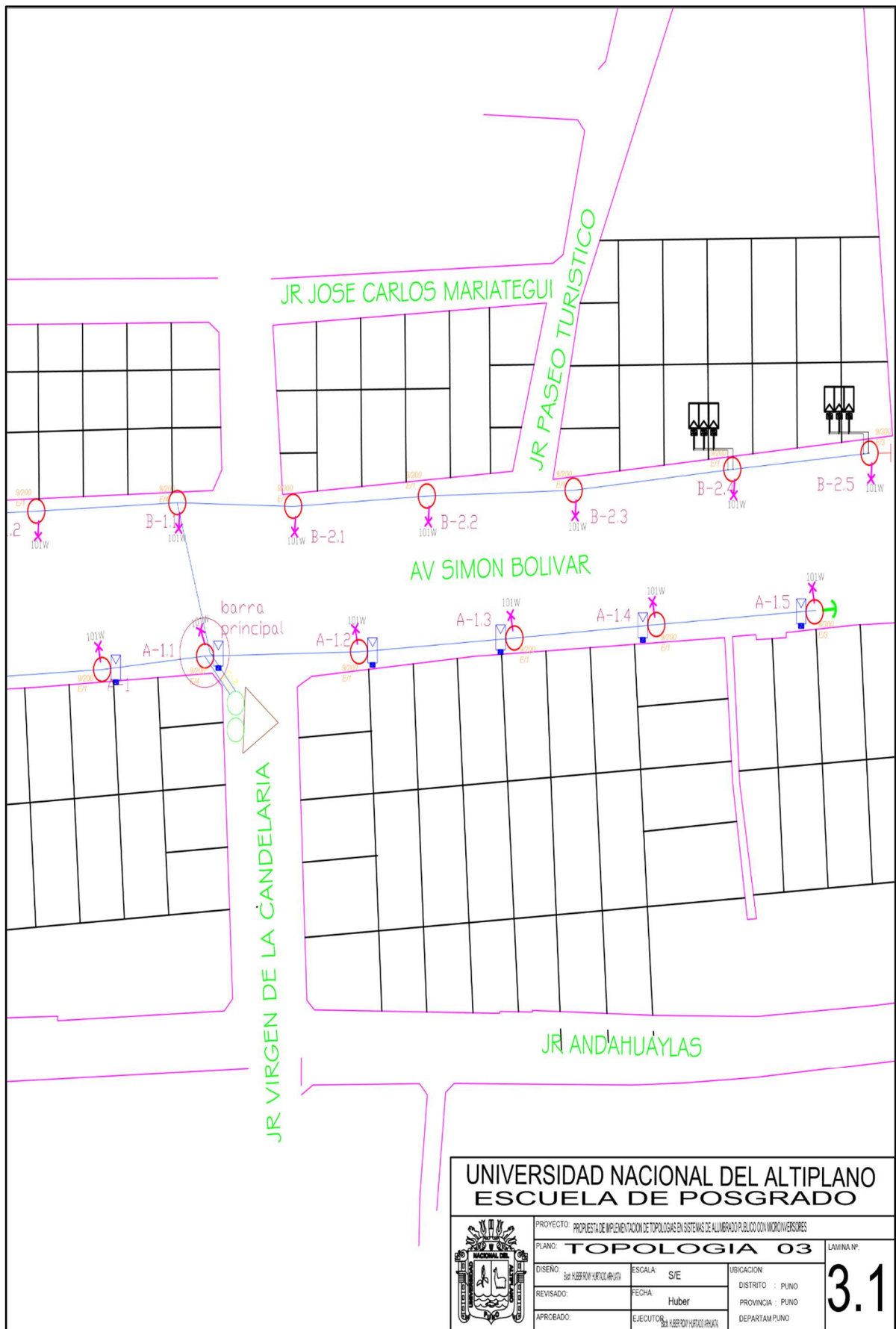


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA DE POSGRADO			
PROYECTO: PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE TOPOLOGIAS EN SISTEMAS DE ALIWERADO PUBLICO CON MICROINVERSORES			
PLANO: TOPOLOGIA 02		LAMINA N°:	
DISEÑO: DR. ROBERTO HUBER ARUJA	ESCALA: S/E	2.1	
REVISADO:	FECHA: Huber		
APROBADO:	EJECUTOR: DR. ROBERTO HUBER ARUJA		
		UBICACION: DISTRITO : PUNO PROVINCIA : PUNO DEPARTAM PUNO	

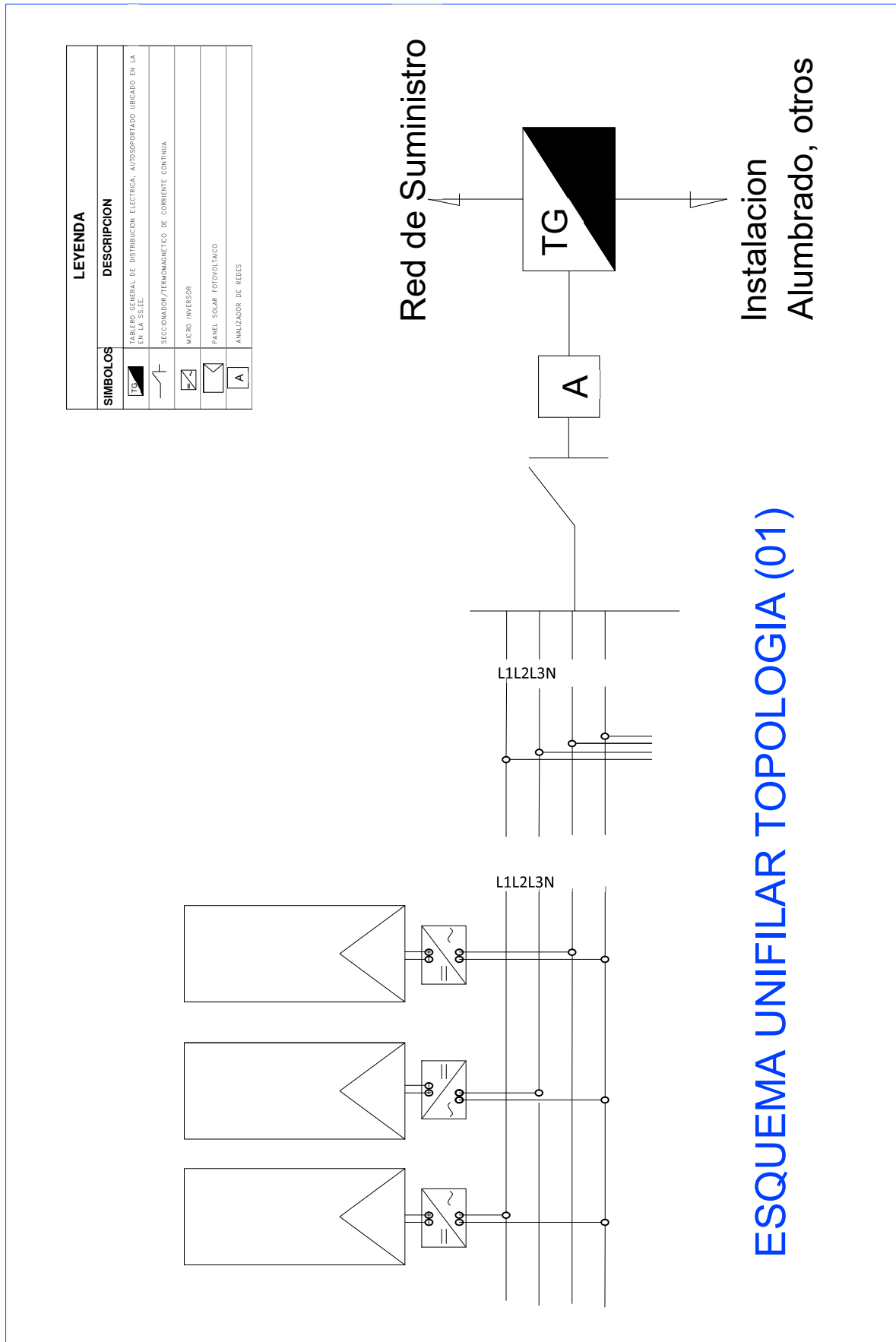
Anexo 5 Plano de distribución, plano n°3 topología (03.)



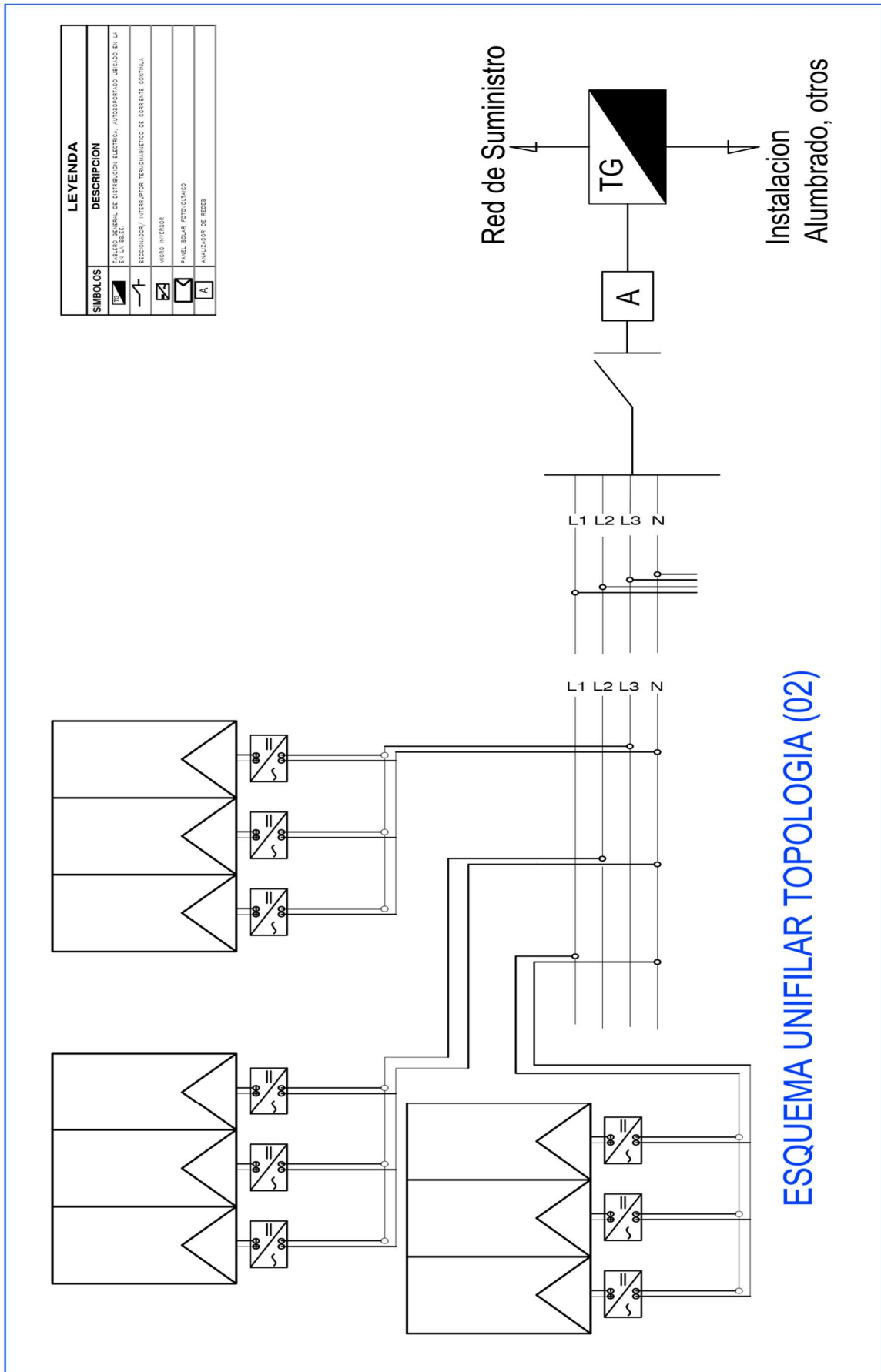
Anexo 6 Plano N°4 plano distribución de carga topología (03).



Anexo 7 Esquema eléctrico de potencia, esquema unifilar de Topología 01



Anexo 8 Esquema eléctrico de potencia, esquema unifilar de topología 02.



Anexo 9. Datos Técnicos micro Inversor.

Micro Replus™
by ReneSola

User Manual

Replus-250 Replus-250A Replus-250B

Micro Replus

U.S.A.
Add: 301 Howard St., Suite 850, San Francisco, CA 94105.
T: +1 415 852 7418

Australia
Add: 18 Corporate Blvd, Bayswater, VIC 3153, Australia
T: +61 481 251 275

Europe
Add: ReneSola Deutschland GmbH, Lyoner Strasse 15, 60529 Frankfurt/AM, Germany
T: +49 69 663 786 90

APMEA & China
Add: F-15, Mianpo Intl. No.500 WestYan'an Rd, Shanghai, China 200050
T: +86 21 62809180


Web: www.renesola.com
E: inverter@renesola.com

SPECIFICATIONS

Technical Specifications				
	Model	Replus-250A	Replus-250B	Replus-250
Input (DC)	Max. PV-Generator Power (Wp)	270		
	Max. DC Voltaje (V)	55		
	Máximo input short circuit current (A)	14		
	MPPT efficiency	>99.5%		
	MPPT DC Voltage Range(V)	22 ~ 45		
	Max. Units per Branch Circuit	15		
Output (AC)	Nominal AC Power (W)	225		
	Nominal AC Voltage (V)	240	208	230
	Nominal AC Voltage Range (V)	211 ~ 264	186 ~ 228	200 ~ 270 *
	AC Power Frequency / Range (Hz)	59.3 ~ 60.5	59.3 ~ 60.5	45.5 ~ 54.5 *
	THD (at Nominal Output)	<4%		
	Power Factor (cosφ)	>0.95		
Efficiency	Peak. Efficiency	96.3%		
	CEC Efficiency	95.0%		
	Power Consumption at Night (W)	<0.17		
Protection	Over/ Under Voltage Protección	Yes		
	Over/Under Frequency Protection	Yes		
	Anti-Islanding Protection	Yes		
	Over Current Protection	Yes		
	Reverse DC Polarity Protection	Yes		
	Overload Protection	Yes		
General Data	Degree of protection	NEMA6 / IP66		
	Environment Temperature	-40°c ~ +65°c		
	Relative Humidity	0 ~ 95%		
	Display	LED Light		
	Communication way	PLC (Power Line Communication)		
	Dimensions (WxHxD)	230*138*35 mm / 9.06*5.44*1.38 inch		
	Weight	2.0 kg / 4.4 lbs		
	Warranty	25 years limited warranty		


* Detailed parameter please see local grid standard, inverter can match local grid standard automatically.

Anexo 10 Hoja de datos panel fotovoltaicos.



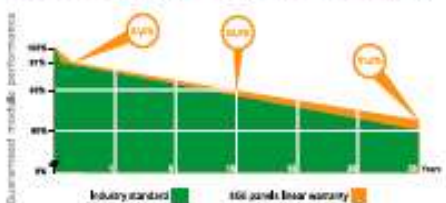
ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

**SOLAR MODULE
EGE-200P-72
POLYCRYSTALLINE MODULE
200 W / 72 Cells / 5 Bus bars**











CERTIFICATES
IEC 61215 / IEC 61730 / CE
ISO 9001:2015


LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
12-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy's modules are only made of grade A solar cells with a very high efficiency and ensured more than 25 years lifespan.

KEY FEATURES

-  5 bus bars cells, with efficiency up to 21 %
-  IP67 junction box for long term weather endurance
-  High quality aluminum frame, resisting load up to 5400 Pa and wind pressure up to 2400 Pa
-  High transmissivity, low-iron tempered glass
-  High performance in low-light environment
-  Double EL test before and after lamination
-  **25 YEARS** OUTPUT POWER WARRANTY
-  **12 YEARS** PRODUCT WARRANTY



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	200 W
Power tolerance	0-+5 W
Module efficiency	15.27 %
Maximum power voltage (Vmp)	19.14 V
Maximum power current (Imp)	10.45 A
Open circuit voltage (Voc)	23.31 V
Short circuit current (Isc)	11.41 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m²
Cell temperature: 25 °C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NOCT*

Power output (Pmax)	147.96 W
Maximum power voltage (Vmp)	17.67 V
Maximum power current (Imp)	8.36 A
Open circuit voltage (Voc)	21.64 V
Short circuit current (Isc)	9.26 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m²
Ambient temperature: 20 °C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.396%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C

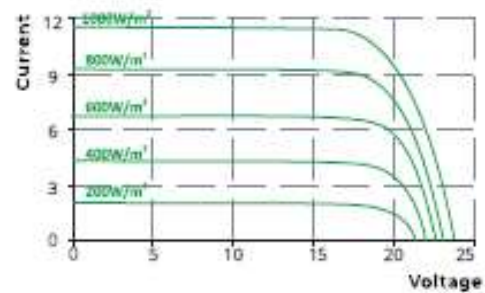
MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C --+85 °C
Maximum system voltage	1500 V
Max series fuse rating	15 A
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

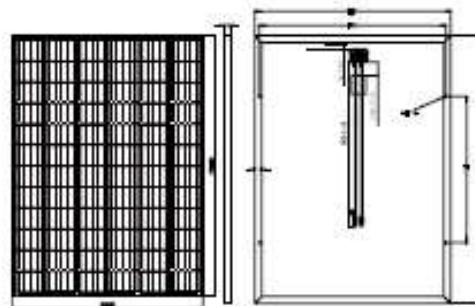
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline (156.75x104 mm)
Number of cells	72
Dimensions	1320x992x35mm
Weight	15.0 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP67
Cable	0.9 m
Connector	MC4 or MC4 compatible

I-V CURVES



ENGINEERING DRAWINGS (mm)



PACKAGING

Type	Pcs/ Type	Weight
Per pallet	30 pcs	480 kg
20ft GP Container	460 pcs	7.4 t
40ft GP Container	1000 pcs	16.0 t
40ft HQ Container	1150 pcs	18.4 t



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
Add: 299 Jing Cheng Road, Chang Chuan District, Nantong,
Jiangsu, China
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

Specifications included in this datasheet are subject to change
without prior notice. Refer to our website for further information
or contact one of our sales staff.
www.eco-greenenergy.com

Anexo 11 .Datos de la luminaria led.

LEDVANCE

LEDVANCE® AREALIGHT
30W / 50W / 70W
100-240 V~ 4000K 6500K

Beneficios

- ✓ Lente templado en policarbonato IP65 para una óptima distribución de luz y alto flujo luminoso
- ✓ Estructura de aluminio fundido con protección IK08
- ✓ Garantía de 5 años

ECONOMÍA
0%

VIDA ÚTIL
50 000 hrs

Fachadas **Entradas principales** **Áreas Públicas** **Estacionamientos**

AREALIGHT

Página 1

Scanned by TapScanner

Características del Producto

Potencia Nominal	30W / 50W / 70W
Equivalencia	(30W) 70W AM (50W) 100W AM (70W) 150W AM
Tensión Nominal	100 - 240 V~
Flujo Luminoso	(30W) 3 000 lm / (50W) 5 000 lm / (70W) 7 000 lm
Eficiencia	100 lm/W
Temperatura de Color	4 000 K / 6 500 K
Índice de Reproducción de Color (IRC)	>80
Ángulo de Apertura	135°75
Vida Útil	50 000 h
Atenuable	No
Índice de Protección	IP65
Garantía	5 años
Protección contra Impactos Mecánicos	IK08
Mínima y Máxima Temperatura de Operación	-30~... +55°C
Mínima y Máxima Temperatura de Almacenaje	-40~... +70°C
Factor de Potencia	>0.9
Distorsión de Armónicas	<20%

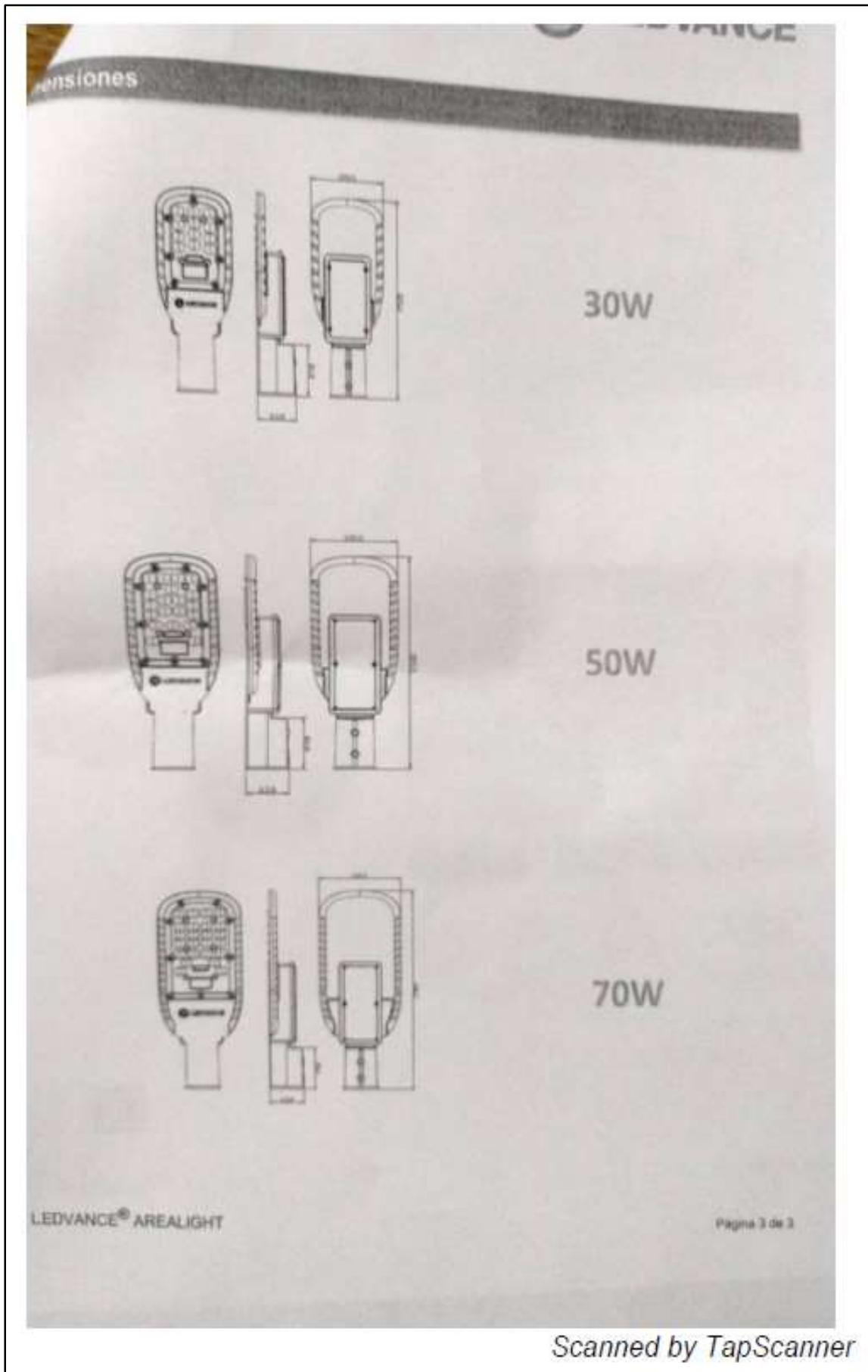
Datos del Producto

Clave	Descripción	Piezas Caja	Peso (g)	EAN 1D	Dimensiones EAN1D (mm)	Peso EAN 1D (g)	EAN 4D	Dimensiones EAN4D (mm)	Peso EAN 4D (g)
015870	LEDVANCE AREALIGHT 30W 6500K	10	690	4058075259218	366X94X168mm	860	4058075259225	495x380x315	929
015871	LEDVANCE AREALIGHT 50W 6500K	10	722	4058075259232	396X91X178mm	920	4058075259240	480x410x375	995
015872	LEDVANCE AREALIGHT 70W 6500K	8	1020	4058075259256	446X99X198mm	1268	4058075259263	480x415x415	1092
015873	LEDVANCE AREALIGHT 30W 4000K	10	690	4058075259270	366X94X168mm	860	4058075259287	495x380x315	929
015874	LEDVANCE AREALIGHT 50W 4000K	10	722	4058075259294	396X91X178mm	920	4058075259300	480x410x375	995
015875	LEDVANCE AREALIGHT 70W 4000K	8	1020	4058075259317	446X99X198mm	1268	4058075259324	480x415x415	1092

LEDVANCE® AREALIGHT

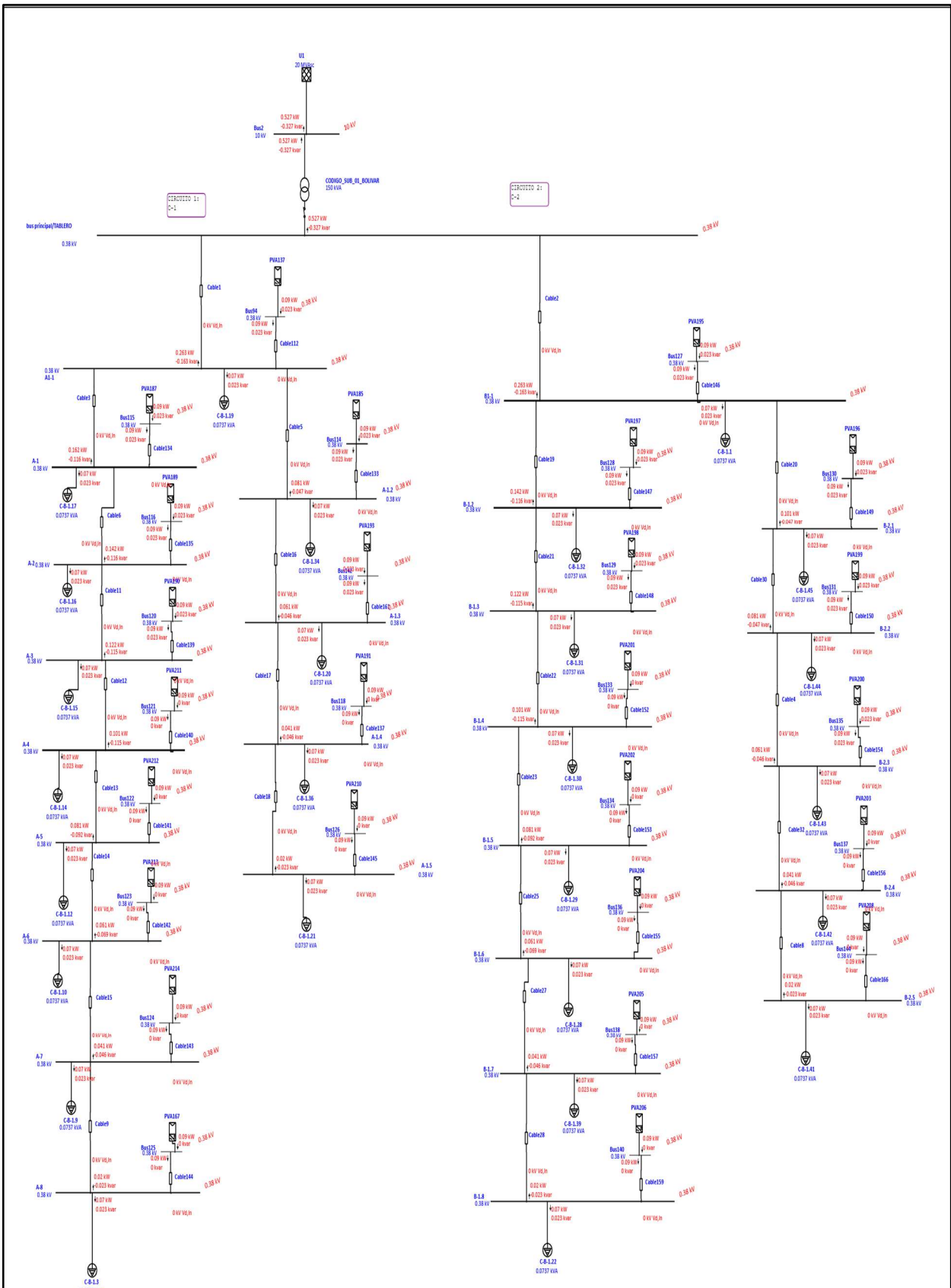
Página 2 de 3

Scanned by TapScanner



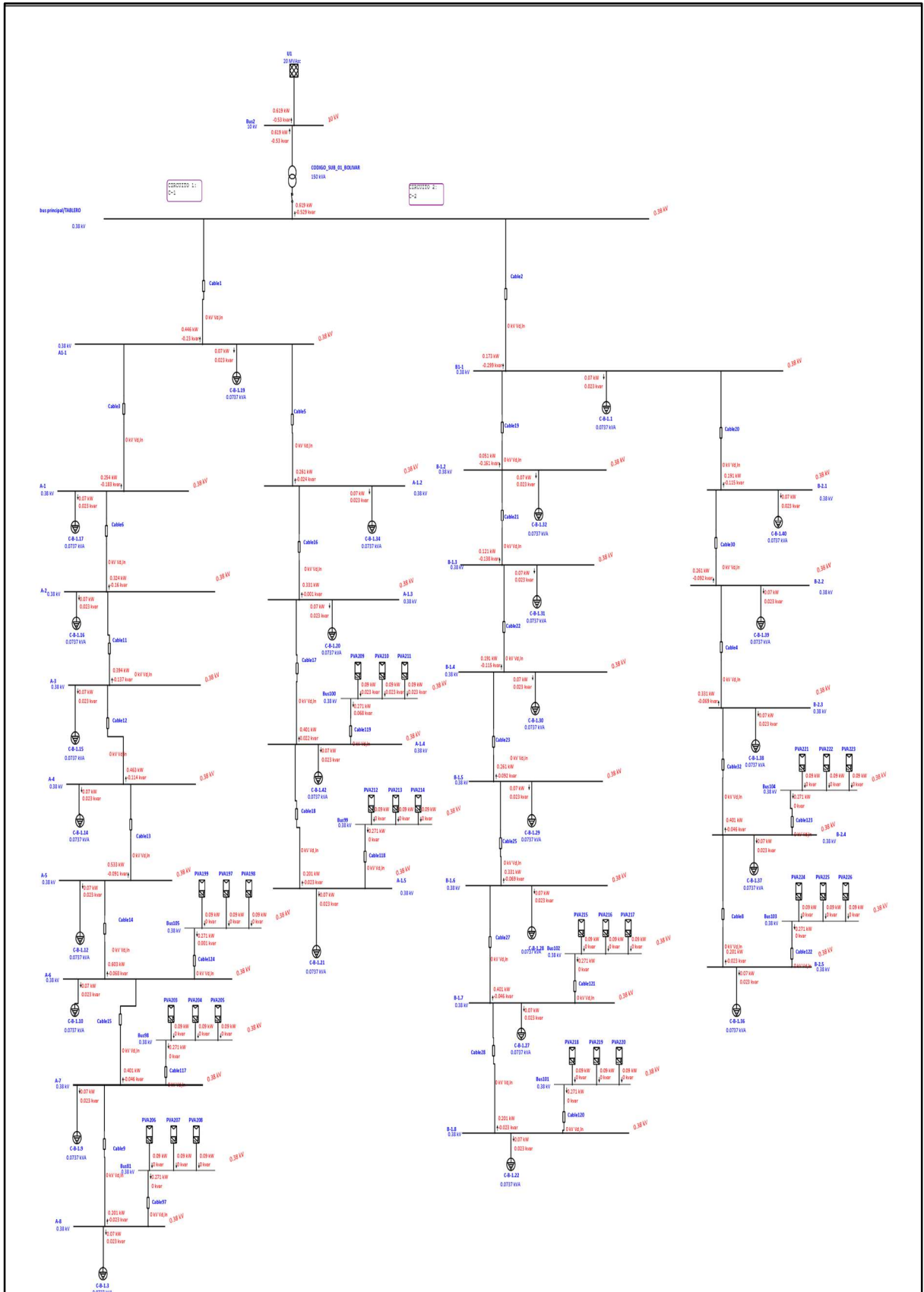
Anexo 12 Cálculos ETAP Irradiancia 500W/m², Irradiancia 1000W/m², Armónicos, Frecuencia. a) Topología 01 irradiancia 500W/m².

a) Topología_01_irradiancia_500W/m²



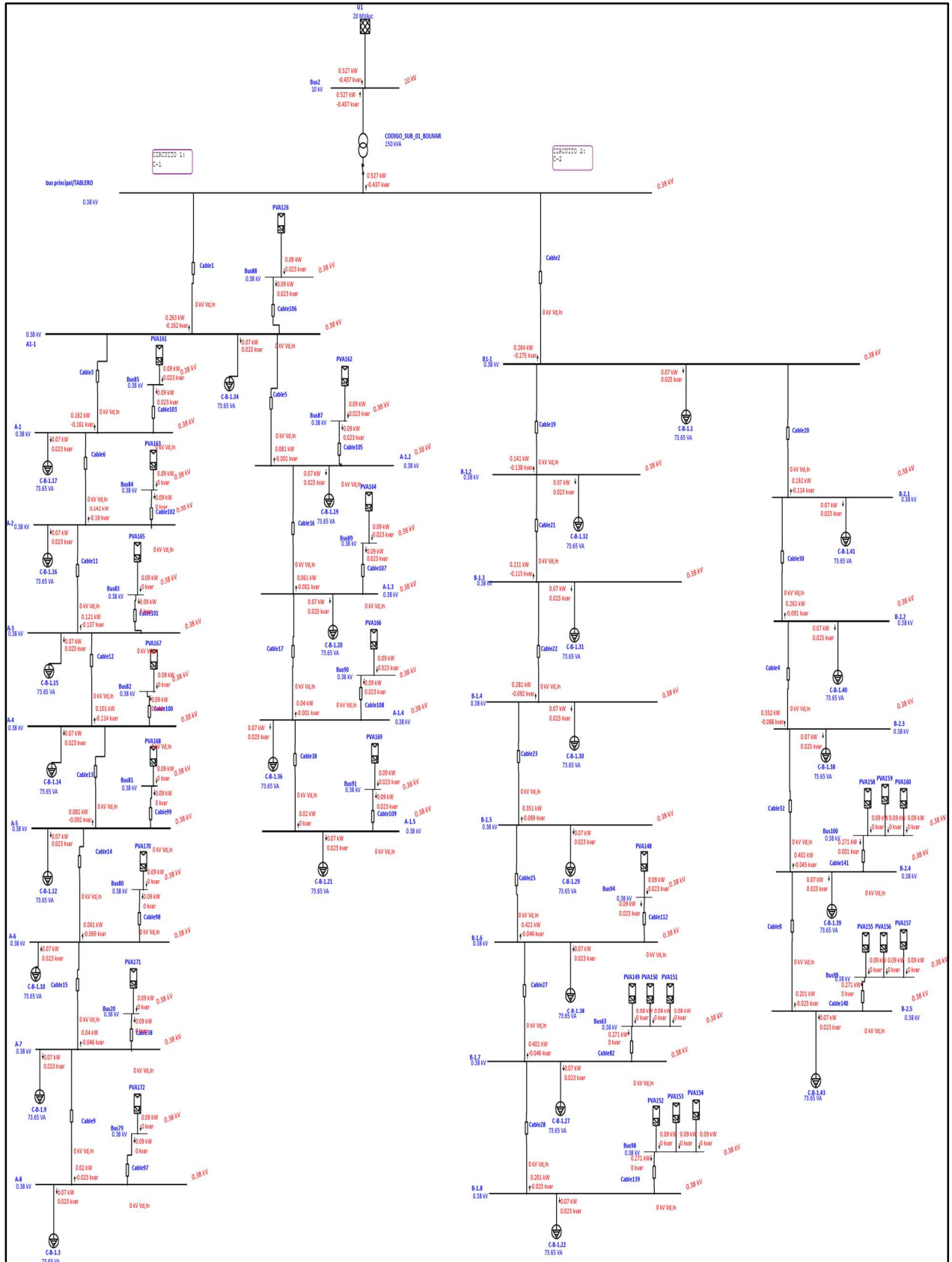
Anexo 13 Topología 02 irradiancia 500W/m².

b) Topología_02_irradiancia_500W/m²



Anexo 14 Topología 03 Irradiancia 500W/m².

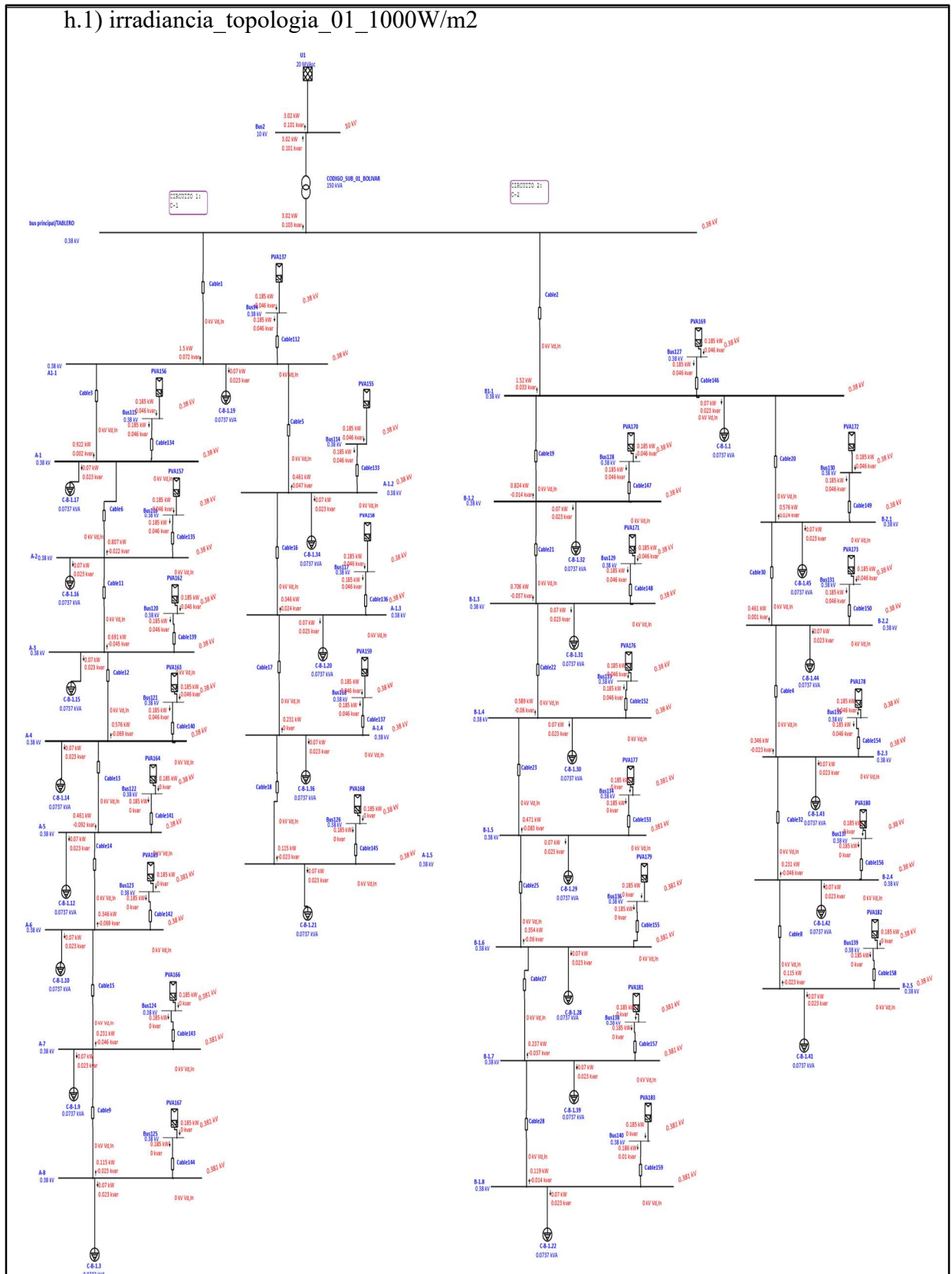
c) Topologia_03_irradiancia_500W/m²



IRRADIANCIA 1000W/m²

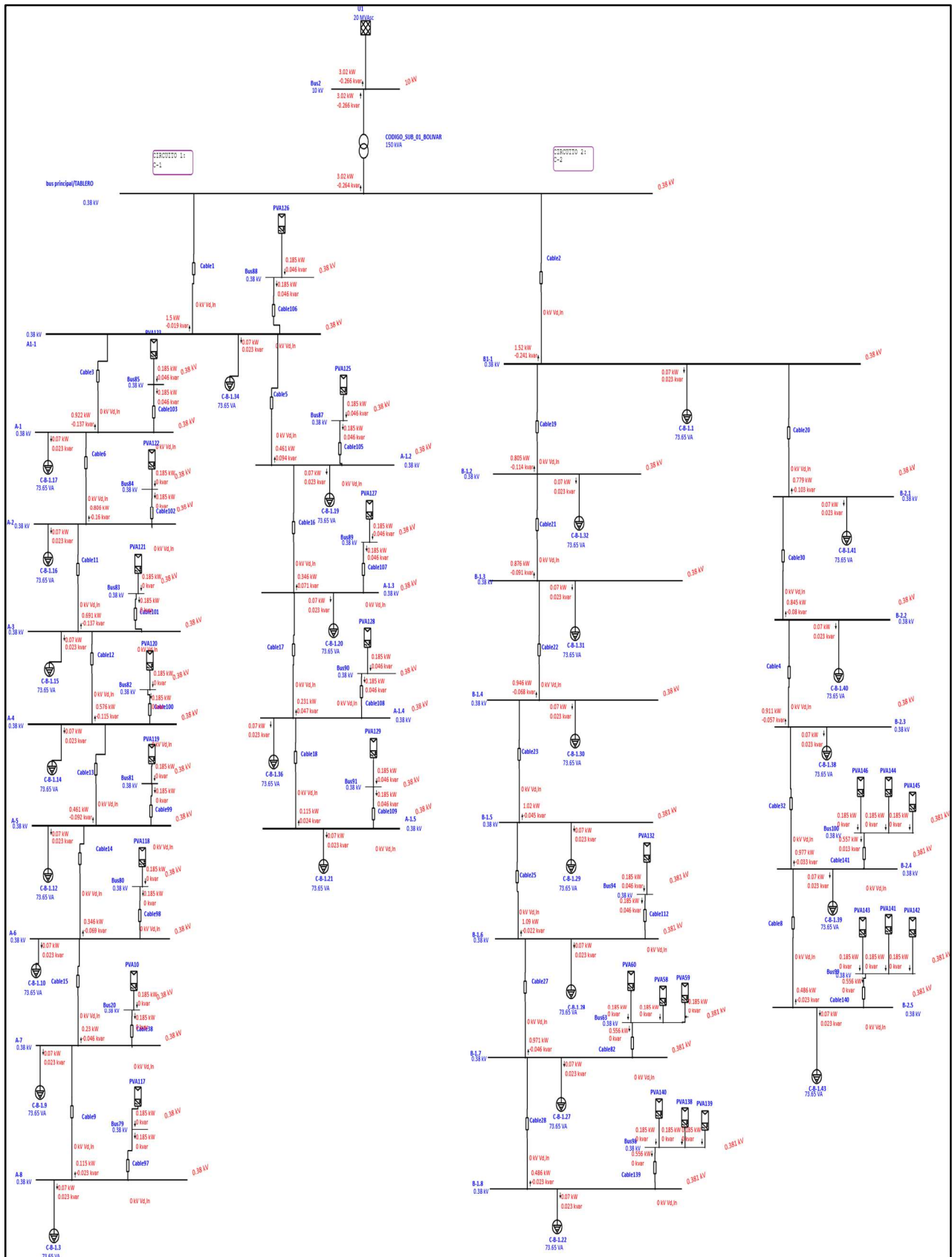
Anexo 15 Irradiancia_topologia_01_1000W/m²

h.1) irradiancia_topologia_01_1000W/m²



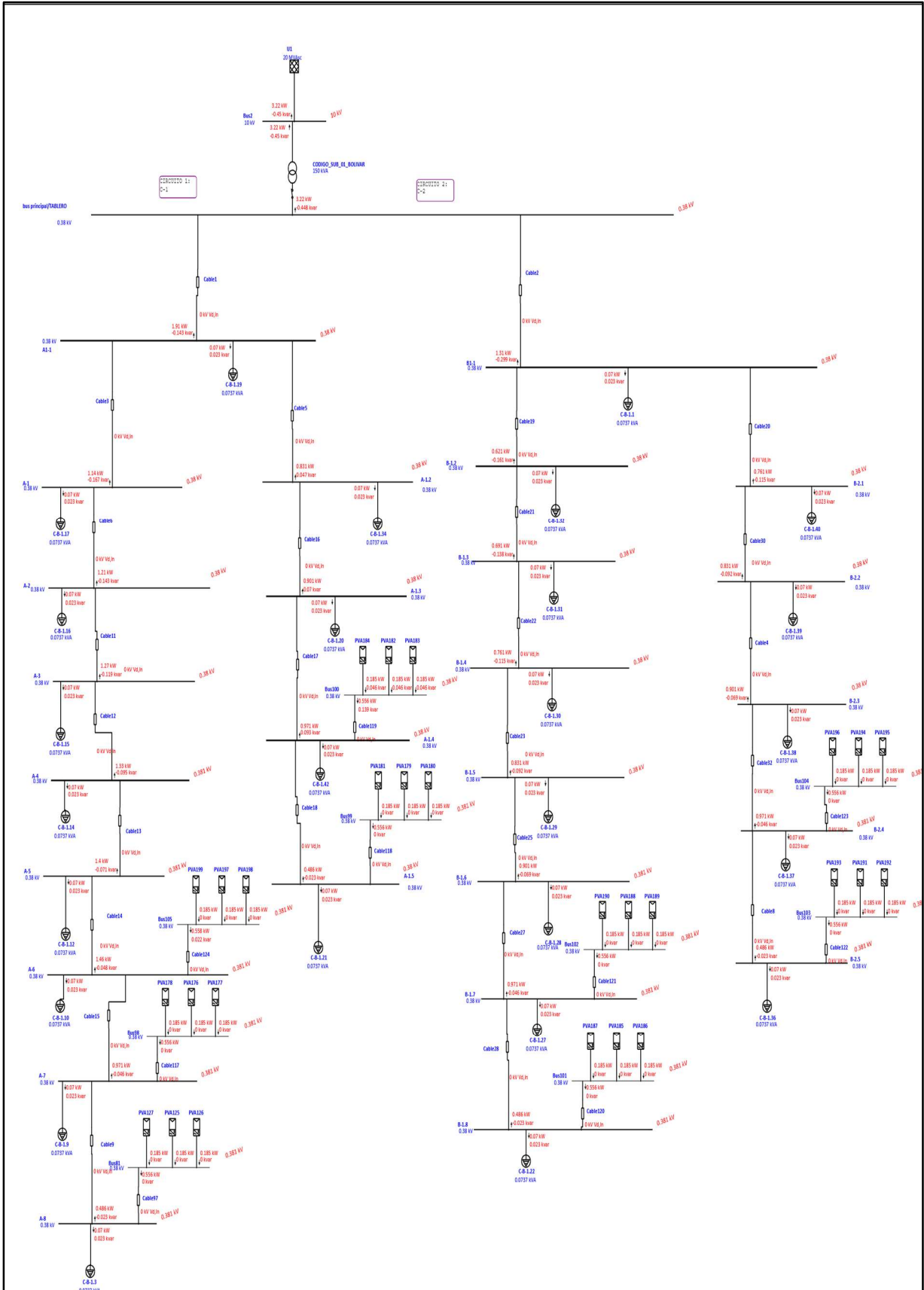
Anexo 16 Irradiancia topología 02 ,1000W/m2.

h.2) irradiancia_topologia_02_1000W/m2



Anexo 17 Irradiancia topología 03, 1000W/m2.

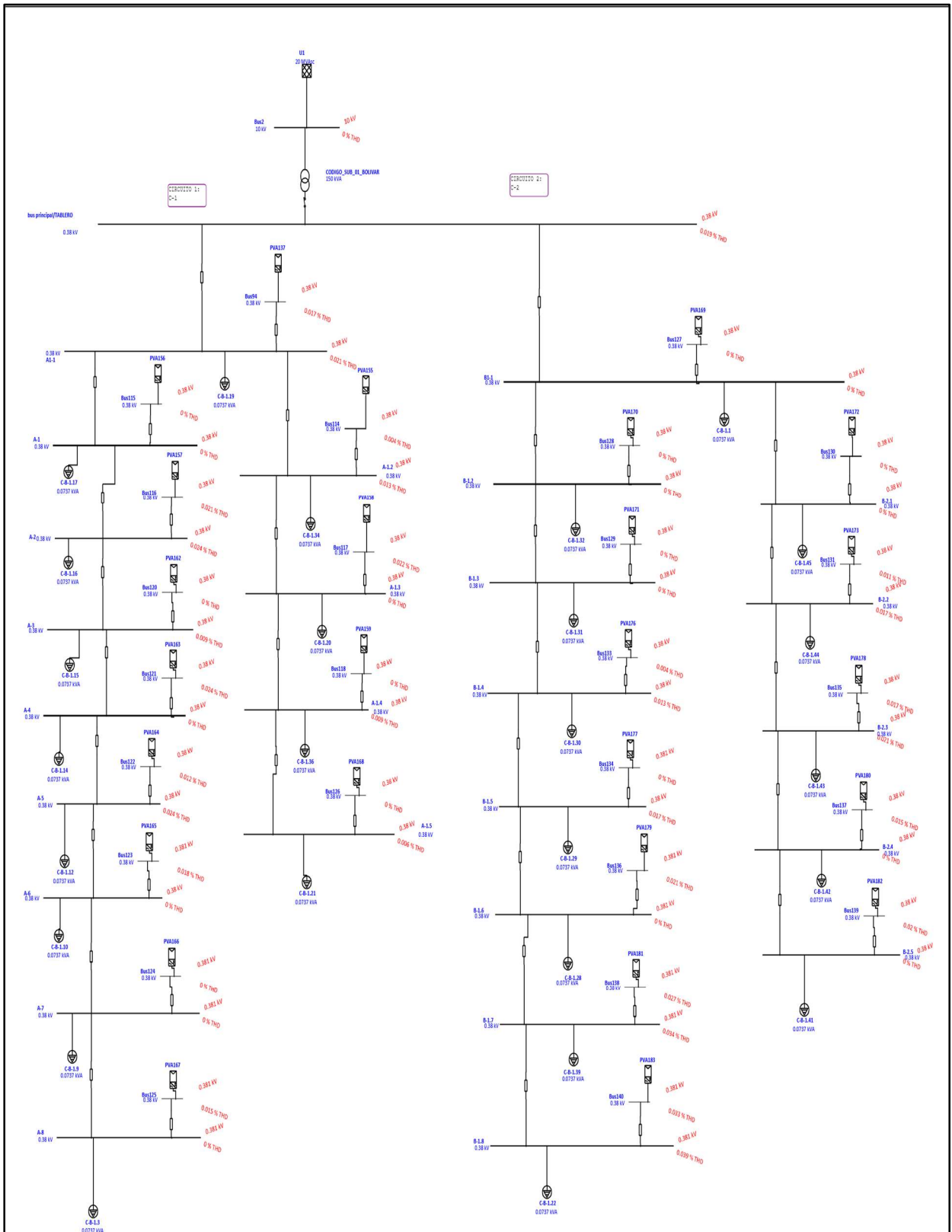
h.3) irradiancia_topologia_03_1000W/m2



ESTUDIO DE ARMONICOS

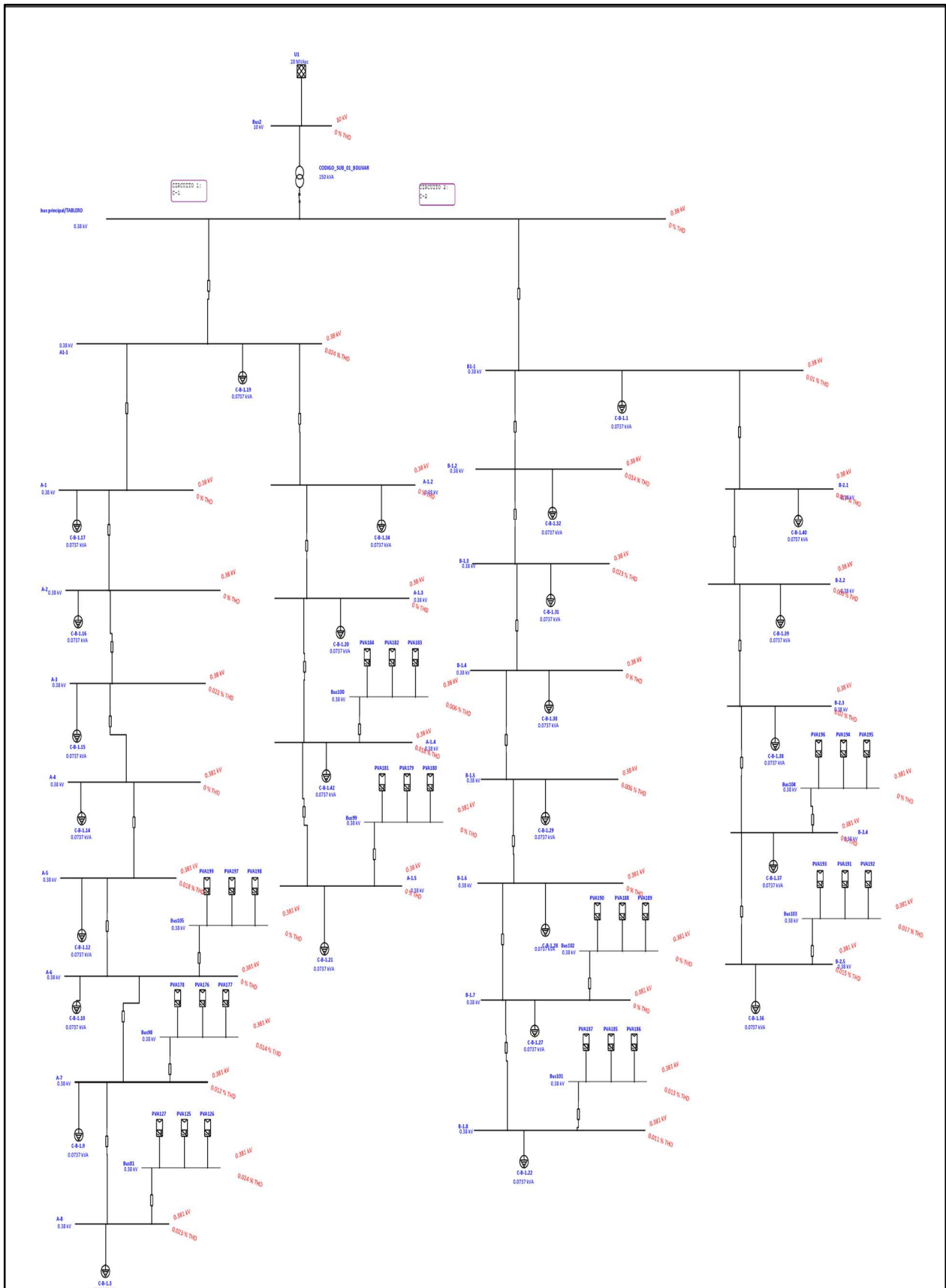
Anexo 18 Topología 01 armónicos.

(i) Topología_01_armonicos



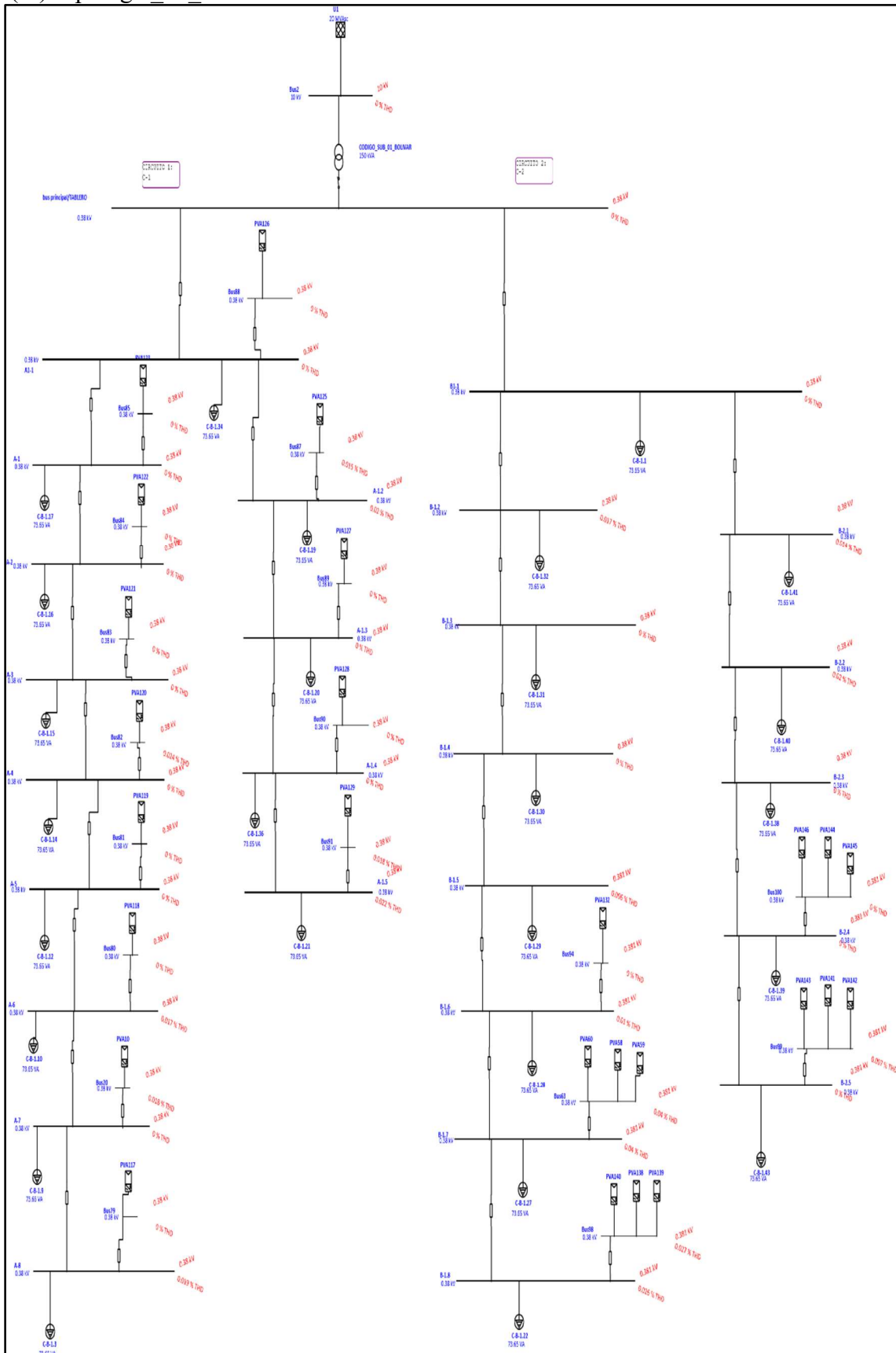
Anexo 19 Topología 02 armónicos.

(ii) Topología_02_armonicos



Anexo 20 Topología 03 armónicos

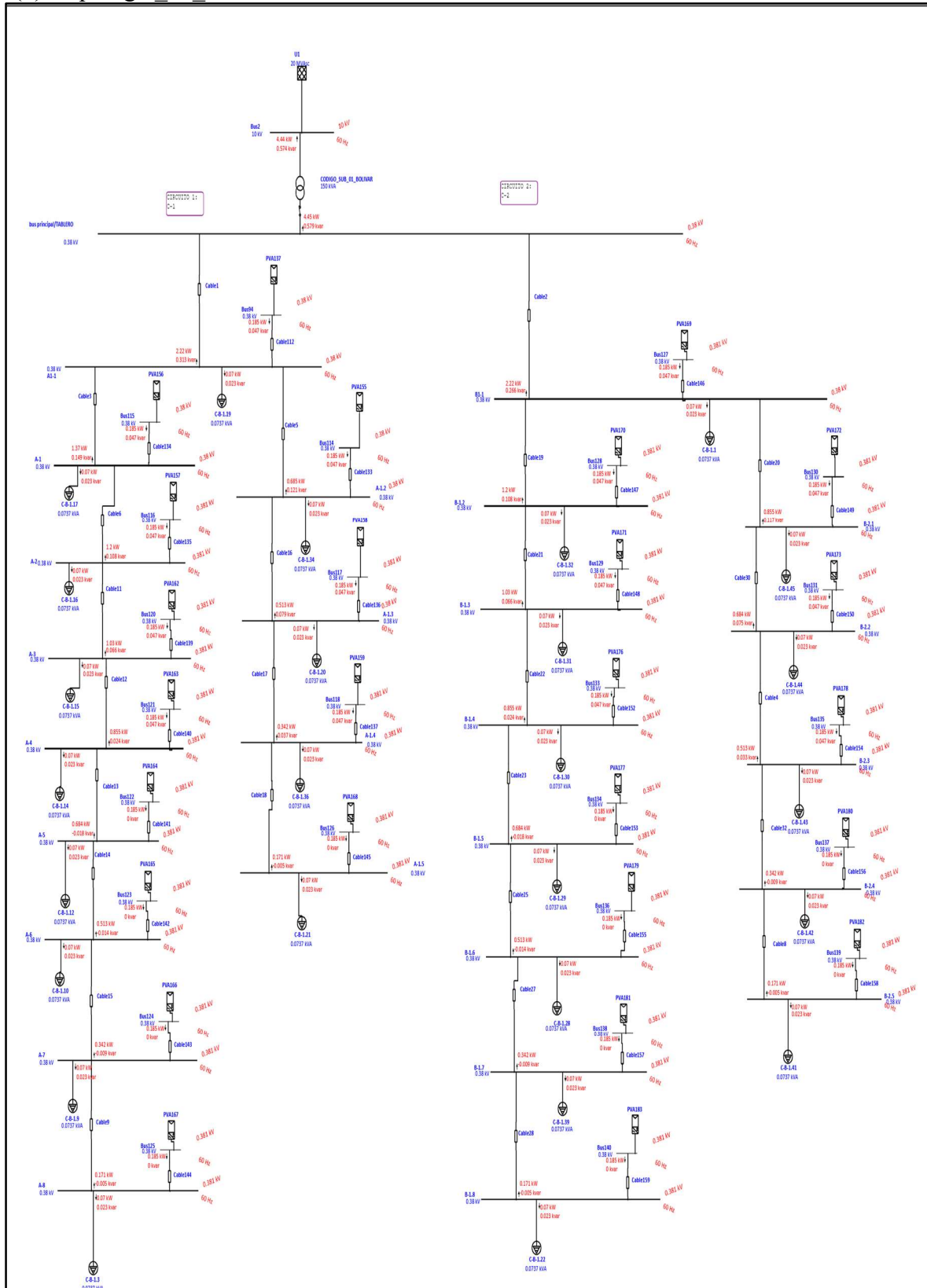
(iii) Topología_03_armonicos



Estudio de frecuencia

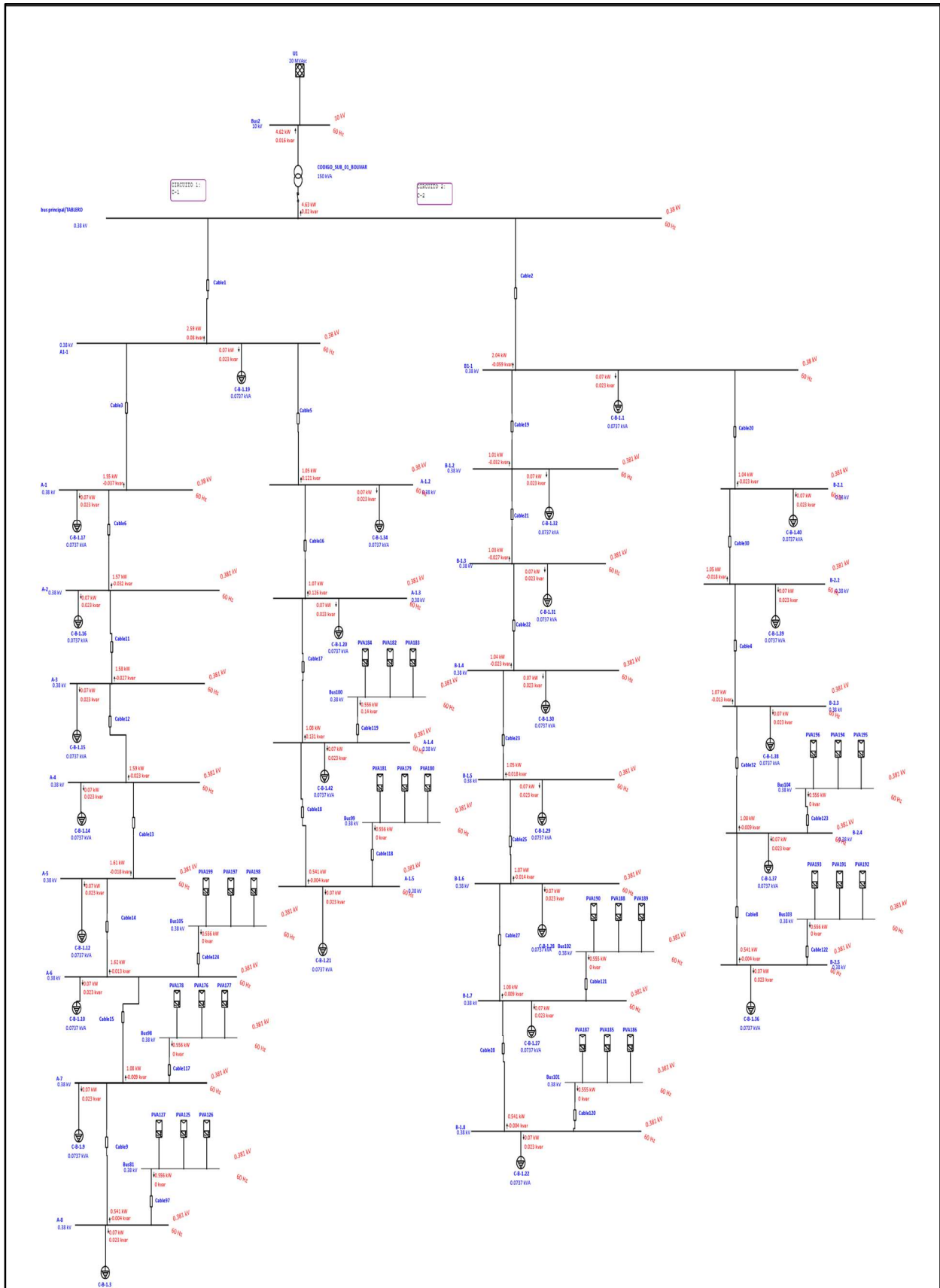
Anexo 21 topología 01 frecuencia.

(1) Topología 01 frecuencia



Anexo 22. Topología 02 frecuencia.

(2) Topología_02_frecuencia



Anexo 23 Topología 03, frecuencia

(3) Topología_03_frecuencia

