

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA
DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN**



**“ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE SISTEMAS FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A
RED”**

**Trabajo en Opción al Grado de Magister en Energías Renovables y Eficiencia
Energética**

Postulante: Ciprian Duran Vargas

Sucre – Bolivia 2025

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	3
1.3	Hipótesis	4
1.4	Objetivos	4
2	MARCO TEORICO CONTEXTUAL	5
2.1	Antecedentes del estudio	5
2.2	Energía solar fotovoltaica	7
2.3	Paneles solares.....	14
2.4	Orientación e inclinación optima.....	17
2.5	Inversores	20
2.6	Generación Distribuida	21
2.7	Mantenimiento y operación de instalaciones fotovoltaicas.....	24
2.8	Modelos tarifarios	26
2.9	Simulación y modelado de sistemas fotovoltaicos	28
2.10	Aspectos regulatorios en Generación Distribuida	29
2.11	Tarifas eléctricas en el Departamento de Santa Cruz	39
2.12	Retribución por la energía inyectada a la red de Distribución	45
3	MARCO METODOLÓGICO	50
3.1	Enfoque de la investigación.....	50
3.2	Tipo y diseño de la investigación	50
3.3	Población y muestra.....	51
3.4	Fuentes y técnicas de recolección de datos	52
3.5	Procedimiento metodológico	53
3.6	Instrumentos de análisis.....	54
3.7	Variables de estudio	55

3.8	Limitaciones del estudio	55
4	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS	57
4.1	Selección de consumidores según consumo de energía y demanda.....	57
4.2	Consideraciones para la aplicación de las estructuras tarifarias	61
4.3	Evaluación de la facturación sin Generación Distribuida	63
4.4	Estimación de la inversión en sistemas fotovoltaicos conectados a red	68
4.5	Simulación del rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos	71
4.6	Evaluación de la facturación con la incorporación de Generación Distribuida.....	79
4.7	Resultados obtenidos.....	93
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6	ANEXOS.....	101
7	Bibliografía.....	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Empresas Instaladoras en Santa Cruz.....	23
Tabla 2 Características Técnicas del Sistema de Generación Distribuida.....	31
Tabla 3 Clasificación de la Potencia Instalada según el Nivel de Demanda y Tensión para los Consumidores Regulados Solicitantes.....	39
Tabla 4 Domiciliario-PD BT.....	40
Tabla 5 General 1 PD BT.....	40
Tabla 6 General 2 PD BT.....	40
Tabla 7 Industrial 1 PD BT.....	41
Tabla 8 Granjeros PD BT.....	41
Tabla 9 Domiciliaria MD MT.....	41
Tabla 10 General 1 MD MT.....	42
Tabla 11 General 2 MD MT.....	42
Tabla 12 Industrial 1 MD MT.....	42
Tabla 13 Granjeros MD MT.....	43
Tabla 14 Domiciliaria GD TM.....	43
Tabla 15 General 1 GD MT.....	44
Tabla 16 General 2 GD MT.....	44
Tabla 17 Industrial 2 GD MT.....	45
Tabla 18 Granjeros GD MT.....	45
Tabla 19 Histórico de Consumos de Energía Mensual en Pequeña Demanda.....	59
Tabla 20 Histórico de Consumos de Energía Mensual en Mediana Demanda.....	60
Tabla 21 Histórico de Consumos de Energía Mensual en Gran Demanda.....	61
Tabla 22 DOMICILIARIA - PD -BT-11.....	65
Tabla 23 Resumen de Facturación Anual Sin Generación Distribuida en Pequeña Demanda.....	66
Tabla 24 Resumen de Facturación Anual Sin Generación Distribuida en Mediana Demanda.....	67
Tabla 25 Resumen de Facturación Anual Sin Generación Distribuida en Gran Demanda ...	67
Tabla 26 Balances y Resultados Principales de la Simulación en PVsyst V8.0.5 para P.D. .	73
Tabla 27 Balances y Resultados Principales de la Simulación en PVsyst V8.0.5 para M.D. .	74
Tabla 28 Balances y Resultados Principales de la Simulación en PVsyst V8.0.5 para G.D. .	75

Tabla 29 Histórico de Consumos y Energía Generada con Generación Distribuida en P.D.	78
Tabla 30 Histórico de Consumos y Energía Generada con Generación Distribuida en M.D.	78
Tabla 31 Histórico de Consumos y Energía Generada con Generación Distribuida en G.D.	78
Tabla 32 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en DOMICILIARIA - PD -BT-11	79
Tabla 33 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 1 PD BT 19	80
Tabla 34 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 2 PD BT 28	81
Tabla 35 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en INDUSTRIAL 1 PD BT 37	81
Tabla 36 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GRANGEROS PD BT 53	82
Tabla 37 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en DOMICILIARIA - MD -MT-14.....	83
Tabla 38 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 1 MD MT 23	84
Tabla 39 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 2 MD MT 32.....	85
Tabla 40 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 2 MD MT 32.....	86
Tabla 41 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GRANGEROS MD MT 66	87
Tabla 42 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT	88
Tabla 43 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT	89
Tabla 44 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA GENERAL II-GD-MT.....	90
Tabla 45 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA INDUSTRIAL II-GD-MT.....	91
Tabla 46 Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA GRANJEROS-GD-MT.....	92

Tabla 48	Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Nanogeneración	94
Tabla 49	Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Microgeneración	95
Tabla 50	Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Minigeneración	97
Tabla 51	GENERAL 1 PD BT 19.....	101
Tabla 52	GENERAL 2 PD BT 28.....	102
Tabla 53	INDUSTRIAL 1 PD BT 37	102
Tabla 54	GRANGEROS PD BT 53	103
Tabla 55	DOMICILIARIA - MD -MT-14	103
Tabla 56	GENERAL 1 MD MT 23	104
Tabla 57	GENERAL 2 MD MT 32	104
Tabla 58	INDUSTRIAL 1 MD MT 41	105
Tabla 59	GRANGEROS MD MT 66	105
Tabla 60	TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT.....	106
Tabla 61	TARIFA GENERAL I-GD-MT	107
Tabla 62	TARIFA GENERAL II-GD-MT	108
Tabla 63	TARIFA INDUSTRIAL II-GD-MT	109
Tabla 64	TARIFA GRANJEROS-GD-MT	110

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Potencia Instalada por Tipo de Tecnología (%) Gestión 2024 SIN.....	6
Figura 2	Variación de la Radiación Atmosférica Solar Mensual.....	7
Figura 3	Trayectoria Sol-Tierra a lo Largo del Año	8
Figura 4	Distancia entre Sol y la Tierra a lo Largo del Año	8
Figura 5	Tipos de Radiación Solar	10
Figura 6	Radiación Solar en el Día.....	11
Figura 7	Mapa del Recurso Solar de Bolivia	13
Figura 8	Módulo Fotovoltaico Monocristalino	15
Figura 9	Módulo Fotovoltaico Policristalino	15
Figura 10	Rendimiento de los Paneles Fotovoltaicos	17
Figura 11	Distancia entre Filas de Paneles Solares	18
Figura 12	Altura y Acimut	19
Figura 13	Para Consumidores Regulados en Baja Tensión con Sistema de Medición de Conexión Directa.....	33
Figura 14	Para Consumidores Regulados en Media Tensión con Sistema de Medición de Conexión Semidirecta.....	33
Figura 15	Para Consumidores Regulados en Media Tensión con Sistema de Medición de Conexión Directa	34
Figura 16	Para Consumidores Regulados en Media Tensión con Sistema de Medición con modalidad de Inyección y Retiro Remoto en Media Tensión	34
Figura 17	Consumidor de CRE R.L. en Gran Demanda.....	58
Figura 18	Monto Anual Facturado en Categorías de Pequeñas Demandas sin G.D.....	66
Figura 19	Monto Anual Facturado en Categorías de Medianas Demandas sin G.D.	67
Figura 20	Monto Anual Facturado en Categorías de Grandes Demandas sin G.D.....	68
Figura 21	Características Técnicas de los Equipos en Nanogeneración Distribuida.....	73
Figura 22	Características Técnicas de los Equipos en Microgeneración Distribuida	74
Figura 23	Características Técnicas de los Equipos en Minigeneración Distribuida.....	75
Figura 24	Trayectoria Solar en Santa Cruz de la Sierra	77
Figura 25	Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Nanogeneración.....	95
Figura 26	Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Microgeneración	96
Figura 27	Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Minigeneración	97

Resumen

Esta investigación evalúa la viabilidad de implementar la Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Santa Cruz. El análisis se enfocó en las categorías: Domiciliaria, General I, General II, Industrial y Granjeros, que son las categorías con mayor cantidad de consumidores, asimismo el análisis se realizó en pequeñas, medianas y grandes demandas.

La evaluación económica se realizó a partir de cotizaciones obtenidas de empresas proveedoras de equipos para sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Santa Cruz, con las características de los equipos, se efectuaron simulaciones en el software PVsyst V8.0.5, mediante la cual se determinó la producción de energía promedio en los meses del año, posteriormente se consideró la Normativa Legal vigente en Generación Distribuida, asimismo la estructura tarifaria vigente de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.) mediante la cual se determinó los montos a pagar por la energía consumida con y sin Generación Distribuida en los distintos meses del año.

Los resultados indican que la categoría General II en pequeña demanda es la alternativa más recomendable para realizar la instalación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos, toda vez que, el tiempo de recuperación de la inversión es aproximado en un periodo de 3,41 años. Asimismo, la categoría Industrial II en Gran Demanda muestra un tiempo de recuperación más prolongado, con un valor aproximado de 15,75 años.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La Generación Distribuida (GD) ha adquirido mucha relevancia en los últimos años, consolidándose como una alternativa técnica y económica para diversificar la matriz energética y fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables. En Bolivia, distintos sectores públicos y privados han comenzado a desarrollar iniciativas y estudios orientados a impulsar esta modalidad de generación, contribuyendo así al proceso de transición y cambio de la matriz energética nacional.

Peláez Gauthmon y Maturana Teuscher (2019) *“Estudio técnico de viabilidad para la introducción de Generación Distribuida (G.D.) a través de Energías Alternativas Renovables a la red eléctrica en baja y media tensión (B.T. y M.T.) en Bolivia, incluyendo análisis de interconexión de sistemas híbridos (desplazamiento de diésel)”*. Esta investigación evaluó factores económicos, como el período de recuperación de la inversión, los niveles de radiación solar, y utilizó el mecanismo de remuneración conocido como *Net Billing*. Concluyendo, que la implementación de sistemas solares para Generación Distribuida es económicamente viable en varios escenarios en Bolivia. Sin embargo, este estudio fue realizado antes de la promulgación de los Decretos Supremos N° 4477 y N° 5167 que actualmente regulan la actividad de Generación Distribuida en Bolivia.

Posteriormente, Chávez Choque (2023) llevó a cabo la investigación titulada *“Evaluación del impacto económico de la Generación Distribuida fotovoltaica en las empresas de distribución en el marco del D.S. 4477 – Caso: DELAPAZ”*. En esta investigación el autor evalúa el impacto económico que produciría la integración de Generación Distribuida en las empresas Distribuidoras, señala que las categorías Domiciliarias y Generales son las más atractivas para la instalación de Sistemas fotovoltaicos y las menos atractivas son las de tipo Industrial, asimismo realizó el cálculo de ahorro en combustibles y las reducciones de dióxido de carbono. El estudio se enfoca principalmente en la Distribuidora DELAPAZ, en el marco del Decreto Supremo N° 4477 del 24 de marzo de 2021. No obstante, cabe señalar que el Decreto Supremo citado fue posteriormente modificada y complementada en la gestión 2024.

El Decreto Supremo N° 4477 (2021) estableció las condiciones generales para normar la actividad de Generación Distribuida en los sistemas de distribución de energía eléctrica, además de definir los mecanismos de retribución por la energía inyectada a la red. Posteriormente, el Decreto Supremo N° 5167 (2024) introdujo modificaciones e incorporaciones al D.S. 4477 con el propósito de impulsar el uso de energías limpias y promover el cambio de la matriz energética nacional, a través de beneficios e incentivos que fortalezcan la participación de la Generación Distribuida en el mercado eléctrico boliviano.

Complementariamente, la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN) emitió en 2024 una serie de resoluciones reglamentarias que detallan los procedimientos técnicos y administrativos para la implementación de la Generación Distribuida:

- Resolución AETN N° 378/2024 Reglamento para la recolección y remisión de información al ente Regulador de los Generadores Distribuidos y Autoproductores con Generación Distribuida.
- Resolución AETN N° 379/2024 Reglamento para el registro e incorporación de los Generadores Distribuidos a la red de Distribución.
- Resolución AETN N° 380/2024 Reglamento de Retribución por la energía inyectada a la red de Distribución en la Generación Distribuida.
- Resolución AETN N° 381/2024 Aprobación de Derechos para el trámite de inscripción de empresas dedicadas al diseño del proyectos e instalación de Generación Distribuida y Autoproductores con Generación Distribuida.

En este contexto normativo y técnico, el presente proyecto propone evaluar los costos y beneficios de la instalación de sistemas fotovoltaicos de Generación Distribuida conectados a la red de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.) en Santa Cruz, Bolivia. El estudio busca determinar en qué categorías de suministro y tipo de demanda resulta más conveniente la implementación de sistemas fotovoltaicos, y en cuáles presenta mayor tiempo de recuperación de la inversión. Esta evaluación se llevará a cabo en el marco de los Decretos Supremos previamente mencionados y sus respectivas Resoluciones.

1.2 Justificación

La Generación Distribuida en Bolivia está regulada desde marzo de 2021 mediante el Decreto Supremo N° 4477, el cual fue modificado en junio de 2024 mediante el Decreto Supremo N° 5167. A partir de entonces, las instalaciones de Generación Distribuida comenzaron a implementarse con más fuerza en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, y en el resto del país donde actualmente existen decenas de sistemas fotovoltaicos operando en distintos puntos del país. Esta tecnología representa una solución viable y sostenible para avanzar en la transición energética del país.

La demanda energética en Bolivia ha crecido significativamente en los últimos años. En 2014, el consumo alcanzó los 1.298,2 megavatios (MW), mientras que para 2023 esta cifra ascendió a 1.779,48 MW. Santa Cruz de la Sierra representa aproximadamente el 44% del consumo energético total del país. Sin embargo, gran parte de la electricidad en Bolivia proviene de centrales termoeléctricas, lo que nos mantiene dependientes de combustibles fósiles. La implementación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos no solo ayuda a diversificar la matriz energética, sino que también reduce los impactos ambientales al proporcionar una fuente de energía limpia y renovable.

Además de los beneficios ambientales, la Generación Distribuida ofrece ventajas económicas y sociales. A nivel económico, permite a los consumidores regulados reducir sus costos de electricidad a largo plazo y contribuir a aliviar el gasto estatal en subsidios a combustibles fósiles. En el ámbito social, fomenta la creación y crecimiento de empresas especializadas en diseño e instalación de sistemas fotovoltaicos, lo que a su vez genera empleos en el sector de energías renovables.

En Bolivia, las empresas distribuidoras de electricidad manejan diversas categorías de consumo, como Domiciliario, General I, General II, Industrial, Bombas de Agua y Granjeros, entre otras. El costo del kilovatio-hora (kWh) varía según la categoría y el volumen de consumo. Para los usuarios de mediana y gran demanda, además del consumo, se aplican cargos adicionales por demanda de potencia.

Dado este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo determinar en cuál de las categorías de consumo es más conveniente realizar la instalación de Generación Distribuida,

considerando factores como el costo de la energía y el tiempo estimado de recuperación de la inversión inicial. Asimismo, se identificará la categoría menos favorable para esta tecnología, brindando información clave para la toma de decisiones en futuras instalaciones.

1.3 Hipótesis

La rentabilidad y viabilidad de la instalación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos conectados a la red en Santa Cruz de la Sierra depende significativamente de la categoría de consumo en la que se realiza la instalación. Se espera que ciertas categorías presenten una recuperación de inversión más rápida y mayores beneficios económicos en función de la estructura tarifaria, la demanda energética y los costos asociados, mientras que otras pueden resultar menos favorables para su implementación.

1.4 Objetivos

Objetivo general

Evaluar los costos y beneficios de la implementación de Generación Distribuida mediante instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red en Santa Cruz Bolivia, considerando los aspectos técnicos, económicos y regulatorios.

Objetivos Específicos

- Evaluar el potencial energético de las instalaciones fotovoltaicas conectados a red mediante simulaciones en el software PVSyst.
- Determinar la inversión inicial de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red.
- Analizar el período de retorno de la inversión y la rentabilidad de estos proyectos para diferentes tipos de usuarios.
- Realizar la evaluación en base al marco regulatorio actual en Bolivia sobre Generación Distribuida conectado a la red.

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO CONTEXTUAL

2.1 Antecedentes del estudio

Durante la década de 1970, diversos factores como la crisis petrolera, las crecientes preocupaciones ambientales asociadas al cambio climático y el incremento acelerado de la demanda eléctrica, impulsaron la búsqueda de alternativas tecnológicas que garantizaran tanto el suministro confiable y de calidad de la energía como el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales.

Entre estas alternativas surgió la idea de producir electricidad cerca del lugar de consumo, retomando en parte el modelo de los inicios de la industria eléctrica, pero incorporando los avances tecnológicos actuales y el respaldo de la red eléctrica para cubrir excedentes o déficits de energía. Esta modalidad se conoce como generación en el punto de consumo, generación dispersa o, de manera más general, Generación Distribuida.(Energía, 2014)

Antecedentes internacionales

El modelo energético actual se sustenta principalmente en el uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón, acompañado de un consumo poco eficiente de la energía. Esta dependencia genera grandes volúmenes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), responsables directos del cambio climático (Vino, 2021). Además, la quema de estos recursos fósiles ocasiona impactos ambientales en distintas escalas: a nivel local, contribuye a la formación de humo en el ámbito regional, favorece la lluvia ácida; y en la dimensión global, intensifica el efecto invernadero (Pla et al., 2018). En base a lo señalado, las energías renovables, como la fotovoltaica y la eólica, son una alternativa sostenible y descentralizada, capaz de integrarse mediante esquemas de Generación Distribuida para reducir progresivamente la contaminación y mitigar los impactos negativos del modelo energético convencional.

Antecedentes nacionales

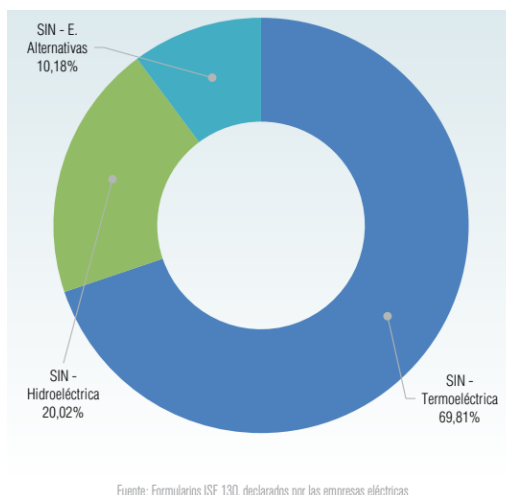
El balance energético de Bolivia según la revista de la transición energética del Ministerio de Hidrocarburos y Energía, Chacón (2024) señala lo siguiente:

Según el Balance Energético Nacional 2018 – 2022, la producción de energía primaria en Bolivia ha estado dominada principalmente por el gas natural, que represento el 80,31% de la producción total en 2022. No obstante, Bolivia ha comenzado a diversificar su producción energética: en 2022, las energías alternativas alcanzaron una participación del 0,42%, la biomasa del 6,20% y la hidroenergía del 1,53%. Además, la generación de electricidad a través de fuentes renovables como la energía eólica y solar ha aumentado como parte de las políticas gubernamentales para fomentar estas energías.(p.8).

Asimismo, según la publicación del anuario 2024 de la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), se tiene el siguiente Grafica de la potencia instalada en Bolivia de los distintos Generadores.

Figura 1

Potencia Instalada por Tipo de Tecnología (%) Gestión 2024 SIN



Nota. La figura muestra el porcentaje de la potencia instalada.
Fuente:(AETN, 2024)

Bolivia posee uno de los niveles más altos de radiación solar a nivel mundial, lo que la convierte en un territorio con gran potencial para el desarrollo de la Generación Distribuida fotovoltaica. La instalación de paneles solares en techos de viviendas, edificios y comercios permitiría no solo cubrir gran parte de la demanda eléctrica nacional, sino también descentralizar la producción de energía. Bajo este enfoque, cada usuario sea residencial, comercial, industrial

o cualquier otra categoría tiene la posibilidad de autogenerar electricidad mediante sistemas fotovoltaicos e inyectar los excedentes a la red del Distribuidor, contribuyendo a un modelo energético más sostenible y participativo.(Chacon, 2024)

2.2 Energía solar fotovoltaica

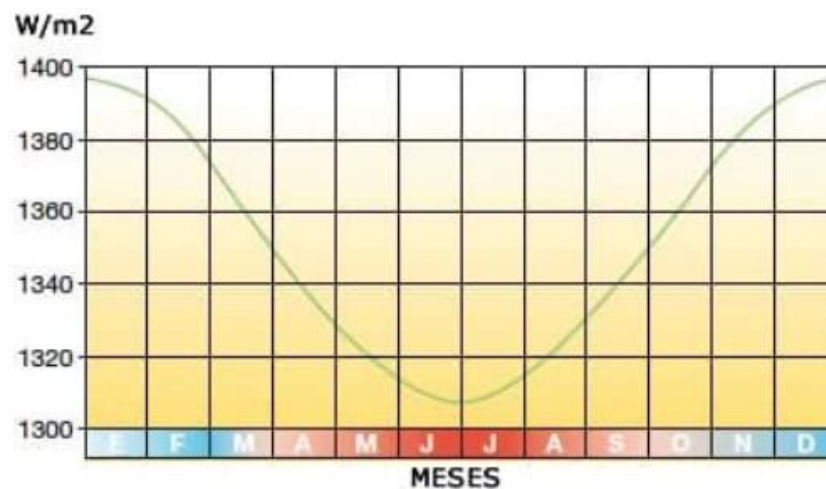
Radiación solar, según Alonso (2018) define lo siguiente:

Radiación Solar (La energía del sol). El sol produce una cantidad de energía constante que, en el momento de incidir sobre la superficie terrestre pierde parte de su potencia debido a distintos fenómenos ambientales.

La potencia radiante de 1367 W/m², denominada constante solar, que llega al Planeta Tierra no es la que finalmente alcanza la superficie terrestre debido a la influencia de los fenómenos atmosféricos, la actividad humana, la forma propia de la Tierra, el ciclo día/noche y la órbita elíptica de la Tierra.

Figura 2

Variación de la Radiación Atmosférica Solar Mensual



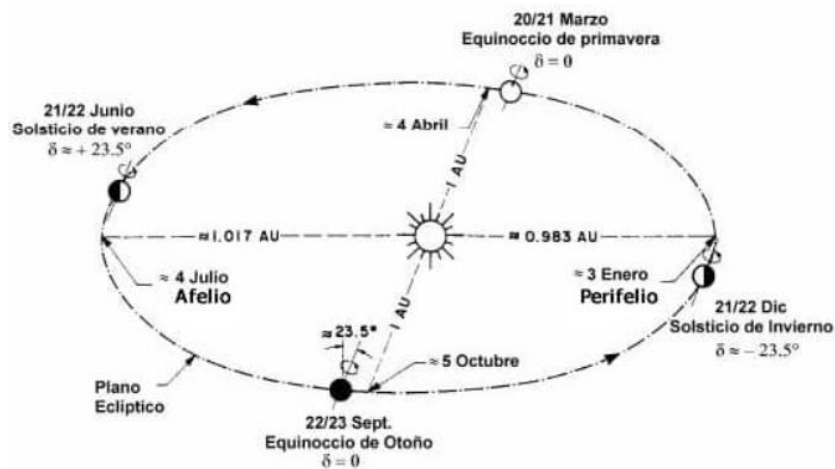
Nota. La figura muestra que la potencia de radiación es variable a lo largo del año. Fuente:(Alonso, 2022)

De hecho, tal como vemos en la figura anterior, debido a esa órbita elíptica, la radiación que alcanza la atmósfera es mayor en los meses de invierno que en los meses de

verano, pues, como decimos, debido a la órbita elíptica, la Tierra está más próxima a sol en esos meses tal como podemos ver en la siguiente ilustración:

Figura 3

Trayectoria Sol-Tierra a lo Largo del Año



Nota. La figura muestra que los días en el año son diferentes debido a los solsticios y equinoccios. Fuente:(Alonso, 2022)

Figura 4

Distancia entre Sol y la Tierra a lo Largo del Año



Nota. La figura muestra que la distancia entre el sol y la tierra varía según el sitio donde nos encontremos. Fuente:(Alonso, 2022)

Representación de la distancia entre el sol y la tierra a lo largo del año. A la vista está, la distancia entre el sol y la tierra oscila entre los 1.017 AU el 4 de Julio (Afelio) y unos 0,983 AU el 3 de enero (Perifelio). Las unidades AU son “Unidades Astronómicas” y es la distancia promedio entre el Sol y la Tierra (150 millones de Kilómetros).

Tipos de radiación:

Los tipos de radiación solar sobre un receptor según Alonso (2018) se clasifica en tres componentes:

Radiación Directa: Afectada por el fenómeno de absorción, es la que recibimos directamente del sol. Varía en función de la nubosidad del momento y también de la estación del año en que se mida.

Radiación Difusa: Afectada por el fenómeno de difusión, es la que recibimos debido al reflejo de la radiación solar sobre las nubes, partículas del aire en días nublados es la que más recibimos.

Radiación global: Suma de la radiación directa y difusa que recibe la superficie terrestre y que sirve como base para saber la capacidad de generación de energía que tienen los paneles solares de un sistema fotovoltaico.

Radiación de albedo: Es básicamente la radiación reflejada, por ejemplo, en superficies blancas y similar. Se aprovecha mucho en módulos fotovoltaicos bifaciales.

Además de la radiación directa, difusa y de albedo, hay que tener en cuenta que cuando los rayos solares no inciden perpendicularmente sobre las células fotovoltaicas, se producen pérdidas por reflexión y absorción en las capas anteriores a la célula, como el vidrio, encapsulante y capa anti reflexiva.

También es necesario tener en cuenta las pérdidas por suciedad y los efectos espectrales, ya que las células solares responden selectivamente a los fotones de la luz incidente, es decir que, para cada longitud de onda de la radiación solar incidente, generan una corriente determinada.

Figura 5

Tipos de Radiación Solar



Nota. La radiación solar que llega a la tierra se divide en 3 Componentes.
Fuente:(Alonso, 2022)

Magnitudes de la radiación solar

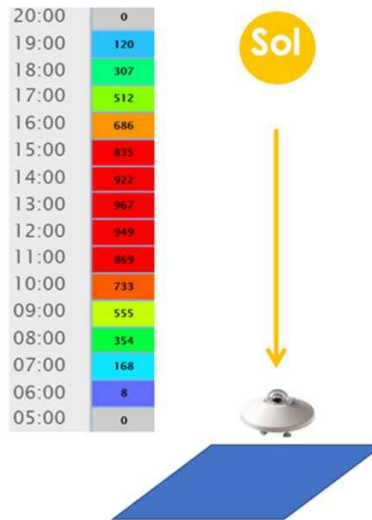
La irradiancia y la irradiación son magnitudes claves para medir la energía solar incidente, según Alonso (2022) lo define de la siguiente manera

Irradiancia: Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie. Sus unidades en el SI (Sistema Internacional) son el W/m^2 .

Irradiación: Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m^2 o, en caso de un día, en $Wh/m^2/día$ o unidades equivalentes.

Figura 6

Radiación Solar en el Día



Nota. La figura muestra el comportamiento de la radiación solar según las horas del día. Fuente: (Peña et al., 2025)

La determinación de la irradiación en el plano inclinado de un colector solar resulta esencial para optimizar la eficiencia tanto de sistemas fotovoltaicos como térmicos. De acuerdo con Peña et al. (2025), existen diversos métodos empleados para este fin, entre los cuales se destacan los siguientes:

Mediciones en sitio: Utilizar instrumentos como piranómetros para medir directamente la irradiación en el lugar específico.

Modelos empíricos: Empleando modelos como el de Perez o el modelo isotrópico, que consideran factores como la radiación global horizontal, ángulo del sol y condiciones atmosféricas para estimar la irradiación en el plano inclinado.

Modelos trigonométricos: Estos métodos se basan en cálculos geométricos y trigonometría para determinar la irradiación solar en función del ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico y la posición solar.

Simulación por computadora: Software especializado como PVsyst o SAM (System Advisor Model) que pueden modelar la irradiación sobre un plano inclinado con gran detalle.

Datos históricos y bases de datos climáticas: Uso de datos climáticos históricos (como los proporcionados por bases de datos de Meteonorm) para estimar la irradiación en un lugar específico.

Métodos de descomposición: Estos métodos dividen la radiación solar en sus componentes directa, difusa y reflejada, y luego calculan cómo cada uno incide en un plano inclinado.

Modelos físicos: Utilizando conocimientos de meteorología y radiación solar para modelar cómo las condiciones atmosféricas (como la presencia de nubes o partículas) afectarán la irradiación sobre el plano inclinado.

Métodos de corrección: Ajustar las estimaciones de modelos o mediciones para tener en cuenta factores específicos como el sombreado, la suciedad o la degradación del material del colector.

Estudios de caso y monitoreo continuo: Comparación de los datos recopilados en instalaciones existentes bajo condiciones similares para afinar las estimaciones.

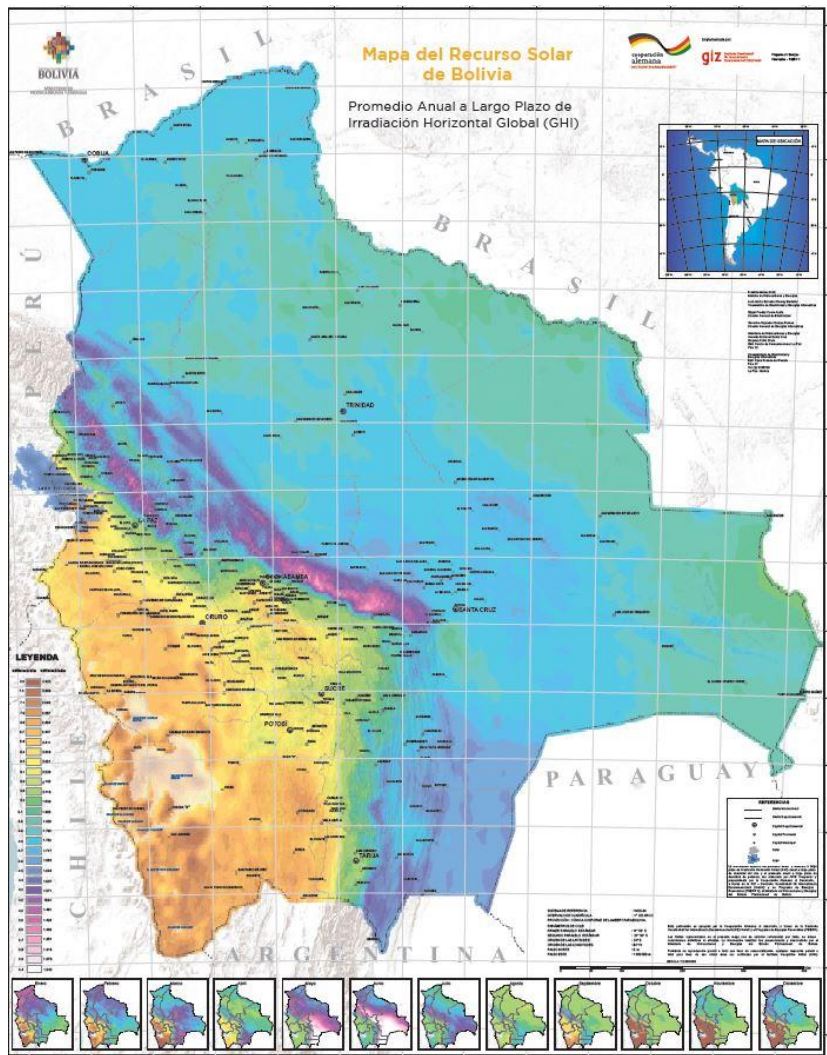
Estos métodos a menudo se usan en combinación para obtener una estimación más precisa de la irradiación sobre el plano inclinado del colector. (p.23-24)

Potencial energético en Bolivia

El potencial energético fotovoltaico en el territorio Boliviano constituye un indicador clave para impulsar el desarrollo sostenible y avanzar en la transición hacia fuentes de energía renovable. Dicho potencial presenta variaciones significativas en función de factores como la latitud, la altitud, las condiciones climáticas propias de cada región y la orientación geográfica. (Peña et al., 2025)

Figura 7

Mapa del Recurso Solar de Bolivia



Nota. La figura muestra promedio anual a largo plazo de irradiación horizontal global. Fuente:(Ministerio de Hidrocarburos y Energías; Viceministerio de Electricidad y Energías Renovables)

INTIVITU es una aplicación desarrollada por el Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MHE) del Estado Plurinacional de Bolivia. Su finalidad es facilitar la visualización del potencial de fuentes renovables, particularmente solar y eólica, mediante el uso de mapas georreferenciados y reportes en línea, constituyéndose en una herramienta de apoyo para la planificación de proyectos de energías renovables en Bolivia.(MHE, s. f.)

2.3 Paneles solares

Los tipos de paneles solares para instalaciones fotovoltaicas según Cordero (2021) son los que se detallan:

Monocristalinos: Una placa solar monocristalina está formada con un conjunto de células solares compuestas de un solo cristal de silicio y que se forman mediante un proceso de Czocharlski. La eficiencia media de los paneles solares monocristalinos oscila entre el 17% y 22%. Sus mayores ventajas son su alta eficiencia, baja degradación y larga vida útil. Como desventajas, su precio algo más caro que otros tipos de panel. Actualmente, el mejor tipo de panel solar fotovoltaico son los paneles solares monocristalinos.

Los tipos de paneles monocristalinos por tecnología más destacados se listan a continuación.

- Tecnología Monocristalinos PERC: Con una eficiencia de entre (19%-21%), son los que más se comercializan por su mejor relación calidad/precio.
- Tecnología Monocristalina Tipo N: Son módulos de porcentaje de conversión superior a los convencionales con una eficiencia entre el 21% al 23%, compuestos por material de mayor calidad.
- Tecnología Monocristalina IBC: También llamados de células de contactos traseros. Generalmente son células tipo-n y además con los contactos por la parte posterior de la célula. Su eficiencia (entre 21% y 23%) es muy superior al resto.
- Tecnología Monocristalina Tándem, como HJT: Combinan al menos dos tipos de célula en una. Generalmente, monocristalino y amorfo, y poco a poco se está probando con perovskita también. Tienen mayor margen de mejora tecnológica que el resto y una eficiencia entre el 21% y el 23%.
- Paneles bifaciales: Tienen la capacidad de captar energía por ambas caras de la célula. Al tener capacidad de captación por la parte posterior del panel, su eficiencia se incrementa (5-10%).

Figura 8

Módulo Fotovoltaico Monocristalino

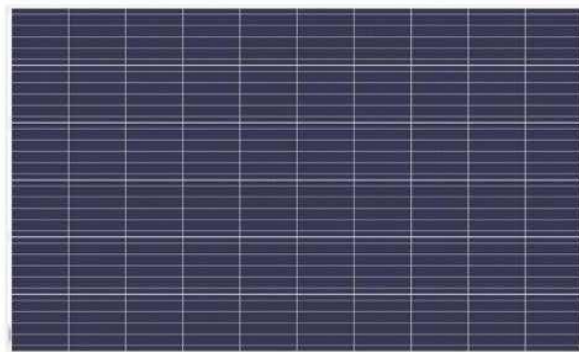


Nota. Fuente:(Kaseel Solar)

Policristalinos: Un panel solar policristalino está compuesto de un conjunto de células solares formadas por múltiples cristales de silicio fundidos juntos. Estos cristales se forman de manera más rápida y económica que las células monocristalinas, pero son menos eficientes, entre un 16% y 18% de promedio. Las ventajas de los paneles solares policristalinos son su menor precio. Como desventajas, su menor eficiencia, mayor degradación y vida útil más corta.

Figura 9

Módulo Fotovoltaico Policristalino



Nota. Fuente:(Sine Energy)

Capa Fina (Thin Film): Un panel solar de película delgada (capa fina) utiliza capas delgadas de materiales fotovoltaicos, como silicio amorfo, cadmio-telurio (CdTe) o diseleniuro de cobre-indio-galio (CIGS), depositadas sobre un sustrato como vidrio,

plástico o metal. Sus ventajas son que pueden ser flexibles y su bajo precio. Sus desventajas son su baja eficiencia y alta degradación.

- Paneles CIGS: Fabricados con cobre, indio, galio y selenio. Ofrecen una eficiencia alta dentro de su tipo y existen opciones flexibles.
- Paneles Amorfos: fabricados con silicio amorfo. Están en desuso, tienen rendimiento bajo y no son adecuados para instalaciones en viviendas.
- Paneles de CdTe: Fabricados con células compuestas por una capa de telururo de cadmio dopado p y una capa de sulfuro de cadmio (CdS) dopado n.

Factores que modifican la cantidad de energía que genera un panel solar

La producción de energía de un panel solar está influenciada por seis factores: cuatro vinculados a su ubicación física y dos relacionados con sus características técnicas. Según Alonso (2022), los factores que afectan son los siguientes:

Radiación Solar del Lugar: La cantidad de luz solar que incide en la placa solar afecta directamente la cantidad de energía fotovoltaica que puede generar. Cuanto mayor radiación tenga la ubicación geográfica mayor generación de electricidad.

Temperatura: Las placas solares funcionan de manera más eficiente a temperaturas más bajas. A altas temperaturas, la eficiencia de conversión de energía disminuye, reduciendo la potencia generada.

Ángulo de Incidencia: La orientación y el ángulo de inclinación de las placas solares afectan la cantidad de luz solar que pueden aprovechar. Un ángulo óptimo maximiza la captación de luz y la energía generada.

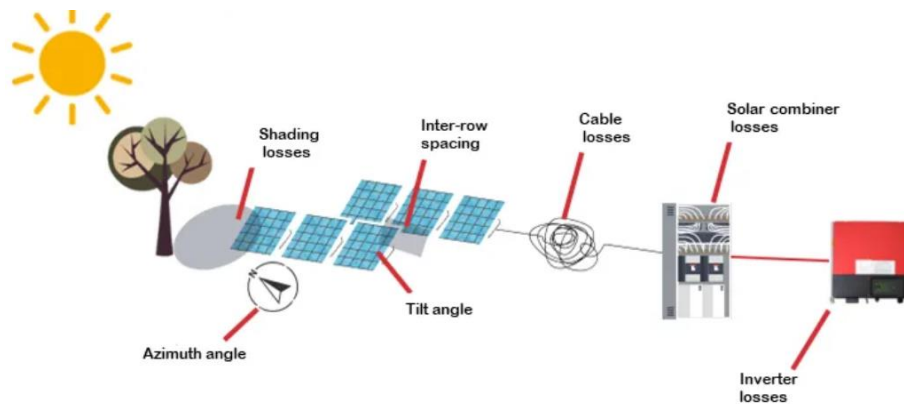
Sombra y Obstáculos: La presencia de sombra, polución u obstáculos puede reducir significativamente la cantidad de luz solar que llega a las placas fotovoltaicas y la posible aparición de puntos calientes (hot-spots), disminuyendo la potencia generada. Los 2 factores técnicos que afectan a la energía generada por un panel solar se indican a continuación.

Potencia Pico (Wp): Es la potencia máxima que una placa solar puede generar bajo condiciones estándar de prueba (STC), que son una irradiancia de 1000 W/m², una temperatura de célula de 25°C, y una masa de aire de 1.5 (1.5 AM).

Potencia Nominal: Es la potencia que la placa solar genera en condiciones normales de operación. La potencia nominal es siempre inferior a la potencia pico.

Figura 10

Rendimiento de los Paneles Fotovoltaicos



Nota. La figura muestra los factores que intervienen en la eficiencia de los paneles solares. Fuente:(Ramírez, 2023)

2.4 Orientación e inclinación óptima

En el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red, uno de los aspectos clave para maximizar el rendimiento energético es la correcta disposición de los módulos. Cuando los paneles se instalan sobre superficies horizontales, resulta imprescindible definir no solo la orientación e inclinación óptima, sino también la distancia entre filas de módulos, con el fin de equilibrar la mayor densidad de potencia instalable en el área disponible y la reducción de pérdidas por sombras.

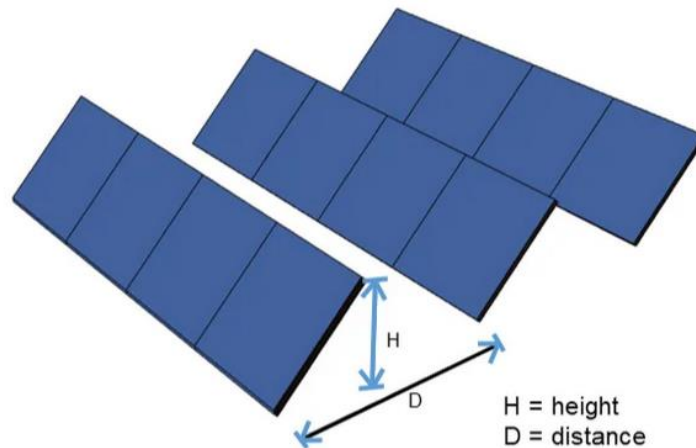
La determinación de dicha distancia depende del tipo de superficie. En cubiertas inclinadas, los módulos suelen colocarse de forma coplanar con el tejado, por lo que no es necesario calcular la separación. En cambio, en instalaciones sobre techos planos o en suelo, tanto la inclinación como la distancia entre filas deben calcularse cuidadosamente para evitar que los

paneles proyecten sombras sobre otros, considerando además la variación de la radiación solar a lo largo del día y del año.

De esta manera, resulta fundamental calcular parámetros como la altura (H) y la distancia (D) entre filas, ya que un diseño inadecuado puede generar sombras portantes, disminuyendo la producción de energía y afectando la viabilidad técnica y económica del sistema fotovoltaico.(Ramirez, 2023)

Figura 11

Distancia entre Filas de Paneles Solares



Nota. La figura muestra la importancia de la altura y distancia de la ubicación de los paneles solares. Fuente:(Ramírez, 2023)

Altura y Acimut

Según SIE .S.A. (2025) se tiene las siguientes definiciones:

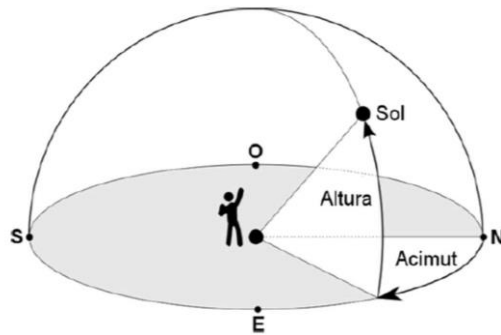
Ángulo Acimut: es el ángulo que forma la dirección de referencia, con la línea que conecta al observador con un punto de interés, como la posición del Sol en un momento dado. Se mide en el plano horizontal y es crucial para determinar la dirección horizontal en la que el Sol se encuentra en relación al observador.

Ángulo Altitud: o altura solar es la medida angular de la altura del Sol en el cielo, tomada desde la horizontal hasta el Sol. Este ángulo varía a lo largo del día, alcanzando su valor máximo al mediodía solar, cuando el Sol está en su punto más alto en el cielo.

La altitud del Sol es un factor determinante en la intensidad de la radiación solar que llega a la superficie terrestre. (p.23)

Figura 12

Altura y Acimut



Nota. La figura muestra el ángulo de acimut y altitud que se debe considerar en el diseño. Fuente:(SIE .S.A., 2025)

Geolocalización

La determinación precisa de la latitud y longitud del emplazamiento de un sistema fotovoltaico permite acceder a bases de datos de radiación solar específicas de la región, lo que facilita realizar estimaciones confiables de la producción energética.

La geolocalización constituye un factor fundamental en el diseño y análisis de sistemas fotovoltaicos, ya que influye directamente en:

- La optimización del recurso solar disponible.
- La definición del ángulo de inclinación más adecuado para los módulos.
- La consideración de las condiciones climáticas locales que afectan el rendimiento.
- El diseño de sistemas de seguimiento solar que mejoren la captación.
- La planificación y logística de la instalación y operación del sistema.(SIE .S.A., 2025)

Inclinación del módulo fotovoltaico

La inclinación de los módulos fotovoltaicos depende principalmente de la latitud geográfica del sitio de instalación y del tipo de sistema diseñado. Para los sistemas conectados a la red, el criterio de diseño busca maximizar la producción energética anual, lo cual permite optimizar

tanto el rendimiento técnico como la rentabilidad económica del proyecto. En contraste, en los sistemas aislados, la inclinación se ajusta con el fin de garantizar la máxima captación de radiación en los meses con menor disponibilidad solar (usualmente en invierno), asegurando la continuidad del suministro eléctrico.(SIE .S.A., 2025)

De manera práctica, la inclinación óptima (β) suele aproximarse al valor de la latitud (ϕ) del lugar:

$$\beta = 3,7 + (0,69 * |\phi|)$$

Dónde:

β : Inclinación del módulo fotovoltaico para sistemas fotovoltaicos conectados a la red

$|\phi|$: Valor absoluto de la latitud

En el caso de Santa Cruz, Bolivia (17°S aprox.), la inclinación óptima para sistemas conectados a red se encuentra alrededor de 15° a 20°, valor que puede ser verificado y ajustado mediante simulaciones en PVSyst para obtener el mejor compromiso entre generación anual y rentabilidad del sistema.

2.5 Inversores

Respecto a inversores para instalaciones fotovoltaicas para Generación Distribuida Cortés et al. (2020), señala lo siguiente:

De forma general, un convertidor de corriente directa (DC) a corriente alterna (AC) se conoce como inversor. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada DC a un voltaje simétrico de salida AC, con la magnitud y frecuencia deseadas. Tanto el voltaje de salida como el de entrada pueden ser fijos o variables. Si se modifica el voltaje de entrada DC y la ganancia del inversor se mantiene constante, es posible obtener un voltaje variable a la salida. Por otra parte, si el voltaje de entrada en DC es fijo y no es controlable, se puede obtener un voltaje de salida variable por medio de métodos que modifiquen la ganancia del inversor.

El inversor solar es tal vez uno de los elementos más importantes de un sistema fotovoltaico de potencia. Su función es convertir la corriente directa variable de los paneles solares en corriente alterna útil, que puede ser inyectada a la red pública de electricidad o utilizada localmente en un sistema autónomo.

A diferencia de los inversores convencionales que están diseñados para operar con una fuente de tensión estable, los inversores para sistemas fotovoltaicos, debido a la naturaleza variable del recurso primario, deben poseer funciones especiales como el control de la potencia generada y protecciones para el arreglo fotovoltaico. (p.6)

Dentro de las funciones principales de un inversor fotovoltaico se encuentra la conversión eficiente de la corriente continua (DC), generada por los módulos solares, en corriente alterna (AC), que puede ser utilizada en las instalaciones internas o inyectada directamente a la red eléctrica. Además, este dispositivo cumple tareas como la optimización del voltaje a nivel de string, el monitoreo de parámetros eléctricos de entrada y salida, la supervisión del aislamiento y la activación de protecciones automáticas frente a sobretensiones, sobrecorrientes, cortocircuitos o variaciones de potencia y frecuencia en la red.

En los últimos años, los avances tecnológicos han incrementado significativamente la calidad, eficiencia y vida útil de los inversores. Actualmente, estos equipos alcanzan rendimientos máximos cercanos al 98% y presentan una durabilidad superior a 10 años, lo que refuerza su papel esencial en la fiabilidad y rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos conectados a red.(Soto Olea et al., 2018)

2.6 Generación Distribuida

Definición de Generación Distribuida

El concepto de Generación Distribuida (GD) presenta variaciones según el marco regulatorio y el enfoque adoptado en cada país. A continuación, se presentan diversas definiciones propuestas por distintos autores y organismos especializados, con el fin de evidenciar las diferencias y similitudes en su interpretación. Según Salavarieta (2016) define lo siguiente:

El termino Generación Distribuida (GD) o generación de energía eléctrica de manera descentralizada hace parte fundamental de los nuevos conceptos de generación,

trasmisión y distribución de energía que actualmente busca suplir las necesidades de ciudades inteligentes mediante una variedad de pequeñas fuentes de generación, instaladas cerca del consumidor. La generación distribuida mantiene una relación directa entre la micro generación y la generación de las centrales convencionales. La red al adaptarse a este tipo de distribución hace que la generación mantenga niveles de equilibrio y que la red inteligente no dependa tanto de grandes centrales o de centrales que generen mediante combustibles fósiles. Como valor adicional la micro generación involucra el aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía, lo que reducirá las emisiones de CO 2.(p.3)

Según Fierro et°al (2024), La Generación distribuida puede ser definida como la producción de electricidad en cercanía a los centros de consumo por usuarios de residencias o empresas, generalmente conectadas a la red de distribución pública, cuyo principal objetivo es el autoconsumo. Las principales características son: 1) se genera principalmente a partir de energía fotovoltaica; 2) en potencias menores a 0.5 MW por usuario en México; 3) el excedente de energía generado puede ser inyectado a la red pública y compensado por ello. (p.2)

Según Ramos (2020), La Generación Distribuida surge como una alternativa importante para la prestación del servicio de energía eléctrica, ya que aumenta la confiabilidad y seguridad en el suministro a corto, mediano y largo plazo. De esta manera, en algunos países se considera que la Generación Distribuida comprende ampliamente a centrales de pequeña, mediana o gran escala. (p.3)

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 5167, de 5 de junio de 2024 de Generación Distribuida, los incisos g) y h) del artículo 2 (DEFINICIONES) señala lo siguiente:

- g) Generación Distribuida: Es la actividad de generación de energía eléctrica que realiza un consumidor regulado para el autoconsumo, a partir de un sistema de generación descentralizado, con fuentes renovables, conectado a la Red de Distribución, con la posibilidad de inyectar los excedentes de energía;
- h) Generador Distribuido: Es el Consumidor Regulado que cuenta con el Sistema de Generación Distribuida o realiza la actividad de Generación Distribuida.

De lo citado, la Generación Distribuida (GD) puede definirse como la producción descentralizada de energía eléctrica a partir de pequeñas fuentes de generación, principalmente renovables, instaladas en proximidad a los centros de consumo como residenciales, comerciales, industriales, entre otros y conectadas a la red de Distribución, con la posibilidad de inyectar los excedentes de energía. Este modelo complementa al sistema eléctrico convencional, disminuye la dependencia de grandes centrales basadas en combustibles fósiles, fomenta el aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía y contribuye a la confiabilidad, sostenibilidad y seguridad del suministro eléctrico en el país.

Empresas de dedicadas al diseño de proyectos e instalación de Generación Distribuida en Santa Cruz

Las empresas que ofrecen servicios de diseño e instalación de proyectos de Generación Distribuida deben estar inscritas ante la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), que actúa como ente regulador, a fin de estar autorizadas para llevar a cabo dichas actividades. (AETN, 2024c)

En ese sentido para la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra se tiene habilitado las siguientes empresas, según la página de gendis2 de la AETN.

Tabla 1
Empresas Instaladoras en Santa Cruz

N°	EMPRESA	DEPARTAMENTO	AMBITO DE APLICACIÓN (*)	AUTORIZACIÓN DE PROYECTOS EN:
1	DATEC LTDA.	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
2	M.R.C. SERVICIOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
3	MARVIN ORLANDO SALGUERO PARDO	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
4	GAS & ELECTRICIDAD S.A.	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
5	ENTHALPOS S.R.L.	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN

6	ENERSOL S.A.	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
7	MCLXELETTBO S.R.L	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
8	GRUPO AMESOL S.R.L.	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
9	BRUECKEN CONSULT BOLIVIA S.R.L.	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
10	BOLPEGAS S.R.L.	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
11	INSERTEC LTDA	Santa Cruz	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
12	FUCNIÓN DIGITAL BOLIVIA S.R.L.	Santa Cruz de la Sierra	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN MACROGENERACIÓN
13	EOLICO S.R.L.	Santa Cruz de la Sierra	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN
14	SOLARIA S.R.L.	Santa Cruz de la Sierra	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN MACROGENERACIÓN
15	ECOSOLARTEC S.R.L.	Santa Cruz de la Sierra	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN MACROGENERACIÓN
16	CONSERV ENERGY BOLIVIA (ÁLBARO CANO TORREZ QUISBERT)	Santa Cruz de la Sierra	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN MACROGENERACIÓN
17	VERTIENTE PROYECTOS Y SUMINISTROS S.R.L.	Santa Cruz de la Sierra	TIPO 1 TIPO 2	NANOGENERACIÓN MICROGENERACIÓN MINIGENERACIÓN

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://gendis2.aetn.gob.bo/gd>]

TIPO 1: Elaboración de proyectos orientados a la generación distribuida con energías alternativas.

TIPO 2: Instalación y/o adecuación de sistemas de Generación Distribuida con energías alternativas.

2.7 Mantenimiento y operación de instalaciones fotovoltaicas

Sobre los mantenimientos y operaciones de los sistemas fotovoltaicos, Soto Olea et al (2018) señala lo siguiente:

Beneficios del Mantenimiento

En general los SFV son muy confiables y seguros, y su vida útil puede extenderse hasta los 25 años. Sin embargo, un SFV está expuesto a condiciones ambientales muchas veces adversas como cambios bruscos de temperatura, lluvia o tormentas, radiación UV, polución, entre otros, que con el paso del tiempo pueden afectar su rendimiento. Pese a que todos los componentes de un SFV tienen que cumplir los requerimientos normativos para su instalación en la intemperie, las fallas (por ejemplo, un fusible defectuoso) igualmente se pueden presentar. A veces, estas fallas pueden ser reparadas a bajo costo, de lo contrario afectan el rendimiento y los ahorros esperados en la cuenta de electricidad de manera perceptible. Las ventajas de implementar un Plan de O&M se expresan, por ejemplo:

- Mejorar el rendimiento del SFV, aumentando la cantidad de energía entregada durante su operación.
- Maximizar la operación del SFV su disponibilidad de la planta y la energía entregada.
- Aumentar la vida útil de la planta FV.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento del SFV. (p.8)

El Plan de Mantenimiento según Soto Olea et al (2018)

La operación y mantenimiento para este tipo de instalaciones se desarrolla dentro del contexto que la planta FV genere suficientes retornos (ahorros) sobre la inversión. En consecuencia, la correcta gestión (O&M) del activo que se incorpora a la infraestructura existente, desde el punto de vista de la continuidad operacional de la planta fotovoltaica, se traduce en un uso eficiente de los recursos comprometidos. Por lo tanto, al momento de planificar las actividades de mantenimiento que se realizarán, hay que estar muy conscientes de la inversión que se hizo y de los ahorros esperados del proyecto.

Los principales componentes de un plan de mantenimiento son: el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Considerando la variabilidad de los SFV instalados en el mercado, las distintas condiciones ambientales, las distintas capacidades de las instituciones y la variedad de equipos e instaladores que participan desarrollando proyectos fotovoltaicos de Generación Distribuida, no es posible diseñar un plan de mantenimiento que se ajuste completamente a todos los proyectos. (p.32-34)

De acuerdo con el anexo f) del artículo 8 del Anexo a la Resolución AETN N° 379/2024, emitida el 4 de julio de 2024, dentro del contenido mínimo que deben presentar los proyectos de Generación Distribuida se establece la obligatoriedad de incluir un cronograma de mantenimiento previsto para el sistema fotovoltaico. Sin embargo, esta disposición aplica únicamente a proyectos clasificados como Minigeneración y Macrogeneración Distribuida, quedando excluidos aquellos de Nanogeneración Distribuida, es decir, los sistemas con una potencia instalada inferior a 10 kW, los cuales no requieren incorporar un plan de mantenimiento en su contenido mínimo del proyecto de Generación Distribuido (AETN, 2024).

2.8 Modelos tarifarios

En Generación Distribuida (GD) existen distintos modelos tarifarios que determinan cómo se remunera la energía producida por los usuarios. Estos modelos varían de país a país según el marco regulatorio y la política energética, pero a nivel general los más comunes son:

Medición Neta de energía (Net Metering), según Duran et al (2016) señala lo siguiente:

Modelo tarifario conteo neto (net metering), consistente en medir la energía neta consumida de la red eléctrica, es decir, la diferencia entre la electricidad que una vivienda, industria o comercio toma de la red de distribución y la que entrega a ella generada por su propia instalación fotovoltaica. Este sistema, por el que un solo medidor registra el flujo de electricidad en ambos sentidos y arroja un resultado neto, no admite tarifas diferenciadas. (p.47)

Facturación Neta (Net Billing), según Pla et al (2018) señala lo siguiente:

Facturación neta (Net Billing, NB), en el cual el generador distribuido recibe por la energía inyectada a la red la tarifa mayorista que la compañía distribuidora paga por la

energía al mercado eléctrico mayorista. Este modelo es aún más desfavorable para el usuario-generador dado que vende la energía generada a precio mayorista y compra la consumida a precio minorista, significativamente más alto en el caso de usuarios residenciales. (p.61)

Tarifa Promocional (Feed-InTariff), según Eyra & Durán (2013) señala lo siguiente:

Los países que han sido pioneros en el desarrollo de estos mercados, fundamentalmente Alemania, España e Italia en Europa y Japón, el mecanismo adoptado ha sido el pago de una tarifa diferencial conocido como FIT (Feed In Tariff). Se ha empleado bajo distintas modalidades, por ejemplo, pagando una tarifa distinta en función del tamaño o tipología de los sistemas, primando en el último caso las instalaciones realizadas en edificios o sobre tejados, o incluso disminuyendo la tarifa en sucesivos años en función de la disminución de costos esperables por el crecimiento y madurez del mercado. Este modelo, largamente utilizado en Europa, ha permitido un crecimiento exponencial del mercado, no exento en muchos casos de problemas derivados de este crecimiento, que aunados a la crisis económica han resultado incluso nocivos para las industrias nacionales. Se puede mencionar a España o Italia como referencia de estos problemas. (p.164)

Según lo establecido en el Decreto Supremo N° 5167, promulgado el 5 de junio de 2024, en su numeral IV, artículo 2 (Modificaciones), se dispone que el mecanismo de retribución por Generación Distribuida se aplicará mediante el sistema de medición neta (Net Metering), considerando el balance entre la energía consumida y la energía inyectada a la red de Distribución. Esta modalidad es válida para todos los Generadores Distribuidos que se encuentren oficialmente registrados en el país (*Bolivia: Decreto Supremo N° 5167, 2024*)

En este sentido, en Bolivia el esquema vigente de compensación de energía para los usuarios que cuentan con sistemas de Generación Distribuida corresponde al modelo de medición neta, aplicable de manera uniforme a las distintas categorías de generadores.

2.9 Simulación y modelado de sistemas fotovoltaicos

Para la simulación, diseño y evaluación de sistemas fotovoltaicos se dispone de una amplia variedad de programas especializados, tanto de libre acceso como de licencia comercial. Entre ellos, uno de los más utilizados en el ámbito académico y profesional es PVsyst, cuyas funcionalidades, según Mint (2024) abarcan desde el dimensionamiento preliminar hasta la modelación detallada del desempeño energético.

PVsyst es conocido mundialmente por ser uno de los programas de diseño de instalaciones fotovoltaicas más empleados en el tratamiento de energías renovables, en concreto en la energía solar. Su éxito radica en que está 100% diseñado para facilitar la simulación y análisis de sistemas fotovoltaicos, tanto en ingeniería como en docencia e investigación.

PVsyst es una herramienta muy bien valorada en la industria fotovoltaica porque, a partir de la analítica de datos meteorológicos, permite crear una simulación, análisis y selección personalizada de parámetros de sistemas fotovoltaicos en 3D para así poder evaluar la eficiencia y viabilidad de una instalación solar. Entre los parámetros que analiza hay factores como la latitud, la longitud, la temperatura ambiente, la irradiación solar, la precipitación o la dirección del viento que da en donde se proyecta la instalación.

Su exactitud en la medición hace que sea un software muy empleado en la instalación de paneles fotovoltaicos y en ocasiones puede encontrarse en proyectos de autoconsumo o bombeo. La exportación de metadatos de PVsyst permite también realizar estudios detallados de viabilidad económica y rendimiento futuro.

PVWatts de National Renewable Energy Laboratory (NREL). El software PVWatts del NREL es una herramienta ampliamente utilizada para la estimación de la producción energética de sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Su metodología se basa en datos meteorológicos de años típicos (TMY), lo que permite calcular el rendimiento esperado en condiciones promedio. Sin embargo, este enfoque presenta limitaciones, ya que los archivos TMY excluyen fenómenos climáticos atípicos y, por tanto, no reflejan completamente el riesgo asociado a la variabilidad interanual. Mediante PVWatts se puede evaluar la factibilidad de los proyectos

antes de implementar instalaciones fotovoltaicas con Generación Distribuida. (Ryberg et al., 2015)

PVGIS 5.3, es una herramienta en línea que permite obtener información sobre la radiación solar y la producción de energía de sistemas fotovoltaicos (PV) en prácticamente cualquier ubicación del mundo. Su uso es completamente gratuito, no requiere registro previo y no presenta limitaciones respecto al destino de los resultados generados.

El procedimiento general para efectuar los cálculos incluye varias etapas: estimación de los consumos energéticos, determinación de la radiación solar disponible, dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos, cálculo de la capacidad de los acumuladores, así como la selección del regulador de carga y del convertidor. (*pvgis.com MANUAL DE USUARIO*, s. f.)

Asimismo, la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN) dispone de la plataforma web oficial de Generación Distribuida denominada Gendis2. Esta herramienta incluye un módulo de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, que permite calcular la capacidad óptima de paneles solares y la generación estimada. Para realizar el cálculo es necesario ingresar la latitud y longitud del punto de instalación, el consumo promedio mensual y seleccionar la escala de rendimiento.

2.10 Aspectos regulatorios en Generación Distribuida

En Bolivia, la actividad de Generación Distribuida se encuentra regulada mediante dos (2) Decretos Supremos y cinco (5) Resoluciones emitidas por el ente fiscalizador del sector eléctrico. A continuación, se describen cada una de estas normativas.

Decreto Supremo N° 4477 de 24 de marzo de 2021

a) Establecer condiciones generales para normar la actividad de Generación Distribuida en los sistemas de distribución de energía eléctrica

b) Determinar la retribución por la energía eléctrica inyectada a la Red de Distribución por la actividad de Generación Distribuida. (Bolivia: Decreto Supremo N° 4477, 2021)

El Decreto Supremo N° 4477, promulgado el 24 de marzo de 2021, incluía disposiciones reglamentarias relacionadas con la Generación Distribuida. No obstante, dichas resoluciones fueron abrogadas tras la emisión del Decreto Supremo N° 5167, en junio de 2024.

Decreto Supremo N° 5167, de 05 de junio de 2024.

Con la finalidad de impulsar el uso de energías limpias y el cambio de la matriz energética a través de la apertura de beneficios e incentivos que permitan mejorar la participación de la Generación Distribuida en el mercado eléctrico del país, el presente Decreto Supremo tiene por objeto realizar modificaciones e incorporaciones al Decreto Supremo N° 4477, de 24 de marzo de 2021. (Bolivia: Decreto Supremo N° 5167, 2024)

El Decreto Supremo N° 5167, promulgado el 05 de junio de 2024, establece una serie de disposiciones reglamentarias específicas orientadas a regular el desarrollo de la Generación Distribuida en el país.

Resolución AETN N° 377/2024 Reglamento para la inscripción de la Autoproducción con Generación Distribuida.

Resolución AETN N° 378/2024 Reglamento para la recolección y remisión de información al ente Regulador de los Generadores Distribuidos y Autoprodutores con Generación Distribuida.

Resolución AETN N° 379/2024 Reglamento para el registro e incorporación de los Generadores Distribuidos a la red de Distribución.

Resolución AETN N° 380/2024 Reglamento de Retribución por la energía inyectada a la red de Distribución en la Generación Distribuida.

Resolución AETN N° 381/2024 Aprobación de Derechos para el trámite de inscripción de empresas dedicadas al diseño del proyectos e instalación de Generación Distribuida y Autoprodutores con Generación Distribuida.

Requisitos para el registro de sistemas de Generación Distribuida

Según los artículos 6 y 7 del anexo a la Resolución AETN N° 379/2024, de 04 de julio de 2024, para ser incorporados al sistema de Generador Distribuido deben cumplir con requisitos personales o jurídicas y requisitos técnicos, (AETN, 2024), según el detalle mostrado:

De acuerdo con lo establecido en los artículos 6 y 7 del anexo de la Resolución AETN N° 379/2024, de 4 de julio de 2024, la incorporación de un proyecto al sistema de Generación Distribuida requiere el cumplimiento con los requisitos personales o jurídicas y requisitos técnicos, conforme señala la Resolución de la AETN (2024b)

Requisitos generales para ser Generador Distribuido

- a) Tener contrato del servicio de Suministro de Electricidad con el Distribuidor, en el inmueble donde se instalará el Sistema de Generación Distribuida.
- b) Poder del representante legal, según corresponda.
- c) Acreditar la propiedad o tenencia del inmueble donde se instalará el sistema de Generación Distribuida.
- d) No debe registrar deudas pendientes por suministro de electricidad.

Requisitos técnicos para el proyecto de Generación Distribuida

Los requisitos técnicos se presentan en el siguiente Cuadro adjunto.

Tabla 2

Características Técnicas del Sistema de Generación Distribuida

Equipo	Potencia instalada (Pi) en kW			
	Nanogeneración Pi ≤ 10	Microgeneración 10 < Pi ≤ 50	Minigeneración 50 < Pi ≤ 500	Macrogeneración 500 < Pi < 2.000
1 Elemento de maniobra Generación Distribuida en C.A.	Si	Si	Si	Si
2 Elemento de interrupción (puede estar en el elemento de protección y maniobra de CA)	Si	Si	Si	Si
3 Protección de sub y sobre tensión	Si	Si	Si	Si
4 Dispositivo de protección contra sobre voltajes transitorios atmosféricos o de maniobra	Si	Si	Si	Si
5 Protección de sub sobre frecuencia	Si	Si	Si	Si
6 Relé de sincronismo	Si	Si	Si	Si
7 Protección Anti Isla	Si	Si	Si	Si
8 Registro de Generación incorporado al inversor	Si	Si	Si	Si

		Sistema de medición bidireccional. Alternativamente dos (2) medidores unidireccionales solo para Generadores Distribuidos de PD	Sistema de medición bidireccional, 4 cuadrantes	Sistema de medición bidireccional, 4 cuadrantes	Sistema de medición bidireccional, 4 cuadrantes
		Sistema de medición convencional en caso de que el punto de retiro no cuente con Generación Distribuida	Sistema de medición convencional en caso de que el punto de retiro no cuente con Generación Distribuida. 4 cuadrantes	Sistema de medición convencional en caso de que el punto de retiro no cuente con Generación Distribuida, 4 cuadrantes	Sistema de medición convencional en caso de que el punto de retiro no cuente con Generación Distribuida, 4 cuadrantes
10	Medición (9.1) Elemento de corte general	Si	Si	Si (MT)	Si (MT)
11	Medición (9.2) Elemento de Maniobra y seccionamiento de Generación Distribuida CC	Si	Si	Si	Si
12	Elemento de protección en CC	Si	Si	Si	Si
13	Sistema de Medición de la fuente de Generación Distribuida en CA	Si (*)	Si (*)	Si (*)	Si (*)
14	Transformador de potencia (PT) y corriente (TC)	No	Si	Si	Si
15	Inversor a cargo de la inversión de CC a CA. Incorporan las protecciones del Sistema de Generación Distribuida (2,3,5,6,7y 8)	Si	Si	Si	Si
16	Sistema de Inyección cero	No Si (en caso de no realizar la inyección de energía a la red del distribuidor)	No Si (en caso de no realizar la inyección de energía a la red del distribuidor)	No Si (en caso de no realizar la inyección de energía a la red del distribuidor)	No Si (en caso de no realizar la inyección de energía a la red del distribuidor)

Nota. Los datos fueron tomados del Anexo de la Resolución AETN N° 379/2024.

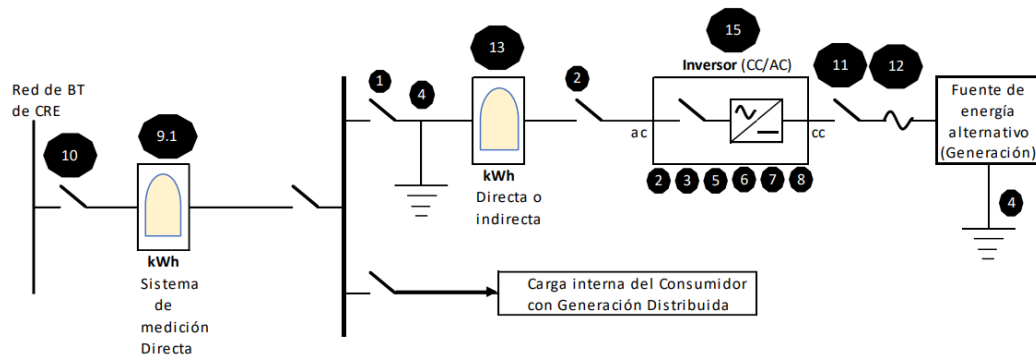
(*) No es obligatorio en el caso que el inversor tenga incorporada la medición o registro de la energía total generada, siempre y cuando el Distribuidor tenga acceso coordinado para realizar las lecturas correspondientes, el medidor se encuentre debidamente configurado y cumpla las características mínimas de medición (clase y precisión) del medidor bidireccional para la categoría correspondiente. Esta última condición aplica

para Micro, Mini, y Macro Generación Distribuida. Es opcional el uso de medidores Smart Meter para la medición de la energía generada.

Esquemas referenciales para las instalaciones de Generación Distribuida

Figura 13

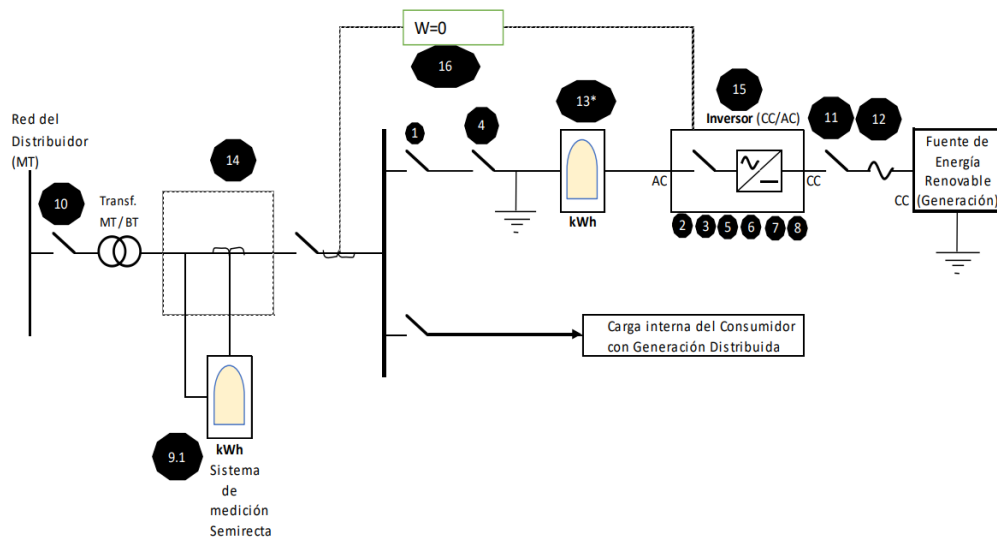
Para Consumidores Regulados en Baja Tensión con Sistema de Medición de Conexión Directa.



Nota: La figura fue tomada del Procedimiento para Proyectos de Generación Distribuida CRE R.L. Flickr. [<https://www.cre.com.bo>]

Figura 14

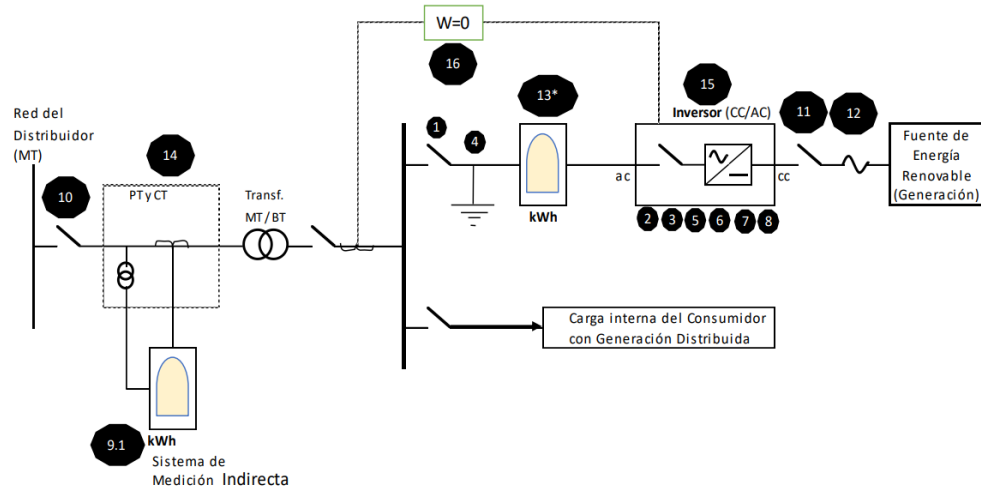
Para Consumidores Regulados en Media Tensión con Sistema de Medición de Conexión Semidirecta.



Nota: La figura fue tomada del Procedimiento para Proyectos de Generación Distribuida CRE R.L. Flickr. [<https://www.cre.com.bo>]

Figura 15

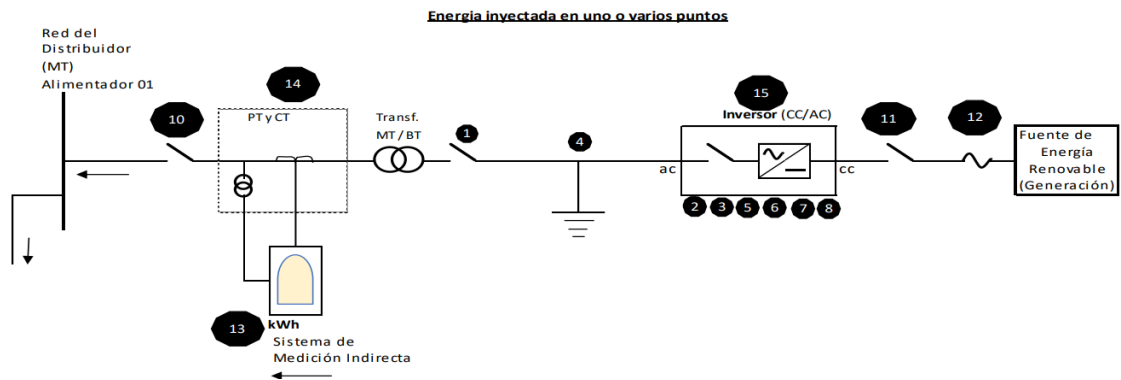
Para Consumidores Regulados en Media Tensión con Sistema de Medición de Conexión Directa

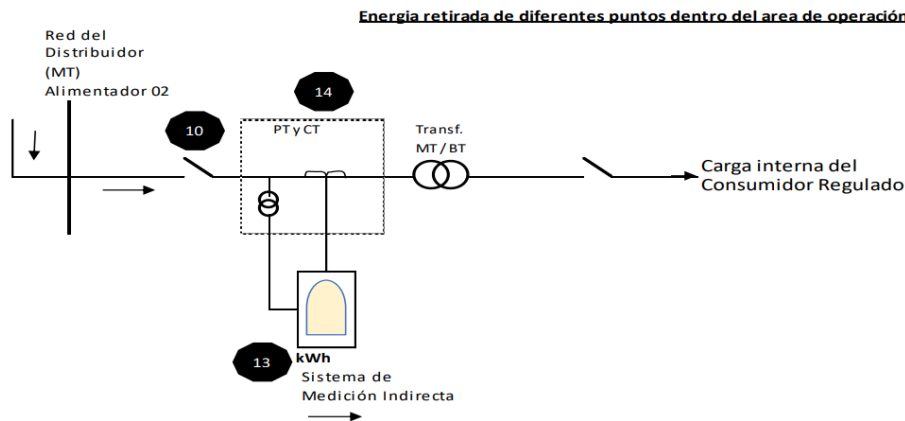


Nota: La figura fue tomada del Procedimiento para Proyectos de Generación Distribuida CRE R.L. Flickr. [<https://www.cre.com.bo>]

Figura 16

Para Consumidores Regulados en Media Tensión con Sistema de Medición con modalidad de Inyección y Retiro Remoto en Media Tensión





Nota: La figura fue tomada del Procedimiento para Proyectos de Generación Distribuida CRE R.L. Flickr. [<https://www.cre.com.bo>]

Elementos de Protección para Proyectos de Generación Distribuida

Los elementos mínimos requeridos para el registro de un proyecto de Generación Distribuida según su clasificación se detallan a continuación:

- 1) Elemento de interrupción general del sistema de Generación Distribuida en el lado CA.
- 2) Elemento de interrupción automático accionado por protección y/o por mando. Si el acoplamiento de la generación es por medio de un inversor y corresponde a la categoría Nanogeneración Distribuida, este dispositivo puede estar integrado en el inversor.
- 3) No es necesario un relé de protección específico (protección de sub y sobretensión), sino un sistema electrónico que detecte tales anomalías y que produzca una salida capaz de operar en la lógica de actuación del elemento de interrupción. Este elemento es válido si se encuentra integrado en el Inversor.
- 4) Dispositivo de protección contra sobre-voltajes transitorios atmosféricos o de maniobra, será a criterio y elección del proyectista en coordinación con el GDI y no es obligatorio.
- 5) No es necesario un relé de protección específico (protección de sub y sobre-frecuencia), sino un sistema electrónico que detecte tales anomalías y que produzca una salida capaz de operar en la lógica de actuación del elemento de interrupción. En caso de que el sistema de generación distribuida cuente con inversor, el sistema electrónico se debe encontrar integrado en este equipo.

- 6) No es necesario un relé de sincronismo específico, sino un sistema electrónico que realice el sincronismo con la frecuencia de la red y que produzca una salida capaz de operar en la lógica de actuación del elemento de interrupción, de manera que sólo ocurra la conexión con la red después de que se haya alcanzado la sincronización. En caso de que el sistema de generación distribuida cuente con inversor, el sistema electrónico se debe encontrar integrado en este equipo. En caso de que el sistema de generación distribuida cuente con inversor, el sistema electrónico se debe encontrar integrado en este equipo.
- 7) La protección anti-isla debe garantizar la desconexión física entre la red de distribución y las instalaciones eléctricas internas del sistema de Generación Distribuida, incluyendo la porción de carga y de generación, quedando prohibida la conexión al sistema del Distribuidor durante la interrupción del suministro. En caso de que el sistema de generación distribuida cuente con inversor, el sistema electrónico se debe encontrar integrado en este equipo.
- 8) El inversor podrá contar con un sistema de registro de la energía eléctrica activa generada.
- 9) El sistema de medición debe adaptarse al sistema de medición de la categoría del Consumidor Regulado con Generación Distribuida. Alternativamente, para este sistema de medición se puede considerar la instalación de medidores “inteligentes” (Smart Meter). Para Autoproductores con Generación Distribuida de la categoría de Gran Demanda (GD) o alguna categoría que establezca cargo por energía en función de los bloques horarios, se realizará con medidores que tengan capacidad de registrar consumos de energía, tanto generada como inyectada, por bloques horarios.
- 10) Este elemento debe permitir la apertura de la instalación de Generación Distribuida, de manera que dicha instalación quede aislada totalmente. Deberá ser de corte visible y de fácil acceso al Distribuidor.
- 11) Elemento de interrupción general del sistema de Generación Distribuida en el lado CC (Corriente Continua). Este elemento podrá estar integrado en el inversor si corresponde la utilización de este equipo.
- 12) Elemento de protección en CC, pudiendo ser fusibles tipo gPV o similar, que limite las corrientes de cortocircuito del lado CC del sistema de Generación Distribuida.
- 13) Sistema de medición de la fuente de Generación Distribuida, de propiedad del Generador Distribuido. Tiene el objetivo de registrar toda la energía producida por el

sistema de Generación Distribuida. Los dispositivos deben tener similares características técnicas que los del sistema de medición de facturación. Alternativamente, para este sistema de medición se puede considerar la instalación de medidores “inteligentes”. Este sistema no es obligatorio si se cumplen las condiciones establecidas en la nota del Cuadro 3.

14) Los transformadores de voltaje y de corriente para medición (PT y CT), son componentes integrales en los sistemas de energía eléctrica y sirven para reducir los niveles de voltaje y corriente para aplicaciones de medición, protección y control.

15) El inversor, dispositivo cuya función es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua (CC) a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna (CA). El mismo tiene integrado varias protecciones para dar confiabilidad al Sistema de Generación Distribuida con fuente de energía renovable, además de su función básica detallada anteriormente, cumple la función de sincronizar la energía transformada a CA con la de la red a la cual se inyecta dicha energía.

16) El Sistema de Inyección cero, es un sistema conformado por dispositivos eléctricos y/o electrónicos cuya función es la de impedir la inyección de potencia a la red del Distribuidor a través de la adecuación del sistema de generación distribuido al consumo de la instalación.

Contenido del proyecto de Generación Distribuida

Conforme al artículo 8 del anexo de la Resolución AETN N° 379/2024, de fecha 4 de julio de 2024, todo proyecto de Generación Distribuida debe presentar un contenido mínimo, establecido en la normativa y descrito en detalle en dicho artículo (AETN, 2024).

- a) Proyecto de diseño y/o instalación del Sistema de Generación Distribuida aprobado por la Empresa Instaladora inscrita ante el Ente Regulador deberá presentar la siguiente información:
- Diagrama unifilar;
 - Esquema de conexión simplificado;
 - Descripción de la potencia instalada, energía generada promedio mensual, consumo promedio mensual, energía inyectada, cuadro de cargas, voltaje, punto de conexión, tipo de fuente de energía renovable a utilizar;
 - Descripción Técnica de los equipos.

- b) Ubicación georeferenciada del área de emplazamiento del proyecto, (presentar coordenadas geográficas WGS 84 UTM del predio).
- c) Cronograma referencial de Ejecución del Sistema de Generación Distribuida.
- d) Vida útil del Proyecto de Generación Distribuida, este periodo será establecido como plazo para la duración del Contrato a suscribirse. Se determinará con base al menor de las vidas útiles de los componentes principales del sistema de Generación Distribuida, en caso de que la vida útil no este determinada en la ficha técnica o manual del equipo se adoptara la vida útil establecida en las tablas de depreciación de acuerdo a la Normativa vigente.
- e) Para los Autoproductores con Generación Distribuida en la modalidad de inyección y retiro remoto, presentar la memoria de cálculo de la energía mensual que se estima inyectar a la red de distribución, de acuerdo con los puntos de inyección y retiro.
- f) Cronograma de mantenimiento previsto para el sistema de Generación Distribuida (solo aplica a Minigeneracion y Macrogeneracion Distribuida).
- g) Análisis de cortocircuito y coordinación y ajuste de protecciones para Generación Distribuida.
- h) Datos generales del Consumidor Regulado Solicitante, dirección, correo electrónico, número telefónico, NIT si corresponde y datos de la Empresa Instaladora encargada del diseño.
- i) Certificado de Inscripción de Autoprodutor con Generación Distribuida.
- j) Contrato de Leasing si corresponde.

Clasificación de potencias para Generación Distribuida

El Decreto Supremo N° 5167, promulgado el 05 de junio de 2024, en su artículo 3 (Clasificación de Potencia Instalada para la Generación Distribuida), establece las siguientes potencias instaladas para la Generación Distribuida:

- a) Nanogeneración Distribuida. Potencia instalada menor o igual a 10 kW;
- b) Microgeneración Distribuida. Potencia instalada mayor a 10 kW y menor o igual a 50 kW;
- c) Minigeneración Distribuida. Potencia instalada mayor a 50 kW y menor o igual a 500 kW; d) Macrogeneración Distribuida. Potencia instalada mayor a 500 kW, aplicable solo a la Autoproducción con Generación Distribuida. *(Bolivia: Decreto Supremo N° 5167, 2024)*

Acceso a la Generación Distribuida

Todos los consumidores regulados como personas naturales y jurídicas dentro del área de concesión de la Distribuidora pueden acceder a la Generación Distribuida, considerando las potencias instaladas establecidas en el Decreto Supremo 5167 del 5 de junio de 2024. Además, deberán considerar su demanda de energía de la red, la categoría tarifaria asignada y el nivel de tensión correspondiente. Según el Cuadro adjunto.

Tabla 3

Clasificación de la Potencia Instalada según el Nivel de Demanda y Tensión para los Consumidores Regulados Solicitantes

Nivel de Demanda	Nivel de Tensión	Nanogeneración (≤ 10 kW)	Microgeneración (> 10 kW y ≤ 50 kW)	Minigeneración (> 50 kW y ≤ 500 kW)
PD	BT	SI	SI	NO
	MT	SI	SI	SI
MD	BT	SI	SI	NO
	MT	SI	SI	SI
GD	BT	SI	SI	NO
	MT	SI	SI	SI

Nota. Los datos fueron tomados del Anexo de la Resolución AETN N° 379/2024.

2.11 Tarifas eléctricas en el Departamento de Santa Cruz

La Resolución AETN N° 654/2023 aprobó la determinación de las tarifas base aplicables a la Distribuidora Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.) para el período comprendido entre noviembre de 2023 y octubre de 2027. En dicha resolución se establecen las tarifas base resultantes del modelo tarifario, junto con sus fórmulas de indexación para el período mencionado, así como los factores de carga típicos. (AETN, 2023).

Considerando que se tiene n estructuras tarifarias base por categorías, para el presente proyecto se seleccionan aquellas que permitirán analizar la relación de costo beneficio de la implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red del Distribuidor.

Estructura tarifaria base para Pequeñas Demandas (P.D.)

En esta categoría de Pequeñas Demandas (P.D.) se encuentran conectados los consumidores regulados en baja o media tensión cuya potencia máxima es inferior o igual a 10 (kW).

Tabla 4*Domiciliario-PD BT*

CM con derecho a 15 kWh	Bs.	13.162
De 16 a 120 kWh	Bs./kWh	0.727
De 121 a 300 kWh	Bs./kWh	0.929
De 301 a 500 kWh	Bs./kWh	0.978
De 501 a 1000 kWh	Bs./kWh	0.978
Excedente a 1000 kWh	Bs./kWh	0.978

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 5*General 1 PD BT*

CM con derecho a 20	Bs.	22.479
De 21 a 300 kWh	Bs./kWh	1.002
De 301 a 1000 kWh	Bs./kWh	1.471
Excedente a 1000 kWh	Bs/kWh	1.331

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 6*General 2 PD BT*

Cargo Mínimo con derecha a 20 kWh	Bs/mes	31.304
De 21 a 300 kWh	Bs./kWh	1.310
De 301 a 1000 kWh	Bs./kWh	1.720
Excedente a 1000 kWh	Bs./kWh	1.464

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 7*Industrial 1 PD BT*

CF	Bs	6.033
De 0 a 1000 kWh	Bs/kWh	0.712
Excedente a 1000 kWh	Bs/kWh	0.607

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 8*Granjeros PD BT*

Cargo Fijo	Bs/mes	46.156
De 0-100 kWh	Bs./kWh	0.850
Excedente a 100	Bs./kWh	0.875

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Estructura tarifaria base para Medianas Demandas (M.D.)

En esta categoría de Medianas Demandas (M.D.) se encuentran conectados los consumidores regulados en baja o media tensión cuya potencia es mayor a 10 (kW) e inferior o igual a 50 (kW).

Tabla 9*Domiciliaria MD MT*

CF	Bs.	29.690
De 0 a 20 kWh	Bs./kWh	0.032
De 21 a 120 kWh	Bs./kWh	0.400
De 121 a 300 kWh	Bs./kWh	0.427
De 301 a 500 kWh	Bs./kWh	0.464
De 501 a 1000 kWh	Bs./kWh	0.464
Excedente a 1000 kWh	Bs./kWh	0.464
Cargo por Potencia	Bs./kW-mes	29.345

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 10*General 1 MD MT*

CF	Bs.	26.685
De 0 a 20 kWh	Bs./kWh	0.032
De 21 a 300 kWh	Bs./kWh	0.585
Excedente a 300 kWh	Bs./kWh	0.955
Cargo por Potencia	Bs./kW-mes	29.534

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 11*General 2 MD MT*

CF	Bs	35.513
De 0 a 20 kWh	Bs/kWh	0.032
De 21 a 300 kWh	Bs/kWh	0.812
De 301 a 500 kWh	Bs/kWh	1.275
Excedente a 500 kWh	Bs/kWh	1.058
Cargo por Potencia	Bs/kW-mes	28.509

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 12*Industrial 1 MD MT*

CF	Bs	10.240
Cargo Variable	Bs/kWh	0.251
Cargo por Potencia	Bs/kW-mes	57.315

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr.
[<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 13*Granjeros MD MT*

Cargo Fijo	Bs/mes	46.156
De 0-200 kWh	Bs./kWh	0.403
Excedente a 200	Bs./kWh	0.468
Cargo por Potencia	Bs/kW- mes	41.268

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr. [<https://www.aetn.gob.bo/>]

Estructura tarifaria base para Gran Demandas (G.D.)

En esta categoría de Grandes Demandas (M.D.) se encuentran conectados los consumidores regulados en baja, media o alta tensión cuya potencia máxima, es superior a 50 (kW).

Tabla 14*Domiciliaria GD TM*

CF	Bs.	33.079
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.043
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.014
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.013
De 21 a 120 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.547
De 21 a 120 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.253
De 21 a 120 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.240
De 121 a 300 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.585
De 121 a 300 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.268
De 121 a 300 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.251
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.632
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.292
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.274
De 501 a 1000 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.632
De 501 a 1000 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.292
De 501 a 1000 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.274
Excedente a 1000 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.632
Excedente a 1000 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.292
Excedente a 1000 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.274
Cargo por Potencia de Punta	Bs./kW mes	35.031
Cargo por Exceso de Potencia Fuera de Punta	Bs./kW mes	6.978

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr. [<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 15*General 1 GD MT*

CF	Bs/mes	25.565
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.039
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.011
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.010
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	0.755
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.286
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.267
Excedente a 300 kWh - Bloque Alto	Bs./kWh	1.261
Excedente a 300 kWh - Bloque Medio	Bs./kWh	0.458
Excedente a 300 kWh - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.427
Cargo por Potencia de Punta	Bs./kW-mes	32.880
Cargo por Exceso de Potencia de Punta	Bs./kW-mes	7.414

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr. [<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 16*General 2 GD MT*

CF	Bs	33.074
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	Bs/kWh	0.038
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	Bs/kWh	0.013
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	Bs/kWh	0.012
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	Bs/kWh	0.894
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	Bs/kWh	0.470
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	Bs/kWh	0.440
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	Bs/kWh	1.396
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	Bs/kWh	0.724
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	Bs/kWh	0.678
Excedente a 500 kWh - Bloque Alto	Bs/kWh	1.160
Excedente a 500 kWh - Bloque Medio	Bs/kWh	0.604
Excedente a 500 kWh - Bloque Bajo	Bs/kWh	0.565
Cargo por Potencia de Punta	Bs/kW-mes	33.267
Cargo por Potencia Fuera de Punta	Bs/kW-mes	5.930

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr. [<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 17*Industrial 2 GD MT*

CF	Bs.	13.623
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Alto	Bs./kWh	0.434
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Medio	Bs./kWh	0.215
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Bajo	Bs./kWh	0.202
Excedente a 200kWh/kW Bloque Alto	Bs./kWh	0.360
Excedente a 200kWh/kW Bloque Medio	Bs./kWh	0.181
Excedente a 200kWh/kW Bloque Bajo	Bs./kWh	0.170
Cargo por Potencia de Punta	Bs/kW-mes	97.635
Cargo por Potencia Fuera de Punta	Bs/kW-mes	18.580

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr. [<https://www.aetn.gob.bo/>]

Tabla 18*Granjeros GD MT*

CF	Bs	46.156
Bloque Alto	Bs/kWh	0.513
Bloque Medio	Bs/kWh	0.385
Bloque Bajo	Bs/kWh	0.376
Cargo por Potencia de Punta	Bs/kW-mes	49.543
Cargo por Potencia Fuera de Punta	Bs/kW-mes	9.778

Nota. Los datos fueron tomados de la página de la AETN, Flickr. [<https://www.aetn.gob.bo/>]

2.12 Retribución por la energía inyectada a la red de Distribución

En el numeral I, II y III del artículo 6 (Importe de Energía) de la Resolución AETN N° 380/2024, de 4 de julio de 2024, se define el mecanismo de retribución aplicable por la energía inyectada a la red del Distribuidor por parte de los sistemas con Generación Distribuida, Según dicha Resolución AETN (2024a) se tiene el siguiente detalle:

Importe de energía categorías de pequeña y mediana demanda

$$I_E = \left[E_C - E_i - \left(\sum_{i=0}^{n-1} Encm_{(n-1)} \right) \right] * C_{ET}$$

Donde:

I_E : Importe de energía en bolivianos (Bs).

E_C : Energía consumida mensual en kilovatios hora(kWh).

E_i : Energía inyectada mensual en kilovatios hora(kWh).

$Encm$: Energía no compensada mensual en kilovatios hora (kWh).

C_{ET} : Cargos tarifarios de energía de la estructura tarifaria en bolivianos por kilovatio hora (Bs/kWh).

n : Máximo periodo de acumulación de la energía no compensada mensual definido en veinticuatro (24) meses.

Importe de energía categorías de gran demanda

Importe de energía en bloque alto

$$I_{EBA} = \left[E_{CBA} - E_{iBA} - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BA})_{(n-1)} \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BM \rightarrow BA})_{(n-1)} \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BB \rightarrow BA})_{(n-1)} \right) \right] * C_{ETBA}$$

Donde:

I_{EBA} : Importe de energía en bloque alto en bolivianos (Bs).

E_{CBA} : Energía consumida mensual en bloque alto en kilovatios hora(kWh).

E_{iBA} : Energía inyectada mensual en el bloque alto en kilovatios hora(kWh).

$Encm_{BA}$: Energía no compensada mensual en el bloque alto en kilovatios hora (kWh).

$Encm_{BM \rightarrow BA}$: Energía no compensada mensual en el bloque medio ajustada al bloque alto en kilovatios hora (kWh).

$Encm_{BB \rightarrow BA}$: Energía no compensada mensual en el bloque bajo ajustada al bloque alto en kilovatios hora (kWh).

C_{ETBA} : Cargos tarifarios de Energía de la Estructura Tarifaria aplicables al bloque alto en bolivianos por kilovatio hora (Bs/kWh).

n : Máximo periodo de acumulación de la energía no compensada mensual definido en veinticuatro (24) meses.

Importe de energía en bloque medio

$$I_{EBM} = \left[E_{CBM} - E_{iBM} - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BA \rightarrow BM})_{(n-1)} \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BM})_{(n-1)} \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BB \rightarrow BM})_{(n-1)} \right) \right] * C_{ETBM}$$

Donde:

I_{EBM} : Importe de energía en bloque medio en bolivianos (Bs).

E_{CBM} : Energía consumida mensual en bloque medio en kilovatios hora(kWh).

E_{iBM} : Energía inyectada mensual en el bloque medio en kilovatios hora(kWh).

$Encm_{BM}$: Energía no compensada mensual en el bloque medio en kilovatios hora (kWh).

$Encm_{BA \rightarrow BM}$: Energía no compensada mensual en el bloque alto ajustada al bloque medio en kilovatios hora (kWh).

$Encm_{BB \rightarrow BM}$: Energía no compensada mensual en el bloque bajo ajustada al bloque medio en kilovatios hora (kWh).

C_{ETBM} : Cargos tarifarios de Energía de la Estructura Tarifaria aplicables al bloque medio en bolivianos por kilovatio hora (Bs/kWh).

n : Máximo periodo de acumulación de la energía no compensada mensual definido en veinticuatro (24) meses.

Importe de energía en bloque bajo

$$I_{EBB} = \left[E_{CBB} - E_{iBB} - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BA \rightarrow BB})_{(n-1)} \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BM \rightarrow BB})_{(n-1)} \right) - \left(\sum_{i=0}^{n-1} (Encm_{BB})_{(n-1)} \right) \right] * C_{ETBB}$$

Donde:

I_{EBB} : Importe de energía en bloque bajo en bolivianos (Bs).

E_{CBM} : Energía consumida mensual en bloque medio en kilovatios hora(kWh).

E_{iBB} : Energía inyectada mensual en el bloque bajo en kilovatios hora(kWh).

$Encm_{Bb}$: Energía no compensada mensual en el bloque bajo en kilovatios hora (kWh).

$Encm_{BA \rightarrow BB}$: Energía no compensada mensual en el bloque alto ajustada al bloque bajo en kilovatios hora (kWh).

$Encm_{BM \rightarrow BB}$: Energía no compensada mensual en el bloque medio ajustada al bloque bajo en kilovatios hora (kWh).

C_{ETBB} : Cargos tarifarios de Energía de la Estructura Tarifaria aplicables al bloque bajo en bolivianos por kilovatio hora (Bs/kWh).

n : Máximo periodo de acumulación de la energía no compensada mensual definido en veinticuatro (24) meses.

Ajustes de la energía no compensada mensual por bloques horarios

Para considerar la energía no compensada mensual de un bloque horario en el importe de la energía de otro bloque horario, se debe realizar un ajuste de esta energía no compensada mensual a través de la aplicación de un Factor de ajuste, el cual depende de las relaciones entre distintos bloques horarios.

Bloque alto

$$Encm_{BM \rightarrow BA} = Encm_{BM} * fa_{BM \rightarrow BA}$$

$$Encm_{BB \rightarrow BA} = Encm_{BB} * fa_{BB \rightarrow BA}$$

Bloque medio

$$Encm_{BA \rightarrow BM} = Encm_{BA} * fa_{BA \rightarrow BM}$$

$$Encm_{BB \rightarrow BM} = Encm_{BB} * fa_{BM \rightarrow BM}$$

Bloque bajo

$$Encm_{BA \rightarrow BB} = Encm_{BA} * fa_{BA \rightarrow BB}$$

$$Encm_{BM \rightarrow BB} = Encm_{BM} * fa_{BM \rightarrow BB}$$

Para obtener el valor del Factor de ajuste, se aplica la siguiente formula:

$$fa_{BX \rightarrow BY} = \frac{Ce_{Bx}}{Ce_{By}}$$

$fa_{BX \rightarrow BY}$: Factor de ajuste del bloque "origen" al bloque "destino"

Ce_{Bx} : Cargo tarifario de energía de la estructura tarifaria aplicable al bloque "origen" en bolivianos por kilovatio hora (Bs/kWh).

Ce_{By} : Cargo tarifario de energía de la estructura tarifaria aplicable al bloque "destino" en bolivianos por kilovatio hora (Bs/kWh). (p.21-32)

CAPITULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque metodológico adoptado para el presente trabajo, titulado “*Análisis de costos y beneficios para la implementación de la Generación Distribuida mediante instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red*”, es de tipo cuantitativo, dado que se fundamenta en la recolección, análisis e interpretación de datos numéricos asociados al consumo de energía eléctrica (kWh/mes). Este enfoque permite evaluar de manera objetiva los costos y beneficios derivados de la implementación de sistemas de Generación Distribuida (GD) conectados a la red del Distribuidor, posibilitando asimismo la determinación de la rentabilidad, el ahorro económico y el tiempo de recuperación de la inversión de una instalación fotovoltaica.

Asimismo, el estudio incorpora un componente analítico que permite interpretar los resultados desde las perspectivas técnica, económica y normativa, asegurando que dichos resultados se encuentren enmarcados dentro de la normativa legal vigente de Bolivia.

3.2 Tipo y diseño de la investigación

El tipo de investigación es descriptiva, explicativa y aplicada. Es descriptiva porque se enfoca en determinar la cantidad de energía que pueden generar las instalaciones fotovoltaicas durante los diferentes meses del año en la ciudad de Santa Cruz. Es explicativa porque busca analizar la relación entre la energía generada y la energía consumida, considerando la estructura tarifaria base de la distribuidora CRE R.L. Asimismo, es aplicada, ya que pretende proporcionar resultados prácticos que permitirán evaluar la conveniencia de implementar o no los sistemas de Generación Distribuida.

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que no se manipulan variables independientes, sino que se analizan datos observados a lo largo de un período de un año, obtenidos mediante mediciones, simulaciones y registros históricos de consumo de energía eléctrica. Este diseño permite caracterizar el potencial energético de la Generación Distribuida y evaluar su impacto en los distintos tipos de demanda y categorías de consumidores regulados, aportando una comprensión integral del comportamiento técnico y económico del sistema.

3.3 Población y muestra

La población de estudio estará conformada por los consumidores regulados de energía eléctrica conectados a la red de distribución de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.), ubicados en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Dichos consumidores pertenecen a las categorías tarifarias Domiciliaria, General I, General II, Industrial y Granjeros, conforme a la estructura tarifaria vigente.

Para la conformación de la muestra, se seleccionarán históricos de consumo de energía correspondientes a un período continuo de doce (12) meses. Estos registros serán obtenidos de usuarios de la CRE R.L. clasificados según su nivel de demanda en potencia: pequeña, mediana y gran demanda. La selección de la muestra se realizará considerando los siguientes criterios:

- Disponer de históricos de consumo de energía eléctrica completos de un período de 12 meses.
- Estar clasificado dentro de las categorías de Pequeña, Mediana o Gran Demanda.
- Presentar un comportamiento de consumo regular durante el período analizado, sin variaciones abruptas o atípicas.

Para consumidores de Pequeña y Mediana Demanda, se priorizará a usuarios ubicados en áreas urbanas; mientras que, para consumidores de Gran Demanda, se seleccionarán preferentemente usuarios ubicados en zonas periurbanas o sectores industriales, con el fin de representar de manera más realista la producción de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos.

Una vez seleccionados los históricos de consumo, se llevará a cabo un análisis comparativo entre las categorías tarifarias Domiciliaria, General I, General II, Industrial y Granjeros, considerando los tres niveles de demanda definidos en función de la potencia contratada, de acuerdo con la siguiente clasificación:

Pequeña Demanda: consumidores domiciliarios, comerciales, industriales y granjeros con potencias contratadas menores o iguales a 10 kW.

Mediana Demanda: consumidores domiciliarios, comerciales, industriales y granjeros con potencias contratadas superiores a 10 kW y hasta 50 kW.

Gran Demanda: consumidores domiciliarios, comerciales, industriales y granjeros con potencias contratadas superiores a 50 kW.

El análisis y la evaluación tendrán como finalidad comparar el comportamiento técnico y económico del consumidor en dos escenarios: sin Generación Distribuida y con la implementación de sistemas de Generación Distribuida. Asimismo, se buscará analizar las diferencias entre categorías tarifarias y niveles de demanda, estimar el período de recuperación de la inversión y evaluar la viabilidad técnica y económica de esta tecnología.

3.4 Fuentes y técnicas de recolección de datos

Las fuentes de información consideradas para el siguiente trabajo se clasifican en primarias y secundarias.

Las fuentes primarias incluyen cotizaciones y fichas técnicas proporcionadas por empresas proveedoras de equipos fotovoltaicos ubicadas en la ciudad de Santa Cruz, tales como ENERSOL S.A. y SOLARIA S.R.L., las cuales suministraron información técnica y económica referente a los componentes principales del sistema (módulos fotovoltaicos, inversores, estructuras de soporte, protecciones eléctricas y medidores bidireccionales).

Las fuentes secundarias comprenden las bases de datos meteorológicas y la normativa legal vigente emitida por la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), así como los Decretos Supremos N° 4477 de 24 de marzo de 2021 y N° 5167 de 5 de junio de 2024, que regulan la actividad de la Generación Distribuida en Bolivia.

Las técnicas de recolección de datos aplicadas incluyen la revisión bibliográfica, el análisis normativo y la recopilación de datos históricos de consumo energético de usuarios

representativos, utilizados como base para la simulación y evaluación técnico y económico de los sistemas fotovoltaicos.

3.5 Procedimiento metodológico

El desarrollo metodológico para el presente trabajo, titulado “*Análisis de costos y beneficios para la implementación de la Generación Distribuida mediante instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red*”, se organizó de la siguiente manera:

- Recopilación y clasificación de la información de consumo energético correspondiente a los usuarios regulados de la Cooperativa Rural de Electrificación (CRE R.L.). Esta información deberá incluir los registros mensuales de energía consumida (kWh) y el historial de consumos y pagos efectuados durante un período de un año calendario. Asimismo, los datos deberán estar según los niveles de demanda definidos en la normativa legal vigente: pequeña, mediana y gran demanda, con el propósito de facilitar el análisis comparativo de los diferentes perfiles de consumo.
- Determinación de la radiación solar promedio en la ciudad de Santa Cruz y de los parámetros de diseño del sistema fotovoltaico, empleando herramientas de simulación especializadas.
- Modelado de los sistemas fotovoltaicos para Generación Distribuida con conexión a red mediante el software PVsyst V8.0.5, considerando la orientación, inclinación, pérdidas y eficiencia.
- Estimación de los costos de inversión inicial, diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos para Generación Distribuida con conexión a red, a partir de cotizaciones proporcionadas por empresas especializadas en el rubro, expresadas en moneda nacional, con el objetivo de determinar la viabilidad económica del proyecto.
- Evaluación económica comparativa de las diferentes categorías tarifarias, en función de su nivel de demanda, considerando escenarios con y sin Generación Distribuida. La evaluación se realizará aplicando las estructuras tarifarias base vigente de la

Cooperativa Rural de Electrificación (CRE R.L.), efectuando el análisis mes a mes durante un período de un año.

- Cálculo del período de recuperación de la inversión inicial del proyecto de Generación Distribuida (GD) conectada a la red, mediante la comparación del costo mensual asumido por el consumidor regulado en escenarios con y sin GD. Este análisis permitirá determinar el ahorro económico anual y estimar el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial realizada.

3.6 Instrumentos de análisis

Los principales instrumentos que se emplearán para el análisis de costos y beneficios asociados a la implementación de sistemas de Generación Distribuida mediante instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red son los siguientes:

- Se emplearán planillas de cálculo en Microsoft Excel para realizar el análisis económico y financiero del costo mensual asumido por los consumidores, considerando escenarios con y sin la implementación de sistemas de Generación Distribuida, durante un período anual. El estudio abarcará a los diferentes tipos de demanda y categorías de consumo, con el fin de evaluar las variaciones en los pagos mensuales y la viabilidad económica del sistema.
- Se emplearán bases de datos meteorológicas provenientes de las plataformas Meteonorm, PVWatts y PVGIS, con el objetivo de evaluar el rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos en función de la ubicación geográfica o el sitio de instalación.
- Normativas técnicas y legales vigentes sobre Generación Distribuida emitidas por la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN): Resoluciones AETN N° 379/2024, AETN N° 380/2024 y los Decretos Supremos N° 4477 y N° 5167.
- Estructura tarifaria base de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.), correspondiente al período noviembre 2023 – octubre 2027.

- Se utilizará el software PVsyst versión 8.0.5 para la simulación del rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos, incorporando las características técnicas, marcas y modelos de los equipos ofertados por las empresas dedicadas a este rubro.

3.7 Variables de estudio

Las variables identificadas para el presente trabajo, titulado “*Análisis de costos y beneficios para la implementación de la Generación Distribuida mediante instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red*”, se describen a continuación:

Variable independiente:

Implementación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos conectados a la red del Distribuidor.

Variables dependientes:

- Energía consumida de la red del Distribuidor (kWh/mes)
- Energía generada mediante Generación Distribuida (kWh/mes)
- Costo de inversión (Bs)
- Ahorro mensual y anual en la facturación (Bs/mes)
- Periodo de recuperación de la inversión (años)

3.8 Limitaciones del estudio

El presente estudio presenta ciertas limitaciones, entre las cuales se identifican las siguientes:

- Los resultados se basan en simulaciones teóricas, las cuales no contemplan variaciones futuras en los precios de los equipos de Generación Distribuida ni en el potencial energético real que podría generar una instalación fotovoltaica bajo condiciones operativas específicas.
- Los costos de inversión y las tarifas base utilizadas corresponden a valores promedio estimados, que pueden variar con el tiempo debido a fluctuaciones económicas, cambios regulatorios o actualizaciones en las políticas tarifarias del sector eléctrico.

- El estudio no contempla pérdidas adicionales asociadas a degradación de paneles, sombreado parcial, suciedad o variaciones en la eficiencia de los inversores a lo largo del tiempo.
- El estudio se fundamenta en la normativa legal vigente, incluyendo las Resoluciones emitidas por la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN) y los Decretos Supremos N° 4477 y N° 5167. No se contemplan posibles modificaciones regulatorias futuras, las cuales podrían implicar cambios en los artículos actuales o la creación de nuevos incentivos o restricciones aplicables a la Generación Distribuida.

CAPITULO IV

4 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

El presente trabajo se enfoca en la evaluación y análisis de los costos y beneficios asociados de la instalación de la Generación Distribuida conectado a la red de Distribución mediante sistemas fotovoltaicos en el departamento de Santa Cruz de la Sierra. Para ello, en primera instancia se recopilará información sobre histórico de consumos mensuales de usuarios de pequeña, mediana y gran demanda, a fin de establecer perfiles de demandas anuales representativos. En una segunda etapa, se determinarán los costos de inversión mediante la obtención de cotizaciones de equipos y componentes de sistemas fotovoltaicos proporcionadas por empresas proveedoras del sector. Posteriormente como tercer punto considerando las cotizaciones de los componentes en las diferentes marcas y modelos ofertados se realizará la simulación utilizando el software PVsyst, el software proporcionará información de la potencia a generarse, las horas solar pico y entre otros. Finalmente, se llevará a cabo un análisis económico financiero que incluirá la estimación del período de recuperación de la inversión y la rentabilidad esperada de los proyectos de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos, para los usuarios en pequeña, mediana y gran demanda.

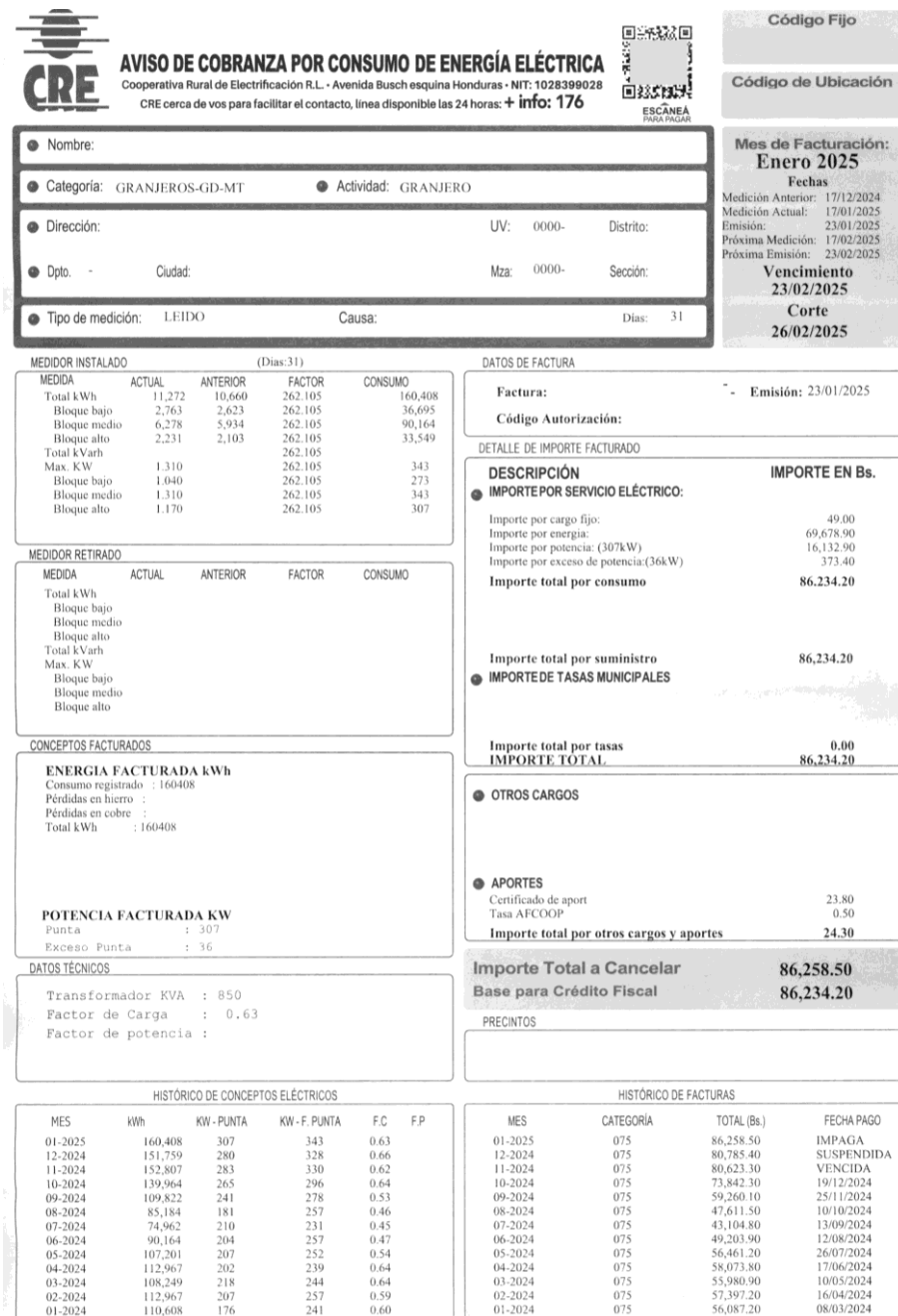
4.1 Selección de consumidores según consumo de energía y demanda

Para la selección de los consumidores objeto de análisis en las categorías de pequeña, mediana y gran demanda, se utilizaron los registros históricos de consumo de energía eléctrica correspondientes a un período de 12 meses de los usuarios de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.). Con el fin de realizar un análisis comparativo, se seleccionó un consumidor representativo para cada categoría de demanda. Los consumidores de pequeña y mediana demanda corresponden a usuarios ubicados en el área urbana de la ciudad de Santa Cruz, mientras que el consumidor de gran demanda se localiza en una zona industrial fuera del área urbana.

En el departamento de Santa Cruz, los mayores niveles de consumo de energía en las distintas categorías se registran durante los meses de calor (septiembre a marzo), debido al uso intensivo de equipos de refrigeración. En contraste, durante los meses de invierno el consumo

presenta una disminución relativa, este hecho hace que los consumos de energía no sean de manera similar en todo el año, tal como se ilustra en la siguiente Figura.

Figura 17
Consumidor de CRE R.L. en Gran Demanda



Nota. La Figura muestra el histórico de consumos mensuales de potencia y energía de un consumidor en Gran Demanda.

En la figura anterior se presenta un aviso de cobranza que contiene información relevante sobre el consumo mensual de energía, la potencia de punta y potencia fuera de punta, los montos pagados por el usuario, la capacidad del transformador, entre otros datos importantes correspondientes a un periodo de 12 meses. Este aviso de cobranza corresponde a un consumidor clasificado en la categoría de gran demanda; de manera similar se seleccionó para las categorías de pequeña y mediana demanda se seleccionó también un consumidor representativo de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.).

A partir de los históricos de consumo es posible determinar el consumo promedio de energía eléctrica anual en cada categoría. Asimismo, esta información constituye la base para estimar la capacidad de potencia requerida en una instalación fotovoltaica destinada a la Generación Distribuida.

Pequeña Demanda

A partir del histórico de consumos de un usuario perteneciente a la categoría de pequeña demanda de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.), se dispone de datos correspondientes a un período de doce (12) meses. Este registro refleja el comportamiento mensual del consumo de energía eléctrica, lo cual permitirá analizar y comparar los montos facturados al usuario en escenarios con y sin la implementación de un sistema de Generación Distribuida (GD).

Tabla 19

Histórico de Consumos de Energía Mensual en Pequeña Demanda

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752

Nota. Los datos del histórico de consumos de energía corresponden a un consumidor regulado de CRE R.L.

El histórico de consumos será empleado para evaluar los montos que el usuario debería pagar a la empresa Distribuidora, tanto de forma mensual como anual (doce meses). Asimismo, esta información permitirá estimar los costos asociados bajo diferentes categorías tarifarias, tales

como Domiciliaria PD-BT, General I PD-BT, General II PD-BT, Industrial I PD-BT y Granjeros PD-BT.

Cabe destacar que el precio del kilovatio hora (kWh) varía según la categoría tarifaria y el nivel de demanda, conforme a lo establecido en la Resolución AETN N° 654/2023, referida en el marco teórico del presente estudio.

Mediana Demanda

De manera similar al caso de la categoría de pequeña demanda, se seleccionó un usuario perteneciente a la categoría de mediana demanda de la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.), del cual se dispone el histórico de consumos de energía eléctrica correspondiente a un período de un año.

Esta información será utilizada para estimar los costos que el usuario asumiría bajo diferentes categorías tarifarias, tales como Domiciliaria MD-MT, General I MD-MT, General II MD-MT, Industrial I MD-MT y Granjeros MD-MT. Dicho análisis permitirá comparar el impacto económico de la implementación de sistemas fotovoltaicos de Generación Distribuida en mediana demanda, considerando la estructura tarifarias base de CRE R.L.

Tabla 20

Histórico de Consumos de Energía Mensual en Mediana Demanda

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719

Nota. Los datos del histórico de consumos de energía corresponden a un consumidor regulado de CRE R.L.

Gran Demanda

Para la categoría de Gran Demanda, el histórico de consumos considerado para el análisis se presenta en la Figura N° 17. En este caso, es necesario contar con los registros mensuales completos, debido a que los consumos de energía y las demandas de potencia se encuentran desagregados por bloques horarios.

La tabla correspondiente muestra, para cada mes y bloque horario, los valores de consumo de energía registrados, lo que permitirá analizar y comparar los montos facturados al usuario en escenarios con y sin la implementación de un sistema de Generación Distribuida (GD).

Asimismo, se procederá a evaluar los costos bajo las distintas categorías tarifarias aplicables a consumidores de Gran Demanda, tales como Domiciliaria GD-MT, General I GD-MT, General II GD-MT, Industrial II GD-MT y Granjeros GD-MT.

Cabe destacar que los precios de la energía y la potencia se encuentran establecidos en la Resolución AETN N.º 654/2023, citada en el marco teórico del presente estudio.

Tabla 21

Histórico de Consumos de Energía Mensual en Gran Demanda

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía facturada bloque alto (kWh)	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio (kWh)	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo (kWh)	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460

Nota. Los datos del histórico de consumos de energía corresponden a un consumidor regulado de CRE R.L.

4.2 Consideraciones para la aplicación de las estructuras tarifarias

Para realizar el análisis de la rentabilidad y del período de recuperación de la inversión en proyectos de Generación Distribuida (GD) en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, es fundamental considerar la Normativa legal vigente que regula la aplicación de tarifas de distribución y la retribución por energía inyectada a la red.

En primer lugar, se toma como referencia la Normativa para la Aplicación de Tarifas de Distribución (NATD), aprobada mediante la Resolución AETN N° 461/2020 de fecha 5 de noviembre de 2020, la cual establece los criterios técnicos, económicos y contables para la determinación y actualización de las tarifas aplicables a los consumidores regulados.

Asimismo, se considera la Resolución AETN N° 654/2023, de fecha 31 de octubre de 2023, que aprueba la Determinación de las Tarifas Base para la Cooperativa Rural de Electrificación

R.L. (CRE R.L.), correspondientes al período noviembre de 2023 a octubre de 2027. Este documento define los valores tarifarios vigentes para cada categoría de usuario (Domiciliaria, General, Industrial, Granjeros, entre otras), los cuales son esenciales para el cálculo de los costos de facturación eléctrica y para la comparación de escenarios con y sin Generación Distribuida.

Finalmente, se incorpora la Resolución AETN N° 380/2024, de fecha 4 de julio de 2024, que aprueba el Reglamento de Retribución por la Energía Inyectada a la Red de Distribución en Generación Distribuida. Esta norma establece las condiciones, mecanismos y procedimientos mediante los cuales los usuarios generadores reciben una compensación económica por la energía excedente que inyectan al sistema, constituyéndose en un elemento clave para la evaluación económica y financiera de los proyectos fotovoltaicos conectados a red.

En conjunto, estas Resoluciones proporcionan el marco regulatorio y tarifario necesario para determinar la viabilidad económica de la Generación Distribuida en el contexto boliviano, permitiendo estimar con mayor precisión los costos, beneficios y tiempos de retorno de la inversión para los distintos tipos de usuarios.

Con base en las Resoluciones anteriormente mencionadas, y a partir de los avisos de cobranzas emitidos mensualmente por la empresa Distribuidora, es posible desglosar los montos facturados al usuario por el consumo de energía eléctrica proveniente de la red durante un período determinado. Este desglose permite identificar los componentes tarifarios aplicados a cada categoría de consumidor y constituye la base para el análisis comparativo entre escenarios con y sin Generación Distribuida (GD).

Descripción de las categorías tarifarias

Las categorías tarifarias aplicables a los consumidores regulados se encuentran definidas por el ente regulador del sector eléctrico, conforme a la normativa vigente. A continuación, se describen las categorías consideradas en el presente estudio:

Categoría Domiciliaria: También conocido como Categoría Residencial a esta categoría corresponde los consumidores que utilizan el suministro de electricidad para casas,

departamentos destinados a viviendas, viviendas en la que los usuarios poseen una habitación o más viviendas, un pequeño negocio de venta de artículos de menudeo.

Categoría General I: Comprende a consumidores que utilizan el suministro de electricidad para: Escuelas, Institutos de enseñanza, Hospitales, Clínicas y establecimientos destinados a la salud, asociaciones civiles y entidades sin fines de lucro.

Categoría General II: A esta categoría comprende a consumidores que utilizan el suministro de electricidad para fines de lucro como: bancos, centros de hospedaje, restaurantes, confiterías y locales afines.

Categoría Industrial: Corresponde a consumidores destinados a procesos de transformación física o química de los materiales, sustancias o componentes en productos nuevos.

Categoría Granjeros: Esta categoría se aplica a consumidores que utilizan el suministro de electricidad en labores agroindustriales, pequeñas granjas, establecimientos agrícolas, etc. Ubicados en el área rural y suburbana.

4.3 Evaluación de la facturación sin Generación Distribuida

A partir de los históricos de consumo, que registran la energía utilizada durante un período de 12 meses y considerando las categorías tarifarias Domiciliaria, General I, General II, Industrial y Granjeros, así como su clasificación por nivel de demanda (pequeña, mediana y gran demanda), se calculan los montos que los usuarios deberían pagar a la Distribuidora CRE R.L. por el suministro de energía eléctrica en un escenario sin implementación de Generación Distribuida.

Para la estimación del cargo por alumbrado público, se aplicó un valor equivalente al 10% del consumo total de energía. Respecto a las tasas municipales de aseo, estas presentan estructuras diferenciadas según la zona de prestación del servicio; sin embargo, debido a la falta de información específica, los cálculos de facturación no incluyen los costos asociados al servicio de aseo urbano.

En las categorías de pequeña y mediana demanda, el precio del kilovatio hora (kWh) varía según la categoría tarifaria y el nivel de consumo de energía. En consecuencia, el costo del kWh depende de la categoría asignada al consumidor y del rango de consumo correspondiente.

En el caso de los usuarios de gran demanda, el costo de la energía se determina en función del bloque horario de consumo. El precio del kWh es mayor en el bloque alto (18:00 a 23:00), intermedio en el bloque medio (07:00 a 18:00 y 23:00 a 00:00) y menor en el bloque bajo (00:00 a 07:00), período en el que se aplican las tarifas más económicas.

Una vez seleccionados los históricos de consumo, se reproduce el detalle de la facturación mensual para un período de un (1) año, considerando la estructura tarifaria base aprobada para la Distribuidora CRE R.L. Este procedimiento se aplicó a todas las categorías analizadas, detallando para cada mes el consumo de energía, el monto a pagar, el precio aplicado a cada rango de consumo y, en el caso de usuarios de mediana y gran demanda, los cargos asociados a la potencia contratada, las pérdidas en el transformador y otros componentes tarifarios relevantes.

A modo ilustrativo, la Tabla 22 presenta la facturación correspondiente a la categoría Domiciliaria – PD – BT-11, mientras que las Tablas correspondientes a las demás categorías se incluyen en el apartado de Anexos.

Finalmente, en la parte inferior de cada tabla se presenta el monto total mensual a pagar por el usuario, obtenido a partir de la suma de todos los conceptos tarifarios aplicables conforme a la Normativa legal vigente. Asimismo, se muestra el monto acumulado anual, expresado en bolivianos (Bs), que representa el total de pagos efectuados durante los doce (12) meses.

Categoría Pequeñas Demandas

Tabla 22

DOMICILIARIA - PD -BT-11

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
TARIFA (DOMICILIARIA - PD -BT-11)													
0 a 15 kWh	13.20	13.25	13.27	13.29	13.50	13.48	13.57	13.60	13.63	13.73	13.77	13.87	
De 16 a 120 kWh	0.73	0.73	0.73	0.73	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.77	
De 121 a 300 kWh	0.93	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	
De 301 a 500 kWh	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	
De 501 a 1000 kWh	1.10	1.10	1.10	1.11	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06	1.07	1.04	1.04	
Excedente a 1000 kWh	1.52	1.53	1.53	1.53	1.46	1.45	1.46	1.47	1.47	1.48	1.39	1.40	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
0 a 15 kWh	13.20	13.25	13.27	13.29	13.50	13.48	13.57	13.60	13.63	13.73	13.77	13.87	
Cargos Variables:													
De 16 a 120 kWh	76.55	76.86	76.97	77.07	78.33	78.23	78.65	78.86	79.07	79.59	79.80	80.43	
De 121 a 300 kWh	167.58	168.30	168.66	168.84	171.54	171.18	172.44	172.80	173.16	174.42	174.96	176.22	
De 301 a 500 kWh	196.00	196.80	197.20	197.40	200.60	200.40	201.60	202.20	202.60	204.00	204.60	206.00	
De 501 a 1000 kWh	409.55	373.03	426.70	317.69	256.44	188.30	221.23	255.22	271.62	129.23	496.76	262.57	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	862.90	828.20	882.80	774.30	720.40	651.60	687.50	722.70	740.10	601.00	969.90	739.10	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	86.29	82.82	88.28	77.43	72.04	65.16	68.75	72.27	74.01	60.10	96.99	73.91	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	949.19	911.02	971.08	851.73	792.44	716.76	756.25	794.97	814.11	661.10	1066.89	813.01	10098.55

De los importes calculados se observa que, considerando un consumo de energía constante mes a mes durante un período de un (1) año, los montos facturados en bolivianos varían según la categoría tarifaria asignada por la Distribuidora CRE R.L. Esta variación se debe a que el precio del kilovatio hora no es uniforme entre categorías. En algunas, el costo del kWh aumenta conforme se incrementa el consumo, mientras que en otras disminuye a medida que el consumo se eleva. En el caso de las categorías de mediana y gran demanda, además del cargo por energía consumida, se incorporan cargos adicionales asociados a la potencia contratada y a las pérdidas en el transformador.

Resultados obtenidos

En los siguientes Tablas y Figuras se presenta un resumen del monto total en bolivianos que correspondería pagar durante un año, considerando el consumo de energía en los distintos tipos de demanda y según la categoría determinada por la Distribuidora.

Dentro de la categoría de pequeñas demandas, y considerando el historial de consumos presentado, la categoría que registra el mayor pago por kilovatio hora en un periodo de un año es la Categoría General II.

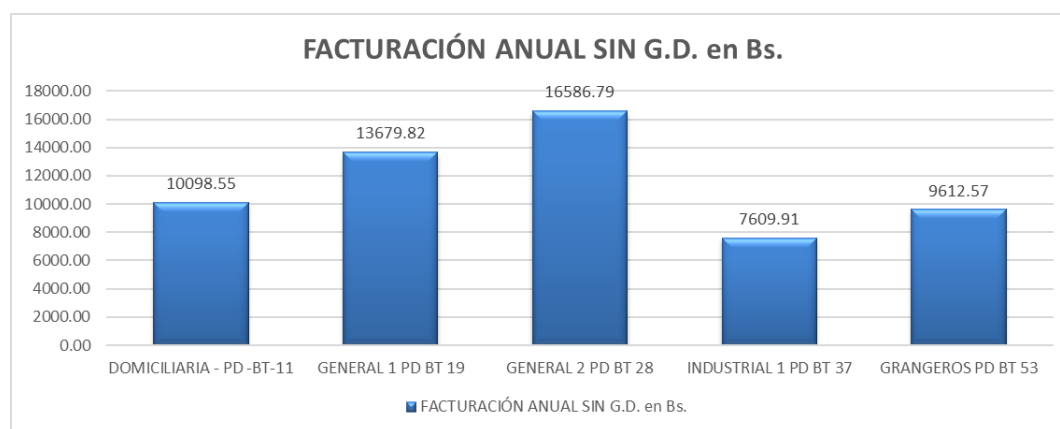
Tabla 23

Resumen de Facturación Anual Sin Generación Distribuida en Pequeña Demanda

Nº	CATEGORIAS	FAC. ANUAL SIN G.D.
1	DOMICILIARIA - PD -BT-11	10098.55
2	GENERAL 1 PD BT 19	13679.82
3	GENERAL 2 PD BT 28	16586.79
4	INDUSTRIAL 1 PD BT 37	7609.91
5	GRANGEROS PD BT 53	9612.57

Figura 18

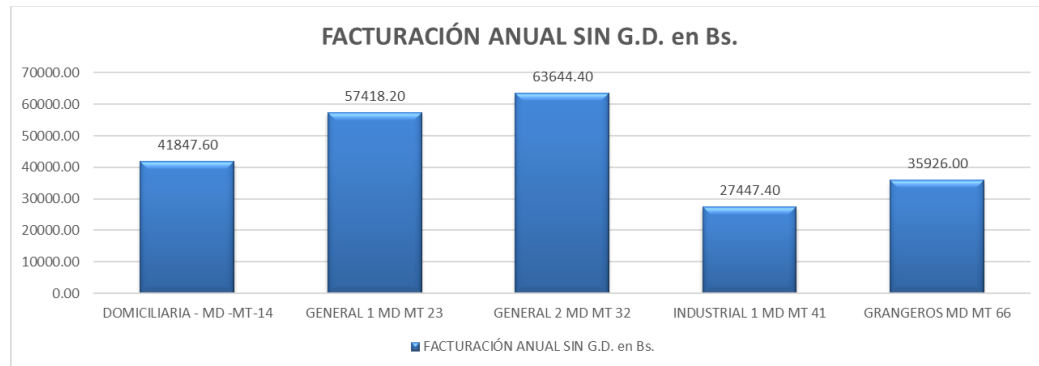
Monto Anual Facturado en Categorías de Pequeñas Demandas sin G.D.



Dentro de la categoría de medianas demandas, y considerando el historial de consumos presentado, la categoría que registra el mayor pago por kilovatio hora en un periodo de un año es de igual manera la Categoría General II.

Tabla 24*Resumen de Facturación Anual Sin Generación Distribuida en Mediana Demanda*

Nº	CATEGORIAS	FAC. ANUAL SIN G.D. (Bs.)
1	DOMICILIARIA - MD -MT-14	41847.60
2	GENERAL 1 MD MT 23	57418.20
3	GENERAL 2 MD MT 32	63644.40
4	INDUSTRIAL 1 MD MT 41	27447.40
5	GRANGEROS MD MT 66	35926.00

Figura 19*Monto Anual Facturado en Categorías de Medianas Demandas sin G.D.*

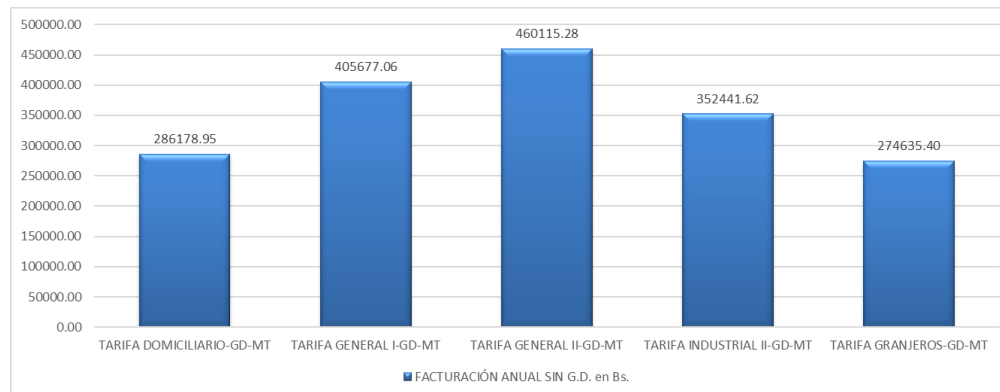
Dentro de la categoría de Grandes Demandas, y considerando el historial de consumos presentado, la categoría que registra el mayor pago por kilovatio hora en un periodo de un año es de igual manera la Categoría General II.

Tabla 25*Resumen de Facturación Anual Sin Generación Distribuida en Gran Demanda*

Nº	CATEGORIAS	FAC. ANUAL SIN G.D. (Bs.)
1	TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT	286178.95
2	TARIFA GENERAL I-GD-MT	405677.06
3	TARIFA GENERAL II-GD-MT	460115.28
4	TARIFA INDUSTRIAL II-GD-MT	352441.62
5	TARIFA GRANJEROS-GD-MT	274635.40

Figura 20

Monto Anual Facturado en Categorías de Grandes Demandas sin G.D.



De acuerdo con la normativa legal vigente, entre los tres tipos de demanda existentes (Pequeña, Mediana y Gran Demanda), la Categoría General II es la que presenta el costo más alto por kilovatio hora en un periodo de un año, seguido de la Categoría General I.

4.4 Estimación de la inversión en sistemas fotovoltaicos conectados a red

En los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, la determinación de la potencia del generador y la energía a producir requiere, en primera instancia, identificar el consumo anual de energía eléctrica (kWh) del usuario. A partir de este valor, y mediante el uso de software especializado como PVsyst, es posible dimensionar la potencia fotovoltaica óptima necesaria para cubrir parcial o totalmente dicho consumo.

Cabe destacar que el consumidor regulado tiene la posibilidad de definir el grado de cobertura de su demanda eléctrica mediante el sistema de Generación Distribuida (GD), ya sea para autoconsumo parcial, total o con inyección de excedentes a la red, dependiendo de su perfil de consumo y capacidad de inversión.

Componentes de la inversión

La inversión total en una instalación fotovoltaica conectada a red en Bolivia comprende diversos elementos, entre los cuales se incluyen: paneles solares, inversores, estructuras de soporte, cableado, medidores bidireccionales, sistemas de protección eléctrica, instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

El costo total del proyecto varía en función de factores como la capacidad instalada del sistema (kWp), la calidad y eficiencia de los componentes, las condiciones de instalación (tipo de techo, orientación, sombras, entre otros) y los costos logísticos y de mano de obra en la región.

Paneles solares fotovoltaicos: Representan uno de los principales componentes del sistema. Su precio depende de la marca, potencia nominal, tipo de tecnología (monocristalina o policristalina), eficiencia de conversión, garantía del fabricante y procedencia.

Inversor solar: Es el componente más costoso y técnicamente crítico del sistema, ya que convierte la corriente continua (DC) generada por los paneles en corriente alterna (AC) compatible con la red eléctrica. Su precio depende de la potencia nominal, tecnología de conversión, eficiencia, número de fases y funciones adicionales (monitoreo, protección, comunicación, etc.). En general, los inversores monofásicos se utilizan en instalaciones residenciales o de pequeña escala, mientras que los inversores trifásicos se recomiendan para sistemas de mayor potencia (superiores a 10 kW).

Instalación y montaje: Los costos asociados a la instalación dependen de la potencia total del sistema, la complejidad del diseño y la infraestructura disponible en el sitio. En la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, la instalación y diseño de sistemas de Generación Distribuida solo puede ser realizada por empresas autorizadas por la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), conforme a lo establecido en la normativa vigente.

Estas empresas cuentan con personal técnico certificado y con experiencia en diseño eléctrico, instalación de sistemas fotovoltaicos y conexión a red, garantizando el cumplimiento de las normas de seguridad eléctrica y calidad de servicio.

Mantenimiento del sistema: El mantenimiento preventivo y correctivo es fundamental para garantizar la eficiencia, seguridad y vida útil de los equipos. Incluye actividades como limpieza de paneles, revisión de conexiones eléctricas, verificación de protecciones, control de rendimientos y actualización de software del inversor.

De acuerdo con la Resolución AETN N° 379/2024, en su Artículo 19 (Criterios para la operación, mantenimiento y seguridad de la conexión), se establece que:

l) El Generador Distribuido será responsable del mantenimiento de su Sistema de Generación Distribuida a su costo.

m) El Generador Distribuido de Minigeneración y Macrogeneración debe presentar al Distribuidor los respaldos que demuestren la ejecución de los mantenimientos periódicos de su sistema, conforme al cronograma referencial de mantenimiento presentado inicialmente.

Esto implica que la responsabilidad operativa y de mantenimiento recae directamente en el propietario del sistema, siendo este un aspecto clave en la evaluación económica de la inversión.

Estimación económica del sistema

En relación con los aspectos señalados, en los Anexos a), b) y c) se presentan las cotizaciones obtenidas de empresas especializadas en el suministro e instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Estas cotizaciones incluyen información detallada sobre:

- Costo unitario de los paneles solares y cantidad requerida.
- Precio del inversor y accesorios eléctricos.
- Costo del medidor bidireccional
- Costo del diseño, instalación y puesta en marcha.
- Mantenimiento anual estimado y garantías.

La información recopilada permite estimar el costo total de inversión para cada tipo de demanda (pequeña, mediana y gran demanda), constituyendo la base para el análisis de rentabilidad y período de recuperación que se desarrolla en las secciones posteriores.

En términos generales, la inversión inicial en sistemas fotovoltaicos conectados a red en Bolivia se encuentra dentro de un rango competitivo en comparación con otros países de la región, especialmente considerando la alta radiación solar promedio anual de la zona oriental del país, lo cual contribuye a una mayor generación de energía y un retorno más favorable de la inversión.

4.5 Simulación del rendimiento energético de los sistemas fotovoltaicos

Para estimar la energía eléctrica que puede generar una instalación fotovoltaica conectada a la red en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, se utilizó el software PVsyst, una herramienta ampliamente reconocida a nivel internacional por su precisión en la simulación, dimensionamiento y análisis de sistemas fotovoltaicos. Este programa permite seleccionar parámetros técnicos específicos tales como fabricantes, modelos de módulos e inversores, tipos de montaje, inclinación, orientación, así como definir las condiciones climáticas locales y pérdidas eléctricas y térmicas asociadas al sistema.

El uso de PVsyst se justifica frente a otros programas de simulación (como PVGIS o PVWatts), dado que ofrece una mayor capacidad de personalización y un análisis técnico más detallado, incluyendo balances energéticos, curvas de rendimiento, factores de pérdidas, y evaluaciones de eficiencia global del sistema.

En este estudio se realizaron simulaciones correspondientes a tres niveles de Generación Distribuida: Nanogeneración Distribuida, Microgeneración Distribuida y Minigeneración Distribuida, siguiendo las definiciones establecidas en la normativa legal vigente.

Para los casos de Nanogeneración y Microgeneración Distribuida, el punto de simulación de referencia se ubicó en el centro urbano de Santa Cruz de la Sierra, considerando condiciones representativas del consumo residencial y comercial de pequeña escala. Por otra parte, para la Minigeneración Distribuida, la simulación se realizó en una zona periurbana, dado que los consumidores de gran demanda suelen ubicarse en áreas industriales o agroindustriales fuera del área urbana.

En cada caso, se definieron las condiciones necesarias para garantizar la representatividad del modelo, incluyendo:

Datos meteorológicos: irradiancia global, temperatura ambiente y radiación difusa obtenida del banco de datos de PVsyst y contrastada con fuentes como Meteonorm.

Parámetros de inclinación y orientación de los módulos (óptimos según la latitud de Santa Cruz).

Factores de pérdidas por temperatura, suciedad, cableado, sombreado parcial y eficiencia del inversor.

Las simulaciones se realizaron para tres niveles de potencia instalada, seleccionados conforme a los rangos más representativos para los consumidores regulados por la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.). Para cada nivel de potencia se obtuvieron los siguientes resultados:

- Cantidad total de módulos solares requeridos.
- Tipo, marca y modelo de los paneles e inversores seleccionados.
- Parámetros eléctricos nominales (tensión, corriente y potencia pico).
- Producción energética mensual y anual (en kWh).
- Factor de rendimiento global y eficiencia del sistema.

En las figuras y tablas siguientes se detallan los resultados de las simulaciones para cada caso analizado, permitiendo observar las diferencias en generación energética en función de la potencia instalada, las condiciones de ubicación y las características técnicas de los equipos seleccionados.

El análisis de los resultados obtenidos a partir de PVSyst permite además evaluar el comportamiento estacional del sistema fotovoltaico, identificando los meses de mayor y menor producción energética. Este aspecto resulta clave para determinar el equilibrio energético anual, la fracción solar aportada al consumo del usuario, y, en consecuencia, la rentabilidad económica y el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto de Generación Distribuida.

Nanogeneración Distribuida

Figura 21

Características Técnicas de los Equipos en Nanogeneración Distribuida

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	CHSM72N(DG)/F-BH-590	Modelo	HMS-2000-4T
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	590 Wp	Unidad Nom. Potencia	2.00 kWca
Número de módulos FV	8 unidades	Número de inversores	2 unidades
Nominal (STC)	4720 Wp	Potencia total	4.0 kWca
Módulos	8 cadena x 1 En serie	Voltaje de funcionamiento	16-60 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.18
Pmpp	4375 Wp	Reparto de potencia en este inversor	
U mpp	39 V		
I mpp	111 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	4.72 kWp	Potencia total	4 kWca
Total	8 módulos	Número de inversores	2 unidades
Área del módulo	20.7 m ²	Proporción Pnom	1.18

Nota. Simulación realizada en PVsyst 8.0.5, según proformas de cotización.

Tabla 26

Balances y Resultados Principales de la Simulación en PVsyst V8.0.5 para P.D.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobIn kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	Earray KWh	E_Grid KWh	PR proporción
Enero	222.1	81.27	27.29	201.1	194.2	826.8	792.9	0.835
Febrero	181.4	71.46	26.6	175.4	170.4	723.9	693.9	0.838
Marzo	191.2	70.09	26.43	198.6	193.2	821.9	787.8	0.84
Abril	161.2	52.24	24.84	180.4	176	745.8	714.7	0.839
Mayo	144.3	47.84	22.32	174.1	170.4	741.4	711	0.865
Junio	124.1	40.56	21.02	155.5	151.8	666.9	639.8	0.872
Julio	134.7	48.7	21.13	164.9	161.2	707.9	679.3	0.873
Agosto	143.6	64.82	24.13	164.1	160.3	696.1	668	0.863
Septiembre	157.6	72.74	25.5	167.7	163.4	700.4	671.7	0.849
Octubre	180.5	85.22	26.98	177.6	172.1	737.6	707.6	0.844
Noviembre	196.8	84.08	26.68	182.5	176.3	846.104	812	0.841
Diciembre	210.2	82.96	27.02	187.9	180.9	773.164	742	0.838
Año	2047.7	801.95	24.99	2129.6	2070.1	8987.9	8620.7	0.849

Nota. La tabla muestra los resultados de la energía promedio que producirá la instalación fotovoltaica

Microgeneración Distribuida

Figura 22

Características Técnicas de los Equipos en Microgeneración Distribuida

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	TSM-450-NEG9R-28	Modelo	S5-GR3P20K
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	450 Wp	Unidad Nom. Potencia	20.0 kWca
Número de módulos FV	44 unidades	Número de inversores	2 * MPPT 50% 1 unidad
Nominal (STC)	19.80 kWp	Potencia total	20.0 kWca
Módulos	4 cadena x 11 En serie	Voltaje de funcionamiento	160-1000 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	0.99
Pmpp	18.33 kWp	No hay reparto de potencia entre MPPTs	
U mpp	447 V		
I mpp	41 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	20 kWp	Potencia total	20 kWca
Total	44 módulos	Número de inversores	1 unidad
Área del módulo	87.9 m ²	Proporción Pnom	0.99
Área celular	80.7 m ²		

Nota. Simulación realizada en PVsyst 8.0.5, según proformas de cotización.

Tabla 27

Balances y Resultados Principales de la Simulación en PVsyst V8.0.5 para M.D.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobIn kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	Earray KWh	E_Grid KWh	PR proporción
Enero	222.2	81.19	27.29	208.4	203	3527	3448	0.836
Febrero	181.4	71.43	26.6	178.5	174.7	3039	2970	0.84
Marzo	191.2	70.11	26.43	198.6	194.3	3385	3308	0.842
Abril	161.2	52.25	24.84	177.2	173.6	3031	2964	0.845
Mayo	144.3	47.77	22.32	168.2	165.1	2943	2879	0.865
Junio	124.1	40.62	21.02	148.9	145.8	2624	2567	0.871
Julio	134.7	48.71	21.14	158.7	155.6	2799	2738	0.871
Agosto	143.6	64.82	24.13	160.3	157.2	2793	2734	0.861
Septiembre	157.6	72.73	25.5	166.6	163.2	2860	2797	0.848
Octubre	180.4	85.25	26.98	179.8	175.5	3071	3005	0.844
Noviembre	196.9	84.09	26.68	187.8	183	3198	3130	0.842
Diciembre	210.3	82.97	27.02	195.3	189.9	3315	3242	0.838
Año	2047.9	801.95	24.99	2128.2	2080.8	36587	35782	0.849

Nota. La tabla muestra los resultados de la energía promedio que producirá la instalación fotovoltaica

Minigeneración Distribuida

Figura 23

Características Técnicas de los Equipos en Minigeneración Distribuida

Conjunto #1 - Generador FV

Módulo FV

Fabricante	Generic
Modelo	UP-B610MH-G(78M10)
(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	610 Wp
Número de módulos FV	204 unidades
Nominal (STC)	124 kWp
Módulos	17 cadena x 12 En serie
En cond. de funcionam. (50°C)	
Pmpp	114 kWp
U mpp	485 V
I mpp	234 A

Inversor

Fabricante	Generic
Modelo	MAX 100KTL3-X LV
(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	100 kWca
Número de inversores	1 unidad
Potencia total	100 kWca
Voltaje de funcionamiento	180-1000 V
Proporción Pnom (CC:CA)	1.24
Reparto de potencia en este inversor	

Conjunto #2 - Subconjunto #2

Módulo FV

Fabricante	Generic
Modelo	UP-B610MH-G(78M10)
(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	610 Wp
Número de módulos FV	36 unidades
Nominal (STC)	21.96 kWp
Módulos	4 cadena x 9 En serie
En cond. de funcionam. (50°C)	
Pmpp	20.06 kWp
U mpp	364 V
I mpp	55 A

Inversor

Fabricante	Generic
Modelo	Growatt-30000-TL3-S
(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	30.0 kWca
Número de inversores	1 unidad
Potencia total	30.0 kWca
Voltaje de funcionamiento	200-950 V
Proporción Pnom (CC:CA)	0.73
Reparto de potencia en este inversor	

Potencia FV total

Nominal (STC)	146 kWp
Total	240 módulos
Área del módulo	671 m ²
Área celular	618 m ²

Potencia total del inversor

Potencia total	130 kWca
Número de inversores	2 unidades
Proporción Pnom	1.13

Nota. Simulación realizada en PVsyst 8.0.5, según proformas de cotización.

Tabla 28

Balances y Resultados Principales de la Simulación en PVsyst V8.0.5 para G.D.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobIn kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	Earray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	222.2	81.26	27.29	208.3	203	26.95	26.61	0.83
Febrero	181.4	71.44	26.6	178.5	174.7	23.23	22.92	0.835
Marzo	191.1	70.05	26.43	198.6	194.3	25.87	25.55	0.836
Abril	161.2	52.24	24.84	177.2	173.6	23.18	22.89	0.84
Mayo	144.3	47.79	22.32	168.2	165.1	22.6	22.32	0.863

Junio	124.1	40.62	21.02	148.9	145.8	20.2	19.93	0.87
Julio	134.7	48.7	21.14	158.7	155.6	21.53	21.26	0.87
Agosto	143.6	64.82	24.13	160.3	157.2	21.45	21.18	0.858
Septiembre	157.6	72.74	25.5	166.6	163.2	21.9	21.61	0.843
Octubre	180.4	85.25	26.98	179.8	175.5	23.51	23.21	0.839
Noviembre	196.9	84.07	26.68	187.8	183	24.47	24.17	0.837
Diciembre	210.3	82.98	27.02	195.3	189.9	25.35	25.03	0.833
Año	2047.8	801.95	24.99	2128.1	2080.7	280.23	276.71	0.845

Nota. La tabla muestra los resultados de la energía promedio que producirá la instalación fotovoltaica

Del diagrama solar horario de trayectoria solar, se observa que la generación de energía eléctrica mediante una instalación fotovoltaica conectada a la red se produce exclusivamente durante las horas diurnas, aproximadamente entre las 07:00 a.m. y las 06:00 p.m., dependiendo de la época del año y de las condiciones atmosféricas. La máxima producción se concentra entre las 11:00 a.m. y las 02:00 p.m., periodo en el cual la radiación solar alcanza sus valores más altos y el ángulo de incidencia de los rayos solares es más favorable para la captación energética de los módulos fotovoltaicos.

En este contexto, la generación fotovoltaica presenta un comportamiento variable a lo largo del día, determinado principalmente por la trayectoria solar y la intensidad de la irradiancia. Durante las primeras horas de la mañana y al final de la tarde, la potencia generada disminuye progresivamente debido a la baja incidencia solar y al aumento de pérdidas ópticas por reflexión y sombra parcial. En cambio, durante el mediodía se obtiene el pico máximo de potencia (P_{max}), representando el punto de mayor aprovechamiento energético del sistema.

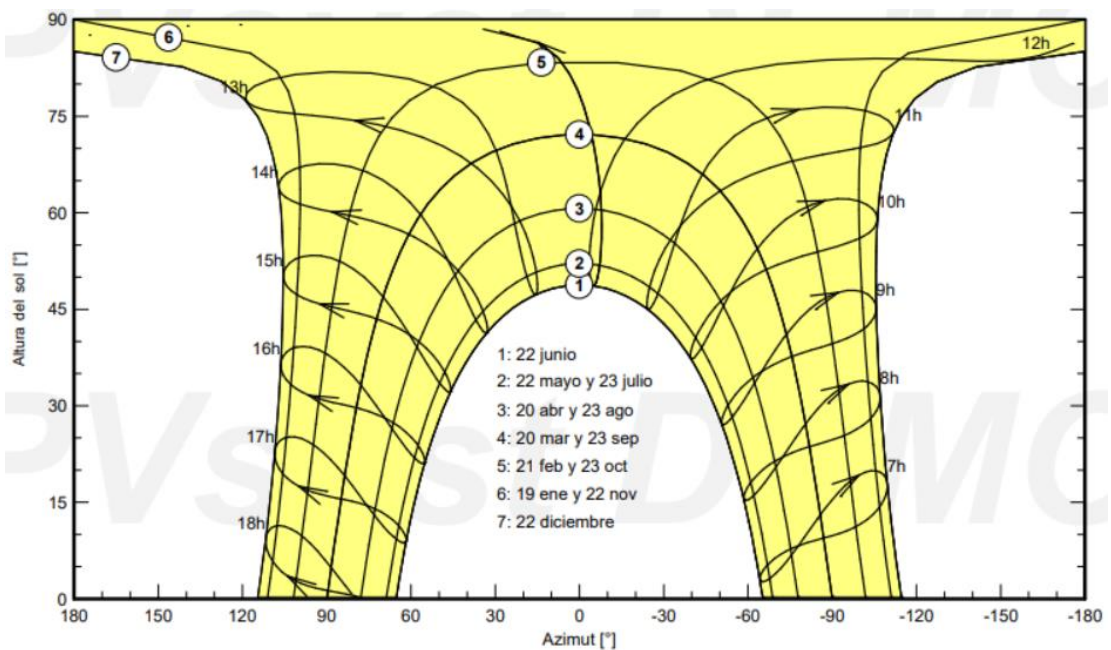
Debido a esta naturaleza intermitente y dependiente de la radiación solar, la instalación fotovoltaica no genera energía durante la noche. Para los usuarios de pequeña y mediana demanda, la energía generada se contabiliza de manera global y mensual. En el proceso de facturación, el total de energía inyectada a la red durante el mes se descuenta del consumo registrado, conforme a lo establecido en la normativa legal vigente para la Generación Distribuida. Esto permite reflejar directamente el beneficio económico del sistema en la reducción del pago mensual por consumo energético.

Por otro lado, en el caso de usuarios de gran demanda, el efecto de la generación fotovoltaica se observa de forma diferenciada según los bloques horarios tarifarios. La energía producida incide principalmente en el bloque horario medio, que comprende el intervalo entre las 07:00 y 18:00 horas, coincidiendo con las horas de mayor actividad solar. En cambio, no se registra generación durante los bloques bajo y alto, ya que estos corresponden a horas nocturnas o de baja radiación. Este comportamiento tiene una implicancia directa en el cálculo de los cargos por energía y potencia, impactando en la estructura tarifaria aplicada a este tipo de consumidores.

En síntesis, el análisis del comportamiento horario de la generación fotovoltaica permite comprender la interacción dinámica entre la producción renovable y el consumo eléctrico, aspecto fundamental para la evaluación técnica y económica de los sistemas de Generación Distribuida conectados a red en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

Figura 24

Trayectoria Solar en Santa Cruz de la Sierra



Nota. La figura muestra las horas sol en la Ciudad de Santa Cruz según la simulación realizada PVsyst V8.0.5

Las tablas siguientes presentan la energía consumida desde la red de distribución y la energía inyectada a la misma mediante una instalación fotovoltaica conectada a red, correspondientes a los distintos meses del año. Dichos resultados se muestran para los tres tipos de demanda analizadas: pequeña, mediana y gran demanda.

Esta información permite evaluar el comportamiento energético mensual de cada tipo de consumidor, así como comparar la proporción de energía autogenerada frente al consumo total. De esta manera, se cuantifica el grado de cobertura energética proporcionado por el sistema fotovoltaico y se determina la dependencia residual de la red, aspectos esenciales para la estimación de los beneficios técnicos y económicos de la Generación Distribuida en cada nivel de demanda.

Tabla 29

Histórico de Consumos y Energía Generada con Generación Distribuida en P.D.

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	793	694	788	715	711	640	679	668	672	708	812	742

Tabla 30

Histórico de Consumos y Energía Generada con Generación Distribuida en M.D.

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	2567	2738	2734	2797	3005	3130	3242	3448	2970	3308	2964	2879

Tabla 31

Histórico de Consumos y Energía Generada con Generación Distribuida en G.D.

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía según lecturas bloque alto (kWh)	11100	4980	6240	9840	2160	7560	1320	9540	6720	6960	11640	4320
Energía según lecturas bloque medio (kWh)	32340	14040	21420	27600	8880	22560	4500	27360	16440	22800	30840	16680
Energía según lecturas bloque bajo (kWh)	10560	5460	6180	11100	2520	7740	1440	7920	7320	5580	13500	3360
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	22920	25550	22890	22320	19930	21260	21180	21610	23210	24170	25030	26610

4.6 Evaluación de la facturación con la incorporación de Generación Distribuida

Categoría Pequeñas Demandas (Nanogeneración Distribuida)

Tabla 32

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en DOMICILIARIA - PD -BT-11

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	793	694	788	715	711	640	679	668	672	708	812	742	
Energía No Compensada mensual (kWh)										87			
TARIFA (DOMICILIARIA - PD -BT-11)													
0 a 15 kwh	13.20	13.25	13.27	13.29	13.50	13.48	13.57	13.60	13.63	13.73	13.77	13.87	
De 16 a 120 kWh	0.73	0.73	0.73	0.73	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.76	0.76	0.77	
De 121 a 300 kWh	0.93	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	
De 301 a 500 kWh	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	
De 501 a 1000 kWh	1.10	1.10	1.10	1.11	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06	1.07	1.04	1.04	
Excedente a 1000 kWh	1.52	1.53	1.53	1.53	1.46	1.45	1.46	1.47	1.47	1.48	1.39	1.40	
FACTURACION CON G.D.													
0 a 15 kwh	13.20	13.25	13.27	13.29	13.50	13.48	13.57	13.60	13.63	13.73	13.77	13.87	
Cargos Variables:													
De 16 a 120 kWh	47.46	76.86	61.35	42.43	13.43	18.40	11.38	43.56	52.18	0.00	50.08	0.00	
De 121 a 300 kWh	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
De 301 a 500 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
De 501 a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	60.70	113.10	74.60	55.70	26.90	31.90	25.00	57.20	65.80	13.70	63.90	13.90	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	6.07	11.31	7.46	5.57	2.69	3.19	2.50	5.72	6.58	1.37	6.39	1.39	
Aseo urbano													
Importe total a cancelar (Bs.)	66.77	124.41	82.06	61.27	29.59	35.09	27.50	62.92	72.38	15.07	70.29	15.29	
COMPARACIÓN													
Importe sin G.D. (Bs.)	949.19	911.02	971.08	851.73	792.44	716.76	756.25	794.97	814.11	661.10	1066.89	813.01	10098.55
Importe con G.D. (Bs.)	66.77	124.41	82.06	61.27	29.59	35.09	27.50	62.92	72.38	15.07	70.29	15.29	662.64
Diferencia a favor del consumidor	882.42	786.61	889.02	790.46	762.85	681.67	728.75	732.05	741.73	646.03	996.60	797.72	9435.91

Tabla 33

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 1 PD BT 19

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	793	694	788	715	711	640	679	668	672	708	812	742
Energía No Compensada mensual (kWh)										87		
General 1 PD BT 19												
CM con derecho a 20	22.54	22.63	22.66	22.70	23.05	23.02	23.17	23.23	23.28	23.44	23.51	23.69
De 21 a 300 kWh	1.01	1.01	1.01	1.01	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06
De 301 a 1000 kWh	1.48	1.48	1.48	1.49	1.51	1.51	1.52	1.52	1.52	1.53	1.54	1.55
Excedente a 1000 kWh	1.33	1.34	1.34	1.34	1.37	1.36	1.37	1.38	1.38	1.39	1.39	1.40
FACTURACIÓN CON G.D.												
CM con derecho a 20	22.54	22.63	22.66	22.70	23.05	23.02	23.17	23.23	23.28	23.44	23.51	23.69
Cargos Variables:												
De 21 a 300 kWh	60.40	125.72	79.49	53.43	13.36	20.21	10.54	54.91	66.74	0.00	64.24	0.00
De 301 a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Importe por energía (Bs.)	82.90	148.30	102.20	76.10	36.40	43.20	33.70	78.10	90.00	23.40	87.80	23.70
Tasa para el Gobierno Municipal												
Tasa alumbrado público	8.29	14.83	10.22	7.61	3.64	4.32	3.37	7.81	9.00	2.34	8.78	2.37
Aseo urbano												
Importe total a cancelar (Bs.)	91.19	163.13	112.42	83.71	40.04	47.52	37.07	85.91	99.00	25.74	96.58	26.07
COMPARACIÓN												
Importe sin G.D. (Bs.)	1264.01	1212.97	1292.72	1133.00	1078.99	970.42	1026.52	1081.96	1109.79	889.35	1498.97	1121.12
Importe con G.D. (Bs.)	91.19	163.13	112.42	83.71	40.04	47.52	37.07	85.91	99.00	25.74	96.58	26.07
Diferencia a favor del consumidor	1172.82	1049.84	1180.30	1049.29	1038.95	922.90	989.45	996.05	1010.79	863.61	1402.39	1095.05
												12771.44

Tabla 34

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 2 PD BT 28

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	793	694	788	715	711	640	679	668	672	708	812	742	
Energía No Compensada mensual (kWh)										87			
General 2 PD BT 28													
Cargo Mínimo con derecha a 20 kWh	31.38	31.51	31.56	31.61	32.11	32.06	32.27	32.36	32.42	32.65	32.74	32.98	
De 21 a 300 kWh	1.31	1.32	1.32	1.32	1.34	1.34	1.35	1.35	1.36	1.37	1.37	1.38	
De 301 a 1000 kWh	1.72	1.73	1.73	1.74	1.76	1.76	1.77	1.78	1.78	1.79	1.80	1.81	
Excedente a 1000 kWh	1.47	1.47	1.48	1.48	1.50	1.50	1.51	1.51	1.52	1.53	1.53	1.54	
FACTURACIÓN CON G.D.													
Cargo Mínimo con derecha a 20 kWh	31.38	31.51	31.56	31.61	32.11	32.06	32.27	32.36	32.42	32.65	32.74	32.98	
Cargos Variables:													
De 21 a 300 kWh	78.91	164.35	103.96	69.85	17.47	26.44	13.77	71.76	87.26	0.00	83.98	0.00	
De 301 a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	110.30	195.90	135.50	101.50	49.60	58.50	46.00	104.10	119.70	32.60	116.70	33.00	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	11.03	19.59	13.55	10.15	4.96	5.85	4.60	10.41	11.97	3.26	11.67	3.30	
Aseo urbano													
Importe total a cancelar (Bs.)	121.33	215.49	149.05	111.65	54.56	64.35	50.60	114.51	131.67	35.86	128.37	36.30	
COMPARACIÓN												TOTAL	
Importe sin G.D. (Bs.)	1525.59	1466.30	1560.24	1373.68	1310.76	1184.15	1249.93	1315.16	1346.95	1090.10	1802.68	1361.25	16586.79
Importe con G.D. (Bs.)	121.33	215.49	149.05	111.65	54.56	64.35	50.60	114.51	131.67	35.86	128.37	36.30	1213.74
Diferencia a favor del consumidor	1404.26	1250.81	1411.19	1262.03	1256.20	1119.80	1199.33	1200.65	1215.28	1054.24	1674.31	1324.95	15373.05

Tabla 35

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en INDUSTRIAL 1 PD BT 37

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	793	694	788	715	711	640	679	668	672	708	812	742	
Energía No Compensada mensual (kWh)										87			
Industrial 1 PD BT 37													
CF	6.05	6.07	6.08	6.09	6.19	6.18	6.22	6.24	6.25	6.29	6.31	6.36	
De 0 a 1000 kWh	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.75	0.75	
Excedente a 1000 kWh	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.64	
FACTURACIÓN CON G.D.													
CF	6.05	6.07	6.08	6.09	6.19	6.18	6.22	6.24	6.25	6.29	6.31	6.36	
De 0 a 1000 kWh	57.19	103.68	70.87	52.34	24.09	28.94	22.17	53.73	62.13	0.00	60.57	6.97	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	63.20	109.80	76.90	58.40	30.30	35.10	28.40	60.00	68.40	6.30	66.90	13.30	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	6.32	10.98	7.69	5.84	3.03	3.51	2.84	6.00	6.84	0.63	6.69	1.33	
Aseo urbano													
Importe total a cancelar (Bs.)	69.52	120.78	84.59	64.24	33.33	38.61	31.24	66.00	75.24	6.93	73.59	14.63	
COMPARACIÓN												TOTAL	
Importe sin G.D. (Bs.)	692.34	668.03	706.86	629.53	604.23	551.65	579.70	606.76	619.74	514.47	809.60	627.00	7609.91
Importe con G.D. (Bs.)	69.52	120.78	84.59	64.24	33.33	38.61	31.24	66.00	75.24	6.93	73.59	14.63	678.70
Diferencia a favor del consumidor	622.82	547.25	622.27	565.29	570.90	513.04	548.46	540.76	544.50	507.54	736.01	612.37	6931.21

Tabla 36

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GRANGEROS PD BT 53

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	793	694	788	715	711	640	679	668	672	708	812	742	
Energía No Compensada mensual (kWh)										87			
Granjeros PD BT 53													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
De 0-100 kWh	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.88	0.89	0.89	0.90	
Excedente a 100	0.88	0.88	0.88	0.88	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	
FACTURACIÓN CON G.D.													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
De 0-100 kWh	68.25	123.78	84.59	62.46	28.78	34.58	26.46	64.17	74.18	0.00	72.28	8.33	
Excedente a 100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	114.50	170.20	131.10	109.10	76.10	81.90	74.00	111.90	122.00	48.10	120.60	57.00	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	11.45	17.02	13.11	10.91	7.61	8.19	7.40	11.19	12.20	4.81	12.06	5.70	
Aseo urbano													
Importe total a cancelar (Bs.)	125.95	187.22	144.21	120.01	83.71	90.09	81.40	123.09	134.20	52.91	132.66	62.70	
COMPARACIÓN													TOTAL
Importe sin G.D. (Bs.)	869.11	840.62	886.93	794.53	765.71	703.01	736.01	768.90	784.41	658.13	1011.01	794.20	9612.57
Importe con G.D. (Bs.)	125.95	187.22	144.21	120.01	83.71	90.09	81.40	123.09	134.20	52.91	132.66	62.70	1338.15
Diferencia a favor del consumidor	743.16	653.40	742.72	674.52	682.00	612.92	654.61	645.81	650.21	605.22	878.35	731.50	8274.42

Categoría Medianas Demandas (Microgeneración Distribuida)

Tabla 37

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en DOMICILIARIA - MD -MT-14

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	
Potencia según la AETN (kW)	13	12	13	11	15	15	16	18	18	17	17	16	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719	
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	2567	2738	2734	2797	3005	3130	3242	3448	2970	3308	2964	2879	
TARIFA (DOMICILIARIA - MD -MT-14)													
CF	29.77	29.89	29.94	29.98	30.45	30.41	30.60	30.69	30.75	30.96	31.06	31.28	
De 0 a 20 kWh	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
De 21 a 120 kWh	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	
De 121 a 300 kWh	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	
De 301 a 500 kWh	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	
De 501 a 1000 kWh	0.52	0.52	0.52	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.49	0.50	
Excedente a 1000 kWh	0.72	0.72	0.73	0.73	0.69	0.69	0.69	0.70	0.70	0.70	0.66	0.66	
Cargo por Potencia	29.42	29.54	29.59	29.63	30.10	30.06	30.25	30.33	30.39	30.60	30.70	30.92	
FACTURACIÓN CON G.D.													
CF	29.77	29.89	29.94	29.98	30.45	30.41	30.60	30.69	30.75	30.96	31.06	31.28	
Cargos Variables:													
0 a 20 kWh	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.68	
De 21 a 120 kWh	40.10	40.30	40.30	40.40	41.00	41.00	41.20	41.30	41.40	41.70	41.80	42.10	
De 121 a 300 kWh	77.04	77.40	77.58	77.58	78.84	78.66	79.20	79.38	79.56	80.10	80.46	81.00	
De 301 a 500 kWh	93.00	93.40	93.60	93.80	95.20	95.00	95.60	96.00	96.20	96.80	97.00	97.80	
De 501 a 1000 kWh	260.50	166.78	262.00	107.42	249.00	249.00	250.50	251.00	251.50	253.50	241.72	168.40	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cargo por Potencia	382.46	384.02	384.63	385.19	451.44	450.83	483.97	545.94	547.07	550.85	552.51	556.54	
Importe por energía (Bs.)	883.50	792.40	888.70	735.00	946.60	945.60	981.70	1045.00	1047.10	1054.60	1045.20	977.80	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	88.35	79.24	88.87	73.50	94.66	94.56	98.17	104.50	104.71	105.46	104.52	97.78	
Aseo urbano													
Importe total a cancelar (Bs.)	971.85	871.64	977.57	808.50	1041.26	1040.16	1079.87	1149.50	1151.81	1160.06	1149.72	1075.58	
COMPARACIÓN													
Importe sin G.D. (Bs.)	3348.00	3018.90	3337.20	2983.10	3441.60	3503.70	4094.80	4029.10	3892.40	3934.30	3208.20	3056.30	41847.60
Importe con G.D. (Bs.)	971.85	871.64	977.57	808.50	1041.26	1040.16	1079.87	1149.50	1151.81	1160.06	1149.72	1075.58	12477.52
Diferencia a favor del consumidor	2376.15	2147.26	2359.63	2174.60	2400.34	2463.54	3014.93	2879.60	2740.59	2774.24	2058.48	1980.72	29370.08

Tabla 38

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 1 MD MT 23

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24
Potencia según la AETN (kW)	13	12	13	11	15	15	16	18	18	17	17	16
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	2567	2738	2734	2797	3005	3130	3242	3448	2970	3308	2964	2879
General 1 MD MT 23												
CF	26.75	26.86	26.91	26.94	27.37	27.33	27.51	27.58	27.64	27.83	27.91	28.12
De 0 a 20 kWh	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
De 21 a 300 kWh	0.59	0.59	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62
Excedente a 300 kWh	0.96	0.96	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01
Cargo por Potencia	29.61	29.73	29.78	29.82	30.29	30.25	30.44	30.53	30.59	30.80	30.89	31.12
FACTURACIÓN CON G.D.												
CF	26.75	26.86	26.91	26.94	27.37	27.33	27.51	27.58	27.64	27.83	27.91	28.12
Cargos Variables:												
De 0 a 20 kWh	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.68
De 21 a 300 kWh	164.08	164.92	165.20	165.48	168.00	167.72	168.84	169.40	169.68	170.80	171.36	172.48
Excedente a 300 kWh	1063.71	498.66	874.50	390.42	810.51	933.99	1542.72	1156.17	1440.48	1134.34	690.61	543.44
Cargo por Potencia	384.92	386.49	387.10	387.67	454.35	453.72	487.07	549.47	550.60	554.40	556.07	560.12
Importe por energía (Bs.)	1640.10	1077.60	1454.30	971.20	1460.90	1583.40	2226.80	1903.30	2189.10	1888.00	1446.60	1304.80
Tasa para el Gobierno Municipal												
Tasa alumbrado público	164.01	107.76	145.43	97.12	146.09	158.34	222.68	190.33	218.91	188.80	144.66	130.48
Aseo urbano												
Importe total a cancelar (Bs.)	1804.11	1185.36	1599.73	1068.32	1606.99	1741.74	2449.48	2093.63	2408.01	2076.80	1591.26	1435.28
COMPARACIÓN												
Importe sin G.D. (Bs.)	4413.70	3989.40	4402.70	3944.60	4736.10	4870.50	5677.90	5562.80	5374.40	5432.30	4618.90	4394.90
Importe con G.D. (Bs.)	1804.11	1185.36	1599.73	1068.32	1606.99	1741.74	2449.48	2093.63	2408.01	2076.80	1591.26	1435.28
Diferencia a favor del consumidor	2609.59	2804.04	2802.97	2876.28	3129.11	3128.76	3228.42	3469.17	2966.39	3355.50	3027.64	2959.62
												36357.49

Tabla 39

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 2 MD MT 32

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24
Potencia según la AETN (kW)	13	12	13	11	15	15	16	18	18	17	17	16
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	2567	2738	2734	2797	3005	3130	3242	3448	2970	3308	2964	2879
General 2 MD MT 32												
CF	35.60	35.75	35.81	35.86	36.42	36.37	36.61	36.71	36.78	37.04	37.15	37.42
De 0 a 20 kWh	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
De 21 a 300 kWh	0.81	0.82	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86
De 301 a 500 kWh	1.28	1.28	1.29	1.29	1.31	1.31	1.31	1.32	1.32	1.33	1.33	1.34
Excedente a 500 kWh	1.06	1.07	1.07	1.07	1.09	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.12
Cargo por Potencia	28.58	28.70	28.74	28.79	29.24	29.20	29.39	29.47	29.53	29.73	29.82	30.04
FACTURACIÓN CON G.D.												
CF	35.60	35.75	35.81	35.86	36.42	36.37	36.61	36.71	36.78	37.04	37.15	37.42
Cargos Variables:												
De 0 a 20 kWh	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.68
De 21 a 300 kWh	227.92	228.76	229.32	229.60	233.24	232.96	234.36	234.92	235.48	237.16	237.72	239.68
De 301 a 500 kWh	255.60	256.60	257.20	257.40	261.60	261.20	262.80	263.60	264.20	266.00	266.80	268.60
Excedente a 500 kWh	967.10	339.63	755.54	218.94	681.27	818.42	1492.27	1062.71	1377.12	1035.61	543.87	379.32
Cargo por Potencia	371.55	373.07	373.67	374.22	438.59	437.99	470.18	530.39	531.50	535.16	536.76	540.70
Importe por energía (Bs.)	1858.40	1234.50	1652.20	1116.70	1651.80	1787.60	2496.90	2129.00	2445.80	2111.60	1623.00	1466.40
Tasa para el Gobierno Municipal												
Tasa alumbrado público	185.84	123.45	165.22	111.67	165.18	178.76	249.69	212.90	244.58	211.16	162.30	146.64
Aseo urbano												
Importe total a cancelar (Bs.)	2044.24	1357.95	1817.42	1228.37	1816.98	1966.36	2746.59	2341.90	2690.38	2322.76	1785.30	1613.04
COMPARACIÓN												
Importe sin G.D. (Bs.)	4899.00	4431.00	4884.90	4381.00	5245.50	5406.40	6294.90	6157.40	5948.90	6009.80	5115.30	4870.30
Importe con G.D. (Bs.)	2044.24	1357.95	1817.42	1228.37	1816.98	1966.36	2746.59	2341.90	2690.38	2322.76	1785.30	1613.04
Diferencia a favor del consumidor	2854.76	3073.05	3067.48	3152.63	3428.52	3440.04	3548.31	3815.50	3258.52	3687.04	3330.00	3257.26
												39913.11

Tabla 40

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GENERAL 2 MD MT 32

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	
Potencia según la AETN (kW)	13	12	13	11	15	15	16	18	18	17	17	16	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719	
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	2567	2738	2734	2797	3005	3130	3242	3448	2970	3308	2964	2879	
Industrial 1 MD MT 41													
CF	10.27	10.31	10.32	10.34	10.50	10.49	10.56	10.58	10.61	10.68	10.71	10.79	
Cargo Variable	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	
Cargo por Potencia	57.46	57.70	57.79	57.87	58.78	58.70	59.08	59.24	59.36	59.77	59.95	60.39	
FACTURACIÓN CON G.D.													
CF	10.27	10.31	10.32	10.34	10.50	10.49	10.56	10.58	10.61	10.68	10.71	10.79	
Cargo Variable	355.70	207.18	305.65	178.37	289.87	322.54	483.76	381.09	456.69	376.99	260.71	221.81	
Cargo por Potencia	746.99	750.04	751.23	752.34	881.73	880.52	945.25	1066.32	1068.53	1075.91	1079.12	1087.02	
Importe por energía (Bs.)	1113.00	967.50	1067.20	941.00	1182.10	1213.50	1439.60	1458.00	1535.80	1463.60	1350.50	1319.60	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	111.30	96.75	106.72	94.10	118.21	121.35	143.96	145.80	153.58	146.36	135.05	131.96	
Aseo urbano													
Importe total a cancelar (Bs.)	1224.30	1064.25	1173.92	1035.10	1300.31	1334.85	1583.56	1603.80	1689.38	1609.96	1485.55	1451.56	
COMPARACIÓN													TOTAL
Importe sin G.D. (Bs.)	2076.80	1940.80	2074.40	1925.80	2287.70	2243.80	2540.20	2607.30	2556.00	2579.80	2341.30	2273.50	27447.40
Importe con G.D. (Bs.)	1224.30	1064.25	1173.92	1035.10	1300.31	1334.85	1583.56	1603.80	1689.38	1609.96	1485.55	1451.56	16556.54
Diferencia a favor del consumidor	852.50	876.55	900.48	890.70	987.39	908.95	956.64	1003.50	866.62	969.84	855.75	821.94	10890.86

Tabla 41

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en GRANGEROS MD MT 66

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	
Potencia según la AETN (kW)	13	12	13	11	15	15	16	18	18	17	17	16	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719	
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	2567	2738	2734	2797	3005	3130	3242	3448	2970	3308	2964	2879	
Granjeros MD MT 66													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
De 0-200 kWh	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	
Excedente a 200	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	
Cargo por Potencia	41.37	41.54	41.61	41.67	42.32	42.27	42.54	42.65	42.74	43.04	43.17	43.48	
FACTURACIÓN CON G.D.													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
Cargos Variables:													
De 0-200 kWh	80.80	81.20	81.20	81.40	82.60	82.60	83.00	83.40	83.40	84.00	84.40	85.00	
Excedente a 200	568.19	291.50	475.82	238.87	445.39	505.35	803.88	615.36	754.90	604.58	387.74	315.62	
Cargo por Potencia	537.85	540.05	540.90	541.70	634.86	633.99	680.59	767.77	769.37	774.68	776.99	782.68	
Importe por energía (Bs.)	1233.10	959.20	1144.50	908.60	1210.20	1269.20	1615.00	1514.20	1655.50	1511.40	1297.40	1231.90	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	123.31	95.92	114.45	90.86	121.02	126.92	161.50	151.42	165.55	151.14	129.74	123.19	
Aseo urbano													
Importe total a cancelar (Bs.)	1356.41	1055.12	1258.95	999.46	1331.22	1396.12	1776.50	1665.62	1821.05	1662.54	1427.14	1355.09	
COMPARACIÓN												TOTAL	
Importe sin G.D. (Bs.)	2754.00	2529.40	2750.40	2508.60	2985.90	2994.40	3438.70	3439.40	3343.90	3375.20	2961.00	2845.10	35926.00
Importe con G.D. (Bs.)	1356.41	1055.12	1258.95	999.46	1331.22	1396.12	1776.50	1665.62	1821.05	1662.54	1427.14	1355.09	17105.22
Diferencia a favor del consumidor	1397.59	1474.28	1491.45	1509.14	1654.68	1598.28	1662.20	1773.78	1522.85	1712.66	1533.86	1490.01	18820.78

Categoría Grandes Demandas (Minigeneración Distribuida)

Tabla 42

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	22920	25550	22890	22320	19930	21260	21180	21610	23210	24170	25030	26610
Energía No Compensada mensual (kWh)		721			5929		13493					1711
POTENCIA												
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA DOMICILIARIA GD T3 M 17												
Cargo Fijo (Bs)	33.298	33.352	33.4	33.925	33.879	34.097	34.19	34.26	34.50	34.60	34.85	35.09
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.043	0.043	0.043	0.044	0.044	0.044	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
De 21 a 120 kWh - Bloque Alto	0.551	0.552	0.552	0.561	0.56	0.564	0.57	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58
De 21 a 120 kWh - Bloque Medio	0.255	0.255	0.255	0.259	0.259	0.261	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27
De 21 a 120 kWh - Bloque Bajo	0.242	0.242	0.242	0.246	0.246	0.247	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26
De 121 a 300 kWh - Bloque Alto	0.589	0.59	0.591	0.6	0.599	0.603	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62
De 121 a 300 kWh - Bloque Medio	0.27	0.27	0.271	0.275	0.274	0.276	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
De 121 a 300 kWh - Bloque Bajo	0.253	0.253	0.253	0.257	0.257	0.259	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	0.636	0.637	0.638	0.648	0.647	0.651	0.65	0.66	0.66	0.66	0.67	0.67
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	0.294	0.294	0.295	0.299	0.299	0.301	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	0.276	0.276	0.277	0.281	0.281	0.282	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29
De 501 a 1000 kWh - Bloque Alto	0.712	0.713	0.714	0.679	0.678	0.682	0.68	0.69	0.69	0.67	0.68	0.68
De 501 a 1000 kWh - Bloque Medio	0.329	0.33	0.33	0.314	0.313	0.315	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31
De 501 a 1000 kWh - Bloque Bajo	0.309	0.309	0.31	0.294	0.294	0.296	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29
Excedente a 1000 kWh - Bloque Alto	0.986	0.988	0.989	0.94	0.939	0.945	0.95	0.95	0.96	0.90	0.90	0.91
Excedente a 1000 kWh - Bloque Medio	0.456	0.456	0.457	0.434	0.434	0.437	0.44	0.44	0.44	0.42	0.42	0.42
Excedente a 1000 kWh - Bloque Bajo	0.428	0.428	0.429	0.408	0.407	0.41	0.41	0.41	0.41	0.39	0.39	0.39
Cargo por Potencia de Punta	35.263	35.32	35.371	35.927	35.878	36.109	36.21	36.28	36.53	36.64	36.91	37.16
Cargo por Exceso de Potencia Fuera de Punta	7.024	7.035	7.046	7.157	7.147	7.193	7.21	7.23	7.28	7.30	7.35	7.40
FACTURACIÓN CON G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	33.30	33.35	33.40	33.93	33.88	34.10	34.19	34.26	34.50	34.60	34.85	35.09
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.86	0.58	0.58	0.88	0.60	0.88	0.60	0.60	0.60	0.60	0.90	0.92
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.26	0.01	0.26	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.28	0.28	0.28	0.01
De 21 a 120 kWh - Bloque Alto	55.10	29.70	29.70	56.10	30.10	56.40	30.40	30.50	30.60	30.70	57.60	31.20
De 21 a 120 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 21 a 120 kWh - Bloque Bajo	24.20	0.23	24.20	24.60	0.25	24.70	0.00	24.90	25.00	25.10	25.30	0.04
De 121 a 300 kWh - Bloque Alto	106.02	57.60	57.60	108.00	58.50	58.86	59.04	59.04	59.58	59.76	110.88	60.66
De 121 a 300 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 121 a 300 kWh - Bloque Bajo	45.54	0.18	45.54	46.26	0.23	46.62	0.08	46.80	47.16	47.34	47.52	0.17
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	127.20	68.60	68.60	129.60	69.60	70.00	70.20	70.60	70.80	71.20	133.20	72.00
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	55.20	0.22	55.40	56.20	0.29	56.40	0.13	56.80	57.20	57.40	57.80	0.23
De 501 a 1000 kWh - Bloque Alto	356.00	191.50	192.00	339.50	182.50	183.50	184.00	184.50	185.50	234.88	337.50	182.50
De 501 a 1000 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 501 a 1000 kWh - Bloque Bajo	154.50	0.06	155.00	147.00	0.20	148.00	0.30	148.50	149.50	145.00	146.00	0.05
Excedente a 1000 kWh - Bloque Alto	10171.82	2192.79	5029.32	8504.16	634.63	4207.41	211.70	4467.56	3274.17	5495.75	9814.80	1689.89
Excedente a 1000 kWh - Bloque Medio	4582.81	0.00	0.00	2543.48	0.00	791.78	0.00	1132.71	0.00	0.00	2668.99	0.00
Excedente a 1000 kWh - Bloque Bajo	4179.73	0.02	2287.25	4216.06	0.10	2835.40	0.10	2920.28	2695.32	1833.64	4998.69	0.35
Cargo por Potencia de Punta	5430.50	5439.28	5447.13	5532.76	5525.21	5560.79	5575.88	5587.58	5626.08	5203.16	6016.33	6056.59
Cargo por Exceso de Potencia Fuera de Punta	119.41	133.67	133.87	135.98	135.79	136.67	137.03	137.31	138.26	94.89	44.11	44.41
Importe Total del mes (Bs.)	25442.52	8147.86	13559.93	21874.83	6671.96	14211.83	6303.72	14902.28	12394.63	13334.38	24494.83	8174.18
COMPARACIÓN												
Importe SIN G.D.(Bs)	35735.72	19006.68	24033.49	31420.19	12331.20	25780.48	9249.44	30025.07	22364.29	23139.17	34834.73	18258.49
Importe CON G.D.(Bs)	25442.52	8147.86	13559.93	21874.83	6671.96	14211.83	6303.72	14902.28	12394.63	13334.38	24494.83	8174.18
Diferencia a favor del consumidor (Bs.)	10293.20	10858.82	10473.56	9545.36	5659.24	11568.65	2945.72	15122.79	9969.66	9804.79	10339.90	10084.31
												Total
												286178.95
												169512.95
												116666.00

Tabla 43

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	22920	25550	22890	22320	19930	21260	21180	21610	23210	24170	25030	26610
Energía No Compensada mensual (kWh)		758			5946		13503					1760
POTENCIA												
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA GENERAL I GD MT 26												
Cargo Fijo (Bs)	31.828	31.879	31.925	32.563	32.518	32.727	32.82	32.89	33.11	33.21	33.45	33.68
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.049	0.049	0.049	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.012	0.012	0.012	0.013	0.013	0.013	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	0.94	0.941	0.943	0.962	0.96	0.967	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	0.356	0.357	0.357	0.364	0.364	0.366	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	0.332	0.333	0.333	0.34	0.34	0.342	0.34	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35
Excedente a 300 kWh - Bloque Alto	1.57	1.572	1.575	1.606	1.604	1.614	1.62	1.62	1.63	1.64	1.65	1.66
Excedente a 300 kWh - Bloque Medio	0.57	0.571	0.572	0.583	0.583	0.586	0.59	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60
Excedente a 300 kWh - Bloque Bajo	0.532	0.532	0.533	0.544	0.543	0.547	0.55	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56
Cargo por Potencia de Punta	40.935	41	41.06	41.88	41.823	42.091	42.21	42.29	42.59	42.71	43.03	43.31
Cargo por Exceso de Potencia de Punta	9.23	9.245	9.259	9.443	9.431	9.491	9.52	9.54	9.60	9.63	9.70	9.77
FACTURACIÓN CON G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	31.83	31.88	31.93	32.56	32.52	32.73	32.82	32.89	33.11	33.21	33.45	33.68
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.98	0.70	0.70	1.00	0.72	1.00	0.72	0.72	0.74	0.74	1.02	0.74
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.24	0.00	0.24	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.26	0.26	0.26	0.01
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	263.20	163.52	164.08	269.36	166.88	270.76	168.56	168.84	170.24	170.52	276.64	173.04
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	92.96	0.06	93.24	95.20	0.20	95.76	0.25	96.04	96.88	97.16	97.72	0.16
Excedente a 300 kWh - Bloque Alto	17295.50	4826.61	9227.83	15653.64	1997.78	11994.49	1149.66	9754.27	7186.29	10870.81	19069.18	4389.38
Excedente a 300 kWh - Bloque Medio	5728.52	0.00	0.00	3416.70	0.00	1061.75	0.00	1513.86	0.00	0.00	3824.71	0.00
Excedente a 300 kWh - Bloque Bajo	5567.77	0.23	3214.83	6002.21	0.44	4165.74	0.08	4275.64	3987.38	3004.62	7519.54	0.16
Cargo por Potencia de Punta	6303.99	6314.00	6323.24	6449.52	6440.74	6482.01	6499.72	6513.28	6558.24	6065.39	7013.24	7060.18
Cargo por Exceso de Potencia de Punta	156.91	175.66	175.92	179.42	179.19	180.33	180.82	181.20	182.46	125.20	58.21	58.60
Importe Total del mes (Bs.)	35441.96	11512.73	19232.07	32099.94	8818.54	24284.90	8032.71	22537.06	18215.67	20367.98	37894.04	11716.02
COMPARACIÓN												
Importe SIN G.D.(Bs)	48435.32	25461.26	32182.43	45039.80	16759.11	36670.22	12332.21	43071.45	31831.16	34601.01	52812.31	26480.78
Importe CON G.D.(Bs)	35441.96	11512.73	19232.07	32099.94	8818.54	24284.90	8032.71	22537.06	18215.67	20367.98	37894.04	11716.02
Diferencia a favor del consumidor (Bs.)	12993.36	13948.53	12950.36	12939.86	7940.57	12385.32	4299.50	20534.39	13615.49	14233.03	14918.27	14764.76
												Total
												405677.06
												250153.62
												155523.44

Tabla 44

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA GENERAL II-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	22920	25550	22890	22320	19930	21260	21180	21610	23210	24170	25030	26610
Energía No Compensada mensual (kWh)		732			5934		13499					1811
POTENCIA												
Max. KW Bloque bajo	1.67	1.80	1.25	1.95	0.53	1.14	0.29	2.12	2.03	1.61	2.25	1.11
Max. KW Bloque medio	2.60	2.88	2.22	2.84	1.64	2.57	1.04	2.67	2.53	2.58	2.82	2.62
Max. KW Bloque alto	2.28	2.51	1.76	2.54	0.88	2.32	0.70	2.50	2.34	2.37	2.71	2.15
Potencia fuera de punta	100.00	108.00	75.00	117.00	32.00	69.00	17.00	127.00	122.00	97.00	135.00	67.00
Exceso de Potencia fuera de punta	156.00	173.00	133.00	170.00	98.00	154.00	62.00	160.00	152.00	155.00	169.00	157.00
Potencia de punta registrada en el periodo	137.00	151.00	106.00	153.00	53.00	139.00	42.00	150.00	140.00	142.00	163.00	129.00
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA GENERAL II GD MT 35												
Cargo Fijo (Bs)	41.177	41.242	41.302	42.127	42.07	42.34	42.46	42.54	42.84	42.97	43.28	43.57
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.047	0.047	0.047	0.048	0.048	0.049	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	1.113	1.115	1.116	1.139	1.137	1.144	1.15	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	0.585	0.586	0.587	0.599	0.598	0.602	0.60	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	0.548	0.549	0.549	0.56	0.56	0.563	0.57	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	1.738	1.741	1.743	1.778	1.776	1.787	1.79	1.80	1.81	1.81	1.83	1.84
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	0.901	0.903	0.904	0.922	0.921	0.927	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	0.844	0.845	0.847	0.864	0.862	0.868	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89
Excedente a 500 kWh - Bloque Alto	1.444	1.446	1.449	1.478	1.476	1.485	1.49	1.49	1.50	1.51	1.52	1.53
Excedente a 500 kWh - Bloque Medio	0.752	0.753	0.754	0.769	0.768	0.773	0.78	0.78	0.78	0.79	0.79	0.80
Excedente a 500 kWh - Bloque Bajo	0.703	0.705	0.706	0.72	0.719	0.723	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74
Cargo por Potencia de Punta	41.417	41.483	41.543	42.373	42.315	42.587	42.70	42.79	43.09	43.22	43.53	43.82
Cargo por Potencia Fuera de Punta	7.383	7.395	7.405	7.553	7.543	7.591	7.61	7.63	7.68	7.70	7.76	7.81
FACTURACIÓN CON G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	41.18	41.24	41.30	42.13	42.07	42.34	42.46	42.54	42.84	42.97	43.28	43.57
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.94	0.62	0.62	0.96	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	1.00	0.66
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.30	0.01	0.30	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.32	0.32	0.32	0.01
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	311.64	148.12	148.12	318.92	150.92	151.76	152.60	152.60	153.72	154.00	327.60	156.52
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	153.44	0.19	153.72	156.80	0.12	157.64	0.21	158.48	159.60	160.16	161.28	0.22
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	347.60	167.60	167.80	355.60	171.00	172.00	172.60	173.00	174.00	174.60	365.40	177.00
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	168.80	0.14	169.40	172.80	0.17	173.60	0.28	174.40	175.60	176.20	177.40	0.20
Excedente a 500 kWh - Bloque Alto	15618.66	3202.90	7651.51	14110.43	1243.74	6538.49	653.37	6608.66	5036.38	9732.62	17240.05	2890.48
Excedente a 500 kWh - Bloque Medio	7557.62	0.00	0.00	4506.76	0.00	1400.57	0.00	2000.17	0.00	0.00	5044.27	0.00
Excedente a 500 kWh - Bloque Bajo	7216.80	0.28	4117.09	7800.11	0.56	5361.49	0.31	5516.51	5131.65	3826.88	9793.06	0.61
Cargo por Potencia de Punta	6378.22	6388.38	6397.62	6525.44	6516.51	6558.40	6576.26	6589.97	6635.40	6136.67	7095.88	7143.31
Cargo por Potencia Fuera de Punta	125.51	140.51	140.70	143.51	143.32	144.23	144.63	144.93	145.94	100.15	46.56	46.87
Importe Total del mes (Bs.)	37920.78	10090.06	18988.25	34133.82	8269.11	20701.52	7743.44	21562.27	17656.15	20505.28	40296.16	10459.53
COMPARACIÓN												
Importe SIN G.D.(Bs)	55124.94	28685.70	36736.54	51265.86	18925.45	41657.93	13602.23	48776.31	35741.29	39412.97	60036.80	30149.26
Importe CON G.D.(Bs)	37920.78	10090.06	18988.25	34133.82	8269.11	20701.52	7743.44	21562.27	17656.15	20505.28	40296.16	10459.53
Diferencia a favor del consumidor (Bs.)	17204.16	18595.64	17748.29	17132.04	10656.34	20956.41	5858.79	27214.04	18085.14	18907.69	19740.64	19689.73
												Total
												460115.28
												248326.37
												211788.91

Tabla 45

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA INDUSTRIAL II-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	22920	25550	22890	22320	19930	21260	21180	21610	23210	24170	25030	26610
Energía No Compensada mensual (kWh)		715			5926		13491	3748				1728
POTENCIA												
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA INDUSTRIAL II GD MT 50												
Cargo Fijo (Bs)	16.96	16.987	17.012	17.352	17.328	17.439	17.49	17.52	17.65	17.70	17.83	17.95
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Alto	0.54	0.541	0.542	0.553	0.552	0.556	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.57
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Medio	0.268	0.268	0.268	0.274	0.273	0.275	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Bajo	0.251	0.252	0.252	0.257	0.257	0.259	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27
Excedente a 200kWh/kW Bloque Alto	0.448	0.449	0.45	0.459	0.458	0.461	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47
Excedente a 200kWh/kW Bloque Medio	0.225	0.226	0.226	0.231	0.23	0.232	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24
Excedente a 200kWh/kW Bloque Bajo	0.212	0.212	0.212	0.217	0.216	0.218	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Cargo por Potencia de Punta	121.555	121.748	121.926	124.36	124.191	124.987	125.33	125.59	126.46	126.84	127.76	128.62
Cargo por Potencia Fuera de Punta	23.132	23.169	23.203	23.666	23.634	23.785	23.85	23.90	24.07	24.43	24.43	24.43
FACTURACIÓN CON G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	16.96	16.99	17.01	17.35	17.33	17.44	17.49	17.52	17.65	17.70	17.83	17.95
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Alto	108.00	54.60	54.80	110.60	55.80	56.20	56.20	56.20	56.80	57.00	113.60	57.80
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Medio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Bajo	50.20	0.02	50.40	51.40	0.08	51.80	0.19	52.00	52.40	52.40	52.80	0.28
Excedente a 200kWh/kW Bloque Alto	4980.08	1097.56	2456.89	4519.76	468.93	2143.65	279.47	2194.86	1682.50	3095.21	5490.48	1002.70
Excedente a 200kWh/kW Bloque Medio	2261.26	0.00	0.00	1353.79	0.00	420.35	0.00	508.46	0.00	0.00	1513.28	0.00
Excedente a 200kWh/kW Bloque Bajo	2239.93	0.00	1299.89	2415.97	0.17	1682.00	0.15	1727.48	1608.30	1218.54	3008.49	0.09
Cargo por Potencia de Punta	18719.47	18749.19	18776.60	19151.44	19125.41	19248.00	19300.67	19340.86	19474.38	18010.71	20825.37	20964.73
Cargo por Potencia Fuera de Punta	393.24	440.21	440.86	449.65	449.05	451.92	453.15	454.10	457.24	317.54	146.56	146.56
Importe Total del mes (Bs.)	28769.21	20358.63	23096.53	28070.03	20116.83	24071.42	20107.38	24351.55	23349.33	22769.17	31168.48	22190.18
COMPARACIÓN												
Importe SIN G.D.(Bs)	33934.81	25994.81	28448.16	33234.55	23363.53	30395.73	21916.89	32640.72	28798.07	28466.72	37109.39	28138.24
Importe CON G.D.(Bs)	28769.21	20358.63	23096.53	28070.03	20116.83	24071.42	20107.38	24351.55	23349.33	22769.17	31168.48	22190.18
Diferencia a favor del consumidor (Bs.)	5165.60	5636.18	5351.63	5164.52	3246.70	6324.31	1809.51	8289.17	5448.74	5697.55	5940.91	5948.06
												64022.88

Tabla 46

Calculo del Importe de la Facturación con Generación Distribuida en TARIFA GRANJEROS-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
Energía Inyectada con Generación Distribuida (kWh)	22920	25550	22890	22320	19930	21260	21180	21610	23210	24170	25030	26610
Energía No Compensada mensual (kWh)		503			5824		13433					1601
POTENCIA												
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA GRANJEROS-GD-MT												
Cargo Fijo (Bs)	46.462	46.536	46.604	47.337	47.273	47.576	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	48.96
Bloque Alto	0.516	0.517	0.518	0.526	0.525	0.529	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54
Bloque Medio	0.388	0.388	0.389	0.395	0.394	0.397	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41
Bloque Bajo	0.378	0.379	0.38	0.386	0.385	0.388	0.39	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40
Cargo por Potencia de Punta	49.871	49.951	50.024	50.811	50.741	51.067	51.21	51.31	51.67	51.82	52.20	52.55
Cargo por Potencia Fuera de Punta	9.843	9.859	9.873	10.028	10.015	10.079	10.11	10.13	10.20	10.23	10.30	10.37
FACTURACIÓN CON G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	48.96
Bloque Alto	5839.18	660.71	2748.33	5284.71	295.63	1777.93	186.79	1286.17	1139.14	3495.21	6414.68	605.03
Bloque Medio	3899.41	0.00	0.00	2314.91	0.00	719.31	0.00	1053.45	0.00	0.00	2592.37	0.00
Bloque Bajo	4069.44	0.08	2406.00	4374.72	0.26	3071.26	0.33	3146.25	2944.09	2245.50	5445.70	0.33
Cargo por Potencia de Punta	7680.13	7692.45	7703.70	7824.89	7814.11	7864.32	7885.88	7902.20	7956.72	7358.72	8508.76	8565.65
Cargo por Potencia Fuera de Punta	167.33	187.32	187.59	190.53	190.29	191.50	192.01	192.41	193.74	132.96	61.82	62.23
Importe Total del mes (Bs.) SIN G.D.	21701.97	8587.10	13092.21	20037.11	8347.56	13671.89	8312.72	13628.28	12281.83	13280.67	23071.97	9282.20
COMPARACIÓN												
Importe SIN G.D.(Bs)	30594.99	18305.23	22192.30	28853.58	13905.47	24424.23	11396.20	27610.10	21612.10	23021.20	33234.10	19485.90
Importe CON G.D.(Bs)	21701.97	8587.10	13092.21	20037.11	8347.56	13671.89	8312.72	13628.28	12281.83	13280.67	23071.97	9282.20
Diferencia a favor del consumidor (Bs.)	8893.02	9718.13	9100.09	8816.47	5557.91	10752.34	3083.48	13981.82	9330.27	9740.53	10162.13	10203.70
												109339.89

4.7 Resultados obtenidos

A partir del análisis de los históricos de consumo energético correspondientes a los tres tipos de demanda Pequeña, Mediana y Gran Demanda se identificó el comportamiento promedio mensual y anual del consumo eléctrico en instalaciones conectadas en baja y media tensión, suministradas por la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.).

La estructura tarifaria base aplicada por el Distribuidor, sobre la cual se determinan los importes facturados, se encuentra aprobada por la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN) y tiene vigencia durante un periodo tarifario de cuatro (4) años, conforme a la Resolución AETN N° 654/2023. Durante dicho periodo, la variación del precio por kilovatio-hora (kWh) es generalmente reducida, lo que permite desarrollar un análisis económico con condiciones tarifarias estables y representativas.

Con base en los datos de consumo y las tarifas aplicables, se calcularon los importes mensuales y anuales que cada tipo de consumidor debe abonar al distribuidor por el suministro de energía eléctrica, considerando un escenario base sin Generación Distribuida (GD) y posteriormente un escenario con GD.

Simulación del Escenario con Generación Distribuida

La evaluación técnica se llevó a cabo mediante simulaciones energéticas en el software PVsyst, utilizando la radiación solar promedio de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y las características técnicas de los equipos fotovoltaicos obtenidos de cotizaciones reales proporcionadas por las empresas como ENERSOL, SOLARIA y entre otros.

Estas cotizaciones se incluyen en los anexos, contienen información sobre paneles solares, inversores, medidores bidireccionales, estructuras de montaje, cableado, protecciones y mano de obra, lo que permitió calcular los costos de inversión total para cada tipo de instalación.

El software PVsyst permitió estimar la energía generada mensualmente, considerando factores como:

- Radiación global incidente en el plano del generador.
- Pérdidas por temperatura, orientación, sombreadamiento y eficiencia de conversión.

- Potencia nominal instalada y curva de rendimiento del inversor.
- Producción mensual de la energía.

Con base en los resultados de simulación y la normativa legal vigente, la Resolución AETN N° 380/2024 “*Reglamento de Retribución por la Energía Inyectada a la Red*” se calcularon los ahorros mensuales y anuales derivados de la implementación de sistemas fotovoltaicos de Nanogeneración, Microgeneración y Minigeneración Distribuida.

Análisis Técnico y Económico por Tipo de Generación Distribuida

Nanogeneración Distribuida (Pequeña Demanda)

Para un consumo promedio mensual de 781 kWh, se dimensionó un sistema fotovoltaico con una potencia instalada de 4 kW, equivalente a una instalación de Nanogeneración Distribuida. El costo total estimado de inversión asciende a Bs. 52.433,46, e incluye paneles solares, inversor monofásico, estructura, medidor bidireccional e instalación.

La simulación evidenció que el sistema puede cubrir entre el 60 % y 75 % del consumo mensual del usuario, dependiendo de la radiación solar disponible.

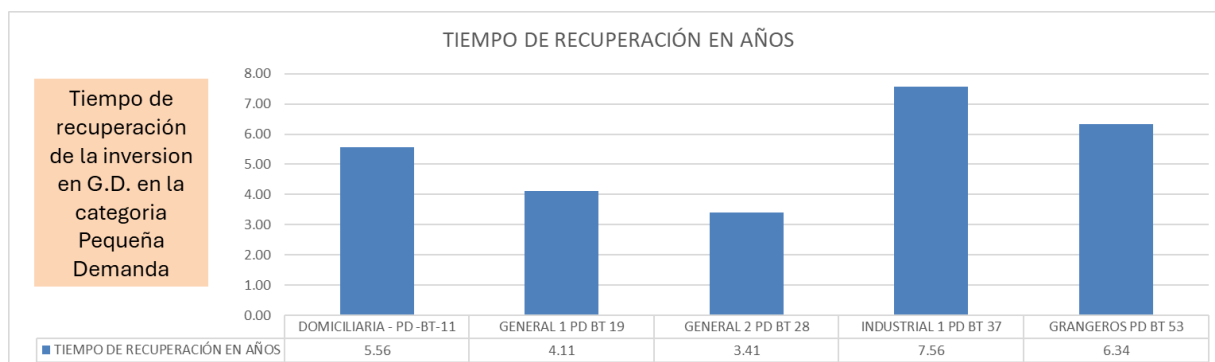
Tabla 47

Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Nanogeneración

Nº	CATEGORIAS	FAC. ANUAL SIN G.D.	FAC. ANUAL CON G.D.	AHORRO ANUAL	AÑOS DE RECUPERACION
1	DOMICILIARIA - PD -BT-11	10098.55	662.64	9435.91	5.56
2	GENERAL 1 PD BT 19	13679.82	908.38	12771.44	4.11
3	GENERAL 2 PD BT 28	16586.79	1213.74	15373.05	3.41
4	INDUSTRIAL 1 PD BT 37	7609.91	678.70	6931.21	7.56
5	GRANGEROS PD BT 53	9612.57	1338.15	8274.42	6.34

Figura 25

Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Nanogeneración



Análisis: La categoría General II PD-BT presenta el menor período de recuperación, con 3,41 años aproximadamente, debido a su mayor tarifa base y mejor aprovechamiento del autoconsumo. Por otro lado, la recuperación más prolongada se observa en la Categoría Industrial I PD BT, con un período aproximado de 7,56 años.

Microgeneración Distribuida (Mediana Demanda)

Para un consumo promedio mensual de 4.223 kWh, se dimensionó un sistema de 20 kW con un costo de inversión total de Bs. 179.740,90.

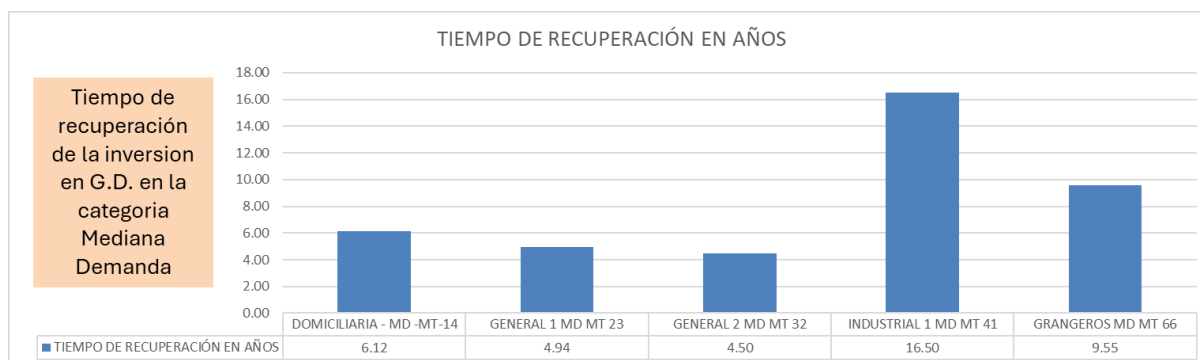
Tabla 48

Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Microgeneración

Nº	CATEGORIAS	FAC. ANUAL SIN G.D. (Bs.)	FAC. ANUAL CON G.D. (Bs.)	AHORRO ANUAL (Bs.)	AÑOS DE RECUPERACION
1	DOMICILIARIA - MD -MT-14	41847.60	12477.52	29370.08	6.12
2	GENERAL 1 MD MT 23	57418.20	21060.71	36357.49	4.94
3	GENERAL 2 MD MT 32	63644.40	23731.29	39913.11	4.50
4	INDUSTRIAL 1 MD MT 41	27447.40	16556.54	10890.86	16.50
5	GRANGEROS MD MT 66	35926.00	17105.22	18820.78	9.55

Figura 26

Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Microgeneración



En lo que corresponde a Medianas Demandas con sistemas de Microgeneración Distribuida, la categoría que presenta el menor período de recuperación de la inversión para una potencia instalada de 20 kW es la Categoría General II MD MT, con un tiempo estimado de 4,50 años. Por otro lado, la recuperación más prolongada se observa en la Categoría Industrial I MD MT, con un período aproximado de 16,50 años.

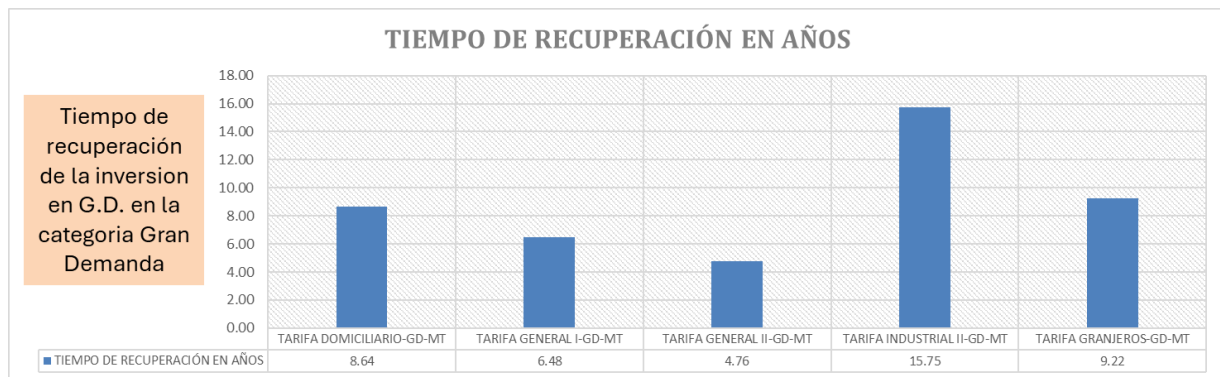
Análisis: En la categoría General II MD-MT, el período de recuperación es el más favorable, con 4,50 años aproximadamente, evidenciando una rentabilidad atractiva para usuarios comerciales con alto consumo. Por otro lado, la recuperación más prolongada se observa en la Categoría Industrial I MD MT, con un período aproximado de 16,50 años.

Minigeneración Distribuida (Gran Demanda)

Para un consumo mensual promedio de 7.029 kWh en bloque alto, 20.955 kWh en bloque medio y 7.055 kWh en bloque bajo, se consideró una instalación de 150,06 kW con una inversión total de Bs. 1.008.304,94 (equivalente a USD 144.871,40).

Tabla 49*Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Minigeneración*

Nº	CATEGORIAS	FAC. ANUAL SIN G.D. (Bs.)	FAC. ANUAL CON G.D. (Bs.)	AHORRO ANUAL (Bs.)	AÑOS DE RECUPERACION
1	TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT	286178.95	169512.95	116666.00	8.64
2	TARIFA GENERAL I-GD-MT	405677.06	250153.62	155523.44	6.48
3	TARIFA GENERAL II-GD-MT	460115.28	248326.37	211788.91	4.76
4	TARIFA INDUSTRIAL II-GD-MT	352441.62	288418.74	64022.88	15.75
5	TARIFA GRANJEROS-GD-MT	274635.40	165295.51	109339.89	9.22

Figura 27*Periodo de Recuperación Aproximado de la Inversión en Minigeneración*

Análisis: En lo que corresponde a Grandes Demandas con sistemas de Minigeneración Distribuida, la categoría que presenta el menor período de recuperación de la inversión para una potencia instalada de 150,06 kW es la Categoría General II GD MT, con un tiempo estimado de 4,76 años. Por otro lado, la recuperación más prolongada se observa en la Categoría Industrial I GD MT, con un período aproximado de 15,75 años.

Evaluación Global de Resultados

En términos generales respecto a la incorporación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos conectados a la red, los resultados evidencian que:

- La rentabilidad de los sistemas de Generación Distribuida depende fuertemente de la categoría tarifaria, en la que se encuentra en consumidor regulado y capacidad instalada.

- Las categorías comerciales y generales (General I y II) son las más favorecidas, presentando periodos de recuperación inferiores a 5 años.
- En contraste, las categorías Industriales y Granjeros muestran retornos más prolongados, debido a tarifas bajas.

Estos resultados confirman que la Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicas constituye una alternativa técnica y económicamente factible para diversificar la matriz energética en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, reduciendo costos al usuario final y contribuyendo al uso eficiente de recursos renovables.

CAPITULO IV

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la evaluación técnica y económica desarrollada, basada en cotizaciones obtenidas de empresas proveedoras autorizadas de sistemas fotovoltaicos y en los resultados de simulaciones realizadas con el software PVsyst V8.0.5, se determinó la producción promedio mensual y anual de energía eléctrica generada por sistemas fotovoltaicos conectados a red en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. El análisis se efectuó bajo normativa legal vigente establecido como el Decreto Supremo N° 5167 de 5 de junio de 2024, y las resoluciones complementarias emitidas por la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), considerando además la estructura tarifaria aprobada para el operador eléctrico CRE R.L. De acuerdo con los resultados técnicos y económicos se obtienen las siguientes conclusiones:

- En Pequeñas Demandas, la alternativa más recomendable para la implementación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaico corresponde a la categoría “GENERAL II PD-BT”, debido a que presenta un periodo de recuperación de la inversión en aproximadamente 3,41 años. Esto se debe a que el precio del kilovatio hora es mayor en comparación de las otras categorías. Asimismo, las otras categorías dentro de Pequeñas Demandas también resultan viables, ya que permiten recuperar la inversión antes de la finalización del contrato establecido entre el Generador Distribuido y la empresa Distribuidora.
- En Medianas Demandas, la alternativa más recomendable para la instalación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos es la categoría “GENERAL II MD-MT”, debido a que presenta un periodo de recuperación de la inversión aproximadamente de 4,50 años. Esto se debe a que el precio del kilovatio hora es mayor en comparación de las otras categorías. Asimismo, las otras categorías dentro de Medianas Demandas también resultan viables, ya que permiten recuperar la inversión antes de la finalización del contrato establecido entre el Generador Distribuido y la empresa Distribuidora.

- En Grandes Demandas, la alternativa más recomendable para la instalación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos es la categoría “GENERAL II GD-MT”, ya que presenta el menor tiempo de recuperación de la inversión, aproximadamente en 4,76 años. En contraste, la categoría “INDUSTRIAL II GD-MT” muestra el tiempo de recuperación más prolongado, con un valor aproximado de 15,75 años, lo que implica que la inversión inicial no se recupera dentro del primer contrato establecido, cuya duración es de 10 años.
- Entre los niveles de demandas, la categoría de Pequeñas Demandas (≤ 10 kW) representa la opción más atractiva para la instalación de Generación Distribuida mediante sistemas fotovoltaicos desde el punto de vista económico, toda vez que, permite una recuperación de inversión más rápida en comparación con Medianas y Grandes Demandas.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se proponen las siguientes recomendaciones técnicas y económicas:

- Se recomienda la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a red en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra en la mayoría de las categorías analizadas en el presente estudio. En especial, a los consumidores pertenecientes a las categorías General como: Centros de Salud, Hospitales, Entidades Financieras, Centros de Hospedaje, Estaciones de Servicio y comercio en general, debido a que estas categorías presentan ser más viables económicamente para la implementación de sistemas fotovoltaicos. Esta viabilidad se debe a que el periodo de recuperación de la inversión es más corto en comparación con otras categorías.
- Al ver que el país es altamente dependiente de los derivados del petróleo y el gas natural para la generación de energía eléctrica, es necesario realizar más estudios relacionados con las energías verdes, como “Políticas públicas de promoción de energías verdes”, “mecanismos de financiamiento para la implementación de Generación Distribuida”, “Impacto técnico a causa de la implementación masiva de la Generación Distribuida en la red del Distribuidor”, entre otros temas que ayuden a llevar la transición energética del país a un futuro de la no dependencia de los derivados del petróleo y el gas natural.

6 ANEXOS

Anexo a) Evaluación de la facturación sin Generación Distribuida

Categoría Pequeñas Demandas

Tabla 50

GENERAL 1 PD BT 19

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
General 1 PD BT 19													
CM con derecho a 20	22.54	22.63	22.66	22.70	23.05	23.02	23.17	23.23	23.28	23.44	23.51	23.69	
De 21 a 300 kWh	1.01	1.01	1.01	1.01	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	
De 301 a 1000 kWh	1.48	1.48	1.48	1.49	1.51	1.51	1.52	1.52	1.52	1.53	1.54	1.55	
Excedente a 1000 kWh	1.33	1.34	1.34	1.34	1.37	1.36	1.37	1.38	1.38	1.39	1.39	1.40	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
CM con derecho a 20	22.54	22.63	22.66	22.70	23.05	23.02	23.17	23.23	23.28	23.44	23.51	23.69	
Cargos Variables:													
De 21 a 300 kWh	281.40	282.52	282.80	283.36	287.84	287.28	289.24	290.08	290.64	292.60	293.44	295.68	
De 301 a 1000 kWh	845.18	797.52	869.78	723.94	670.00	571.91	620.80	670.32	694.94	492.41	1045.75	699.83	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	1149.10	1102.70	1175.20	1030.00	980.90	882.20	933.20	983.60	1008.90	808.50	1362.70	1019.20	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	114.91	110.27	117.52	103.00	98.09	88.22	93.32	98.36	100.89	80.85	136.27	101.92	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	1264.01	1212.97	1292.72	1133.00	1078.99	970.42	1026.52	1081.96	1109.79	889.35	1498.97	1121.12	13679.82

Tabla 51

GENERAL 2 PD BT 28

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
General 2 PD BT 28													
Cargo Mínimo con derecha a 20 kWh	31.38	31.51	31.56	31.61	32.11	32.06	32.27	32.36	32.42	32.65	32.74	32.98	
De 21 a 300 kWh	1.31	1.32	1.32	1.32	1.34	1.34	1.35	1.35	1.36	1.37	1.37	1.38	
De 301 a 1000 kWh	1.72	1.73	1.73	1.74	1.76	1.76	1.77	1.78	1.78	1.79	1.80	1.81	
Excedente a 1000 kWh	1.47	1.47	1.48	1.48	1.50	1.50	1.51	1.51	1.52	1.53	1.53	1.54	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
Cargo Mínimo con derecha a 20 kWh	31.38	31.51	31.56	31.61	32.11	32.06	32.27	32.36	32.42	32.65	32.74	32.98	
Cargos Variables:													
De 21 a 300 kWh	367.64	369.32	369.88	370.44	376.32	375.76	378.00	379.12	379.96	382.48	383.60	386.40	
De 301 a 1000 kWh	987.85	932.14	1016.99	846.79	783.22	668.68	726.04	784.10	812.14	575.87	1222.42	818.12	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	1386.90	1333.00	1418.40	1248.80	1191.60	1076.50	1136.30	1195.60	1224.50	991.00	1638.80	1237.50	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	138.69	133.30	141.84	124.88	119.16	107.65	113.63	119.56	122.45	99.10	163.88	123.75	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	1525.59	1466.30	1560.24	1373.68	1310.76	1184.15	1249.93	1315.16	1346.95	1090.10	1802.68	1361.25	16586.79

Tabla 52

INDUSTRIAL 1 PD BT 37

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
Industrial 1 PD BT 37													
CF	6.05	6.07	6.08	6.09	6.19	6.18	6.22	6.24	6.25	6.29	6.31	6.36	
De 0 a 1000 kWh	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.75	0.75	
Excedente a 1000 kWh	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.64	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
CF	6.05	6.07	6.08	6.09	6.19	6.18	6.22	6.24	6.25	6.29	6.31	6.36	
De 0 a 1000 kWh	623.32	601.20	636.51	566.21	543.12	495.36	520.77	545.38	557.17	461.40	729.73	563.63	
Excedente a 1000 kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	629.40	607.30	642.60	572.30	549.30	501.50	527.00	551.60	563.40	467.70	736.00	570.00	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	62.94	60.73	64.26	57.23	54.93	50.15	52.70	55.16	56.34	46.77	73.60	57.00	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	692.34	668.03	706.86	629.53	604.23	551.65	579.70	606.76	619.74	514.47	809.60	627.00	7609.91

Tabla 53

GRANGEROS PD BT 53

Descripción/mes	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	873	839	887	788	744	680	710	741	756	621	980	752	
Granjeros PD BT 53													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
De 0-100 kWh	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.88	0.89	0.89	0.90	
Excedente a 100	0.88	0.88	0.88	0.88	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
De 0-100 kWh	743.80	717.76	759.73	675.68	648.77	591.84	621.52	651.34	665.28	550.21	870.78	673.34	
Excedente a 100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Importe por energía (Bs.)	790.10	764.20	806.30	722.30	696.10	639.10	669.10	699.00	713.10	598.30	919.10	722.00	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	79.01	76.42	80.63	72.23	69.61	63.91	66.91	69.90	71.31	59.83	91.91	72.20	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	869.11	840.62	886.93	794.53	765.71	703.01	736.01	768.90	784.41	658.13	1011.01	794.20	9612.57

Categoría Medianas Demandas

Tabla 54

DOMICILIARIA - MD -MT-14

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	
Potencia mensual (kW)	13	13	13	13	15	15	16	18	18	18	18	18	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719	
TARIFA (DOMICILIARIA - MD -MT-14)													
CF	29.77	29.89	29.94	29.98	30.45	30.41	30.60	30.69	30.75	30.96	31.06	31.28	
De 0 a 20 kWh	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
De 21 a 120 kWh	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	
De 121 a 300 kWh	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	
De 301 a 500 kWh	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	
De 501 a 1000 kWh	0.52	0.52	0.52	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.49	0.50	
Excedente a 1000 kWh	0.72	0.72	0.73	0.73	0.69	0.69	0.69	0.70	0.70	0.70	0.66	0.66	
Cargo por Potencia	29.42	29.54	29.59	29.63	30.10	30.06	30.25	30.33	30.39	30.60	30.70	30.92	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
CF	29.77	29.89	29.94	29.98	30.45	30.41	30.60	30.69	30.75	30.96	31.06	31.28	
Cargos Variables:													
0 a 20 kWh	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.68	
De 21 a 120 kWh	40.10	40.30	40.30	40.40	41.00	41.00	41.20	41.30	41.40	41.70	41.80	42.10	
De 121 a 300 kWh	77.04	77.40	77.58	77.58	78.84	78.66	79.20	79.38	79.56	80.10	80.46	81.00	
De 301 a 500 kWh	93.00	93.40	93.60	93.80	95.20	95.00	95.60	96.00	96.20	96.80	97.00	97.80	
De 501 a 1000 kWh	260.50	261.50	262.00	262.00	249.00	249.00	250.50	251.00	251.50	253.50	246.00	247.50	
Excedente a 1000 kWh	2147.50	1851.20	2133.02	1816.45	2161.70	2332.27	2852.20	2727.90	2597.37	2630.32	1947.54	1805.55	
Cargo por Potencia	382.46	384.02	384.63	385.19	451.44	450.83	483.97	545.94	547.07	550.85	552.51	556.54	
Importe por energía (Bs.)	3031.00	2738.30	3021.70	2706.00	3108.30	3277.80	3833.80	3772.80	3644.40	3684.80	2997.00	2862.50	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	317.00	280.60	315.50	277.10	333.30	225.90	261.00	256.30	248.00	249.50	211.20	193.80	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	3348.00	3018.90	3337.20	2983.10	3441.60	3503.70	4094.80	4029.10	3892.40	3934.30	3208.20	3056.30	41847.60

Tabla 55

GENERAL 1 MD MT 23

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24
Potencia mensual (kW)	13	13	13	13	15	15	16	18	18	18	18	18
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719
General 1 MD MT 23												
CF	26.75	26.86	26.91	26.94	27.37	27.33	27.51	27.58	27.64	27.83	27.91	28.12
De 0 a 20 kWh	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
De 21 a 300 kWh	0.59	0.59	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62
Excedente a 300 kWh	0.96	0.96	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01
Cargo por Potencia	29.61	29.73	29.78	29.82	30.29	30.25	30.44	30.53	30.59	30.80	30.89	31.12
FACTURACIÓN SIN G.D.												
CF	26.75	26.86	26.91	26.94	27.37	27.33	27.51	27.58	27.64	27.83	27.91	28.12
Cargos Variables:												
De 0 a 20 kWh	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.68
De 21 a 300 kWh	164.08	164.92	165.20	165.48	168.00	167.72	168.84	169.40	169.68	170.80	171.36	172.48
Excedente a 300 kWh	3520.32	3129.88	3507.34	3086.73	3752.41	3995.13	4732.84	4559.35	4377.81	4429.11	3651.64	3439.72
Cargo por Potencia	384.92	386.49	387.10	387.67	454.35	453.72	487.07	549.47	550.60	554.40	556.07	560.12
Importe por energía (Bs.)	4096.70	3708.80	4087.20	3667.50	4402.80	4644.60	5416.90	5306.50	5126.40	5182.80	4407.70	4201.10
Tasa para el Gobierno Municipal												
Tasa alumbrado público	317.00	280.60	315.50	277.10	333.30	225.90	261.00	256.30	248.00	249.50	211.20	193.80
Aseo urbano												
Importe sin G.D. (Bs.)	4413.70	3989.40	4402.70	3944.60	4736.10	4870.50	5677.90	5562.80	5374.40	5432.30	4618.90	4394.90
												57418.20

Tabla 56

GENERAL 2 MD MT 32

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24
Potencia mensual (kW)	13	13	13	13	15	15	16	18	18	18	18	18
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719
General 2 MD MT 32												
CF	35.60	35.75	35.81	35.86	36.42	36.37	36.61	36.71	36.78	37.04	37.15	37.42
De 0 a 20 kWh	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
De 21 a 300 kWh	0.81	0.82	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86
De 301 a 500 kWh	1.28	1.28	1.29	1.29	1.31	1.31	1.31	1.32	1.32	1.33	1.33	1.34
Excedente a 500 kWh	1.06	1.07	1.07	1.07	1.09	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.12
Cargo por Potencia	28.58	28.70	28.74	28.79	29.24	29.20	29.39	29.47	29.53	29.73	29.82	30.04
FACTURACIÓN SIN G.D.												
CF	35.60	35.75	35.81	35.86	36.42	36.37	36.61	36.71	36.78	37.04	37.15	37.42
Cargos Variables:												
De 0 a 20 kWh	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.68
De 21 a 300 kWh	227.92	228.76	229.32	229.60	233.24	232.96	234.36	234.92	235.48	237.16	237.72	239.68
De 301 a 500 kWh	255.60	256.60	257.20	257.40	261.60	261.20	262.80	263.60	264.20	266.00	266.80	268.60
Excedente a 500 kWh	3690.69	3255.60	3672.72	3206.14	3941.70	4211.34	5029.29	4834.82	4632.24	4684.33	3825.02	3589.41
Cargo por Potencia	371.55	373.07	373.67	374.22	438.59	437.99	470.18	530.39	531.50	535.16	536.76	540.70
Importe por energía (Bs.)	4582.00	4150.40	4569.40	4103.90	4912.20	5180.50	6033.90	5901.10	5700.90	5760.30	4904.10	4676.50
Tasa para el Gobierno Municipal												
Tasa alumbrado público	317.00	280.60	315.50	277.10	333.30	225.90	261.00	256.30	248.00	249.50	211.20	193.80
Aseo urbano												
Importe sin G.D. (Bs.)	4899.00	4431.00	4884.90	4381.00	5245.50	5406.40	6294.90	6157.40	5948.90	6009.80	5115.30	4870.30
												63644.40

Tabla 57

INDUSTRIAL 1 MD MT 41

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	
Potencia mensual (kW)	13	13	13	13	15	15	16	18	18	18	18	18	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719	
Industrial 1 MD MT 41													
CF	10.27	10.31	10.32	10.34	10.50	10.49	10.56	10.58	10.61	10.68	10.71	10.79	
Cargo Variable	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	
Cargo por Potencia	57.46	57.70	57.79	57.87	58.78	58.70	59.08	59.24	59.36	59.77	59.95	60.39	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
CF	10.27	10.31	10.32	10.34	10.50	10.49	10.56	10.58	10.61	10.68	10.71	10.79	
Cargo Variable	1002.58	899.90	997.35	886.01	1062.16	1126.95	1323.44	1274.12	1228.89	1243.69	1040.24	981.87	
Cargo por Potencia	746.99	750.04	751.23	752.34	881.73	880.52	945.25	1066.32	1068.53	1075.91	1079.12	1087.02	
Importe por energía (Bs.)	1759.80	1660.20	1758.90	1648.70	1954.40	2017.90	2279.20	2351.00	2308.00	2330.30	2130.10	2079.70	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	317.00	280.60	315.50	277.10	333.30	225.90	261.00	256.30	248.00	249.50	211.20	193.80	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	2076.80	1940.80	2074.40	1925.80	2287.70	2243.80	2540.20	2607.30	2556.00	2579.80	2341.30	2273.50	27447.40

Tabla 58

GRANGEROS MD MT 66

Descripción/mes	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	
Potencia mensual (kW)	13	13	13	13	15	15	16	18	18	18	18	18	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)	3979	3557	3942	3502	4133	4385	5110	4919	4727	4747	3955	3719	
Granjeros MD MT 66													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
De 0-200 kWh	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	
Excedente a 200	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	
Cargo por Potencia	41.37	41.54	41.61	41.67	42.32	42.27	42.54	42.65	42.74	43.04	43.17	43.48	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
Cargo Fijo	46.27	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	
Cargos Variables:													
De 0-200 kWh	80.80	81.20	81.20	81.40	82.60	82.60	83.00	83.40	83.40	84.00	84.40	85.00	
Excedente a 200	1772.12	1581.10	1766.27	1561.85	1887.79	2004.62	2366.52	2284.19	2195.35	2218.89	1840.10	1734.97	
Cargo por Potencia	537.85	540.05	540.90	541.70	634.86	633.99	680.59	767.77	769.37	774.68	776.99	782.68	
Importe por energía (Bs.)	2437.00	2248.80	2434.90	2231.50	2652.60	2768.50	3177.70	3183.10	3095.90	3125.70	2749.80	2651.30	
Tasa para el Gobierno Municipal													
Tasa alumbrado público	317.00	280.60	315.50	277.10	333.30	225.90	261.00	256.30	248.00	249.50	211.20	193.80	
Aseo urbano													
Importe sin G.D. (Bs.)	2754.00	2529.40	2750.40	2508.60	2985.90	2994.40	3438.70	3439.40	3343.90	3375.20	2961.00	2845.10	35926.00

Categoría Grandes Demandas

Tabla 59

TARIFA DOMICILIARIO-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
POTENCIA												
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA DOMICILIARIA GD T3 M 17												
Cargo Fijo (Bs)	33.298	33.352	33.4	33.925	33.879	34.097	34.19	34.26	34.50	34.60	34.85	35.09
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.043	0.043	0.043	0.044	0.044	0.044	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
De 21 a 120 kWh - Bloque Alto	0.551	0.552	0.552	0.561	0.56	0.564	0.57	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58
De 21 a 120 kWh - Bloque Medio	0.255	0.255	0.255	0.259	0.259	0.261	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27
De 21 a 120 kWh - Bloque Bajo	0.242	0.242	0.242	0.246	0.246	0.247	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26
De 121 a 300 kWh - Bloque Alto	0.589	0.59	0.591	0.6	0.599	0.603	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62
De 121 a 300 kWh - Bloque Medio	0.27	0.27	0.271	0.275	0.274	0.276	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
De 121 a 300 kWh - Bloque Bajo	0.253	0.253	0.253	0.257	0.257	0.259	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	0.636	0.637	0.638	0.648	0.647	0.651	0.65	0.66	0.66	0.66	0.67	0.67
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	0.294	0.294	0.295	0.299	0.299	0.301	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	0.276	0.276	0.277	0.281	0.281	0.282	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29
De 501 a 1000 kWh - Bloque Alto	0.712	0.713	0.714	0.679	0.678	0.682	0.68	0.69	0.69	0.67	0.68	0.68
De 501 a 1000 kWh - Bloque Medio	0.329	0.33	0.33	0.314	0.313	0.315	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31
De 501 a 1000 kWh - Bloque Bajo	0.309	0.309	0.31	0.294	0.294	0.296	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29
Excedente a 1000 kWh - Bloque Alto	0.986	0.988	0.989	0.94	0.939	0.945	0.95	0.95	0.96	0.90	0.90	0.91
Excedente a 1000 kWh - Bloque Medio	0.456	0.456	0.457	0.434	0.434	0.437	0.44	0.44	0.44	0.42	0.42	0.42
Excedente a 1000 kWh - Bloque Bajo	0.428	0.428	0.429	0.408	0.407	0.41	0.41	0.41	0.41	0.39	0.39	0.39
Cargo por Potencia de Punta	35.263	35.32	35.371	35.927	35.878	36.109	36.21	36.28	36.53	36.64	36.91	37.16
Cargo por Exceso de Potencia Fuera de Punta	7.024	7.035	7.046	7.157	7.147	7.193	7.21	7.23	7.28	7.30	7.35	7.40
FACTURACIÓN SIN G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	33.30	33.35	33.40	33.93	33.88	34.10	34.19	34.26	34.50	34.60	34.85	35.09
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.86	0.86	0.86	0.88	0.88	0.88	0.88	0.90	0.90	0.90	0.90	0.92
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.28	0.28	0.28	0.28
De 21 a 120 kWh - Bloque Alto	55.10	55.20	55.20	56.10	56.00	56.40	56.50	56.70	57.00	57.20	57.60	58.00
De 21 a 120 kWh - Bloque Medio	25.50	25.50	25.50	25.90	25.90	26.10	26.10	26.20	26.40	26.50	26.70	26.80
De 21 a 120 kWh - Bloque Bajo	24.20	24.20	24.20	24.60	24.60	24.70	24.80	24.90	25.00	25.10	25.30	25.50
De 121 a 300 kWh - Bloque Alto	106.02	106.20	106.38	108.00	107.82	108.54	108.90	109.08	109.80	110.16	110.88	111.78
De 121 a 300 kWh - Bloque Medio	48.60	48.60	48.78	49.50	49.32	49.68	49.86	50.04	50.22	50.40	50.76	51.12
De 121 a 300 kWh - Bloque Bajo	45.54	45.54	45.54	46.26	46.26	46.62	46.62	46.80	47.16	47.34	47.52	47.88
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	127.20	127.40	127.60	129.60	129.40	130.20	130.60	131.00	131.80	132.20	133.20	134.00
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	58.80	58.80	59.00	59.80	59.80	60.20	60.40	60.40	61.00	61.00	61.60	62.00
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	55.20	55.20	55.40	56.20	56.20	56.40	56.60	56.80	57.20	57.40	57.80	58.20
De 501 a 1000 kWh - Bloque Alto	356.00	356.50	357.00	339.50	339.00	341.00	342.00	343.00	345.00	335.00	339.50	339.50
De 501 a 1000 kWh - Bloque Medio	164.50	165.00	165.00	157.00	156.50	157.50	158.00	158.50	159.50	154.50	156.00	157.00
De 501 a 1000 kWh - Bloque Bajo	154.50	154.50	155.00	147.00	147.00	148.00	148.50	148.50	149.50	145.00	146.00	147.00
Excedente a 1000 kWh - Bloque Alto	10171.82	4072.33	5333.73	8504.16	1180.03	6361.29	393.51	8305.30	5635.46	5495.75	9814.80	3138.36
Excedente a 1000 kWh - Bloque Medio	14578.33	6128.53	9572.04	11796.36	3592.44	9645.40	1674.99	11826.89	7013.53	9273.78	12713.53	6794.39
Excedente a 1000 kWh - Bloque Bajo	4179.73	1975.42	2287.25	4216.06	664.55	2835.40	223.48	2920.28	2695.32	1833.64	4998.69	969.29
Cargo por Potencia de Punta	5430.50	5439.28	5447.13	5532.76	5525.21	5560.79	5575.88	5587.58	5626.08	5203.16	6016.33	6056.59
Cargo por Exceso de Potencia Fuera de Punta	119.41	133.67	133.87	135.98	135.79	136.67	137.03	137.31	138.26	94.89	44.11	44.41
Importe Total del mes (Bs.)	35735.72	19006.68	24033.49	31420.19	12331.20	25780.48	9249.44	30025.07	22364.29	23139.17	34834.73	18258.49
Importe SIN G.D.(Bs)	35735.72	19006.68	24033.49	31420.19	12331.20	25780.48	9249.44	30025.07	22364.29	23139.17	34834.73	18258.49

Tabla 60

TARIFA GENERAL I-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
POTENCIA												
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA GENERAL I GD MT 26												
Cargo Fijo (Bs)	31.828	31.879	31.925	32.563	32.518	32.727	32.82	32.89	33.11	33.21	33.45	33.68
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.049	0.049	0.049	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.012	0.012	0.012	0.013	0.013	0.013	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	0.94	0.941	0.943	0.962	0.96	0.967	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	0.356	0.357	0.357	0.364	0.364	0.366	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	0.332	0.333	0.333	0.34	0.34	0.342	0.34	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35
Excedente a 300 kWh - Bloque Alto	1.57	1.572	1.575	1.606	1.604	1.614	1.62	1.62	1.63	1.64	1.65	1.66
Excedente a 300 kWh - Bloque Medio	0.57	0.571	0.572	0.583	0.583	0.586	0.59	0.59	0.59	0.60	0.60	0.60
Excedente a 300 kWh - Bloque Bajo	0.532	0.532	0.533	0.544	0.543	0.547	0.55	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56
Cargo por Potencia de Punta	40.935	41	41.06	41.88	41.823	42.091	42.21	42.29	42.59	42.71	43.03	43.31
Cargo por Exceso de Potencia de Punta	9.23	9.245	9.259	9.443	9.431	9.491	9.52	9.54	9.60	9.63	9.70	9.77
FACTURACIÓN SIN G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	31.83	31.88	31.93	32.56	32.52	32.73	32.82	32.89	33.11	33.21	33.45	33.68
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.02	1.02	1.02
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.24	0.24	0.24	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	263.20	263.48	264.04	269.36	268.80	270.76	271.32	271.88	273.84	274.68	276.64	278.60
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	99.68	99.96	99.96	101.92	101.92	102.48	102.76	103.04	103.60	104.16	104.72	105.56
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	92.96	93.24	93.24	95.20	95.20	95.76	96.04	96.04	96.88	97.16	97.72	98.56
Excedente a 300 kWh - Bloque Alto	17295.50	7579.86	9596.55	15653.64	3138.53	11994.49	1805.33	15315.61	10769.36	11182.32	19069.18	6891.07
Excedente a 300 kWh - Bloque Medio	18621.92	8073.80	12381.15	16254.36	5233.89	13344.31	2660.21	16280.27	9824.66	13712.64	18637.98	10176.90
Excedente a 300 kWh - Bloque Bajo	5567.77	2827.82	3214.83	6002.21	1266.71	4165.74	681.57	4275.64	3987.38	3004.62	7519.54	1776.00
Cargo por Potencia de Punta	6303.99	6314.00	6323.24	6449.52	6440.74	6482.01	6499.72	6513.28	6558.24	6065.39	7013.24	7060.18
Cargo por Exceso de Potencia de Punta	156.91	175.66	175.92	179.42	179.19	180.33	180.82	181.20	182.46	125.20	58.21	58.60
Importe Total del mes (Bs.)	48435.32	25461.26	32182.43	45039.80	16759.11	36670.22	12332.21	43071.45	31831.16	34601.01	52812.31	26480.78
Importe SIN G.D.(Bs)	48435.32	25461.26	32182.43	45039.80	16759.11	36670.22	12332.21	43071.45	31831.16	34601.01	52812.31	26480.78
												405677.06

Tabla 61

TARIFA GENERAL II-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)												
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460
POTENCIA												
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00
TARIFA GENERAL II GD MT 35												
Cargo Fijo (Bs)	41.177	41.242	41.302	42.127	42.07	42.34	42.46	42.54	42.84	42.97	43.28	43.57
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.047	0.047	0.047	0.048	0.048	0.049	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	1.113	1.115	1.116	1.139	1.137	1.144	1.15	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	0.585	0.586	0.587	0.599	0.598	0.602	0.60	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	0.548	0.549	0.549	0.56	0.56	0.563	0.57	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	1.738	1.741	1.743	1.778	1.776	1.787	1.79	1.80	1.81	1.81	1.83	1.84
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	0.901	0.903	0.904	0.922	0.921	0.927	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	0.844	0.845	0.847	0.864	0.862	0.868	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89
Excedente a 500 kWh - Bloque Alto	1.444	1.446	1.449	1.478	1.476	1.485	1.49	1.49	1.50	1.51	1.52	1.53
Excedente a 500 kWh - Bloque Medio	0.752	0.753	0.754	0.769	0.768	0.773	0.78	0.78	0.78	0.79	0.79	0.80
Excedente a 500 kWh - Bloque Bajo	0.703	0.705	0.706	0.72	0.719	0.723	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74
Cargo por Potencia de Punta	41.417	41.483	41.543	42.373	42.315	42.587	42.70	42.79	43.09	43.22	43.53	43.82
Cargo por Potencia Fuera de Punta	7.383	7.395	7.405	7.553	7.543	7.591	7.61	7.63	7.68	7.70	7.76	7.81
FACTURACIÓN SIN G.D.												
Cargo Fijo (Bs)	41.18	41.24	41.30	42.13	42.07	42.34	42.46	42.54	42.84	42.97	43.28	43.57
De 0 a 20 kWh - Bloque Alto	0.94	0.94	0.94	0.96	0.96	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00
De 0 a 20 kWh - Bloque Medio	0.32	0.32	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
De 0 a 20 kWh - Bloque Bajo	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.32	0.32	0.32	0.32
De 21 a 300 kWh - Bloque Alto	311.64	312.20	312.48	318.92	318.36	320.32	321.44	322.00	324.24	325.08	327.60	329.84
De 21 a 300 kWh - Bloque Medio	163.80	164.08	164.36	167.72	167.44	168.56	168.84	169.40	170.52	171.08	172.20	173.32
De 21 a 300 kWh - Bloque Bajo	153.44	153.72	153.72	156.80	156.80	157.64	158.20	158.48	159.60	160.16	161.28	162.40
De 301 a 500 kWh - Bloque Alto	347.60	348.20	348.60	355.60	355.20	357.40	358.40	359.20	361.60	362.80	365.40	367.80
De 301 a 500 kWh - Bloque Medio	180.20	180.60	180.80	184.40	184.20	185.40	185.80	186.20	187.60	188.20	189.40	190.80
De 301 a 500 kWh - Bloque Bajo	168.80	169.00	169.40	172.80	172.40	173.60	174.00	174.40	175.60	176.20	177.40	178.60
Excedente a 500 kWh - Bloque Alto	15618.66	6683.11	8539.03	14110.43	2592.87	10738.82	1362.57	13789.69	9605.04	9986.60	17240.05	6033.69
Excedente a 500 kWh - Bloque Medio	24417.46	10496.63	16169.81	21286.34	6741.12	17448.05	3351.23	21321.29	12799.56	17934.46	24422.97	13274.98
Excedente a 500 kWh - Bloque Bajo	7216.80	3606.40	4117.09	7800.11	1533.49	5361.49	756.71	5516.51	5131.65	3826.88	9793.06	2202.34
Cargo por Potencia de Punta	6378.22	6388.38	6397.62	6525.44	6516.51	6558.40	6576.26	6589.97	6635.40	6136.67	7095.88	7143.31
Cargo por Potencia Fuera de Punta	125.51	140.51	140.70	143.51	143.32	144.23	144.63	144.93	145.94	100.15	46.56	46.87
Importe Total del mes (Bs.)	55124.94	28685.70	36736.54	51265.86	18925.45	41657.93	13602.23	48776.31	35741.29	39412.97	60036.80	30149.26
Importe SIN G.D.(Bs)	55124.94	28685.70	36736.54	51265.86	18925.45	41657.93	13602.23	48776.31	35741.29	39412.97	60036.80	30149.26
												460115.28

Tabla 62

TARIFA INDUSTRIAL II-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)													
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449	
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177	
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460	
POTENCIA													
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00	
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00	
TARIFA INDUSTRIAL II GD MT 50													
Cargo Fijo (Bs)	16.96	16.987	17.012	17.352	17.328	17.439	17.49	17.52	17.65	17.70	17.83	17.95	
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Alto	0.54	0.541	0.542	0.553	0.552	0.556	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.57	
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Medio	0.268	0.268	0.268	0.274	0.273	0.275	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Bajo	0.251	0.252	0.252	0.257	0.257	0.259	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	
Excedente a 200kWh/kW Bloque Alto	0.448	0.449	0.45	0.459	0.458	0.461	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	
Excedente a 200kWh/kW Bloque Medio	0.225	0.226	0.226	0.231	0.23	0.232	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	
Excedente a 200kWh/kW Bloque Bajo	0.212	0.212	0.212	0.217	0.216	0.218	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	
Cargo por Potencia de Punta	121.555	121.748	121.926	124.36	124.191	124.987	125.33	125.59	126.46	126.84	127.76	128.62	
Cargo por Potencia Fuera de Punta	23.132	23.169	23.203	23.666	23.634	23.785	23.85	23.90	24.07	24.43	24.43	24.43	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
Cargo Fijo (Bs)	16.96	16.99	17.01	17.35	17.33	17.44	17.49	17.52	17.65	17.70	17.83	17.95	
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Alto	108.00	108.20	108.40	110.60	110.40	111.20	111.40	111.60	112.40	112.80	113.60	114.40	
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Medio	53.60	53.60	53.60	54.80	54.60	55.00	55.20	55.40	55.60	55.80	56.20	56.60	
De 0 a 200 kWh/kW - Bloque Bajo	50.20	50.40	50.40	51.40	51.40	51.80	51.80	52.00	52.40	52.40	52.80	53.20	
Excedente a 200kWh/kW Bloque Alto	4980.08	2209.88	2786.87	4519.76	941.96	3472.03	561.37	4418.14	3119.79	3241.75	5490.48	2013.91	
Excedente a 200kWh/kW Bloque Medio	7373.26	3218.18	4914.45	6463.51	2087.83	5306.27	1072.81	6463.54	3900.25	5439.42	7397.99	4040.55	
Excedente a 200kWh/kW Bloque Bajo	2239.93	1148.08	1299.89	2415.97	525.49	1682.00	292.93	1727.48	1608.30	1218.54	3008.49	730.27	
Cargo por Potencia de Punta	18719.47	18749.19	18776.60	19151.44	19125.41	19248.00	19300.67	19340.86	19474.38	18010.71	20825.37	20964.73	
Cargo por Potencia Fuera de Punta	393.24	440.21	440.86	449.65	449.05	451.92	453.15	454.10	457.24	317.54	146.56	146.56	
Importe Total del mes (Bs.)	33934.81	25994.81	28448.16	33234.55	23363.53	30395.73	21916.89	32640.72	28798.07	28466.72	37109.39	28138.24	
Importe SIN G.D.(Bs)	33934.81	25994.81	28448.16	33234.55	23363.53	30395.73	21916.89	32640.72	28798.07	28466.72	37109.39	28138.24	352441.62

Tabla 63

TARIFA GRANJEROS-GD-MT

Descripción/mes	feb-24	mar-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	sep-24	oct-24	nov-24	dic-24	ene-25	
Energía Consumida del Distribuidor (kWh)													
Energía facturada bloque alto	11316	5122	6393	10047	2257	7732	1415	9742	6895	7127	11857	4449	
Energía facturada bloque medio	32970	14440	21945	28181	9278	23072	4824	27941	16868	23346	31415	17177	
Energía facturada bloque bajo	10766	5615	6332	11333	2633	7916	1544	8088	7510	5714	13752	3460	
POTENCIA													
Potencia fuera de punta factura	17	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	13.00	6.00	6.00	
Potencia de punta facturada	154	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	154.00	142.00	163.00	163.00	
TARIFA GRANJEROS-GD-MT													
Cargo Fijo (Bs)	46.462	46.536	46.604	47.337	47.273	47.576	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	48.96	
Bloque Alto	0.516	0.517	0.518	0.526	0.525	0.529	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	
Bloque Medio	0.388	0.388	0.389	0.395	0.394	0.397	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	
Bloque Bajo	0.378	0.379	0.38	0.386	0.385	0.388	0.39	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40	
Cargo por Potencia de Punta	49.871	49.951	50.024	50.811	50.741	51.067	51.21	51.31	51.67	51.82	52.20	52.55	
Cargo por Potencia Fuera de Punta	9.843	9.859	9.873	10.028	10.015	10.079	10.11	10.13	10.20	10.23	10.30	10.37	
FACTURACIÓN SIN G.D.													
Cargo Fijo (Bs)	46.46	46.54	46.60	47.34	47.27	47.58	47.71	47.81	48.14	48.28	48.63	48.96	
Bloque Alto	5839.18	2647.97	3311.60	5284.71	1184.76	4089.98	750.00	5173.23	3688.74	3827.10	6414.68	2420.12	
Bloque Medio	12792.37	5602.62	8536.75	11131.31	3655.34	9159.53	1920.02	11148.27	6780.82	9408.62	12754.55	7008.26	
Bloque Bajo	4069.44	2128.26	2406.00	4374.72	1013.63	3071.26	600.51	3146.25	2944.09	2245.50	5445.70	1380.60	
Cargo por Potencia de Punta	7680.13	7692.45	7703.70	7824.89	7814.11	7864.32	7885.88	7902.20	7956.72	7358.72	8508.76	8565.65	
Cargo por Potencia Fuera de Punta	167.33	187.32	187.59	190.53	190.29	191.50	192.01	192.41	193.74	132.96	61.82	62.23	
Importe Total del mes (Bs.) SIN G.D.	30594.99	18305.23	22192.30	28853.58	13905.47	24424.23	11396.20	27610.10	21612.10	23021.20	33234.10	19485.90	
Importe SIN G.D.(Bs)	30594.99	18305.23	22192.30	28853.58	13905.47	24424.23	11396.20	27610.10	21612.10	23021.20	33234.10	19485.90	274635.40

Anexo b) Cotización para Minigeneración Distribuida

Cotización

Detalle del sistema a instalar

Lugar y Fecha: Santa Cruz, 13 de febrero de 2025						
Validez de la Oferta: 5 Días						
Realizado Por: Fabio Murguía Peña						
Item	Descripción	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Presupuesto
1	Modulo Solar	CANADIAN SOLAR - 610W PANEL MONOCRISTALINO	pza	246	\$ 277.78	\$ 68,333.33
2	Modulo Solar	GROWATT - 100 KW INVERSOR ON GRID TRIFÁSICO	pza	1	\$ 13,880.38	\$ 13,880.38
3	Inversor	GROWATT - 30 KW INVERSOR ON GRID TRIFÁSICO	pza	1	\$ 6,092.96	\$ 6,092.96
4	Medidor Inteligente	MEDIDOR GROWATT SHINEMASTER	pza	1	\$ 2,314.81	\$ 2,314.81
5	Estructuras	SOP. HOPERGY TEJA/CALAMINA - 4.8M 4X425	pza	62	\$ 191.80	\$ 11,891.66
6	Cableado	KIT CABLES Y CONDUCTORES	-	1	\$ 15,468.18	\$ 15,468.18
7	Accesorios Varios	PROTECCIÓN Y ACCESORIOS VARIOS	-	1	\$ 5,679.05	\$ 5,679.05
8	Ingeniería y Planos	DISEÑO Y PLANOS	-	1	\$ 2,152.50	\$ 2,152.50
9	Documentacion	DOCUMENTACIÓN Y REGISTRO AETN	-	1	\$ 850.69	\$ 850.69
10	Transporte	TRANSPORTE, VIÁTICOS Y LOGÍSTICA	-	1	\$ 1,612.65	\$ 1,612.65
11	Mano de Obra	INSTALACIÓN / PUESTA EN MARCA	-	1	\$ 16,595.18	\$ 16,595.18
TOTAL						\$ 144,871.40

Dimensionamiento

El dimensionamiento, ubicación y número de paneles, se determinó realizando un estudio con el software helioscope que recopila datos del movimiento del sol en los últimos 30 años.



150.06 kWp
Potencia a instalar



246
Cantidad de Paneles



663.93 m²
Superficie por utilizar



Anexo c) Cotización para Microgeneración Distribuida

FACTURA PROFORMA

NRO. DE PROFORMA: 2501-EL003

FECHA: 07/01/25

NOMBRE:

DIRECCIÓN

ARTICULO OFERTADO: KIT SOLAR PARA GENERACION DISTRIBUIDA

Región: Llanos

PLAZO DE ENTREGA: A CONVENIR

FORMA DE PAGO: AL CONTADO CON ORDEN DE COMPRA

VALIDEZ DE LA OFERTA: 2 DIAS

Ahorra KWh/mes **2.504**

NOTA: PROPUESTA PRELIMINAR, SUJETA A INSPECCION

LISTA PRECIO: **Base**

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	Unit	Total Bs
1	1	Kit Solar para Generación Distribuida 20 Trifásico Diseñado para ahorrar en promedio los KWh/mes indicados arriba. La Energía Solar producida por los paneles desplaza la energía consumida de la red pública, pero se complementa con ella para cubrir su demanda en cualquier momento. Los excedentes que puedan generarse durante el día sirven para compensar el consumo de la noche. El Kit incluye:	150.964,25	150.964,25
	1	INVERSOR SOLIS S5 - 20 KW 3 FASE, 2 MPPT, DC, S5,-		
	44	PANEL 455W TRINA SOLAR NEG9R.28 MONOCRISTALINO CELL 144		
		Estructuras de aluminio para fijar los paneles a techos inclinados, de tejas o calaminas.		
	100	mts Cables AC 4 x 16.0 mm con ductos		
	200	mts cable DC 1x4 mm ² especial para uso fotovoltaico, protegido contra rayos UV, con ductos metálicos de protección.		
2	1	Instalación y puesta en marcha	26.403,04	26.403,04
3	1	Registro en Distribuidora / AETN	2.373,60	2.373,60
PRECIO TOTAL, INCLUYE IMPUESTOS DE LEY			Bs	179.740,90
Costo por vatio pico, neto SIN IVA, para fines de análisis financiero, USD/Vatio				1,06

Nota: NO INCLUYE medidor bidireccional en caso que el inmueble no lo tenga.

Lugar de entrega:

* En caso de techo tipo terraza u otro tipo, se deberá utilizar una estructura diferente, con precio diferente.

** Para distancias mayores de cableados se deberá adicionar accesorios extras

Anexo d) Cotización para Nanogeneración Distribuida

FACTURA PROFORMA

NRO. DE PROFORMA: 2501-EL003

FECHA: 03/02/25

NOMBRE: Ciprian Duran

DIRECCIÓN

ARTICULO OFERTADO: KIT SOLAR PARA GENERACION DISTRIBUIDA

Región: Llanos

PLAZO DE ENTREGA: A CONVENIR

FORMA DE PAGO: AL CONTADO CON ORDEN DE COMPRA

VALIDEZ DE LA OFERTA: 2 DIAS

Ahorra KWh/mes **590**

NOTA: PROPUESTA PRELIMINAR, SUJETA A INSPECCION

LISTA PRECIO: **Base**

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	Unit	Total Bs
1	2	Kit Solar para Gen. Distribuida con Micro Inversor Trifásico Diseñado para ahorrar en promedio los KWh/mes indicados arriba. La Energía Soalr producida por los panles desplaza la energía consumida de la red pública, pero se complementa con ella para cubrir su demanda en calqueir momento. Los excedentes que puedan genrarse durante el día sirven para comensar el consumo de la noche. El Kit incluye:		42.538,95
	2	MICRO INVER HOYMILES 2000 VA TRIF HMT-2000-4T + CONECT Y CAP		
	8	PANEL 590W ASTRONERGY BIFACIAL CHSM72N MONOCRISTALINO CELL 144 Estructuras de aluminio para fijar los paneles a techos inclinados, de tejas o calaminas.		
	40	Cables AC 3 x 10.0 mm con ducto		
2	1	Instalación y puesta en marcha		7.995,65
3	1	Registro en Distribuidora / AETN		1.898,88
PRECIO TOTAL, INCLUYE IMPUESTOS DE LEY			Bs	52.433,49
Costo por vatio pico, neto SIN IVA, para fines de análisis financiero, USD/Vatio				1,28

Nota: NO INCLUYE medidor bidereccional en caso que el inmueble no lo tenga.

Lugar de entrega:

* En caso de techo tipo terraza u otro tipo, se deberá utilizar una estructura diferente, con precio diferente.

** Para distancias mayores de cableados se deberá adicionar accesorios extras

7 Bibliografía

- AETN. (2023, octubre 31). Determinación de las Tarifas Base para la Cooperativa Rural de Electrificación R.L. (CRE R.L.) correspondiente al periodo noviembre 2023—Octubre 2027. <https://www.aetn.gob.bo/web/main?mid=1&cid=30>
- AETN. (2024a, julio 4). Reglamento de Retribución por la Energía Inyectada a la Red de Distribución en la Generación Distribuida. <https://www.aetn.gob.bo/web/main?mid=1&cid=218>
- AETN. (2024b, julio 4). Reglamento para el registro e incorporación de los Generadores Distribuidos a la red de Distribución. <https://www.aetn.gob.bo/web/main?mid=1&cid=218>
- AETN. (2024c, julio 4). Reglamento para la Inscripción de Empresas dedicadas al Diseño de Proyectos e Instalación de Generación Distribuida en el Registro de Empresas Instaladoras del Ente Regulador. <https://www.aetn.gob.bo/web/main?mid=1&cid=218>
- Alonso, J. A. (2018, junio 5). Radiación, Irradiancia y Azimut en Fotovoltaica. SunFields | Expertos en Energía Fotovoltaica para Ahorro Energético en España. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- Alonso, J. A. (2022, noviembre 19). Potencia de placas solares: Cuántos kwh generan los paneles fotovoltaicos | SunFields. SunFields | Expertos en Energía Fotovoltaica para Ahorro Energético en España. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/cuanta-energia-produce-un-panel-solar/>
- Bolivia: Decreto Supremo N° 4477. (2021, marzo 25). <https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-N4477.xhtml>
- Bolivia: Decreto Supremo N° 5167. (2024, junio 5). <https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-N5167.xhtml>
- Chacon, M. (2024, julio 3). Revista Matriz Energética 1/2024. MHE. <https://www.mhe.gob.bo/2024/07/03/revista-matriz-energetica-1-2024/>
- Chávez Choque, J. C. (2023). Evaluación del impacto económico de la generación distribuida fotovoltaica en las Empresas de distribución en el marco del D.S. 4477- Caso: DELAPAZ [Thesis]. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/32839>

Cordero, R. G. (2021, diciembre 18). Tipos de paneles solares | SunFields. SunFields | Expertos en Energía Fotovoltaica para Ahorro Energético en España. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-placas-solares/>

Cortés, C. L., Gómez-Gómez, G. S., Betancur-Londoño, F., Carvajal-Quintero, S. X., & Guerrero-González, N. (2020). Análisis experimental del desempeño de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado y con microinversores: Caso de estudio Manizales. *TecnoLógicas*, 23(47), 3–23.

Duran, J. C., Pla, J. C., Alvarez, M., & Pedace, R. (2016). Energía Soilar Fotovoltaica. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/113645>

Energía, C. N. para el U. E. de la. (2014, junio 6). ¿Qué es la generación distribuida? - Grandes Usuarios de la Energía-. gob.mx. http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/que-es-la-generacion-distribuida-estados-y-municipios?utm_source=chatgpt.com

Eyras, R., & Durán, J. C. (2013). PROYECTO IRESUD: “INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS A LA RED ELÉCTRICA EN AMBIENTES URBANOS”.

Fierro, J. Ó. O., Villa, J. R., & García, M. A. F. (2024). La innovación disruptiva de la generación de electricidad distribuida: Un reto para la administración pública en México. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 26. <http://www.udgvirtual.udg.mx/paakat/index.php/paakat/article/view/852>

MHE. (s. f.). Términos y Condiciones del uso de la app INTiVITU. MHE. Recuperado 24 de septiembre de 2025, de <https://www.mhe.gob.bo/terminos-y-condiciones-del-uso-de-la-app-intivitu/>

Mint, R. (2024, julio 3). ¿Qué es PVsyst? Conoce el software. MINT. <https://mintforpeople.com/noticias/pvsyst/>

Peláez Gauthmon, C., & Maturana Teuscher, M. (2019). Estudio técnico de viabilidad para la introducción de Generación Distribuida (GD) a través de Energías Alternativas Renovables a la red eléctrica en baja y media tensión (BT y MT) en Bolivia, incluyendo análisis de interconexión de sistemas híbridos (desplazamiento de diésel). https://energypedia.info/images/2/28/Estudio_Generacion_Distribuida.pdf?utm_source=chatgpt.com

Peña, I., Zurita, A., & SIE S.A. (2025, septiembre 17). Técnico Instalador de Sistemas Fotovoltaicos de Generación Distribuida. La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.

Pla, J. C., Bolzi, C. G., & Duran, J. C. (2018). Energía solar fotovoltaica: Generación distribuida conectada a red. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/182479>

Pvgis.com MANUAL DE USUARIO. (s. f.). Recuperado 21 de septiembre de 2025, de <https://pvgis.com/es/manual-de-usuario>

Ramirez, catherine. (2023, enero 16). Rendimiento de los paneles fotovoltaicos: Factores a evaluar. BibLus. <https://biblus.accasoftware.com/es/rendimiento-de-los-paneles-fotovoltaicos-factores-a-evaluar/>

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), 07–35. <https://doi.org/10.21678/forseti.v8i11.1255>

Ryberg, D. S., Freeman, J., & Blair, N. (2015). Quantifying Interannual Variability for Photovoltaic Systems in PVWatts (No. NREL/TP--6A20-64880, 1226165; p. NREL/TP--6A20-64880, 1226165). <https://doi.org/10.2172/1226165>

Salavarieta, J. C. (2016). GENERACION DE ENERGÍA DISTRIBUIDA Y SU EFICIENCIA EN LA CADENA DE VALOR. 5.

SIE .S.A. (2025, septiembre 17). Técnico instalador de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida (GD). La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.

Soto Olea, G., Hernández Venegas, J., Almarza, D., Jofré, I., & Ukar, A. (2018, noviembre). Guía de Operación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos. Santiago de Chile, 115.