



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION**

**Trabajo Monográfico Para Optar Al Título De
Ingeniero Eléctrico**

Tema:

Determinación de los beneficios por implementación de sistema solar fotovoltaico de 160kWp de inyección directa en el Colegio Alemán Nicaragüense.

Autor:

Edwin Ramón Medrano Torres, Carné: 93-11855-3

TUTOR:

Ing. Marlon Antonio Gutiérrez Granja

Managua, Nicaragua, Julio 2023

TEMA:

Determinación de los beneficios por implementación de sistema solar fotovoltaico de 160kWp de inyección directa en el Colegio Alemán Nicaragüense.

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por haberme llenado de sabiduría, fuerza e inspiración para la culminación de este arduo proceso de obtener uno de los anhelos más deseados por mi persona; y luego a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Edwin Ramón Medrano Tórrez.

Agradecimientos

Durante cada proceso de la vida se presentan circunstancias que nos hacen dudar de nuestras capacidades y habilidades, pero al rodearnos de personas que nos aman y nos recuerdan cada día del gran valor que tenemos, nos hacen regresar a las batallas con mayor fuerza.

Agradezco a Dios por ser mi mayor pilar, por llenarme de fuerza en cada noche de duro esfuerzo, por darme paciencia y sabiduría para culminar con éxito una de mis grandes metas propuestas.

A mi familia por su amor y apoyo incondicional durante todos estos años, por caminar junto a mí y guiarme por el camino del bien.

Agradezco especialmente a mi tutor Ing. Marlon Gutiérrez que gracias a sus consejos y correcciones me orientó para hoy culminar este trabajo. Agradezco a cada una de las personas involucradas que me apoyaron con sus conocimientos y experiencia en la rama para culminar los alcances de este trabajo de tesis.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	9
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. OBJETIVOS	11
5. MARCO TEÓRICO	12
Los paneles solares fotovoltaicos	12
Tipos de sistemas solares fotovoltaicos.....	13
1. Sistema solar Fotovoltaico ON GRID.....	13
2. Sistema Solar Fotovoltaico OFF GRID.	13
3. Sistema Solar Fotovoltaico Híbrido.....	14
2. Placas Solares Fotovoltaicas.	14
1. Células Fotovoltaicas.....	14
2. Conexión Serie de los Paneles Fotovoltaicos	16
3. Conexión en paralelo de los paneles fotovoltaicos.	17
3. Regulador de Carga.....	17
1. Reguladores de Modulación por Ancho de Pulso (PWM)	17
4. Baterías.....	18
1. Baterías de Plomo ácido abiertas:	18
2. Baterías de fibra de vidrio absorbente (AGM):.....	18
3. Baterías de Gel:	18
4. Baterías Estacionarias:	19
5. Baterías de Litio:	19
5. Inversores.	19
1. Inversores Básicos:.....	20
2. Inversores Síncronos:	20
3. Inversores de Multifunción:	20
4. 6.4. Inversores para sistemas aislados.....	20
6. Conexión serie y Paralelo de las baterías con el inversor.....	21
7. Normativa de generación distribuida renovable para autoconsumo.....	23
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	25
7. Análisis del trabajo realizado.....	27

6.1.	Facturación eléctrica	27
6.1.1.	Descripción breve del consumo de energía.....	27
6.2.	Análisis de los suministros energéticos	28
6.2.1.	Energía eléctrica	28
6.2.2.	Contratación	28
6.3.	Análisis de calidad de energía	30
6.3.1.	Panel principal Banco de 3x75kVA_120/208V	30
6.3.1.1.	Voltajes de suministro para las instalaciones	30
6.3.2.	Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica	32
6.3.3.	Frecuencia de operación del sistema	33
6.3.4.	Análisis de potencia de generación	34
6.3.5.	Generación de energía.....	36
6.3.6.	Armónicos	36
7.	Diagrama o Esquema Unifilar del Sistema eléctrico de la planta solar fotovoltaica Ass Built.....	39
10.3.	Descripción del sistema eléctrico.....	40
10.4.	Diagrama o esquema unifilar general de planta solar COALNIC	41
11.	RECOMENDACIONES PARA SISTEMA ELÉCTRICO COALNIC	44
12.	CONCLUSIONES	46
8.	BIBLIOGRAFIA	47
9.	Anexos	49
	Anexo A. Pliego tarifario para media tensión	50
	Anexo B. Protocolo de Verificación de la planta solar fotovoltaica COALNIC	51

1. INTRODUCCIÓN

La dependencia energética de los combustibles fósiles es un problema en ascenso, no solo porque su suministro es cada vez más limitado, sino porque su uso es tan vasto, que día a día se fomenta la contaminación de nuestro planeta y, por consiguiente, el calentamiento global. El uso de energía a base de petróleo afecta muy adversamente al geo sistema o medio ambiente, en forma de drenajes ácidos, emisiones de metano y desechos de minería, derrames de petróleo procedentes de las instalaciones en tierra y mar, así como de los buques; contaminación atmosférica producida por el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y el dióxido de carbono, al quemar carbón, petróleo y gas. Esto ha obligado la búsqueda de alternativas que permitan contribuir en la preservación de los recursos naturales, así como mitigar los cambios climáticos que se experimentan a nivel mundial [1].

Una de las fuentes de energía renovable más utilizada es la solar-fotovoltaica, por ejemplo, en Nicaragua se han creado 42 sistemas fotovoltaicos, en ese mismo número de comunidades, que corresponden a los siguientes municipios de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN): Siuna, Rosita, Bonanza, Prinzapolka, Waspam y Puerto Cabezas, a través del cual se proporciona acceso de electricidad a estas comunidades rurales, beneficiando a 62 mil habitantes [3].

Por otra parte, las industrias son consumidores importantes de recursos no renovables, los cuales aumentan su valor día a día, como es el caso del petróleo y derivados. Una de las novedades en el mundo energético, son los sistemas de generación eólico- fotovoltaica, es decir híbridos. En un principio este tipo de tecnología se utilizó para abastecer de energía eléctrica zonas rurales. Actualmente este tipo de generación está siendo implementada en edificios para lograr su independencia energética.

El objetivo de la generación solar fotovoltaica es integrar en un mismo sistema las opciones de energía potencialmente utilizables en un determinado lugar para la reducción de su dependencia de la red comercial. Los mejores resultados se consiguen trabajando simultáneamente en el diseño y readaptación de maquinaria existente. Los resultados que se consiguen en los lugares donde el costo de la energía es alto son realmente asombrosos si se trabaja simultáneamente en generación- consumo [4].

Los sistemas de generación renovable fotovoltaico adquieren su fuente para producir energía del sol, las cuales se suponen como fuentes inagotables. Así mismo, presentan parámetros energéticos estables, además de esto disminuyen los costos por la transferencia de energía desde el transformador de distribución hasta el edificio, debido a que el sistema está integrado.

Los costos de operación representan un elemento importante a considerar a la hora de decidir implementar un sistema de inyección directa en los edificios dentro del colegio tomado como caso de estudio. La energía que utiliza como materia prima el petróleo, tiene como costo inicial la compra del combustible, además de esto los costos relacionados al sistema de distribución de la energía que representan una gran inversión, principalmente por los gastos relacionados con el mantenimiento del sistema eléctrico. Los sistemas desbalanceados, las armónicas, un factor de potencia bajo y la mala regulación del voltaje, reducen la vida útil del sistema eléctrico (transformadores, interruptores, cableado, etc.). La mayoría de las plantas tienen presupuestos para reemplazo de equipos, modificaciones [1]; sin embargo, muchos de estos costos se evitan utilizando sistemas de autoconsumo de inyección directa.

2. ANTECEDENTES

Nicaragua depende en gran medida del petróleo para la generación de electricidad: dependencia del 75% comparado con el promedio de 43% de los países de América Central. En 2006, el país tenía una capacidad instalada nominal de 751,2 MW de la cual el 74,5% correspondía a generación térmica, el 14% a generación hidroeléctrica y el 11,5% a generación geotérmica. El 70% de la capacidad total se encontraba en manos privadas [5].

La generación de energía eléctrica bruta es alrededor de 3.200 Gwh/año, de los cuales el 69% proviene de fuentes térmicas tradicionales, el 10% de plantas térmicas de bagazo, el 10% de energía hidroeléctrica y el 10% de fuentes geotérmicas. El 1% restante corresponde a los sistemas “aislados” [5].

Con la promulgación de la Ley No. 612 Ley de Reforma y Adición a la Ley No. 290, Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo, publicada en la Gaceta No. 20 del 29 de enero del 2007, mediante el artículo 4, se crea el Ministerio de Energía y Minas, y se le adscriben las empresas energéticas propiedad estatal ENEL, ENATREL y PETRONIC1, asumiendo de esta manera la conducción del sector [9].

Retomando de esta manera, el Ministerio de Energía y Minas en el decreto emitido por el presidente Enrique Bolaños Geyer el 2 de marzo de 2004 [9], le da atribuciones a la Comisión Nacional de Energía (CNE) para el desarrollo de nuevos proyectos utilizando la generación de energía para el suministro nacional, prioritariamente las fuentes renovables y las tecnologías limpias. De igual forma, la preparación y promulgación de leyes que establezcan incentivos que permitan el desarrollo, la explotación racional y eficiente de las fuentes renovables.

En el área de energía solar fotovoltaica se han implementado pequeños sistemas aislados de la red de suministro con el apoyo económico de organismos como el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), el banco interamericano de Desarrollo (BID), cooperación de países amigos, entre otros [8]. Uno de los más grandes es el ubicado en la Trinidad Diriamba, Carazo de 1.38 MW, que servirá de abastecimiento a varias comunidades cercanas al mismo.

3. JUSTIFICACIÓN

El actual sistema de generación de energía eléctrica, depende de combustibles fósiles que por su propia naturaleza es una fuente limitada que ocasiona problemas tanto medioambientales, como de sostenibilidad, entre los que se puede citar el “efecto invernadero”, la “lluvia ácida” y la deforestación [10].

En este caso, dado que el sistema fotovoltaico (F.V) utiliza como fuente de energía al sol, podemos considerar este tipo de energía como inagotable. Estos sistemas ofrecen muchas ventajas en cuanto a la producción de energía, ya que esta se realiza en horas punta (horas pico) y se obtiene en el propio lugar de consumo, disminuyendo el transporte de energía y las pérdidas asociadas, y emplea recursos autóctonos, disminuyendo la dependencia energética del exterior.

Además, desde un punto de vista medioambiental, se genera energía eléctrica de forma no contaminante, evitando las emisiones de gases CO₂, SO₂ y NO_x que se emitirían al producir la misma cantidad de energía mediante los medios convencionales. De hecho, en Nicaragua existen leyes que fomentan el financiamiento de organismos internacionales para el uso de Energías Renovables, mayoritariamente en instalaciones como edificios universitarios en comparación con instalaciones sobre otros terrenos, entre estas organizaciones podemos mencionar: PNUD, BID, MDL (Mecanismos de desarrollo limpio del protocolo de Kyoto), entre otras instituciones financieras [10].

En el trabajo monográfico se planteará una propuesta en la que se determinarán los beneficios por implementación de sistema solar fotovoltaico de 162kWp de inyección directa en el Colegio Alemán Nicaragüense, presentado como caso de estudio este colegio de la capital de Managua, ubicado en carretera panamericana sur, Managua.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar los beneficios técnico-económico por la implementación de sistema solar fotovoltaico de 160kWp de inyección directa implementado en un Colegio Alemán Nicaragüense en Managua.

Objetivos Específicos

- Revisar el diseño del sistema solar de inyección directa implementado en el colegio para determinar la función de todos los componentes dentro del sistema solar.

- Verificar las mediciones del sistema de monitoreo con respecto a las mediciones de los analizadores de calidad de energía para evaluar la cantidad de energía generada por la planta solar versus lo que muestra el sistema de monitoreo.

- Determinar el beneficio técnico-económico de la implementación del diseño del sistema solar, tomando como referencia mediciones con analizadores de calidad de energía para medir el aporte del sistema renovable fotovoltaico con respecto al consumo de las instalaciones del colegio para establecer su factibilidad.

5. MARCO TEÓRICO

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana: solar, eólica, hidráulica, biomasa y geotérmica. Las energías alternativas son fuentes de abastecimiento energético respetuosas con el medio ambiente. Todas provienen del sol [11].

La energía solar (fotovoltaica)

es aquella energía obtenida directamente del sol, y aprovechada a través de los captadores solares fotovoltaicos, para la producción de electricidad.

Los paneles solares fotovoltaicos

se componen de celdas que convierte la luz en electricidad. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente [13].

Los sistemas fotovoltaicos se componen de **Paneles fotovoltaicos** que están compuestos por celdas solares de silicio, cuando las celdas reciben los rayos solares se energizan y producen corriente eléctrica directa, para controlar la salida del panel es necesario un **regulador de carga** que ajusta y regula la carga de corriente directa, ya que está en función de la radiación solar y puede sobrepasar la capacidad del **banco de baterías** (encargadas de recolectar la energía de los paneles solares), la función principal del regulador es proteger las baterías contra sobre cargas y sobre descargas [13].

Asimismo se tiene el **Inversor** cuya función es convertir el bajo voltaje de las baterías, en el voltaje que es comúnmente suministrado en la red

eléctrica (120 V). Utiliza dispositivos de conmutación para convertir DC en AC y subir los niveles de voltaje de 12, 24 o 48V, a 120 ó 220V a frecuencias de 50 o 60 Hz. Entre **otros componentes** se utilizan Cables eléctricos, breakers, fusibles, Etc.

Tipos de sistemas solares fotovoltaicos.

1. Sistema solar Fotovoltaico ON GRID.

El sistema solar fotovoltaico ON GRID opera mediante la conexión de los paneles solares directamente a la red eléctrica comercial, permitiendo que el cliente pueda generar y consumir más energía eléctrica producida por este sistema [14].

Presenta los siguientes beneficios:

- Al ser sistemas dependientes de la red eléctrica su costo de instalación es mucho más bajo que el sistema off grid.
- Te permitirá generar un ahorro significativo en la factura eléctrica.
- No necesitarás invertir en baterías ya que cuando no se esté generando energía solar, podrás suministrarte con la energía de la red local.

2. Sistema Solar Fotovoltaico OFF GRID.

El sistema Solar Fotovoltaico OFF GRID es una instalación completamente independiente a la instalación eléctrica comercial de la empresa de distribución, es decir que puede suministrar energía eléctrica a través de un banco de baterías convirtiéndose este en un sistema aislado e independiente. Por esta razón, es más utilizado en sitios aislados en los que no se cuenta con una red de distribución eléctrica [14].

Tiene como beneficios:

- Es un sistema energético confiable, puesto que la principal fuente de generación es el sol.

- Este tipo de instalación no produce ninguna contaminación, ya que a diferencia de la electricidad que se obtiene de manera convencional, las plantas fotovoltaicas no producen emisiones de CO₂.
- Es un sistema autónomo y no depende de la red de distribución eléctrica comercial.

3. Sistema Solar Fotovoltaico Híbrido.

Este sistema solar se puede considerar como un punto intermedio de seguir teniendo acceso a la red con la capacidad de almacenar también el exceso de energía solar en baterías solares. Al almacenar la energía solar en sus propias baterías, gana un cierto nivel de autonomía al reducir su dependencia de la misma en al menos un 70% a un 95%.

Los sistemas solares híbridos están diseñados para dar prioridad a la energía solar en primer lugar, a la batería en segundo lugar y a la energía de la red en último lugar. Por lo tanto, se confía en las baterías para mantener el funcionamiento durante la noche o, en teoría, si se produce un corte de la red. Pero recuerda que, en la práctica, esto no siempre es así, porque muchos sistemas híbridos no incorporan la función de respaldo desde el principio. Necesitarás un «equipo de conmutación» especializado adicional que te permita desconectarse de la red si se produce un corte del suministro de energía [4].

2. Placas Solares Fotovoltaicas.

1. Células Fotovoltaicas.

La célula solar está basada en silicio el cual se extrae de manera de la arena común (SiO₂) intervienen 6 procesos principales hasta obtener el módulo solar capaz de producir energía eléctrica [2].

- Extracción de oxígeno de la arena para obtener silicio.
- Purificación de silicio.
- Crecimiento.
- Corte para obtener obleas de silicio.
- Formación de la célula.
- Encapsulado de célula para formar el panel fotovoltaico.

1. Células de Sulfuro de Cadmio y Sulfuro de Cobre (SCu₂).

Estas células solares son de muy fácil fabricación y de poco material activo, según las pruebas de laboratorio se obtuvo un rendimiento máximo del 10% viéndose disminuidas a la mitad en la práctica; el problema de la utilización de estas células solares es la degradación producida con el paso del tiempo [3].

2. Células de Arseniuro de Galio.

Son las más indicadas para la fabricación de paneles, según las pruebas de laboratorios dan un rendimiento máximo del 27% al 28% con respecto a la versión monocristalino, la ventaja de la utilización de este es que tiene un elevado coeficiente de absorción; puede trabajar a altas temperaturas y con pocas pérdidas, en cuanto a su costo de elaboración es muy alto por ser materiales muy raros y poco abundantes en el medio ambiente [3].

3. Células Bifaciales.

Su fabricación consiste en formar una doble unión (normalmente N⁺-P-P⁺) de tal forma que sus celdas sean activa en ambas caras este método garantiza la obtención de la radiación frontal y la reflejada al suelo (albedo), alcanzando un aprovechamiento del 30% de la energía total recibida del sol.

Estas obtienen mejor rendimiento que las monofaciales, pero el costo de producción de estas células se eleva ya que necesitan varios tratamientos extras en el dopaje del silicio para crear las diferentes capas [3].

4. Células Monocristalina.

Las células monocristalinas se consiguen mediante silicio puro fundido y dopado con cobre, se distinguen los paneles fotovoltaicos que incorporan estas células por su color azul homogéneo, su rendimiento eléctrico está situado en la franja del 15 y 18% con la energía incidente en su superficie. [2]

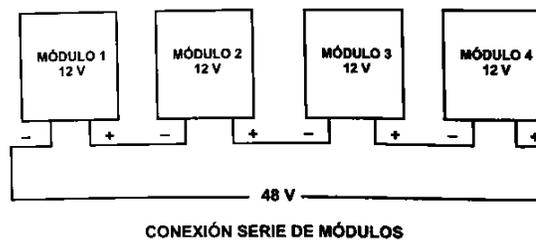
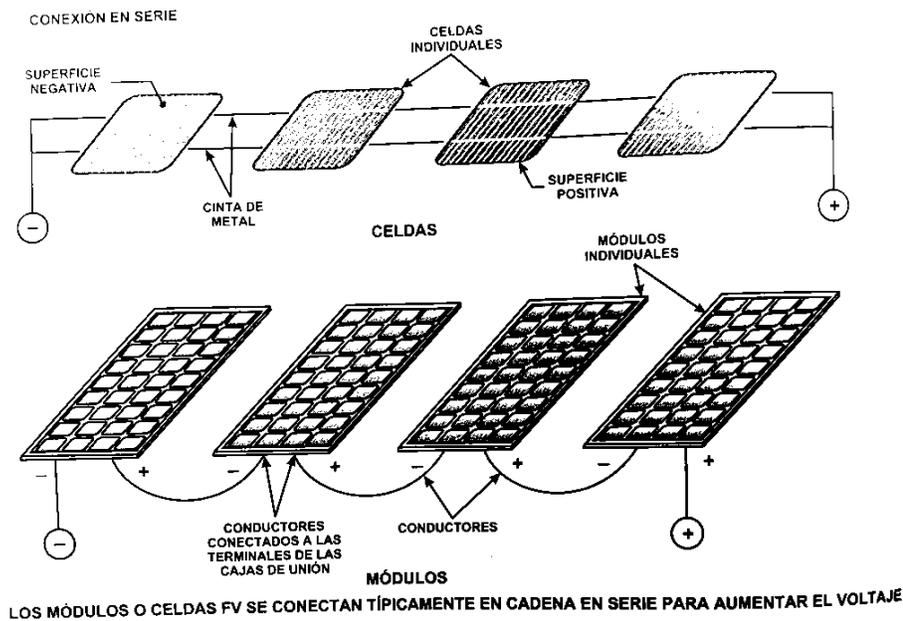
5. Células Policristalina.

Sus células tienen menor espesor _solo algunas micras_ que las monocristalinas, pero el material semiconductor tiene menos pureza, por tanto, ofrece menos rendimiento, el cual está situado entre el 14 y el 15%. En su obtención intervienen un número menor de fases de cristalización con respecto al anterior, lo que reduce su precio en el mercado. [2]

6. Silicio Amorfo.

esta célula de capa delgada y bajo costo, permite realizar módulos fotovoltaicos flexibles, presenta un color marrón homogéneo y su rendimiento está por debajo del 10%. Puede adherirse a cualquier soporte de vidrio, plásticos o similares. [2]

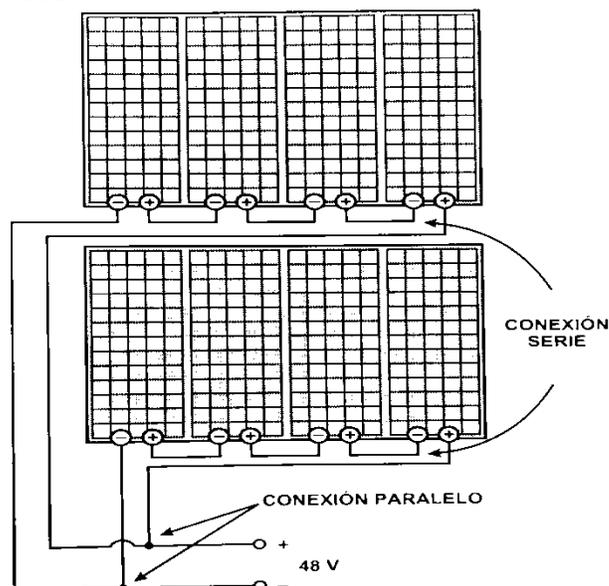
2. Conexión Serie de los Paneles Fotovoltaicos



Fuente: (Harper, 2014, pág. 344)

3. Conexión en paralelo de los paneles fotovoltaicos.

OCHO MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS EN SERIE Y PARALELO



Fuente: (Harper, 2014, pág. 345)

3. Regulador de Carga

Los Reguladores de control de carga de las baterías controlan la cantidad de corriente que entra a la batería y la protege contra sobrecarga y contra la descarga completa. Pueden medir también el voltaje de la batería para detectar su estado de carga. [7]

1. Reguladores de Modulación por Ancho de Pulso (PWM)

Este es el medio más efectivo para lograr un voltaje constante en la carga de una batería switcheando el controlador del sistema solar, cuando el voltaje de la batería alcanza el punto de ajuste de la regulación, el algoritmo del PWM reduce lentamente la corriente de carga para prevenir el calentamiento y gasificación de la batería, aún la carga continua para regresar la máxima cantidad de energía a la batería en el tiempo más corto. [7]

4. Baterías

1. Baterías de Plomo ácido abiertas:

Contienen placas bipolares conectadas en serie sumergida en ácido sulfúrico tienen un gran rendimiento y un costo bajo de mantenimiento, no disponen de gran capacidad de ciclado profundo (salvo modelos profesionales). No obstante, si le realizamos los mantenimientos adecuados y vigilamos que la descarga no supere mucho más del 50%, nos encontramos ante baterías de larga longevidad superando con creces los 1200 ciclos de vida útil sin mermar su rendimiento [16].

2. Baterías de fibra de vidrio absorbente (AGM):

Están compuestos por una placa de plomo que absorben más rápido y mejor el ácido sulfúrico, tienen una mayor capacidad del ciclo de carga y estas no requieren mantenimiento. [1]

Las características principales de estas baterías son:

- Baja auto descarga, pueden almacenarse durante largos periodos de tiempo sin necesidad de recarga.
- Baja resistencia interna, aceptan corrientes de carga y descarga muy elevadas. Gran número de ciclos: Más de 500 ciclos al 50% de descarga. [monosolar.com]
- VRLA (Valve Regulated Lead-Acid Batteries; baterías de plomo-ácido reguladas mediante válvulas) por lo tanto sin mantenimiento ni fuga de gases [18].

3. Baterías de Gel:

Contienen Electrolitos Gelificados, es completamente encapsulada por lo cual no desprende gases nocivos ideal para lugares confinados tiene una duración hasta de 800 ciclos de carga, indicada para instalaciones medianas y pequeñas. [1]

4. Baterías Estacionarias:

Se caracterizan por que se mantiene cargada constantemente, contienen un regulador que alimenta el consumo y que regula la batería cuando se produce una descarga, por esta razón son muy recomendadas para las instalaciones fotovoltaicas, ya que tienen una vida útil larga y su ciclo de carga profunda ofrende resultados notables para cualquier tipo de consumo. [1]

- Batería OPzS

Las baterías OPzS poseen una longevidad de entre 15 y 20 años en flotación y poseen una media de 2000 ciclos de durabilidad por lo que, teniendo en cuenta su precio en relación a otras tecnologías [19].

- Batería OPzV

Las Baterías Estacionarias OPzV se caracterizan por ser baterías selladas, con tecnología VRLA, por lo que no requieren de mantenimiento alguno durante su vida útil. Son baterías que alcanzan alrededor de los 3000 ciclos de vida, situando su vida útil en más de 15 años. Poseen una gran versatilidad ya que debido a su tamaño y forman pueden adaptarse a diferentes espacios. Además, al ser selladas su gasificación es mínima y se evita las fugas de ácido y la corrosión en los terminales [18].

5. Baterías de Litio:

Una de las principales características de este tipo es que su tiempo de carga es más rápido y ofrecen una densidad de carga mayor y al no tener el efecto memoria puede descargarse al 80% sin que la batería sufra daños, con una utilidad de carga de 4,000 ciclos. [1]

5. Inversores.

El uso de los inversores se vuelve esencial en la presencia de la generación a partir de celdas fotovoltaicas, ya que éstas generan corriente directa, pero la mayoría de los aparatos electrodomésticos más comunes requieren para su funcionamiento corriente alterna.

Un inversor se utiliza para cambiar el bajo voltaje DC (12, 24, 32, 36, 48, 96, 120V) a un voltaje mayor en AC (120 ó 220V), la eficiencia de los inversores es del orden de 80 a 95%. [7]

1. Inversores Básicos:

Operan bajo la base de conmutación usando elementos de switcheo, como es el caso de los transistores bipolares, y como además de cambiar de corriente Directa (C.D) a Corriente Alterna (C.A) deben hacer el cambio de un voltaje a otro, entonces también se deben incluir transformadores. [7]

2. Inversores Síncronos:

En este tipo de inversores si el arreglo fotovoltaico está produciendo más potencia de la requerida, el excedente se puede vender a la compañía suministradora a través de un medidor eléctrico para registrar el monto, y si el consumo de potencia es mayor que el producido por el sistema fotovoltaico entonces el déficit se puede tomar de la red eléctrica de la compañía suministradora, ya que en este sistema no hay baterías de almacenamiento. [7]

3. Inversores de Multifunción:

Estos pueden operar en sistemas aislados y como inversores síncronos al mismo tiempo. Un Inversor Multifunción permite observar el excedente de potencia a la compañía suministradora y mantener un banco de baterías para operar como sistema aislado. [7]

4. 6.4. Inversores para sistemas aislados

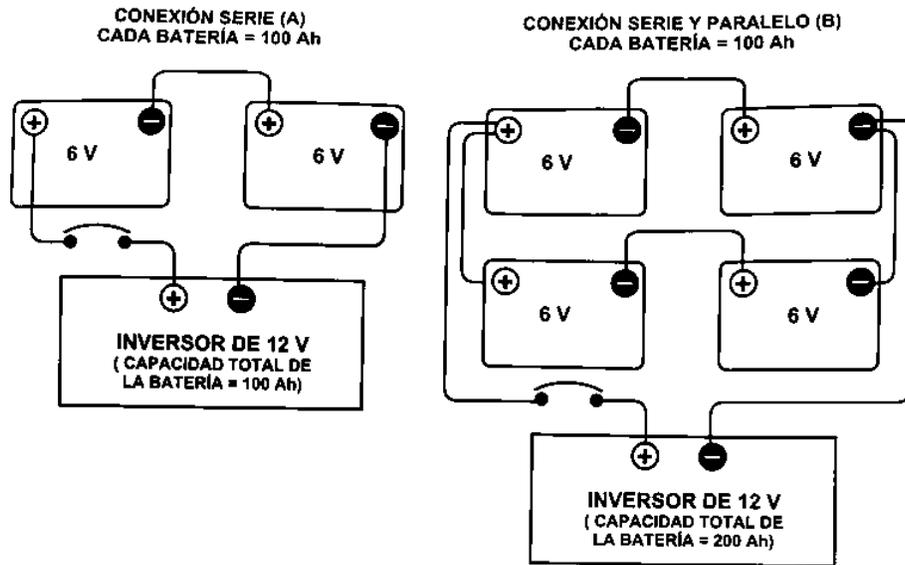
Los inversores para sistemas aislados convierten la C.D. almacenada en las baterías a la C.A., que se puede usar de acuerdo a las necesidades [7].

Desde el punto de vista de la forma de onda producida por los inversores, se pueden clasificar en:

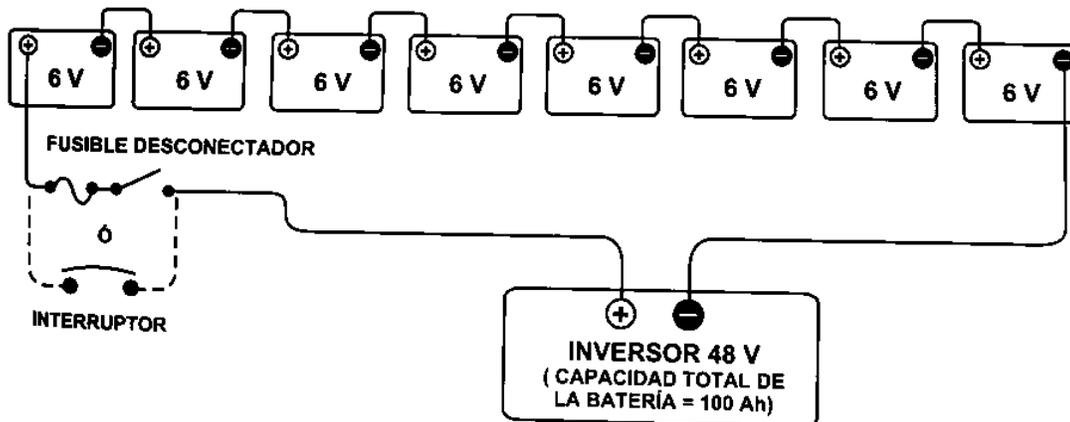
- Inversores de Onda Cuadrada
- Inversores de Onda Senoidal modificada

- Inversores de Onda Senoidal Real.

6. **Conexión serie y Paralelo de las baterías con el inversor.**



ALAMBRADO DE BATERÍAS EN CONEXIÓN SERIE COMO EN (A) AUMENTA EL VOLTAJE, COLOCANDO EL GRUPO EN PARALELO COMO EN (B) SE INCREMENTA LA CAPACIDAD



Fuente: (Harper, 2014, pág. 457)

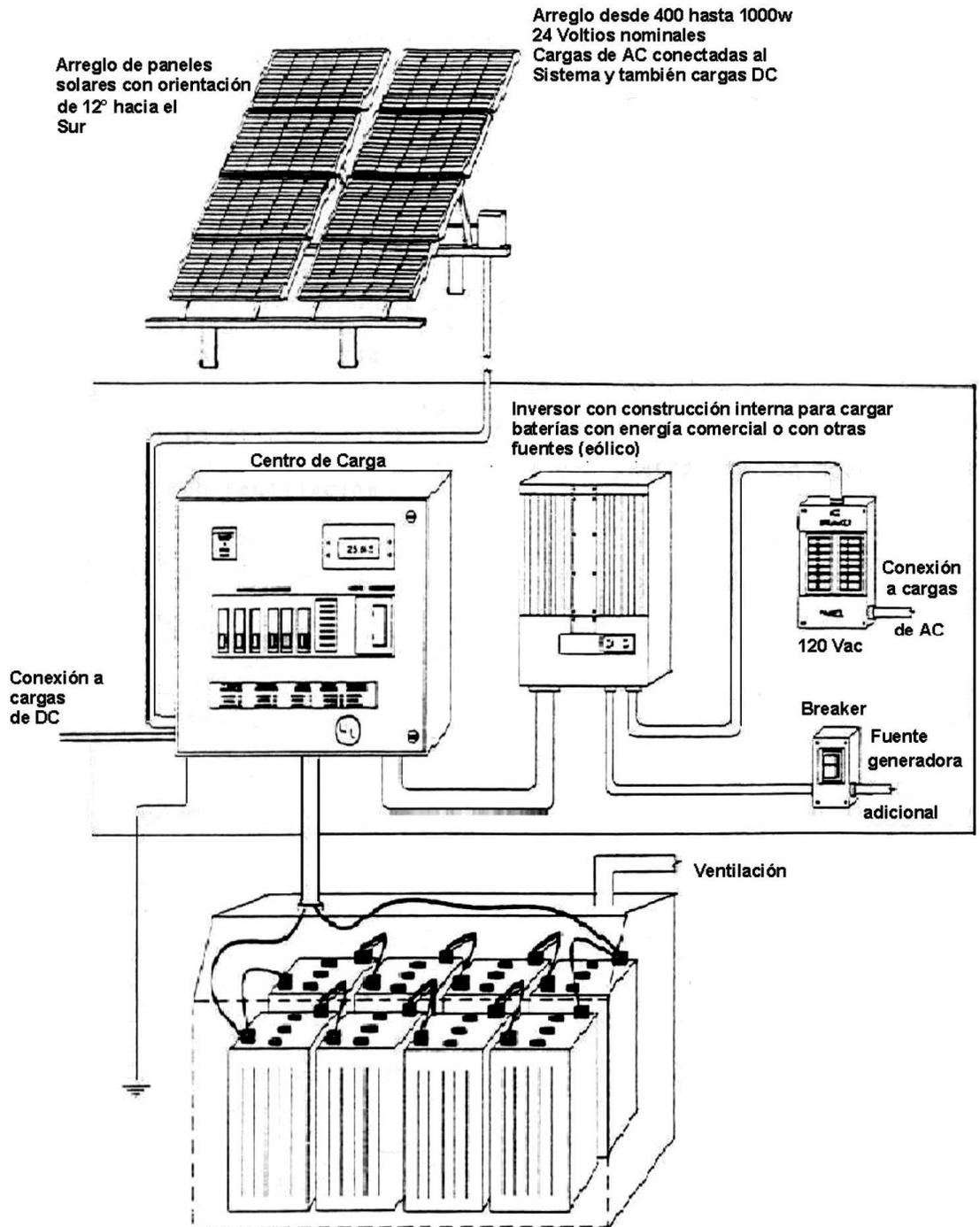


Fig.2. Sistema fotovoltaico para uso residencial y edificios [13] (este sistema se va a utilizar)

Este trabajo propone la **definición** de los beneficios que representa la implementación de un sistema fotovoltaico de inyección directa de 160kWp en la estructura de techos de varios de los edificios de un colegio de Managua clasificado como un consumidor general mayor binomio con

medición horaria estacional en el sector de carretera sur de la ciudad de Managua. [14].

7. *Normativa de generación distribuida renovable para autoconsumo.*

Esta ley tiene como objetivo normar la generación de energía eléctrica destinada al autoconsumo, así como los excedentes que se generan como subproductos del autoconsumo, establecer mecanismos que compensen los costos incurridos en la red de distribución, garantizar la calidad y la continuidad del suministro para los usuarios conectados a la red de Distribución, establecer un mecanismo que remunere el excedente de la energía inyectada a la red de cada unidad de generación distribuida, definir criterios técnicos de instalación para generadores distribuidos.

Una de las implicaciones para la generación distribuida renovable (GDR) es realizar las clasificaciones en potencia instalada y voltaje de conexión a la red de distribución, el cual en el (ACUERDO MINISTERIAL N°. 063-DGERR-002-2017, Título II) se clasificó de la siguiente manera:

GDR-Baja Tensión 1(BT1): BT, instalaciones hasta 2 kW.

- a. Puede instalar cualquier cliente conectado a BT.
- b. Los equipos de generación están exclusivamente conectados en el Punto de Suministro.
- c. La potencia demandada del Cliente ante la Empresa de distribución (ED) es menor o igual a 2.0 kW.

GDR-BT2: BT, instalaciones de más de 2 kW.

- a. Puede instalar cualquier cliente conectado a BT.
- b. Los equipos de generación están exclusivamente conectados aguas abajo del Punto de Suministro.
- c. La potencia demandada del Cliente ante la ED es más de 2.0 kW

GDR-Media Tensión 1 (MT1): MT, instalaciones menores o igual a 1MW.

- a. Puede instalar cualquier persona natural o jurídica conectado a MT que sea Cliente de la ED.
- b. Potencia demandada del Cliente ante la ED es menor o igual a 1 MW,
- c. Los equipos de generación están exclusivamente conectados aguas abajo del Punto de Suministro.
- d. La ED podrá determinar un límite de capacidad de conexión en el Punto de Suministro en base a los estudios del Dictamen de la Factibilidad Operativa.

GDR-MT2: MT, instalaciones de más de 1 MW e inferiores a 5 MW.

- a. Puede instalar cualquier persona natural o jurídica conectado a MT que sea Cliente de la ED.
- b. La potencia demandada del Cliente ante la ED es mayor a 1 MW y menor a 5 MW.
- c. Los equipos de generación están exclusivamente conectados aguas abajo del Punto de Suministro.
- d. El CNDC podrá requerir a la ED cualquier información o acción sobre los Generadores Distribuidos conectados en sus Redes.
- e. La ED podrá determinar un límite de capacidad de conexión en el Punto de Suministro en base a los estudios del Dictamen de la Factibilidad Operativa.

En ninguno de los casos anteriores, la potencia operada del GDR deberá superar la potencia máxima registrada del cliente. La ED validará la información suministrada por el Cliente.

La propuesta que se presenta de generación para autoconsumo no contempla dentro de estructura técnica tener un excedente de energía eléctrica y/o inyectar a la red, por esto, no es necesario cumplir las responsabilidades y obligaciones descritas en el título 3 de la presente normativa.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología empleada en el desarrollo de este trabajo investigativo [15] está basada en el análisis de teorías acerca de la energía fotovoltaica, además se pone a prueba utilizando datos reales de irradiancia y velocidad de viento empleados en el caso de estudio.

Tipos de estudio:

Analítico – Investigativo - Experimental.

Área de estudio:

Aplicación de la energía alternativa fotovoltaicas.

Objeto de estudio:

Determinar potencial solar-fotovoltaico para su utilización en edificios construidos o nuevos.

Técnicas utilizadas:

- ▢ Planteamiento del problema.
- ▢ Recolección de la información.
- ▢ Revisión bibliográfica.
- ▢ Clasificación de información obtenida.
- ▢ Análisis y consolidación de la información.

Método de recolección de información:

Para iniciar esta investigación se realizó una entrevista con el Ing. Marlon Gutiérrez, quien participó del diseño y construcción de este sistema solar fotovoltaico de inyección directa, el cual proporciono información general

del proyecto del colegio, así mismo una serie de entrevistas con el Arq. Manuel Sequeira el cual nos proporcionó las pautas necesarias para la realización de este trabajo monográfico.

1. Se visita las oficinas del colegio en caso de estudio, INETER y la edificación en construcción con la finalidad de recopilar información.
2. Se revisará la literatura para conocer los antecedentes de las investigaciones relacionadas con este ámbito. Recurso: Internet, Hemeroteca.
3. Se elabora el primer formato para la recopilación de los datos respectivos. Recurso: Internet.
4. Se ordena la información recopilada acerca del proyecto. Recurso: internet, hemeroteca, mediciones in situ con analizador de calidad de energía, otras fuentes.
5. Se establece la metodología a implementar, que este acorde con las necesidades del proyecto y que permita su implementación en cualquier tipo de edificaciones, es decir que sea flexible.
6. Aplicar la metodología propuesta al caso de estudio: el colegio #1 de la ciudad de Managua.

Pasos básicos para el desarrollo de sistemas energéticos ongrid

[11]:

- Evaluación de condiciones climatológicas del lugar
- Configuración del sistema de inyección directa
- Dimensionamiento de los componentes del sistema

7. Análisis del trabajo realizado

6.1. Facturación eléctrica

Colegio Alemán Nicaragüense (COALNIC) cuenta con un banco de transformadores trifásico de 3x75kVA que se utiliza para alimentar a todas las áreas dentro de las instalaciones del colegio, el voltaje se reduce desde 13.8 kV hasta un voltaje de 120/208V habiendo eliminado así la línea griega ubicada en la fase #2 del sistema trifásico existente, previo a la instalación del sistema solar fotovoltaico de inyección directa.

6.1.1. Descripción breve del consumo de energía

A continuación, se refleja la distribución general del consumo energético en las instalaciones de Colegio Alemán Nicaragüense (COALNIC), en el periodo de enero a diciembre del 2017:

Tabla 1. Distribución general de consumos energéticos

Suministro Energético	Instalaciones	Consumo energético anual (kWh/año)	Costo energético anual (USD/año)	Costo de la energía promedio ¹ (USD/kWh)	Emisiones anuales de CO ₂ (tCO ₂ eq/año)
Electricidad	Colegio Alemán Nicaragüense (COALNIC)	231,840	74,806.33	0.359	122.88

Según la tabla anterior, en el periodo evaluado se ha tenido un costo promedio de energía eléctrica de USD 0.359 por kWh, cuenta con un consumo total de 231,840 kWh para el año analizado. Dicho consumo de energía ha representado

¹ Incluye los costos totales de facturación: Energía, demanda, alumbrado público, comercialización, regulación INE e IVA.

la generación indirecta de 122.88 toneladas de dióxido de carbono (un gas responsable del calentamiento global) hacia la atmósfera.

6.2. Análisis de los suministros energéticos

6.2.1. Energía eléctrica

Colegio Alemán Nicaragüense (COALNIC), cuenta con un medidor (# 15901266IT) con medición primaria o en media tensión (NIS: 2000392), para cuantificar el consumo de energía eléctrica suministrado por la distribuidora DISSUR.

6.2.2. Contratación

La tarifa eléctrica a la cual están sujetas las instalaciones de Colegio Alemán Nicaragüense (COALNIC), es la T-2E MEDIA TENSION, GENERAL MAYOR BINOMIA, CON MEDICION HORARIA, para su uso durante todo el horario laboral del colegio. Dicha tarifa tiene la siguiente descripción:

Tabla 2. Datos de facturación eléctrica²

Descripción			Energía USD/kWh	Demanda USD/kW
Tarifa	T-2E Media tensión, General mayor binomia, con medición horaria	Verano Punta		
		Invierno Punta	0.2925	
		Verano Fuera de Punta	0.2832	
		Invierno Fuera de Punta	0.2022	
		Verano Punta	0.1954	29.4021
		Invierno Punta		18.3621
		Verano Fuera de Punta		0.0000
		Invierno Punta		0.0000

² Ver pliego tarifario en anexo A, Pliego tarifario aplicado por Disnorte-Dissur para Diciembre 2017

		Invierno Fuera de Punta		
Compañía suministradora	Distribuidora de Electricidad del Sur S.A.			
Código de cliente (NIS)	2000392			
Consumo anual (kWh)	231,840			
Costo anual (USD)	74,806.33			

Según la tabla anterior, la tarifa eléctrica que posee el colegio es del tipo binomia con medición horaria estacional, es decir, se registra la demanda de potencia máxima registrada y sostenida en intervalos de cada quince minutos durante todo el mes del período de la factura eléctrica, solamente en el horario punta. La máxima demanda de energía al mes (la suma de potencia de todos los equipos eléctricos operando al mismo tiempo), se les cobra un monto según la temporada del año (verano e invierno). De igual manera en esta tarifa se registra el factor de potencia, parámetro que indica el porcentaje de aprovechamiento de la energía suministrada y la aprovechada para brindar el servicio. Cabe mencionar que la tarifa con la que cuenta el colegio es la que más conveniente para su funcionamiento.

6.3. Análisis de calidad de energía

El análisis de la calidad de energía se realizó mediante el uso del equipo Fluke 435³, para identificar el voltaje real de operación, amperaje, potencia, factor de potencia y generación eléctrica, esto durante el periodo del 11 al 13 de enero del 2023.



Ilustración 1. Analizador de energía Fluke 435

Dicho equipo fue colocado de forma simultánea con dos analizadores: uno en el panel principal del sistema solar instalado y otro en el main breaker comercial de las instalaciones eléctricas del colegio, cercano al medidor bidireccional instalado por la distribuidora DISSUR en el lado secundario del banco de transformadores existentes de 3x75kVA en las instalaciones del colegio.

6.3.1. Panel principal Banco de 3x75kVA_120/208V

6.3.1.1. Voltajes de suministro para las instalaciones

El desbalance trifásico es el fenómeno en donde las tensiones y ángulos entre fases consecutivas no son iguales. El balance perfecto entre fases es inalcanzable, sin embargo, se puede realizar una aproximación dentro de rangos aceptables como el 3% dentro de las instalaciones eléctricas de la industria después del medidor en baja tensión o 5% incluyendo la medición en media tensión⁴. A continuación, se detalla el comportamiento del voltaje de fase registrado en el banco de 3x75kVA:

³ <http://www.fluke.com/fluke/cres/home/default.htm>

⁴ Ver código de instalaciones eléctricas de Nicaragua (CIEN)

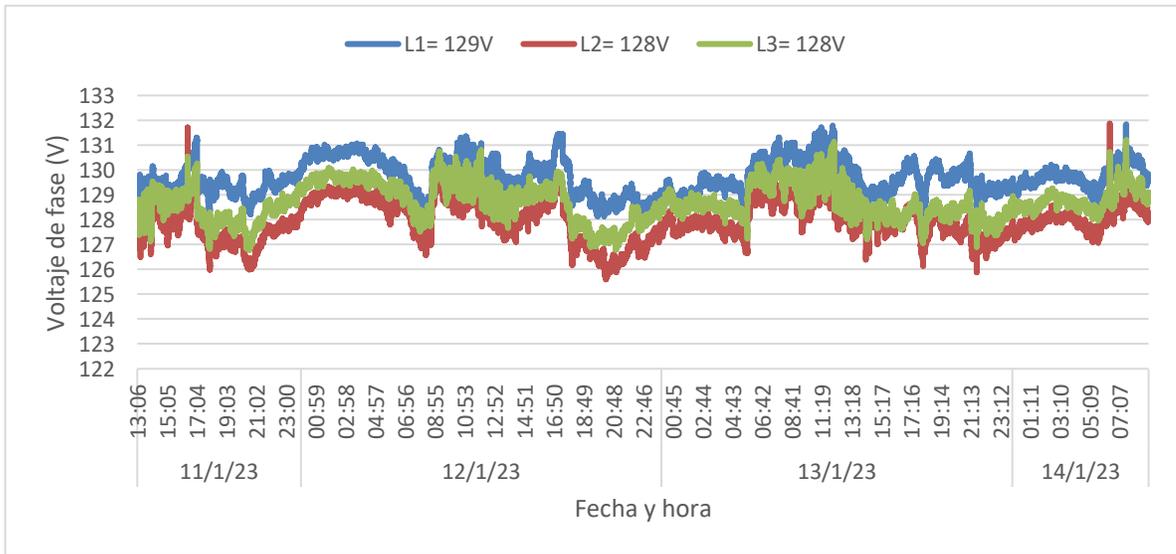


Gráfico 2: Voltajes de fase alimentación de panel principal del sistema solar

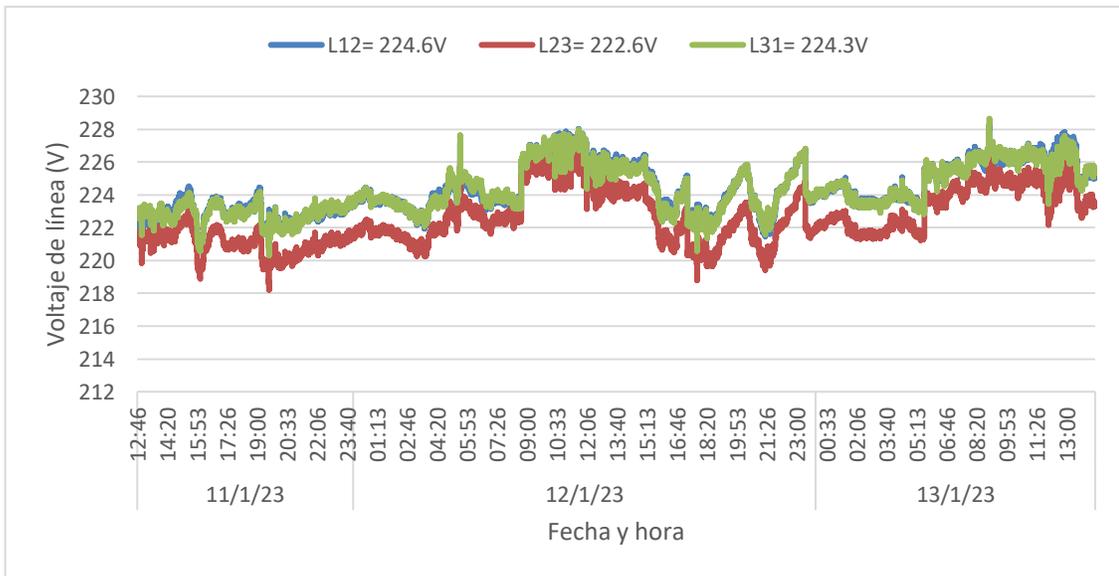


Gráfico 3: Voltajes de línea alimentación de panel principal del sistema solar

Según los gráficos anteriores, el porcentaje de desbalance entre cada una de las fases es del 0.8%, dicho valor es excelente para el sistema ya que es menor del 3%. Cabe mencionar que según la conexión del alimentador el voltaje en el secundario debería ser de 120 V con una tolerancia de $\pm 10\%$, es decir que el voltaje debería mantenerse entre 108 V y 132 V, y de 208V para el voltaje de

línea por lo que los valores (128, 129V por fase y 222V y 224V para las líneas) encontrados están comprendidos como nominales y es completamente normal para su operación.

6.3.2. Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica

Para analizar los desbalances en las mediciones realizadas, se analizó la situación de la generación por fase que generan todos los equipos inversores en las instalaciones de COALNIC que trabajan con voltajes de 120/208 V, que comprende todas las áreas del colegio conectadas a este panel principal. A continuación, se presenta la corriente de generación (en Amperios) para cada una de las fases que corresponden a la planta solar de 160kWp:

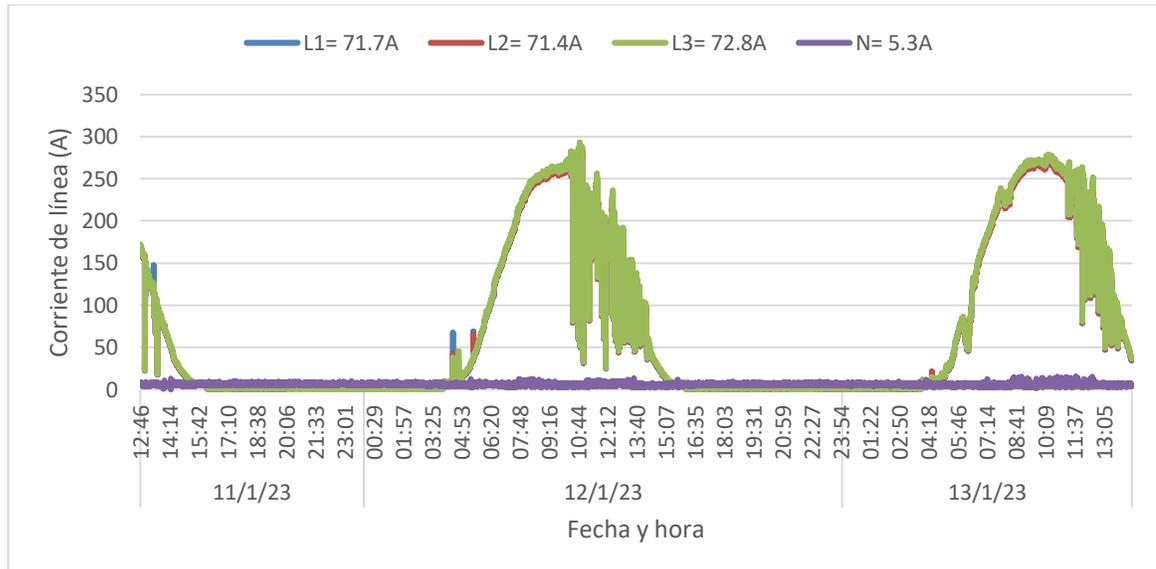


Ilustración 4. Corrientes por cada fase panel principal generación SSFV 160kWp

El **porcentaje de desbalance de corrientes máximo es de 1.2%** que corresponde a la línea 3 que posee 1.8A adicionales con respecto a las líneas 1 y 2. Este valor de desbalance es excelente para el sistema de generación solar fotovoltaico y para el sistema eléctrico del colegio donde se conecta.

El desequilibrio de corriente no debe exceder de 5% de la carga del factor de servicio o de 10% a plena carga⁵, es decir que el panel principal del colegio posee un valor de desbalance muy por debajo del 5% por lo que está dentro del rango permitido aceptable, según el NEC 2014 y otras normas internacionales como IEC.

6.3.3. Frecuencia de operación del sistema

La Frecuencia es el número de ciclos por segundo de una corriente eléctrica alterna. Según el Instituto Nicaragüense de Energía a través de la “Ley 272. Ley de la industria Eléctrica”, establece en el capítulo 8.1.1 que: La Empresa de Distribución suministrará la energía eléctrica con una frecuencia de 60 ciclos con variaciones de $\pm 0.5\%$. A continuación, se presenta la curva del comportamiento de la frecuencia según las mediciones con el equipo analizador de calidad de Energía Fluke 435:

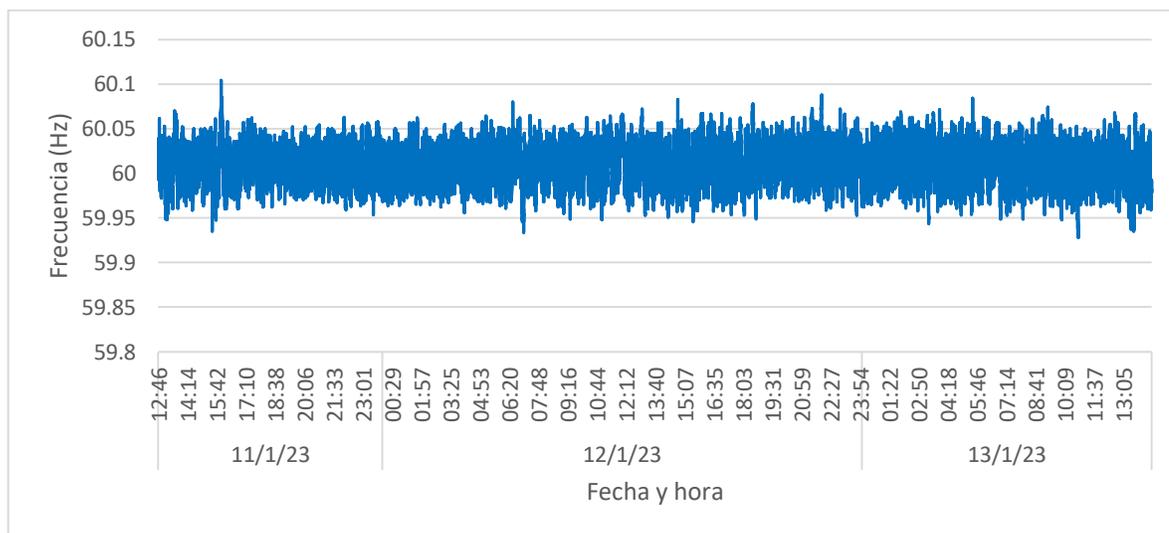


Ilustración 5. Frecuencia del sistema eléctrico en Panel principal del escáner

Según la ilustración anterior el valor de la frecuencia del suministro eléctrico con el que cuenta el sistema de generación solar distribuido del Colegio Alemán se encuentra dentro del margen de tolerancia establecido $\pm 0.5\%$ (60.3 a 59.7 Hz) con 60.1 y 59.93 Hz para máximo y mínimo, respectivamente.

⁵ Ver NEC 2011, Porcentaje de 2 desbalance por corriente.

6.3.4. Análisis de potencia de generación

Las curvas de generación permiten obtener información sobre qué nivel de generación se encuentra una variable a lo largo del tiempo, según la radiación solar en el período solar que coincide con la jornada laboral del Colegio Alemán mostrando la forma en que evoluciona una variable a lo largo de un periodo definido. A continuación, se presenta la curva de carga registrada por el equipo analizador de calidad de la energía para esta acometida alimentada por el sistema solar de generación conformado por 8 inversores On-grid de 20kW cada uno:

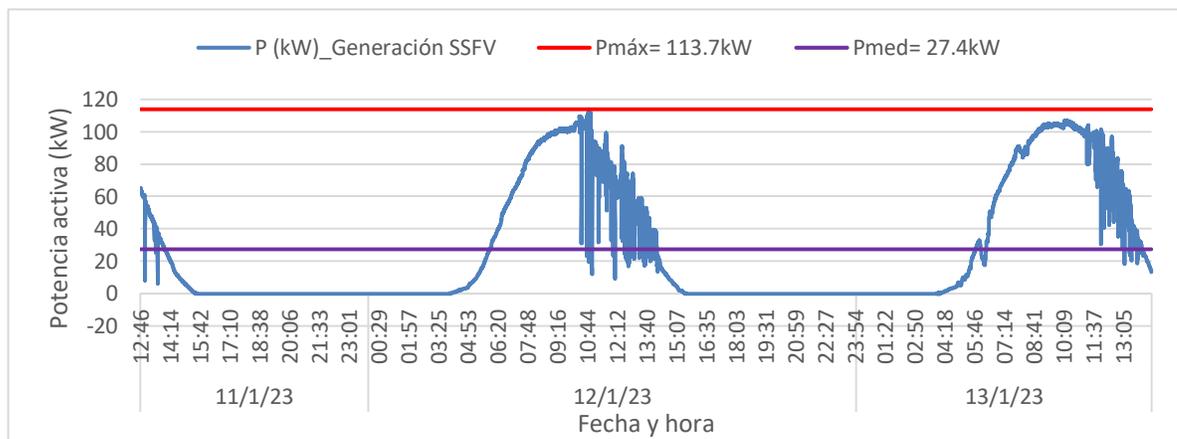


Ilustración 6. Curva de generación solar general del sistema de generación distribuida de COALNIC

En la ilustración anterior, se muestra el resultado real que el equipo de medida ha indicado a diferentes horas del día en los que se realizó la medición, mostrándose la generación en forma de campana de Gauss, característica de este tipo de generación renovable de tipo solar fotovoltaica incluyendo los dos días, una hora y 44 minutos del registro con el analizador de calidad de energía, dibujando una **línea azul** que permite comparar esa generación y determinar el grado de utilización de la planta solar así como las pérdidas del sistema debidos a generación con días parcialmente nublados. Basado en la ilustración, se tienen los siguientes comentarios:

- El factor de generación máximo es **71.3%** con 113.85 kVA (con FP=1.00) que representa 113.7 kW que se encuentra por aproximadamente al 50.6% de la capacidad nominal de este banco de transformadores del colegio, pero cabe mencionar que no todo pasa a través del banco de transformadores, ya que el colegio presenta una carga determinada en cada momento del día.
- El factor de generación promedio es **75%** con 27.84 kVA (con FP=0.98) que representa 27.39 kW.

Para visualizar la carga del colegio versus la curva de generación del sistema solar fotovoltaico de inyección directa instalado en el colegio se presenta la siguiente curva:

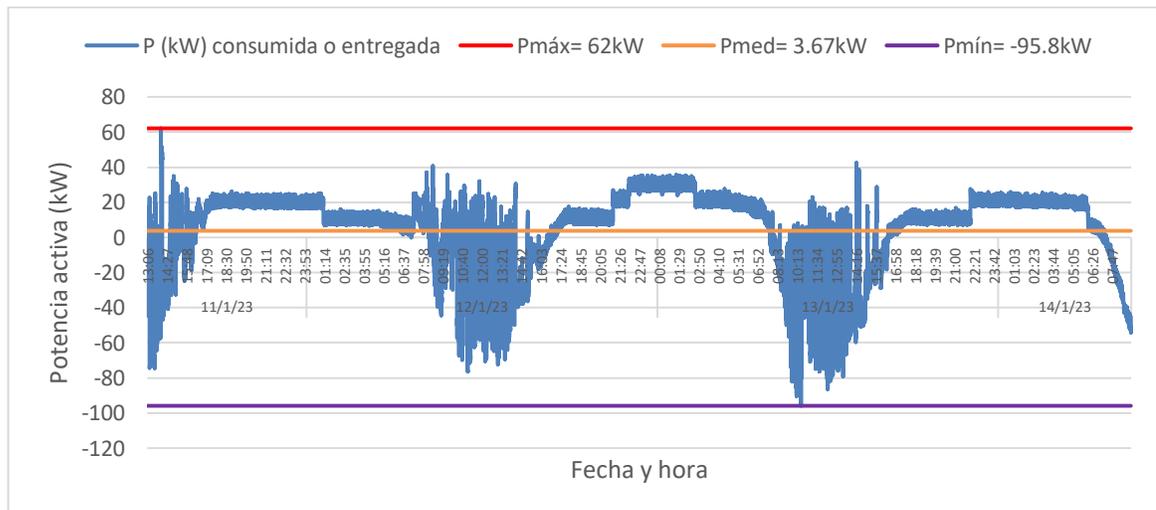


Ilustración 7. Curva de carga versus generación solar del sistema de generación distribuida de COALNIC

Según la ilustración anterior, se muestra la curva de carga del Colegio Alemán donde se visualiza que la carga máxima demandada en las horas solares del colegio fue de 62kW, debido a que se encontró fuertemente nublado y la carga del colegio fue bastante fuerte, además se logra observar que durante la mayor parte del tiempo de la jornada laboral completa del colegio que coincide con la

generación solar se inyectó energía a la red comercial hasta en un máximo de 95.8kW, debido a que la radiación en ese momento fue máxima y la carga del colegio fue mínima.

Se puede observar la tendencia que durante la generación solar el colegio demanda como máximo de la red comercial una potencia de 41kW debido al aporte solar del sistema de inyección directa solar fotovoltaica instalado en el colegio por la empresa Renewable Technology Consultant (RTC).

6.3.5. Generación de energía

Durante el período de medición se obtuvo una generación de energía promedio por día de **644.49 kWh/día**, para un mes típico con este comportamiento de 19,603.29 kWh/mes de consumo de energía eléctrica, superando así al histórico de consumo promedio del colegio de 19,320kWh/mes, logrando así una inyección estimada promedio mensual a la red comercial de 283kWh/mes para una inyección anual con este comportamiento promedio de **3,400kWh/año**.

6.3.6. Armónicos

Los armónicos son distorsiones de las ondas sinusoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal. La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

La tasa de distorsión armónica (en porcentaje) tiene el siguiente comportamiento:

Tabla 3. Tasas de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador Fluke 435.

	THD V L1	THD V L2	THD V L3	Promedio	THD A L1	THD A L2	THD A L3	Promedio
Máximo	8.84	5.68	5.41	6.64	59.27	80.12	119.65	86.35
Promedio	3.66	3.73	3.63	3.67	11.33	11.78	12.21	11.77
Mínimo	2.79	2.78	2.74	2.77	4.37	4.32	4.12	4.27

En la tabla anterior, se muestran los valores en porcentaje registrados por el equipo analizador Fluke de la tasa de distorsión armónica de voltaje (THD V) y de la tasa de distorsión armónica de corriente (THD A) por cada una de las líneas del sistema trifásico que alimenta a todos los equipos de la empresa. Los valores de interés son los valores promedio (en negrita), y con respecto a la THD de voltaje se encuentra dentro del rango aceptable menor al 5% con un promedio global de **3.67%**, lo cual es excelente para la onda senoidal de voltaje que suministra energía a la máquina en su totalidad, este valor está dentro del *rango admisible permitido*⁶.

Con respecto a los armónicos de corriente, para cada una de las tres fases están por debajo del 15%, valor mínimo admisible para realizar inversión en filtros de armónicos⁷, registrando un valor de **11.77%**, incluso menor a la normativa del 15% y por lo tanto este valor es admisible y no se requiere invertir en filtros de armónicos, debido a que la inversión por esta diferencia solamente se justifica cuando la THDI es mayor o igual al 15%, razón por la cual no se hace necesario instalar filtros para las armónicas que más afectan la onda senoidal de corriente.

⁶ Según norma IEC -555

⁷ Según instituto catalán de energía, ver en <http://icaen.gencat.cat/ca/>

Las armónicas presentes en el sistema eléctrico de la empresa son las del orden 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 y 21 sin embargo las que ocasionan más problemas por ser de mayor magnitud son las armónicas del orden: **3, 5, 7, 9, 11 y 13**, según la medición realizada con el equipo analizador de calidad de la energía Fluke 435.

7. Diagrama o Esquema Unifilar del Sistema eléctrico de la planta solar fotovoltaica Ass Built.

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en el conjunto de conductores de un circuito, ya que se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores. Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol.

Los diagramas unificares son muy útiles cuando se trata de interpretar de manera sencilla por donde se conduce y hasta dónde llega la electricidad. Generalmente incluyen dispositivos de control, de protección y de medición, aunque no se limitan solo a ellos.

El uso de Diagramas Unificares se recomienda en planos de Instalaciones Eléctricas de todo tipo, sobre todo cuando estas incluyen varios circuitos o ramales, con el objetivo de actuar de manera oportuna ante una falla de una máquina y saber que circuito (breaker) o interruptor desconectar o conectar el fluido eléctrico para encender o apagar una máquina, conjunto de máquinas o una o varias áreas determinadas. El diagrama unifilar contiene generalmente los siguientes datos:

- Cantidad y calibre de los conductores de la acometida
- Caja de medidor
- Diámetro de la tubería
- Número de circuitos del tablero
- Conexión a tierra

10.3. Descripción del sistema eléctrico

El Colegio Alemán Nicaragüense cuenta con una acometida primaria, en la cual la medición por parte de la empresa distribuidora se realiza en media tensión a 13.2/7.6 kV, posee una subestación o banco trifásico de transformadores que se detalla a continuación:



Ilustración 8. Subestación COALNIC

Esta subestación cuenta con un banco trifásico de 3x75 kVA conectado en estrella-estrella aterrizado, con voltaje de 120/208 V el cual está compuesto de tres transformadores monofásicos de tipo poste de 75 kVA cada uno. Cabe mencionar que esta subestación cuenta con planta de emergencia de 73kVA para garantizar la continuidad del servicio eléctrico a todas las áreas alimentadas desde esta planta de emergencia.

La planta solar fotovoltaica instalado e interconectado al sistema eléctrico del colegio es de 160kWp con 8 inversores de 20kW, el cual se conecta al sistema a través de un panel principal y una caja de empalmes que se muestran a continuación:



Ilustración 9. Interconexión planta solar fotovoltaico con el sistema eléctrico COALNIC

10.4. Diagrama o esquema unifilar general de planta solar COALNIC

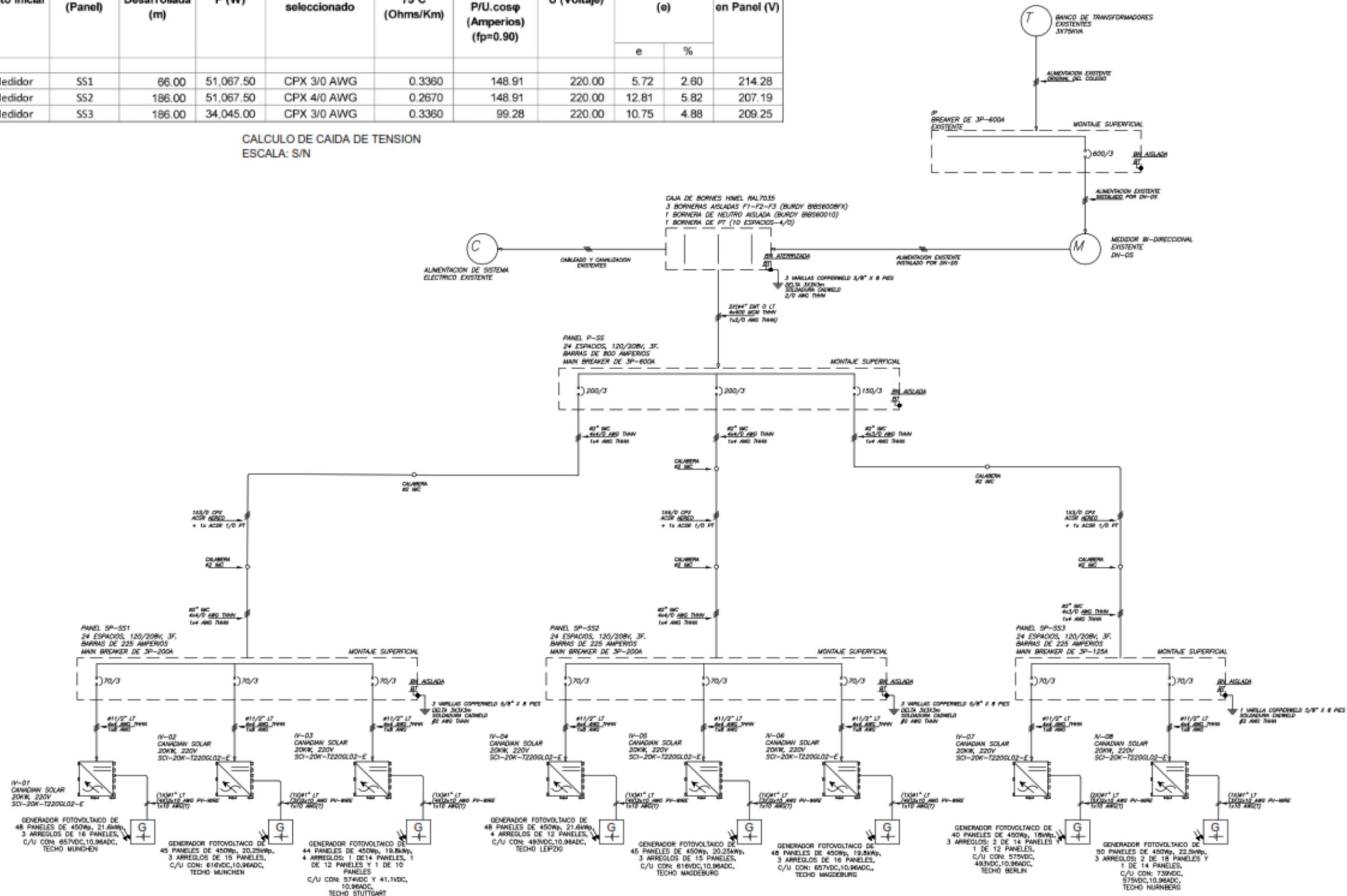
A continuación, se muestra el diagrama unifilar del colegio⁸ mostrando la condición actual del sistema eléctrico del mismo y señalando en recuadros rojos los puntos que se deben mejorar que serán tratados con mayor detalle en el acápite VI. Recomendaciones para sistema eléctrico COALNIC

⁸ Información levantada en las instalaciones del colegio y corroborada con información proporcionada por COALNIC del año 2011.

PROYECTO: SISTEMA SOLAR COLEGIO ALEMAN NICARAGUENSE
 PUNTO DE INICIO: INVERSORES PUNTO FINAL: P-SS
 VOLTAJE SECUNDARIO: 120/208V PORCENTAJE DE CAIDA MÁXIMA DE TENSIÓN: 5%
 20-nov-22

Linea	Punto Inicial	Punto Final (Panel)	Longitud Desarrollada (m)	P (W)	Conductor seleccionado	Resistencia a 75°C (Ohms/Km)	I max prevista del suministro = P/U.cosφ (Amperios) (fp=0.90)	U (Voltaje)	Caida de Voltaje @ 0.85fp & 75°C (e)		Voltaje Final en Panel (V)
									e	%	
1	Medidor	SS1	66.00	51,067.50	CPX 3/0 AWG	0.3360	148.91	220.00	5.72	2.60	214.28
2	Medidor	SS2	186.00	51,067.50	CPX 4/0 AWG	0.2670	148.91	220.00	12.81	5.82	207.19
3	Medidor	SS3	186.00	34,045.00	CPX 3/0 AWG	0.3360	99.28	220.00	10.75	4.88	209.25

CALCULO DE CAIDA DE TENSION
 ESCALA: S/N





ESTAQUEO POR PUNTOS

Punto	Coordenadas	Qty	UCC	Descripción
P1	X: 572968.0000 Y: 1336276.0000	1	PC-35 2.5kV 1999	Existe POSTE DE HORMIGON DE 40 PIES
		1	MT-306/C	MONTAJE TRIFASICO FIN DE LINEA 13.2 KV
		1	TR-305/C	TRES TRANSFORMADORES MONOFASICOS EN POSTE DE HORMIGON
		3	CCF	CORTA CIRCUITO FUSIBLE
		2	BT-104/C	ARMADO BT FIN DE LINEA
		1	AP-103/C	LUMINARIA
		1	SU-BT	A Instalar Nuevo ARMADO DE AISLADOR TPO CARRETE
		1	BT-104/C	ARMADO BT FIN DE LINEA
P1.1	X: 583023.6395 Y: 1334116.0289	1	PC-30	Existe POSTE DE HORMIGON DE 30 PIES
		1	BT-101/C	A Instalar Nuevo ARMADO BT CON ANGULO DE 0° A 8°
P1.2	X: 572963.1885 Y: 1336243.7401	1	PP-30	A Instalar Nuevo POSTE DE PINO DE 30 PIES
		2	BT-104/C	ARMADO BT FIN DE LINEA
		1	SU-BT	ARMADO DE AISLADOR TPO CARRETE
P2	X: 573024.0000 Y: 1336238.0000	1	PP-30	Permanece a como existe POSTE DE PINO DE 30 PIES
		4	BT-104/C	ARMADO BT FIN DE LINEA
		1	HA-100B/C	RETENDA
		1	SU-BT	A Instalar Nuevo ARMADO DE AISLADOR TPO CARRETE
P3	X: 582982.000 Y: 1334159.000	1	PP-30	Permanece a como existe POSTE DE PINO DE 30 PIES
		2	BT-101/C	ARMADO BT CON ANGULO DE 0° A 8°
		1	SU-BT	A Instalar Nuevo ARMADO DE AISLADOR TPO CARRETE
P4	X: 583001.418 Y: 1334154.148	1	PP-30	Permanece a como existe POSTE DE PINO DE 30 PIES
		2	BT-101/C	ARMADO BT CON ANGULO DE 0° A 8°
		1	SU-BT	A Instalar Nuevo ARMADO DE AISLADOR TPO CARRETE
P5	X: 583025.00 Y: 1334148.00	1	PP-30	Permanece a como existe POSTE DE PINO DE 30 PIES
		1	SU-BT	A Instalar Nuevo ARMADO DE AISLADOR TPO CARRETE
		2	BT-101/C	ARMADO BT CON ANGULO DE 0° A 8°
P6	X: 573092.0000 Y: 1336130.0000	1	PP-30	Permanece a como existe POSTE DE PINO DE 30 PIES
		2	BT-104/C	ARMADO BT FIN DE LINEA
		1	HA-100B/C	RETENDA
		3	SU-BT	A Instalar Nuevo ARMADO DE AISLADOR TPO CARRETE
		1	HA-100B/C	RETENDA

11. RECOMENDACIONES PARA SISTEMA ELÉCTRICO COALNIC

A continuación, se presentan las recomendaciones necesarias para garantizar una planta solar confiable, seguro y en perfecto funcionamiento:

1. Limpieza de los paneles solares o lavado de los mismos cada 3 o 6 meses, según la temporada del año, en verano deberá ser cada 3 meses y en invierno a los 6 meses.
2. Los cuartos eléctricos donde se encuentran ubicados los inversores (segunda planta Leipzig y bodega limpieza Munchen) deberán mantenerse ventilados durante todo el día en el período de las horas solares, es decir como mínimo con las ventanas abiertas en el caso del Leipzig o con la puerta abierta en el caso de Munchen. Se recomienda que en el caso de Munchen al no existir ventanas se debe instalar un par de extractores de aires o lo mejor sería instalar un aire acondicionado de tipo Split de 24,000Btu de tipo inverter SEER21 y en el caso de Leipzig se puede instalar también un aire acondicionado de tipo Split de 24,000Btu de tipo inverter SEER21 o mantener siempre abiertas las ventanas del mismo lugar ya que es mas fresco al encontrarse en un segundo piso con buena circulación de aire.
3. Proporcionar una red wifi disponible en los puntos donde se encuentran instalados los inversores en el cuarto eléctrico del segundo piso del Leipzig y en la bodega de limpieza del Munchen para la interconexión del sistema de monitoreo de todos los inversores y el Smart TV ubicado en la administración.
4. La planta solar es completamente automática y eventualmente pueden presentarse fallas en el suministro energético comercial que generen alarmas en los inversores, ya sea de alto o bajo voltaje o bien de alta temperatura de operación producto de una mala ventilación en los cuartos eléctricos donde

se encuentran ubicados los inversores, para estos eventos se recomienda que el personal a ser capacitado por RTC que labora en el colegio en el área de mantenimiento podrán realizar las maniobras de reinicio de o los inversores que presenten una advertencia de falla por alguno de estos eventos antes mencionados, y dicho procedimiento se practicará con el personal de mantenimiento de COALNIC para garantizar un óptimo funcionamiento del sistema solar y que la generación sea máxima, disminuyendo así los tiempos de no operación de uno o varios inversores por estos eventos que puedan suceder en la operación diaria de la planta solar.

5. Repotenciar la transferencia manual existente en el colegio, ya que actualmente no posee suficiente capacidad para instalar los dos cables por fase 500MCM para que soporte como máximo los 800A de diseño máximo.
6. Renovar el sistema eléctrico del colegio, ya que actualmente cuenta con varias deficiencias que no cumplen con la normativa eléctrica nacional e internacional vigente.
7. Sustituir el supresor de picos existente en el colegio que protege a los edificios respaldados por la transferencia automática.

12. CONCLUSIONES

Según los resultados mostrados en el presente estudio, el proyecto de generación solar de COALNIC, ahorrará un aproximado del promedio por día de 644.49 kWh/día, para un mes típico con este comportamiento de 19,603.29 kWh/mes de consumo de energía eléctrica, superando así al histórico de consumo promedio del colegio de 19,320kWh/mes, logrando así una inyección estimada promedio mensual a la red comercial de 283kWh/mes para una inyección anual con este comportamiento promedio de 3,400kWh/año, ahorrando así más del 70% de las emisiones totales de CO₂ del colegio, logrando garantizar estos ahorros y el correcto funcionamiento de la planta solar producto de la implementación de las recomendaciones propuestas en el presente documento.

8. BIBLIOGRAFIA

[1] **Situación actual de la energía eólica en Centroamérica**, Ph.D. Elizabeth Scoville, (Abril, 2012), Recuperado el 06 de febrero del 2023 en <http://latinoamericarenovable.com/?p=868>

[2] **Boletín Nicaragua Triunfa**, ed. nº 69, 01 de Julio de 2012, Recuperado el 6 de septiembre del 2012 en <http://www.laluchasigue.org/>

[3] **Diseño de sistemas de generacion hibridos**, Recuperado el 06 de septiembre del 2012 en www.todoproductividad.com/sistemas-de-generacion-hibridos#TOC-Por-qu-un-sistema-de-generaci-n-h-brido-

[4] Schneider en línea (julio-septiembre 2010), **Edificios Sustentables**, ed. 39 México. Recuperado el 15 de enero del 2023 en <http://www.schneider-electric.com.mx/documents/soporte/publicaciones-tecnicas/revista-schneider-en-linea/EnLineaJulio2010.pdf>

[5] Comisión económica para américa latina y el caribe – CEPAL (2007), **Istmo centroamericano: estadísticas del subsector eléctrico**, recuperado 18 de enero del 2023 en <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/8/32598/P32598.xml&xsl=/deype/tpl/p9f.xsl&base=/deype/tpl/top-bottom.xsl>

[6] Blue Power & Energía S.A. (28 de Julio de 2011), **Blue Power & Energy firma convenio con BICSA y CII**, Central America data [En línea]. Consultado el 15 de febrero del 2023 en

http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Blue_Power__Energy_firma_con_venio_con_BICSA_y_CII

[7] Lésber Quintero (2012, abril 17). **Arranca construcción del tercer parque eólico en Rivas**. El nuevo Diario [Versión Electrónica]. Consultado el 15 de febrero del 2023 en

<http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/248341-arranca-construccion-del-tercer-parque-eolico-rivas>

[8] Parque Eólico Amayo (s.f) Recuperado el 15 de enero del 2023 de

<http://www.holcim.com.ni/es/comunicacion/de-nuestros-clientes/parque-eolico-amayo.html>

[9] Normas Jurídicas De Nicaragua, **Establecimiento de la política energética nacional**. Recuperado el 16 de febrero del 2023 en

<http://www.mem.gob.ni/media/file/MARCO%20LEGAL/NORMATIVAS/ESTABLECIMIENT%20DE%20LA%20POLITICA%20ENERGETICA%20NACIONAL.pdf>

[10] Ademir Suárez Carrillo (junio 2008), **Estudio técnico económico de instalación fotovoltaica de 100 kW en cubierta de nave Industrial**, recuperado el 16 de febrero del 2023 en

<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/48679331e03b9.pdf>

[11] Dr. Oscar Alfredo Jaramillo Salgado (agosto 2012), Curso de capacitación virtual: **Energía eólica, implementación de proyectos aplicando sistemas híbridos**, Recuperado el 01 de febrero del 2023

[12] Joaquín Mur Amada, **Master Europeo en energías renovables y eficiencia energética “Curso de energía eólica”** Recuperado el 27 de enero del 2023 en

[13] **Curso de Postgrado de Energía Solar**, Dr. Richard J. Komp Proyecto PFAE -Grupo Fénix, (enero, 2001), Universidad Nacional Ingeniería, Managua, Nicaragua.

[14] Vicente Raya Narváez (2010), **Estudio técnico económico de instalación Fotovoltaica en cubierta y conectada a red en El instituto de enseñanza secundaria “francisco Salinas” de salamanca (España)**, Recuperado el 20 de febrero del 2023 en http://dspace.unia.es/bitstream/10334/471/1/0099_Raya.pdf

[15] Santiago Zorrilla y Miguel Torres, **Guía para elaborar la tesis**, México, Editorial Mc Graw Hill, 2a. Ed., 1989

[16]. Cabrerizo, E. A. (1985). Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Madrid: PROGENSA.

[17]. Harper, G. E. (2014). Instalaciones Eléctricas Domésticas convencionales y solares fotovoltaicas. México D.F: LIMUSA.

[18]. SOLCOR Chile. (s.f.). SISTEMAS ON GRID. Recuperado el 23 de Enero de 2023, de solcorchile.com: <https://solcorchile.com/on-grid-off-grid/#proyectos-on-grid>

[19]. Naciones Unidas. (2015). Transformar Nuestro Mundo: La Agenda 2030 para el desarrollo Sostenible. París: Asamblea General-Naciones Unidas. Recuperado el 19 de Enero de 2023

9. Anexos

A. Pliego tarifario para media tensión

B. Protocolo de Verificación de la planta solar fotovoltaica COALNIC

1. Anexo A. Pliego tarifario para media tensión



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR**

TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2023

AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR

MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
		T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Todos los kWh kW de Demanda Máxima	6.3726	936.2837
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Verano Punta	10.3731	
			Invierno Punta	10.0425	
			Verano Fuera de Punta	7.1681	
			Invierno Fuera de Punta	6.9276	
			Verano Punta		1,042.5245
			Invierno Punta		651.0731
			Verano Fuera de Punta		0.0000
Invierno Fuera de Punta		0.0000			
INDUSTRIAL MEDIANA	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)	T-4E	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Todos los kWh kW de Demanda Máxima	5.2710	600.1089
			TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Verano Punta	7.7283	
			Invierno Punta	7.4761	
			Verano Fuera de Punta	5.1374	
			Invierno Fuera de Punta	4.9667	
			Verano Punta		776.4700
			Invierno Punta		484.9235
Verano Fuera de Punta		0.0000			
Invierno Fuera de Punta		0.0000			
INDUSTRIAL MAYOR	Carga contratada mayor de 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc)	T-5E	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Todos los kWh kW de Demanda Máxima	5.4074	624.8473
			TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Verano Punta	7.9931	
			Invierno Punta	7.7326	
			Verano Fuera de Punta	5.2815	
			Invierno Fuera de Punta	5.1082	
			Verano Punta		809.2318
			Invierno Punta		505.3766
Verano Fuera de Punta		0.0000			
Invierno Fuera de Punta		0.0000			
PEQUEÑAS CONCESIONARIAS	Para uso exclusivo de pequeñas distribuidoras de energía eléctrica	TPC	TARIFA MONOMIA Todos los kWh	4.3839	

Anexo B. Protocolo de Verificación de la planta solar fotovoltaica COALNIC

N°		Estado de cumplimiento		Observaciones Detallar según cada item
		1	0	
		SÍ	NO	
1	SISTEMA GENERADOR FOTOVOLTAICO			
2	Módulo FV: Marca, modelo, potencia	1		
3	Estructura de soporte: Sobre techo, riel de aluminio, separadores, fijadores zeta.	1		
4	Orientación Norte-sur de los módulos fotovoltaicos en la medida de lo posible.	1		
5	Inclinación de módulos fotovoltaicos entre 10 -15°	1		
6	Revisión de voltaje de entrada en CC por string por cada inversor, según datos de ficha técnica de inversor.	1		
7	Torque adecuado para fijación de cableado de cada string en la entrada de cada inversor	1		
8	Uso de cables con colores correspondientes para el cableado CC, según positivo (rojo) y negativo (negro)	1		
9	Contar con un fusible de capacidad	1		

	adecuada para proteger al sistema contra descargas excesivas en cada string			
10	Inversor On grid funcionando correctamente			
11	Sistema de monitero funcionando correctamente a distancia			
12	Canalización: Tipo (metálica flexible, metálica, galvanizada rígida, conduit), diámetro	2		
13	PROTECCIONES			
14	Disyuntor termomagnético: Marca, N° de polos, corriente máxima, tipo de corriente soportada (CC o AC).	1		
15	Conductor de Puesta a tierra: Tipo, sección	1		
16	Sistema de puesta a tierra: Barra cooper, toma de barra cooper, malla de puesta a tierra	1		
17	TABLEROS ELÉCTRICOS			
18	Tablero eléctrico: Tipo de material, grado IP, cantidad de módulos de espaciado, dimensiones en mm.	1		
19	Cajas plexos para protecciones en CC	1		

20	CONDUCCIÓN EN CC			
21	Conductores: Tipo (fotovoltaico), sección	1		
22	Empalmes con conectores MC4 bien ajustados.	1		
23	Uso de conductores PV-Wire para conexión de strings de cada inversor.	1		
24	CONDUCCIÓN EN AC			
25	Conductores: Tipo (THHN, NYA, RV-K, Superflex), sección	1		
26	Canalización: Tipo (metálica flexible, metálica, galvanizada rígida, conduit), diámetro	1		
27	Voltaje y corriente de conexión a los subpaneles según los parámetros nominales del sistema eléctrico al cual está conectado.	1		