



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Aplicando Tecnología De
Domótica Para El Ahorro Energético En Edificación Tipo
Oficina”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE ENERGIA
MENCION EN ENERGIA RENOVABLE**

Presentada por:

Jean Carlos González Rugel Ing.

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo que presenta dedicación y esfuerzo a mis padres, quienes han sido un apoyo y sustento incondicional en el arduo camino académico. Su sacrificio y constante aliento me han dado fuerzas para culminar cada obstáculo que se presentan.

También dedico este trabajo a mi pareja quien me acompaño y me acompañara en futuros retos que se asuma. A mis hermanos quienes me sugieren seguir creciendo y me recomiendan nuevos desafíos. Su apoyo ha sido fundamental en los momentos difíciles.

A mis amigos y a todas las personas que han contribuido de alguna manera a este proyecto, ya sea con su orientación, consejos o amistad, les estoy profundamente agradecido.

Por último, dedico este trabajo a todas aquellas personas que no se deciden a enfrentar nuevos riesgos, es necesario crecer constantemente para así ser un ejemplo para la siguiente generación, alcanza los sueños y metas que te propongas, recordándoles que, con dedicación, perseverancia, todo es posible.

Jean Carlos González Rugel

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Jimmy Cordova V., M.Sc.
DIRECTOR DE PROYECTO**

**Juan Peralta J., PhD.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Jean Carlos González Rugel

RESUMEN

El presente proyecto consiste en un estudio enfocado en edificaciones tipo oficina ubicadas en la costa ecuatoriana, en el cual se identifica los equipos necesarios para instalar un sistema de energía fotovoltaica, complementada con equipos domóticos que permitan tener un control y monitoreo del consumo y generación de electricidad. Se identifica la regulación vigente con sus beneficios en caso de desear instalar un Sistema de Generación Distribuida para el Autoabastecimiento (SGDA).

La empresa objeto de estudio es una importadora del sector tecnología, también ofrece servicios técnico, cursos online y presencial. Debido al peligro de interrupciones en el consumo eléctrico y el deseo de poder autoabastecerse con energía renovable se considera la adquisición de un sistema fotovoltaico y equipo domóticos. La inclusión de la domótico se enfoca al control y monitoreo de la oficina de una manera más práctica y fácil de acceder.

Se analizó los costos de la instalación y los años en el cual se podrá recuperar la inversión, considerando las regulaciones internas del país y los costos de la energía de acuerdo con el Pliego Tarifario vigente.

La domótica es una tecnología cuyo potencial no todos los usuarios aprovechan completamente. En este proyecto, se investiga el mejor equipo domótico que se pueda integrar en el sistema eléctrico sin alterar la forma en que las personas interactúan en su actividad diaria. A través de controles y procesos, se busca mejorar la eficiencia energética en la oficina sin necesidad de solicitar esfuerzos adicionales a las personas.

El objetivo del proyecto es facilitar los medios, en los cuales las personas pueden consultar el consumo eléctrico de sus edificios y sean conscientes del cambio que se debe implementar para reducir la dependencia de la red pública.

Se realizó un análisis del consumo esperado en la oficina en construcción, luego se identifica los equipos que se utilizarán, una vez identificado los componentes, se inicia a investigar productos domóticos que se acoplen a la edificación objeto de estudio, y como estos equipos pueden ayudar a la reducción del consumo energético. Adicionalmente se debe analizar las limitaciones de las regulaciones locales vigentes, los beneficios que se tendrán y el marco técnico – económico que implica la instalación de un sistema de gestión de energía.

Se presenta un cuadro con los productos domóticos que se implementara estableciendo un esquema de horarios de funcionamiento y la configuración que deben implementar, a fin de lograr una reducción en los consumos de energía.

Posteriormente obtendremos el listado de los equipos a utilizar, las configuraciones que se debe implementar, el análisis de costos de los equipos e instalación, para que se pueda ejecutar su respectiva revisión.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

DEDICATORIA	II
TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
DECLARACIÓN EXPRESA	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Descripción del problema	3
1.4. Objetivo General	4
1.5. Objetivo Específicos	4
1.6. Alcance	5
CAPÍTULO 2	6
2. METODOLOGIA.....	6
2.1. Tipo de investigación.....	6
2.2. Recopilación de información de la radiación solar y equipos domóticos	6
2.3. Estructura del sistema fotovoltaico y domótico	7
2.4. Mantenimiento de sistema fotovoltaico y domótico.....	7
2.5. Análisis del reglamento nacional de generación para autoabastecimiento en Ecuador	7
2.6. Análisis económico	8
2.7. Escenario de estudio	8
CAPÍTULO 3	10
3. PLAN DE TRABAJO	10
3.1. Área de estudio	10
3.2. Radiación solar en la zona de estudio	15
3.3. Tarifa eléctrica y normativa ecuatoriana en autoabastecimiento	19
3.4. Proyección de demanda de energía en el sistema de generación fotovoltaica para autoabastecimiento	20

3.5. Paneles solares para abastecer la demanda energética proyectada	22
3.6. Cálculo del arreglo de los paneles fotovoltaicos	23
3.7. Inversor y arreglo de módulos fotovoltaicos	25
3.8. Domótica y selección de equipos	29
3.9. Sistema de Alerta	32
3.10. Análisis económico de la implementación proyectos fotovoltaico y domótico	35
3.10.1 Costo del sistema Fotovoltaico y Domótico	35
3.10.2 Proyección de ingresos	38
3.11. Esquema general de la instalación	44
CAPÍTULO 4	46
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
4.1. Conclusiones	46
4.2. Recomendaciones	47
4.3. Bibliografía	48
ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Km 14 1/2 vía a Samborondón Latitud -2,0368 Longitud -79,8472 (Google maps).....	8
Figura 2. Zona de estudio "local 66" (CENTER, 2024)	9
Figura 3. Parque empresarial de oficinas (CENTER, 2024)	10
Figura 4. Imagen Corte lateral de la oficina (CENTER, 2024)	10
Figura 5. Dimensiones planta baja (CENTER, 2024)	11
Figura 6. Modelado de la oficina frontal y posterior en el software SketchUP (autor)	11
Figura 7. Proyección solar en el modelado 3D en el mes de diciembre, aplicación web 3D Sun-path (autor)	12
Figura 8. Vista lateral de la proyección solar en invierno (autor)	12
Figura 9. Proyección solar en el modelado 3D en el mes de junio, aplicación web 3D Sun-path (autor)	13
Figura 10. Vista lateral de la proyección solar en verano (autor)	13
Figura 11. Diagrama solar en la ubicación destino	14
Figura 12. Modelado 3D de la oficina con la inclinación del techo más paneles modelo en el software SketchUP (autor)	15
Figura 13. Modelado 3D de la oficina con paneles modelo en el software SketchUP (autor)....	15
Figura 14. Irradiación mensual promedio de 2000 al 2022 (NASA, n.d.)	17
Figura 15. Grafica de temperatura promedio 2000 al 2022 (NASA, n.d.)	18
Figura 16. Irradiación mensual de 2005 al 2020 (PVGIS, n.d.)	19
Figura 17. Grafica de temperatura promedio 2005 al 2020 (PVGIS, n.d.)	19
Figura 18. Pliego Tarifario 2024 (ARCERNNR, 2024)	20
Figura 19. Proyección de consumo	21
Figura 20. Especificaciones técnicas del panel solar de la marca POWEST	23
Figura 21. Inversor solar con entrada y salida Bifásicas.....	25
Figura 22. Distribución de los arreglos para los dos MPPT del inversor	26
Figura 23. Funcionamiento del micro inverso versus problemas/sombras en los módulos fotovoltaicos (Electronics, 2024).....	28
Figura 24. Micro inversor Hoymiles 1600W 4-in-1	29
Figura 25. Diagrama de instalación micro inversor en serie (autor).....	29
Figura 26. Equipos domóticos Shelly para switching/ triggering / energy metering (VACOM , 2024)	31
Figura 27. Equipo domótico Broadlink (BroadLink, 2024)	32
Figura 28. Análisis de la inversión, retorno inversión a los 16 años	39
Figura 29. Análisis de la inversión, retorno inversión a los 15 años	40
Figura 30. Análisis de la inversión, retorno inversión a los 17 años	40

Figura 31. Mapa mental equipos domóticos.....	44
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Irradiación promedio desde 2000 – 2022 (NASA, n.d.)	16
Tabla 2. Temperatura mensual promedio 2000 – 2022 (NASA, n.d.)	17
Tabla 3. Irradiación promedio desde 2005 – 2020 (PVGIS, n.d.)	18
Tabla 4 Proyección de consumo mensual	21
Tabla 5 Calculo de consumo mensual en la oficina objetivo	22
Tabla 6. Degradación de la generación del panel fotovoltaico	22
Tabla 7. Equipos domóticos seleccionados	30
Tabla 8. Presupuesto instalación domótica	36
Tabla 9. Presupuesto instalación fotovoltaica 10K	36
Tabla 10. Presupuesto instalación fotovoltaica 6K	37
Tabla 11. Presupuesto instalación fotovoltaica con micro inversores 4 in 1	37
Tabla 12. Ahorro mensual/anual por energía generada	39
Tabla 13. Flujo de caja para la instalación con un inversor de 10kW / domótica	41
Tabla 14. Flujo de caja para la instalación con dos inversor de 6kW / domótica	42
Tabla 15. Flujo de caja para la instalación con 8 micro inversor 4 in 1 / domótica	43
Tabla 16. Horarios de funcionamientos de los equipos domóticos	45

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1. Introducción

Con el paso de los años y la mejora de las tecnologías, el mundo es cada vez más consciente de la importancia de las fuentes de energía sostenibles y amigables con el medio ambiente al igual que el uso de tecnologías alternativas para el control y la recopilación de información.

La integración de sistemas fotovoltaicos en edificaciones comerciales emerge como una solución innovadora y esencial en el Ecuador. El presente documento aborda el desafío de diseñar un sistema fotovoltaico específicamente adaptado a edificaciones tipo oficina de tamaño medio (aproximadamente $72 m^2$) en el sector costa, con el objetivo de aprovechar de manera eficiente la energía solar disponible y equipos tecnológicos que permiten monitorear y controlar diferentes parámetros en la edificación, considerando las tecnologías actuales.

Para completar el tema propuesto nos debemos sumergir en el diseño, implementación y análisis de un sistema que no solo responda a las demandas energéticas de una oficina moderna, sino que también maximice la utilización de recursos renovables, mantenga el confort en la ubicación deseada y utilice equipos domóticos para complementar la instalación. En un contexto donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son imperativos para lograr el objetivo de reducción del consumo de combustibles fósiles y emisiones de gases de efecto invernadero, este proyecto se erige como un paso adelante hacia entornos construidos que no solo cumplen con las necesidades funcionales, sino que también contribuyen activamente a la reducción de la huella ambiental para un sector comercial.

La justificación de este proyecto radica en la necesidad de optimizar el aprovechamiento de energía renovable en edificaciones comerciales, que en la actualidad en Ecuador no se presenta como una alternativa de inversión. Además, en un contexto económico y ambiental en constante cambio, es imperativo explorar soluciones que no solo beneficien a las organizaciones en términos de eficiencia operativa, sino que también fomenten prácticas sostenibles a mediano y largo plazo.

La solución que se plantea diseñar podrá ser un beneficio para posibles problemas de distribución eléctrica en el país, con la posibilidad de ofrecer energía eléctrica a la red.

Considerando el riesgo latente de cortes de luz por falta de capacidad de generación en Ecuador, la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles se vuelve imperativa, la integración de sistemas fotovoltaicos se presenta como una opción viable. Sin embargo, es importante reconocer que la generación distribuida de energía, si bien es una práctica con una capacidad de tener un crecimiento, no es común en instalaciones fotovoltaicas convencionales por diversos motivos, siendo uno de ellos que las instalaciones eléctricas antiguas no soportarían la alimentación hacia a la red de distribución, adicionado a ello la falta de incentivos a este tipo de tecnologías.

En la documentación se detallará la metodología empleada para el diseño del sistema fotovoltaico, incluyendo equipos domóticos amigables con los usuarios, teniendo en cuenta factores como la ubicación geográfica, la demanda energética específica de oficinas y las características tecnológicas disponibles.

1.2. Antecedentes

En Ecuador las edificaciones tipo oficinas/comercios ocupan el cuarto puesto de la demanda energética general nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2021), la cual es suministrada por la generación hidroeléctrica complementada con combustible fósiles que cubren la demanda. Para reducir el consumo es necesario realizar cambios aplicando Eficiencia energética y energía renovable, las mismas consideraciones pueden migrar a otros sectores como el residencial que sufre aumentos en el consumo energético cada año.

La presencia de subsidios a la electricidad y al Gas Licuado de Petróleo (GLP), han hecho que los constructores prefieran economizar en la inversión inicial de las oficinas tanto en el diseño, como en la instalación eléctrica, considerando que el confort se solventará posteriormente usando equipos activos de alto consumo energético.

El desconocimiento académico en los estudios primarios, secundarios y pre grado acerca de los conceptos bioclimático y uso pasivo de energía renovable (solar, eólica, geotérmica) han desembocado en una forma de construcciones genérica sin distinguir entre las diferencias climáticas de las diferentes ciudades del país para aprovechar el recurso renovable.

La falta de incentivos y certificados para todo aquel que desee instalar energía renovable es un motivo por el cual la ciudadanía no exige e instala equipos que puedan disminuir sus gastos y en paralelo aportar en la disminución de uso de energía fósiles.

Con el “reglamento general de la ley orgánica de eficiencia energética” y la “ley orgánica de eficiencia energética” ayudara a incentivar en los años venideros la eficiencia energética y las aplicaciones de energía renovable en caso de ser necesario.

La oficina modelo que se considerará para el diseño será un local de $72 m^2$ el cual se encuentra en construcción de acuerdo con un modelo ya establecido por el constructor, no se tiene control en los materiales ni el diseño, por lo cual el confort se podrá obtener con equipos activos.

Los locales no poseen un método de consulta del consumo eléctrico, aparte del medidor eléctrico tradicional que se solicita a las empresas comercializadoras de energía como CNEL.

Se deberá estimar el consumo promedio que pueda tener el establecimiento, centrando en información de los hábitos de uso proporcionada por los inversionistas del local modelo utilizado para el estudio principal.

El uso de domótica para controlar oficinas/comercios no está normalizado en el país, se considera tecnología costosa y poco amigable para los usuarios inexpertos. La domótica

en la actualidad posee muchos equipos diseñados para ambientes residenciales e industriales que se pueden acoplar en edificaciones tipo oficina.

Es necesario estudiar las alternativas que se disponen, el funcionamiento, la compatibilidad con diferentes equipos, la facilidad de la instalación y el costo de estos.

La domótica residencial, considerada de gama de entrada posee una gran limitante respecto a la dependencia al 100% de la conexión constante al internet, caso contrario todos los comandos/ configuraciones dejan de funcionar hasta que vuelvan a conectarse a la red.

1.3. Descripción del problema

El constante incremento en el consumo de energía es un problema global que afectan al medio ambiente, así como a la economía de las empresas y viviendas. -Considerando la situación local, el excesivo calor en la región costera del Ecuador al igual que las lluvias en la temporada de invierno obliga a mantener encendidos equipos de climatización por un mayor tiempo. Todo consumo realizado se traduce en costos que afectan el presupuesto operacional asignado.

La empresa objeto de este estudio se encuentra en proceso de adquisición de una nueva oficina, se desea plantear la posibilidad de implementar un sistema fotovoltaico, que sea capaz de satisfacer el consumo promedio estimado y pueda ser monitoreada su operación. De esta formar se podrá reducir la huella de carbono con una inversión que ayuda al medio ambiente.

El principal problema para resolver es el desconocimiento de tecnología de energías renovables al igual que el desconocimiento de sus actualizaciones tanto en equipos como en la reducción de costo y mejora de su eficiencia. Otro punto para tratar es la eficiencia energética, la cual se puede lograr realizando una correcta gestión de la energía eléctrica y su consumo interno, la actividad que corresponde a gestión es el primer punto para iniciar el uso de eficiencia energética, no es necesario implementar grandes inversiones en una primera fase.

La despreocupación de los usuarios respecto al uso de la energía eléctrica de manera eficiente, se lo puede llegar a tener debido al desconocimiento del consumo que se tiene por cada carga eléctrica, las cuales son utilizadas en toda la jornada laboral de manera injustificada o innecesaria.

La actual manera de poder identificar el consumo eléctrico es con la planilla del servicio eléctrico, la cual llega a mes vencido y en ella se indica los consumos generales de la edificación, sin considerar que pueda existir pérdidas pasivas o activas. Existe la posibilidad de que las mediciones del medidor instalado y la información que se refleja en las facturas sean erróneas y la forma de detectarlo sería registrando los consumos del medidor en el momento del corte de la lectura del mes.

Con la ayuda del Internet of Things (Iot) se espera poder manejar dicha información de manera más cómoda y eficiente para cualquier tipo de persona que lo necesite visualizar.

Instalando medidores de energía capaces de conectarse a la red y almacenar la información, se puede presentar dicha información en dispositivos inteligentes como una pantalla, celular o una computadora.

El gobierno nacional de Ecuador emitió la “Ley Orgánica de Eficiencia Energética - LOEE” y en 2021 el “Reglamento General de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética”, en el cual notifican que se incorporaran las tarifas de eficiencia energética.

Para poder optar por dichas tarifas es necesario la certificación SNEEE (Sistema Nacional Estadístico sobre Eficiencia Energética) que es un requisito para los grandes consumidores de energía, para lo cual deberán implementar la norma ISO 50001. Esto se considerará a partir del 30 de enero del 2025 (Reglamento ley orgánica eficiencia energética, 2021).

La ley se centra en los grandes consumidores, por lo que los pequeños consumidores, no tienen un incentivo que provoque el cambio, excepto del deseo de aportar por la reducción del consumo de combustibles fósiles y la posibilidad de obtener ahorros por los largos tiempos de vida útil de los equipos fotovoltaicos.

En 2021 se liberó el “Marco normativo de la generación distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”, la cual tiene el objetivo de establecer las disposiciones para el proceso de habilitaciones, conexión, instalación y operación de sistemas de generación distribuida basadas en fuentes de energía renovable para el autoabastecimiento de consumidores regulados.

Hasta que se emita la regulación sobre generación distribuida, las condiciones establecidas en la regulación ARCERNNR-001/2021 para el desarrollo, implementación y participación de consumidores que cuenten con sistemas fotovoltaicos de hasta 100 kW de capacidad nominal, serán aplicables para consumidores residenciales que tengan interés en instalar sistemas fotovoltaicos de hasta 300 kW de capacidad nominal instalada y de menos de 1000kW, para consumidores comerciales o industriales(ARCERNNR, 2021).

1.4. Objetivo General

Diseñar un sistema fotovoltaico para autoconsumo, complementado con productos domóticos, que monitoreen y muestren el consumo de energía en áreas sensibles.

1.5. Objetivo Específicos

- Analizar los requerimientos de energía eléctrica de un inmueble tipo oficina, determinando la cantidad de energía que se requiere suplir con un sistema fotovoltaico, controlando y monitoreando los consumos con productos domóticos.
- Implementar un diagrama esquemático usando productos domóticos que complementen las instalaciones eléctricas, estableciendo horarios de funcionamiento.
- Implementar un sistema de monitoreo que muestre alertas que notifiquen el estado de operación del sistema fotovoltaico.

1.6. Alcance

El proyecto propuesto se enmarca en los siguiente lineamientos:

La localización geográfica de la instalación modelo será en la costa del Ecuador en el canto Samborondón. Se evaluará la radiación solar disponible en el sitio considerando el valor promedio.

La capacidad del sistema fotovoltaico no debe exceder los límites establecidos en la Regulación ARCERNNR-001/2021 propuestas por el país, considerando que corresponde a un pequeño consumidor.

Determinar si la instalación será conectada a la red eléctrica. Especificar el tipo de inversores y otros componentes del sistema.

Se realizará un análisis de costos, incluyendo la inversión inicial y mantenimiento anual.

Cálculo del periodo de recepción de la inversión, el valor neto y la tasa interna de retorno (TIR).

Identificar las regulaciones locales y los permisos necesarios para la instalación.

Proponer el sistema de monitoreo para la evaluar el rendimiento a lo largo del tiempo de operación.

Entrega de plan de mantenimiento preventivo de los equipos domóticos y fotovoltaicos.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGIA

2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo fue elaborado bajo el enfoque cualitativo. La investigación se llevó realizando revisiones de diferentes fuentes bibliográficas, analizando las actividades que se realizarán en el entorno, desde el punto de vista de los usuarios que trabajarán en la ubicación y su definición de confort y ahorro energético (Molano De La Roche et al., 2021).

El uso de la tecnología domótica se adaptará a las actividades que se realizarán y la información que es indispensable obtener, mientras que el diseño de la instalación fotovoltaica tiene como objetivo, instalar la capacidad necesaria que se pueda utilizar sin exceder el límite de potencia nominal permitida por la regulación nacional.

2.2. Recopilación de información de la radiación solar y equipos domóticos

Se deberá recopilar información de la radiación solar en el punto seleccionado, para de esta forma poder calcular la potencia que podrá generar el sistema fotovoltaico. Con los datos recopilados se podrá calcular un estimado de la generación eléctrica que podrá producir a lo largo del año (kWh /año) con los equipos fotovoltaicos.

La data se obtendrá tanto de la base de datos de PVGIS y POWER Nasa, con el promedio de la información entre el año 2000 y 2023.

Las plataformas proporcionan datos climáticos globales de alta resolución, utilizando una combinación de datos satelitales, modelos climáticos y mediciones en sitio, en la cual se obtendrá la radiación solar y temperatura del punto objetivo de estudio. Los datos analizados serán un promedio de todos los años recopilados. Los usuarios pueden acceder a estos datos a través de los portales en línea de PVGIS y POWER Nasa o descarga de archivos.

El diseño fotovoltaico considera los consumos de los equipos que tenga planificado instalar el propietario de la oficina y los hábitos de usos de los operarios.

La búsqueda de equipos domóticos debe soportar las exigencias del público objetivo de este estudio, los equipos deben poder seguir funcionando sin la conexión constante a la red de internet y poseer un fácil mecanismo de cambios en caso de fallos o mantenimiento preventivos planificados.

2.3. Estructura del sistema fotovoltaico y domótico

La dimensión de los paneles solares depende de la potencia que requiera la oficina además del área disponible para instalar los paneles, priorizando la cantidad de paneles que se pueda instalar.

El voltaje necesario en la oficina es de 120V/240V para cargas eléctricas monofásicas y en casos especiales como por ejemplo el acondicionador de aire, dicha información será relevante para la selección de paneles e inversor que se piensa instalar, al igual que se considera para la instalación de equipos domóticos que permitan controlar y monitorear equipos en la oficina, como por ejemplo puertas de ingreso.

Se solicitó un mecanismo de alerta en caso de no generar energía, dicho mecanismo deberá tener una conexión con la domótica instalada, de esa forma se podrá visualizar en el sitio y en cualquier dispositivo inteligente en caso de existir internet en la ubicación.

2.4. Mantenimiento de sistema fotovoltaico y domótico

El mantenimiento requerido para los sistemas fotovoltaicos y domóticos se considera mínimo, se puede programar mantenimientos preventivos en los cuales se garantice la correcta conexión de bornes y limpieza de equipos. Al no poseer partes móviles que se sometan a desgaste por fricción en el movimiento, no se requiere mantenimiento de lubricación ni cambio de piezas.

Es necesario planificar inspecciones que garanticen el correcto funcionamiento, los aspectos más importantes a tener presente para el sistema fotovoltaico es que no exista obstáculos que ocasionen sombras en el panel solar y la limpieza del polvo que se pueda acumular obstaculizando la correcta generación de energía (GALLEGOS, 2017).

En el caso de los equipos domóticos, el mantenimiento preventivo que se pueda realizar dependería del modelo, marca, tipo y conexión que posea el dispositivo. Para domótica se utiliza el sistema de mantenimiento correctivo que aplicaría a la sustitución del equipo averiado, para ello se debe procurar tener etiquetado los equipos y conocer el funcionamiento de este, al igual de tener respaldo de su configuración y programación.

2.5. Análisis del reglamento nacional de generación para autoabastecimiento en Ecuador

Se revisará el reglamento vigente que se tendrá que acatar para que el consumidor pueda instalar el autoabastecimiento de energía eléctrica a través de la generación fotovoltaica considerando si la generación es para un pequeño consumidor (REGULACIÓN Nro. ARCERNNR-001/2021).

Se aplicará el pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica del año 2024, para servicio comerciales sin demanda en baja tensión.

Para la eficiencia energética en la oficina se revisará el “reglamento general de la ley orgánica de eficiencia energética”, en el cual se debe identificar la clasificación de la oficina considerando el consumo promedio mensual de energía eléctrica.

2.6. Análisis económico

Tiene como objetivo evaluar el costo que tendrá la aplicación de un sistema fotovoltaico y equipos domóticos. Conocer el costo en caso de conectarse a la red eléctrica de la empresa distribuidora versus el realizar una instalación aislada, identificar la diferencia de valores dependiendo de la tecnología de equipos que se instalen. Se pretende además establecer el punto de retorno de la inversión en función al costo de la instalación fotovoltaica, el costo de la energía comprada a la red y los costos de mantenimiento.

2.7. Escenario de estudio

Como escenario de estudio se tomará la oficina ubicada en ALMAX CENTER, en el cantón Samborondón perteneciente a la provincia del Guayas, con una superficie de 72 m²



Figura 1. Km 14 1/2 vía a Samborondón Latitud -2,0368 Longitud -79,8472 (Google maps)



Figura 2. Zona de estudio "local 66" (CENTER, 2024)

CAPÍTULO 3

3. PLAN DE TRABAJO

3.1. Área de estudio

La oficina para el estudio se encuentra ubicada en el cantón Samborombón (Latitud -2,0368 Longitud -79,8472), en un parque de oficinas con una dimensión de $72.50 m^2$ y un patio de $15 m^2$. La edificación estará conformada por un mezanine y un showroom donde se podrá mostrar los productos y actividades que realiza el propietario.

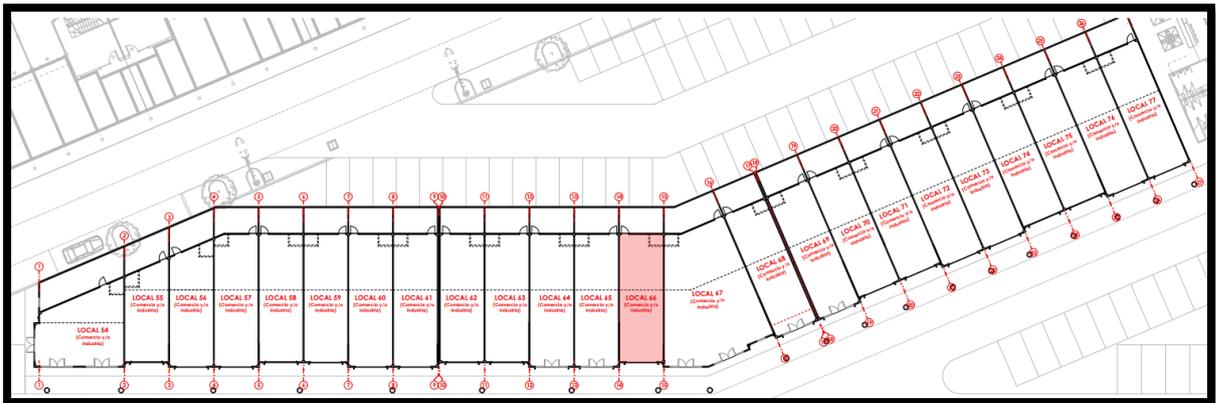


Figura 3. Parque empresarial de oficinas (CENTER, 2024)

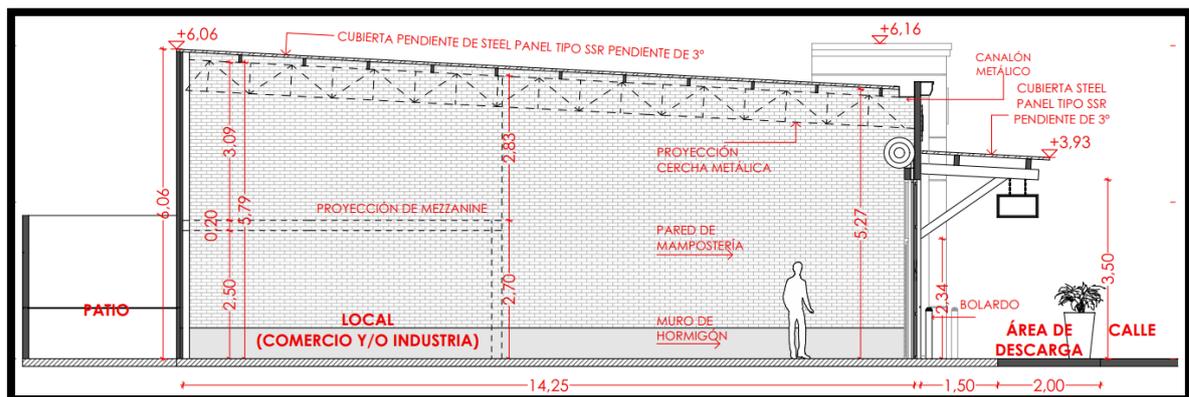


Figura 4. Imagen Corte lateral de la oficina (CENTER, 2024)



Figura 5. Dimensiones planta baja (CENTER, 2024)

La oficina tendrá un embellecedor delantero que tendrá una altura 6.61 metros, esto nos da una diferencia de 0.89 centímetros de altura con el techo, considerando además la orientación geográfica, dicha altura generará una sombra en la cual no debemos colocar ningún panel en el sitio, de esa forma no tendremos perdidas de potencia por sombras.

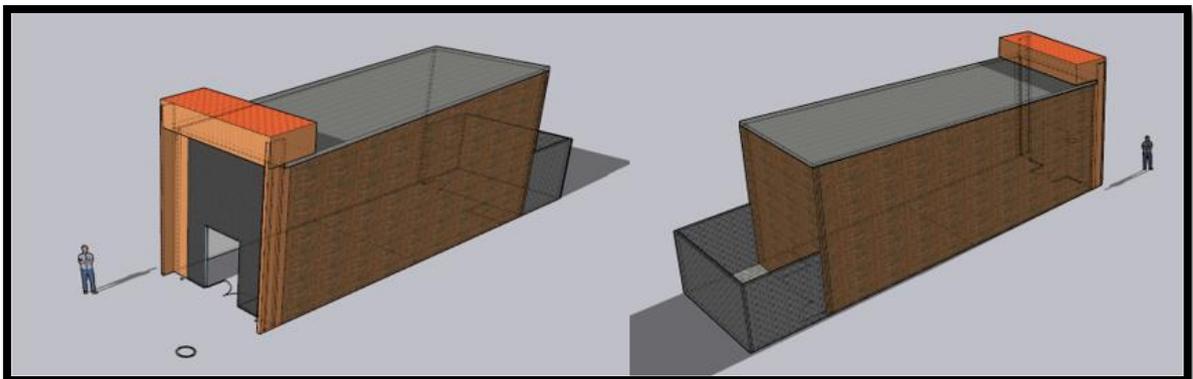


Figura 6. Modelado de la oficina frontal y posterior en el software SketchUP (autor)

Para identificar la hora y que temporada del año podría causar obstrucción al sistema fotovoltaico debemos conocer que en Ecuador se dispone de dos estaciones:

- Invierno (diciembre hasta mayo)
- Verano (junio hasta noviembre)

En pleno solsticio de invierno en Ecuador el sol amanece en el sureste y se oculta en el suroeste, provocando una pequeña sombra sobre el techo de la oficina en las tardes, se tomará en cuenta tener una distancia de 5 m de separación con el frente de la edificación, caso contrario los paneles bajarán su producción por la sombra que se les presentará.

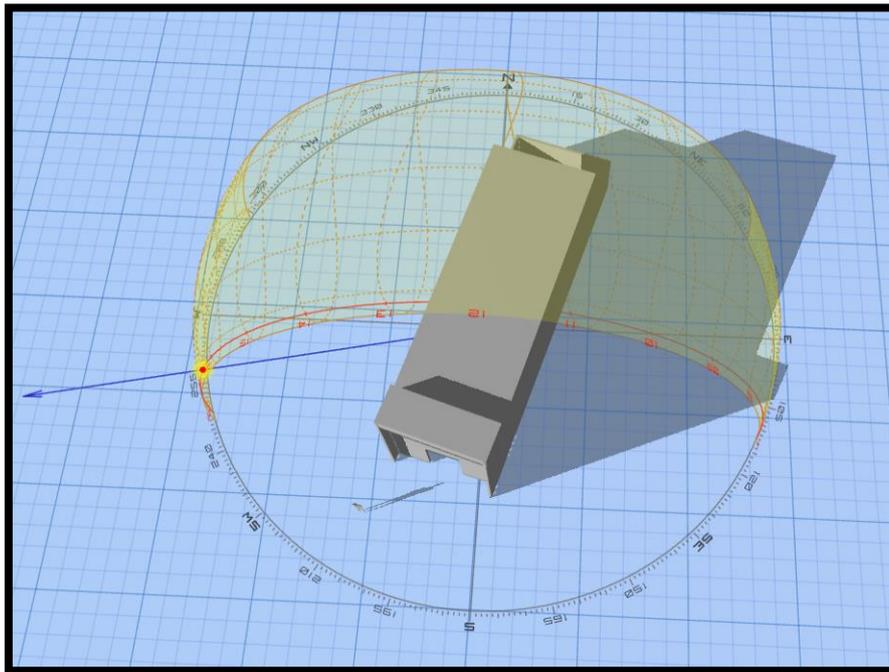


Figura 7. Proyección solar en el modelado 3D en el mes de diciembre, aplicación web 3D Sun-path (autor)

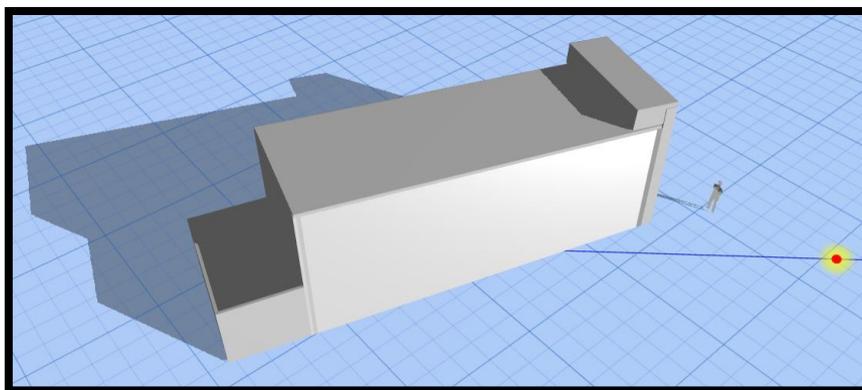


Figura 8. Vista lateral de la proyección solar en invierno (autor)

En pleno solsticio de verano en Ecuador el sol amanece en el noreste y se oculta en el noroeste, provocando una sombra despreciable en la dirección opuesta del techo de la

oficina, lugar tentativo donde se instalará los paneles solares, por lo cual en invierno no se tendría pérdidas por dichas sombras.

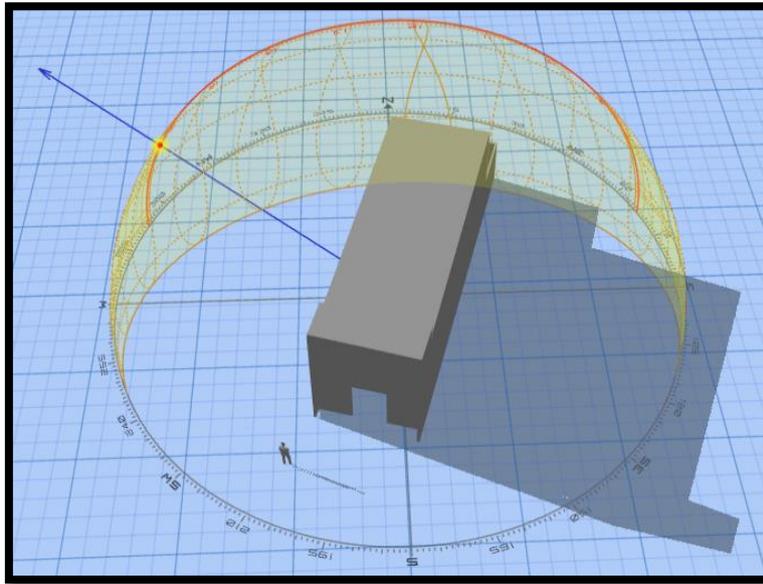


Figura 9. Proyección solar en el modelado 3D en el mes de junio, aplicación web 3D Sun-path (autor)

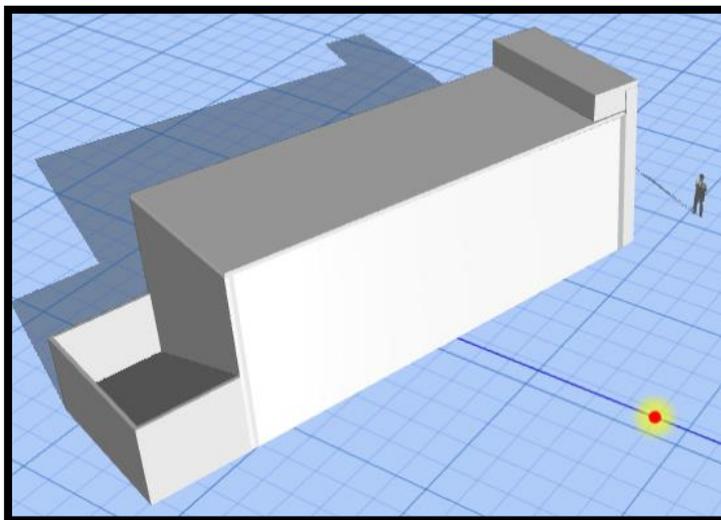


Figura 10. Vista lateral de la proyección solar en verano (autor)

Se utiliza la herramienta web libre con nombre 3D Sun-path que permite cargar un diseño 3D con extensión SKP, para visualizar la posición del sol en la ubicación destino considerando la latitud y longitud. Se puede visualizar la dirección del sol tanto en el invierno como verano y su área de acción en el transcurso del año. Dependiendo del mes el sol se encontrará a 90 grados con un margen de más/menos 20 grados.

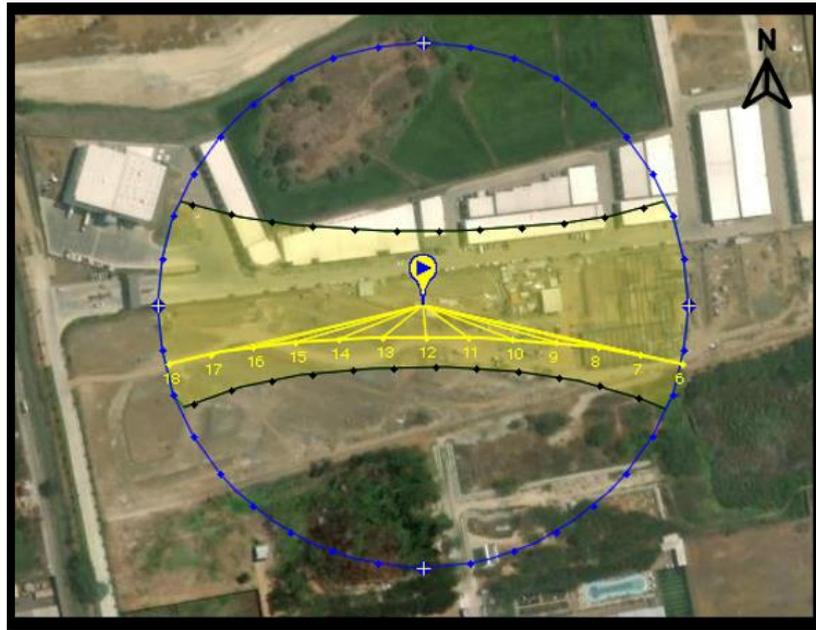


Figura 11. Diagrama solar en la ubicación destino

La pendiente que tiene del techo es de unos 3° , consideremos que la trayectoria del sol durante un día es de Este a Oeste, la trayectoria durante un año es de Norte a Sur y que el proyecto se encuentra en Ecuador en la cual el ángulo de elevación de los paneles es igual a la latitud del sitio de instalación por lo cual es un ángulo de 0° pero se podría colocar un inclinación de hasta unos 10° para facilitar el proceso de mantenimiento, evitando la acumulación de polvo en las celdas que provocan pérdidas de potencia al igual que permite que el agua de lluvia escurra.

La orientación óptima de los paneles solares es apuntando hacia la línea Ecuatorial, si nos encontráramos en el hemisferio norte del planeta la mejor orientación es hacia el sur, si nos encontráramos en el hemisferio sur del planeta la mejor orientación es hacia el norte. Para el caso de estudio se apunta con un ángulo azimutal de 20° que corresponde al alguno de la edificación objetivo.

Si el techo de la construcción apunta a dos diferentes direcciones se puede orientar de los paneles, depende del objetivo del uso de las placas solares, si los propietarios desean maximizar la producción de energía solar en las primeras horas de la mañana se orienta las placas hacia el este y se priorizan la energía solar en la tarde se orienta hacia el oeste, para la ubicación del estudio la inclinación no debe pasar de 15° .

Para el caso de estudio las placas se orientarán en paralelo a la orientación del techo de la oficina facilitando la instalación y el mantenimiento de los equipos.

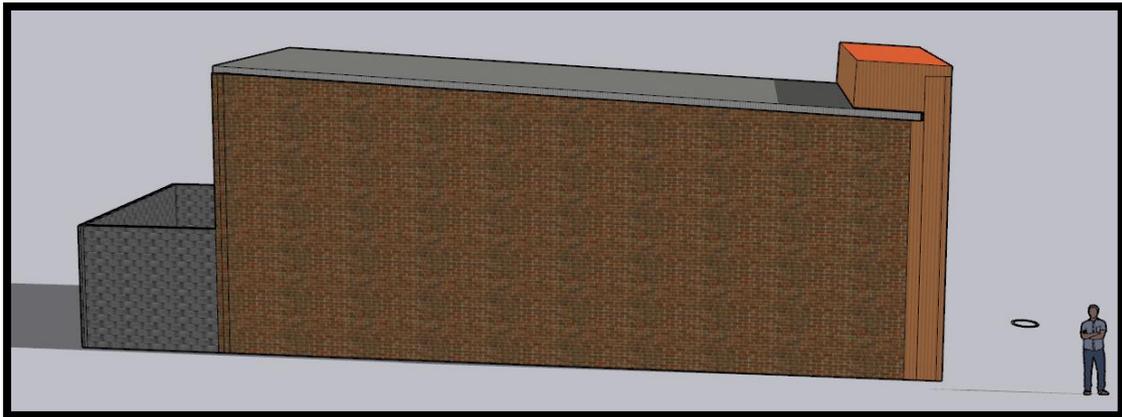


Figura 12. Modelado 3D de la oficina con la inclinación del techo más paneles modelo en el software SketchUP (autor)

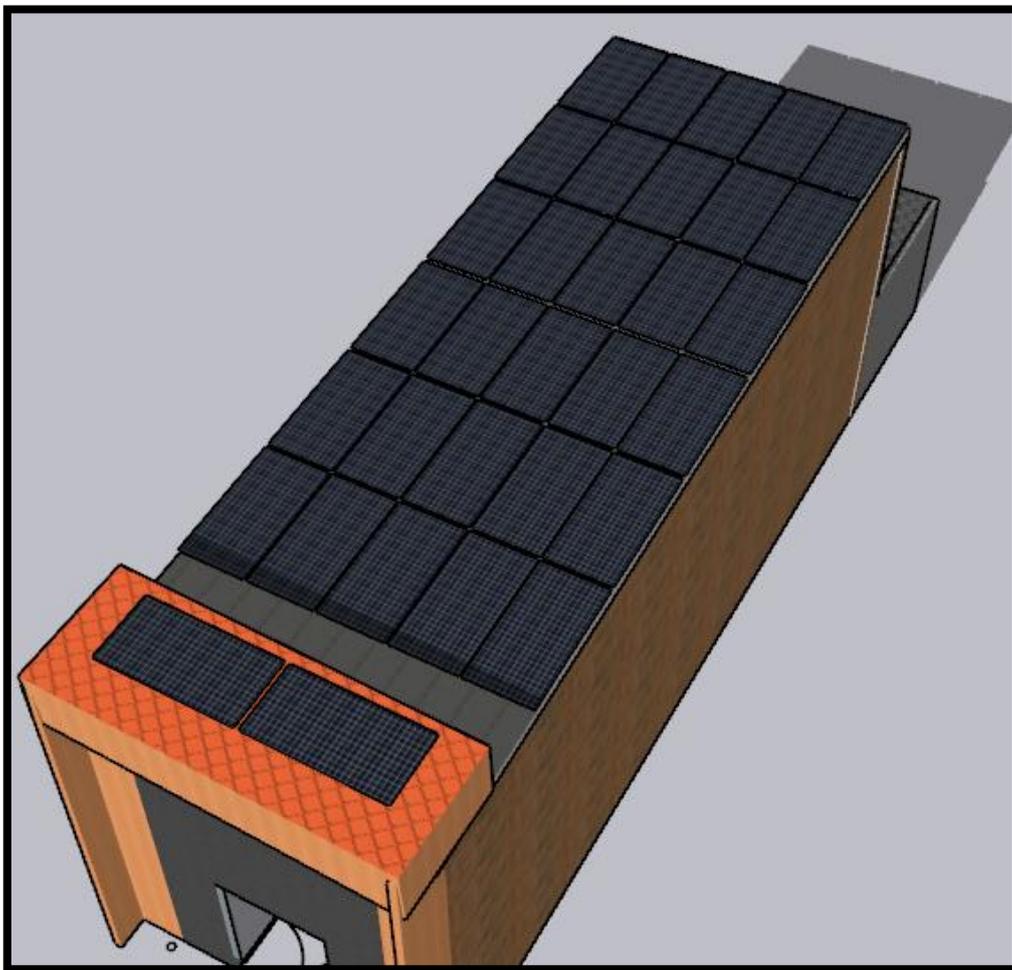


Figura 13. Modelado 3D de la oficina con paneles modelo en el software SketchUP (autor)

3.2. Radiación solar en la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en el km 14 ½ vía Samborondón en el cantón Samborondón, las bases de datos que se utilizarán para el estudio serán:

- PVGIS: es un software gratuito de la comisión europea, el cual facilita el estudio solar y el potencial para cualquier ubicación en el mundo, excepto los polos (Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission, s/f)
- POWER NASA: Proyecto de predicción de recursos energéticos mundiales, ofrece mapas interactivos, aplicaciones y servicios de datos que describen las condiciones meteorológicas y la radiación solar para respaldar la energía renovable.(NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources, s/f)

Los parámetros que se consideran para el estudio es la Irradiación solar promedio en un lapso de años, que nos da como un resultado 13 registros de irradiación considerando los tiempos de 7:00 am hasta las 19:00 pm.

La temperatura en el destino es otra información que se requiere, para considerar los rangos de funcionamiento de los equipos a conseguir, los cuales tendrá una vida de funcionamiento elevada, se debe procurar que no sobrepase del límite permitido por el fabricante. Se espera que los datos sean lo más precisos posible, por lo cual se comparará información de las bases de datos indicadas.

La información expuesta corresponde a la media aritmética para obtener un promedio mensual, dicha información se muestra en la Tabla No. 1

Tabla 1. Irradiación promedio desde 2000 – 2022 (NASA, n.d.)

Meses	Irradiación kWh/m²/día
Enero	3,82
Febrero	3,77
Marzo	4,00
Abril	4,08
Mayo	3,7
Junio	3,41
Julio	3,45
Agosto	3,72
Septiembre	3,97
Octubre	3,88
Noviembre	4,05
Diciembre	3,93
Promedio mensual diario	3,81
Promedio anual	1392,48



Figura 14. Irradiación mensual promedio de 2000 al 2022 (NASA, n.d.)

Tabla 2. Temperatura mensual promedio 2000 – 2022 (NASA, n.d.)

Meses	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Temperatura promedio (°C)
Enero	39,72	20,66	30,19
Febrero	39,68	21,42	30,55
Marzo	39,27	20,98	30,13
Abril	40,57	20,59	30,58
Mayo	39,97	19,69	29,83
Junio	39,6	19,13	29,37
Julio	40,33	18,23	29,28
Agosto	40,26	18,65	29,46
Septiembre	40,3	19,33	29,82
Octubre	41,08	18,61	29,85
Noviembre	39,13	19,01	29,07
Diciembre	40,84	19,9	30,37
Promedio	41,08	18,23	29,66

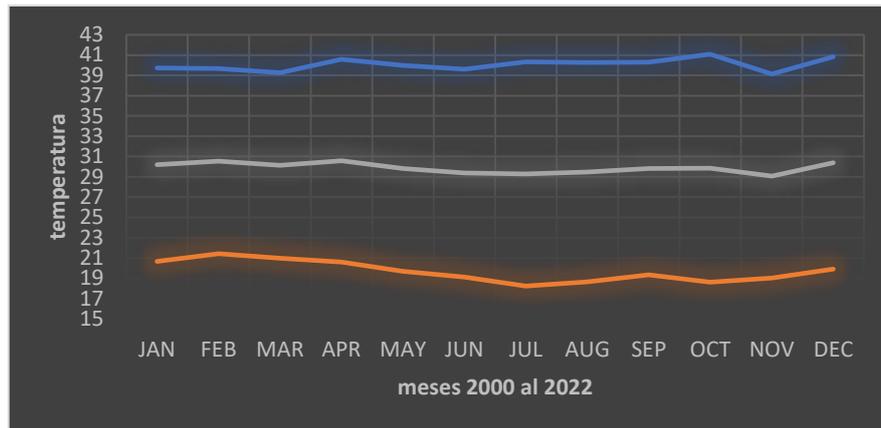


Figura 15. Grafica de temperatura promedio 2000 al 2022 (NASA, n.d.)

Para complementar el estudio de irradiación solar de los diferentes meses, se consulta la información a otra base de datos PVGIS en la cual se pudo obtener la información desde el 2005 hasta el 2020. Para poder apreciarla como lo entregan POWER, se tuvo que tratar la información ya que entregaba únicamente la irradiación mensual promedio de cada año.

Para ellos se toma la irradiación mensual y se calcula el promedio de cada mes considerando desde 2005 hasta el 2020, dando como resultado 12 datos que tendría como nombre irradiación promedio mensual, para convertirla en Irradiación diaria (como entrega la base de datos POWER NASA), se divide cada mes por los días que contienen, dando como resultado los datos expresados en la Tabla 3.

Con la irradiación promedio diario de cada mes considerando los años 2005 hasta 2022, se puede calcular el promedio de estas y nos entrega la irradiación promedio diaria en el año, la cual se multiplica por los 365 días y obtenemos la irradiación promedio anual que puede ofrecer la ubicación de estudio.

Tabla 3. Irradiación promedio desde 2005 – 2020 (PVGIS, n.d.)

Meses	Irradiación kWh/m ² /día
Enero	3,48
Febrero	3,60
Marzo	4,02
Abril	4,12
Mayo	3,71
Junio	3,56
Julio	3,79
Agosto	4,27
Septiembre	4,58
Octubre	4,56
Noviembre	4,65
Diciembre	4,16
Promedio mensual diario	4,04
Promedio anual	1475,07

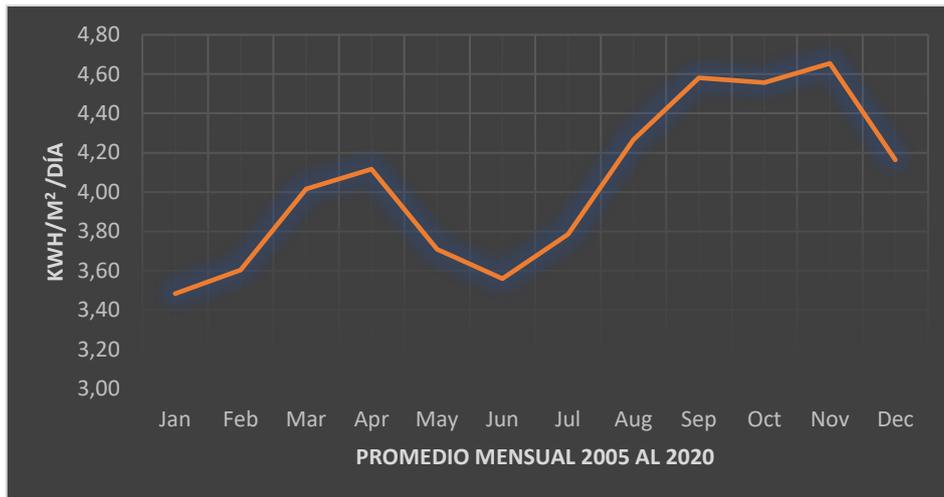


Figura 16. Irradiación mensual de 2005 al 2020 (PVGIS, n.d.)

PVGIS comparte la temperatura promedio mensual de cada mes por los 15 años que poseen de información.

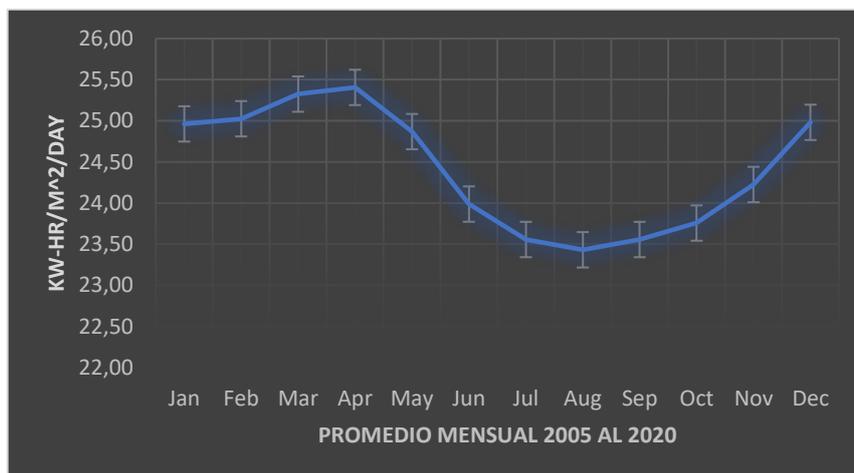


Figura 17. Grafica de temperatura promedio 2005 al 2020 (PVGIS, n.d.)

La información de POWER es un promedio de los años 2000 al 2022 mientras que la información de PVGIS es un promedio de los años 2005 al 2020. Se puede observar que los resultados de la irradiación y temperatura en el cantón Samborondón son valores aproximados, para el ejercicio se tomará los datos de POWER de la NASA.

Los meses con menor radiación solar en la ubicación del estudio son mayo, junio, julio mientras que la temperatura promedio es relativamente constante en todo el año

3.3. Tarifa eléctrica y normativa ecuatoriana en autoabastecimiento

En la figura 19 se comparta el valor energético 2024 en USD/kWh, para el caso de estudio el valor es para bajo y medio voltaje que mantiene la distribuidora de electricidad CNEL (ARCERNNR, 2024)

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGIA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE				
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA				
COMERCIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,092	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,074		
INDUSTRIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,067		
22:00 hasta 08:00 horas		0,071		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,082		
22:00 hasta 08:00 horas		0,068		
BOMBEO AGUA				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,072		
22:00 hasta 08:00 horas		0,058		

Figura 18. Pliego Tarifario 2024 (ARCERNNR, 2024)

La tarifa para una oficina es de tipo comercial, bajo voltaje con demanda horaria, cuyos valores son 0.092 o 0.074 USD/kWh dependiendo de la jornada en la cual estarán laborando diurna o nocturna, se considerará un valor de comercialización de 1,414 USD.

La regulación considerada para el proyecto es la vigente ARCERNNR 001/2021, en donde se encuentra la información para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos de autoconsumo, la metodología puede aplicarse en nuevas regulaciones con sus respectivos ajustes.

“Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica”.

Se establece las disposiciones para el proceso de habilitación, conexión, instalación y operación de sistemas de generación distribuida basadas en fuentes de energía renovable para el autoabastecimiento de consumidores regulados, aplicada para consumidores que instalen y operen sistemas de generación distribuida para su autoabastecimiento, sincronizadas a la red de distribución (ARCERNNR, 2021).

Si el proyecto no estará sincronizado a la red de distribución, no estará sujetos al cumplimiento de las condiciones establecidas en la regulación, sin embargo, se deberá informar a la ARCERNNR la potencia nominal instalada y la tecnología de generación para fines de registros estadísticos.

3.4. Proyección de demanda de energía en el sistema de generación fotovoltaica para autoabastecimiento

La demanda energética varía en el tiempo por diferentes factores como los hábitos de consumo, el tipo de comercio que se genera, equipos instalados, factores sociales, los cuales se deben considerar para ilustrar la demanda de energía eléctrica proyectada durante un tiempo establecido, el consumo energético tendrá la unidad de kWh.

La curva de consumo promedio está establecida por la proyección indicada por la oficina modelo y el patrocinador que la utilizará, los valores proyectados pueden cambiar dependiendo del objetivo del comercio. Se considera los diferentes días de los meses, y se utilizará la potencia mensual promedio.

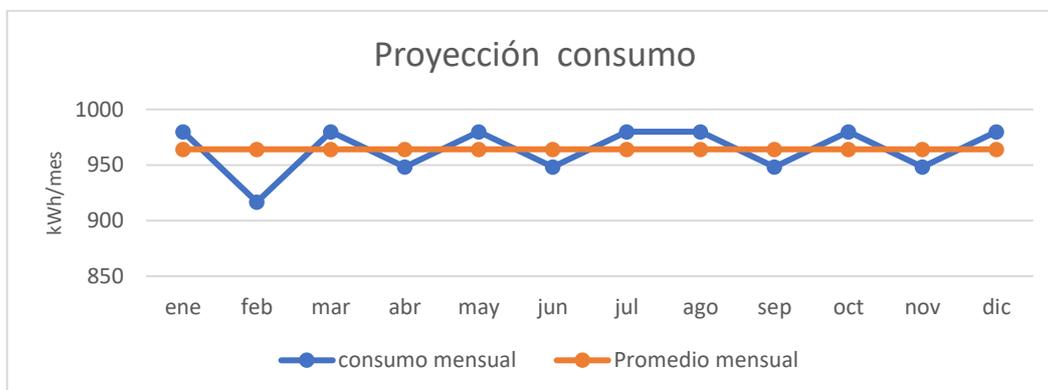


Figura 19. Proyección de consumo

Tabla 4 Proyección de consumo mensual

Meses	Proyección kWh
Enero	979,91
Febrero	916,69
Marzo	979,91
Abril	948,3
Mayo	979,91
Junio	948,3
Julio	979,91
Agosto	979,91
Septiembre	948,3
Octubre	979,91
Noviembre	948,3
Diciembre	979,91
Total	11569,26
Promedio mensual	964,105

El consumo anual proyecto es de 11569,26 kWh/año, considerando el acabado final de la oficina con sus respectivos equipos instalados y funcionales, por lo que se debe crear el sistema fotovoltaico que pueda soportar la demanda proyectada.

La oficina tendrá un mezanine donde se alojará el área administrativa, ventas y sala de reuniones, luego dispondrá de un área técnica donde revisaran equipos electrónicos y planificación de instalaciones/entregas, se dispondrá de un showroom donde se pueda exponer los equipos que se ofrece y un área de bodega, la única área donde se tendrá climatización será el mezanine.

Se considera la potencia de los equipos a utilizar en las áreas mencionadas y se expone las horas de trabajo de estos, para el cálculo promedio por mes se multiplica el consumo diario por los días del mes.

Tabla 5 Calculo de consumo mensual en la oficina objetivo

	Hora de trabajo(h)	Potencia (W)	Cantidad	Potencia (W)	Energía día (kWh)	Energía mensual (kWh)
Showroom equipos Pc's Diseño/juegos	6	200	2	400	2,40	73,20
área técnica y showroom laptops	6	100	5	500	3,00	91,50
oficina mezanine equipos oficina	7	50	7	350	2,45	74,73
mezanine confort	8	2760	1	2760	22,08	673,44
luminaria oficina	12	7	20	140	1,68	51,24
Energía mensual						964,11 kWh
Energía promedio diaria						32,14 kWh
Energía anual						11569,26 kWh

3.5. Paneles solares para abastecer la demanda energética proyectada

Los sistemas fotovoltaicos, poseen la facilidad de instalarse en sectores comerciales los cuales dispongan de una superficie para la instalación. En el sitio de estudio se tiene el área necesaria para la instalación de los paneles, una superficie construida de 72,5 m².

En el Ecuador las tecnologías de paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado son policristalinos y monocristalinos con una potencia de hasta 345Wp. Es necesario considerar pérdidas por envejecimiento (tasa de degradación) que pueden ser provocadas por diferentes factores, como el envejecimiento, degradación provocada por la luz, fallo de celdas, fallo en las conexiones, con un porcentaje de 0,5% a 1,5% anual. Considerando una degradación de 1% el panel solar culminaría su vida útil después de 25 años operando con una potencia de 268,35 W.

Tabla 6. Degradación de la generación del panel fotovoltaico

Año	Degradación 1%
0	345
1	341,55
2	338,13
3	334,75
4	331,41
5	328,09
6	324,81
7	321,56
8	318,35
9	315,16
10	312,01
11	308,89
12	305,80
13	302,74
14	299,72
15	296,72
16	293,75
17	290,82
18	287,91
19	285,03
20	282,18
21	279,36
22	276,56
23	273,80
24	271,06
25	268,35

En el transcurso de la vida útil del panel puede obtener una pérdida de hasta 76,65W.

Tipo de módulo	Poli - Cristalino
Potencia máxima	345W
Tolerancia salida de potencia	0/+5 %
Voltaje de circuito abierto	46.4VDC
Corriente de cortocircuito	9.49A
Voltaje en potencia máxima	38.0VDC
Corriente en potencia máxima	9.07A
Eficiencia	17.8 %
Max. serie de fusible	15A
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP65
Máxima tensión del sistema	1000V DC
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C
Peso	22.5kg
Celda (cantidad / material / número de barras colectoras)	72 / silicio multicristalino / 4 o 5
Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad)	1956mm / 992mm / 40mm
Clase de aplicación	A
Distancia Cable	1,2m
Conector	MC4 / IP67
Calificaciones y certificado	IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000:2015

Figura 20. Especificaciones técnicas del panel solar de la marca POWEST

3.6. Cálculo del arreglo de los paneles fotovoltaicos

La cantidad de módulos que se van a utilizar se calcula considerando la demanda mensual proyectada de 964,105 kWh / mes, la misma que dividiendo para los 30 días se podrá obtener la demanda proyectada diaria 32,14 kWh / día

Para determinar la hora solar pico (HSP) en el cantón Samborondón se tendrá que dividir la energía solar disponible en el punto del estudio durante un día (información se obtuvo de POWER NASA) entre la energía que puede producirse en una hora por un sistema de 1000Wp, y considerando una irradiancia de 1000 W /m².

$$HSP = \frac{3815 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HSP = 3,815 \text{ h}$$

Ahora se calcula la demanda del generador fotovoltaico considerando las horas pico del sol

$$P_{mp} = \frac{32,14 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 1000}{3,815 \text{ h}}$$

$$P_{mp} = 8423,81 \frac{\text{W}}{\text{día}}$$

$$P_{mp} = 8,42 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$$

Se recomienda ingresar un factor se reserva del 30% para futuras cargas o para considerar el consumo de los inversores

$$P_{mp} = 10950,95 \frac{\text{W}}{\text{día}}$$

$$P_{mp} = 10,95 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$$

Para conocer la cantidad de módulos fotovoltaicos que se necesitan instalar se considera la potencia fotovoltaica en la hora solar pico respectiva y la potencia del panel fotovoltaico que se utilizara.

$$MFV = \frac{10950,95 \frac{\text{W}}{\text{día}}}{345 \text{ W}}$$

$$MFV = 31,74$$

$$MFV = 32 \text{ modulos}$$

El área que se utilizará para la instalación de los módulos fotovoltaicos depende de las dimensiones del módulo seleccionado, el área que se requiere poseer para la instalación solar es de:

Largo	ancho
1956 mm	992 mm

$$\text{Area modulo} = 1,956 \text{ m} * 0,992 \text{ m}$$

$$\text{Area modulo} = 1,94 \text{ m}^2$$

Se considera la cantidad de paneles (32), por lo cual el área necesaria para realizar la instalación es de:

$$\text{Area instalacion} = 1,94035 \text{ m}^2 * 32$$

$$\text{Area instalacion} = 60,09 \text{ m}^2$$

3.7. Inversor y arreglo de módulos fotovoltaicos

El inversor seleccionado debe soportar la potencia máxima de los módulos fotovoltaicos, se considera la instalación de inversores y micro inversores, los dispositivos estarán conectados a los 32 módulos de 345W que deberán tener el arreglo adecuado que soporte los inversores.

La potencia de los paneles solares de es 10.69 kW, por lo cual se podría escoger un solo inversor de 10 KW (considerando el sobredimensionamiento realizado en los cálculos) o 2 inversores de 6KW, esto depende del crecimiento que pueda tener el establecimiento.



Figura 21. Inversor solar con entrada y salida Bifásicas

Rango de operación para la entrada solar de 120V – 550V

La entrada de corriente máxima que soporta es de 30A para el inversor de 6KW y de 36A para inversor de 10KW por MPPT (Máximo Power Point Tracking / Trabajo en su punto de máxima potencia)

El inversor posee 2 entradas MPPT por lo cual el amperaje máximo que soporta es 15A para inversor de 6KW y de 18A para inversor de 10KW.

Para identificar el arreglo de paneles, debemos conocer la cantidad máxima y mínima de paneles que se puedan instalar considerando las limitantes del inversor.

Para conocer la cantidad de paneles en serie:

$$N_{min} = \frac{120V}{38V} = 3,16 \approx 3$$

$$N_{max} = \frac{550V}{38V} = 14,47 \approx 14$$

Para identificar las cadenas de módulos que se pueden colocar en paralelo:

6KW

$$N_{max} = \frac{15A}{9,07A} = 1,65 \approx 1$$

10KW

$$N_{max} = \frac{18A}{9,07A} = 1,98 \approx 1$$

En el caso de seleccionar un solo inversor de 10KW posee 4 puertos (A, B, C y D) que representan a la entrada de cada arreglo que soporta el inversor, los puertos A y B alimentan al MPPT1 mientras que los puertos C y D alimentan al MPPT2

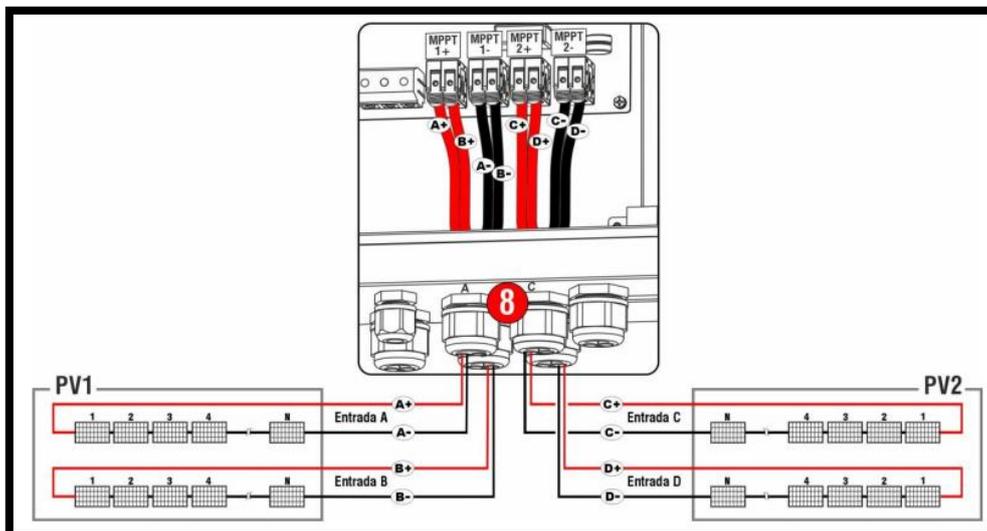


Figura 22. Distribución de los arreglos para los dos MPPT del inversor Considerando que cada MPPT posee un rango de 120 a 550 VDC y 18A.

- MPPT1
 - Arreglo A
 - 8 paneles en serie generan un voltaje de 304 V a 9,07 A.
 - Arreglo B
 - 8 paneles en serie generan un voltaje de 304 V a 9,07 A.

- MPPT2
 - Arreglo C
 - 7 paneles en serie y 1 en paralelo generan un voltaje de 266 V a 18,14 A.
 - Arreglo D
 - 7 paneles en serie y 1 en paralelo generan un voltaje de 266 V a 18,14 A.

El arreglo propuesto con un inversor de 10KW no es escalable si desean mantener el mismo inversor, para aumentar la generación es necesario realizar el montaje de más inversores.

Si se opta por escoger el inversor de 6KW de potencia, será necesario instalar otro equipo en paralelo para soportar la demanda solicitada por la oficina, la conexión entre inversores se controla mediante dos puertos:

- Puerto de comunicaciones, encargado de mantener una operación estable y confiable entre los inversores
- Puerto de corriente compartida, encargado de sincronizar las salidas de los inversores, para asegurar una perfecta operación en paralelo.

Las condiciones de los MPPT de los inversores son similares a nivel de voltaje 120V – 550V y difiere con el amperaje que soporta hasta 15A.

El arreglo queda de la siguiente manera:

Inversor 1

- MPPT1
 - Arreglo A
 - 8 paneles en serie generan un voltaje de 304 V a 9,07 A.

- MPPT2
 - Arreglo C
 - 8 paneles en serie generan un voltaje de 304 V a 9,07 A.

Inversor 2

- MPPT1
 - Arreglo A
 - 8 paneles en serie generan un voltaje de 304 V a 9,07 A.

- MPPT2
 - Arreglo C
 - 8 paneles en serie generan un voltaje de 304 V a 9,07 A.

En la instalación de 2 inversores, se toma la decisión de colocare 32 paneles de esta forma la instalación del sistema fotovoltaico quedaría de manera simétrica instalada, siempre es aconsejable ya que el desgaste de los equipos será igual para los dos equipos instalados

Utilizando 2 inversores de 6KW se dispone de un margen de crecimiento, en el cual se permite aumentar la cantidad de módulos fotovoltaicos en cada MPPT hasta 14 paneles fotovoltaicos en serie.

Micro inversor

En caso de utilizar micro inversores los cuales ofrecen el máximo nivel de eficiencia, precisión y rendimiento. Se aprovecha el potencial de la energía solar al entregar un rendimiento continuo por panel solar, no afecta a todo el arreglo de paneles cuando se dispone de alguna sombra o variaciones entre diferentes módulos fotovoltaicos.

El micro inversor realiza la conversión de corriente continua a corriente directa por panel conectado entregando el máximo potencial que se dispone.



Figura 23. Funcionamiento del micro inverso versus problemas/sombras en los módulos fotovoltaicos (Electronics, 2024)

La potencia que necesita el sistema es de 10.69 kW, por lo cual se escogerá micro inversores 4 en 1 que entregan una potencia de 1600 W (1,6kW), para poder conectarlo a los 31 módulos calculados, se necesita 8 micro inversores, se tendrá dos puertos MPPTs que estarán desconectados y se podrá aumentar dos módulos fotovoltaicos adicionales en caso de desearlo.

Los equipos soportan paneles de entre 320W hasta 540W. La garantía por el equipo es de 12 años con una posibilidad de extenderla hasta 25 años.

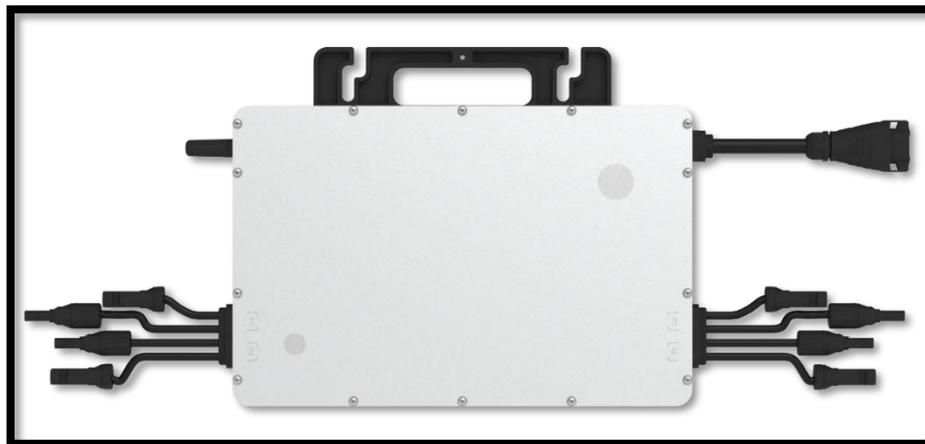


Figura 24. Micro inversor Hoymiles 1600W 4-in-1

Los 8 micro inversores se conectarán en serie y luego se podrá alimentar a la oficina con la potencia generada, es necesario la conexión a la red pública para que los equipos estén en funcionamiento.

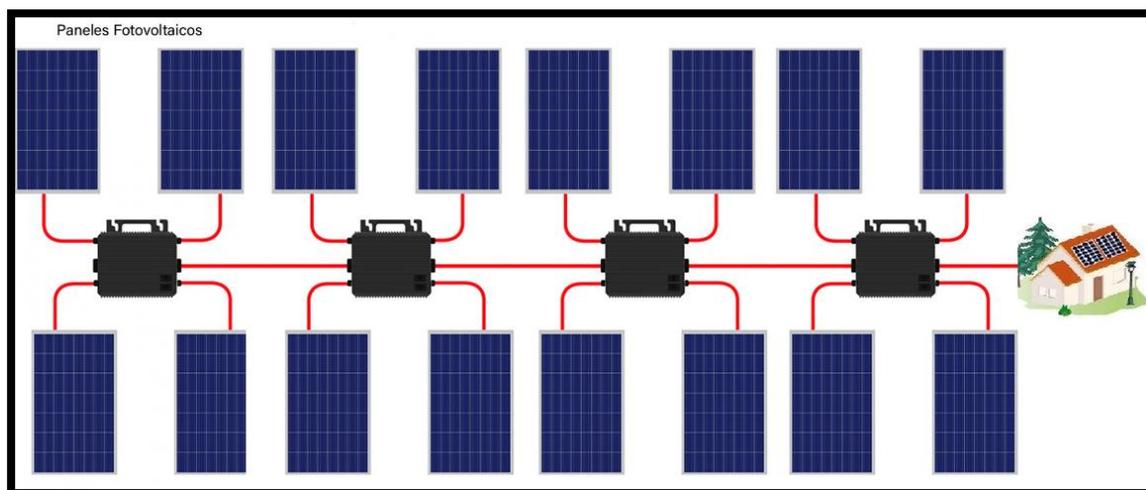


Figura 25. Diagrama de instalación micro inversor en serie (autor)

3.8. Domótica y selección de equipos

Se entiende como domótica la gestión inteligente de diferentes aspectos relacionados con el confort, seguridad, bienestar en un edificio (domicilio, oficina, fabrica), utilizando tecnologías que permitan automatizar, controlar, administrar, optimizar, monitorear diferentes sistemas, para lograrlo se utiliza el IoT (internet de las cosas), que permite conectarse al internet con diferentes equipos.

Para el caso de estudio, la domótica que se planifica instalar se centrará en la automatización de equipos que permitan ser eficiente energéticamente, sin la necesidad

de cambiar los equipos consumidores, solo con la administración de su funcionamiento. También se espera monitorear el consumo y generación tanto del sistema fotovoltaico como la oficina en general, de tal forma que sea rápido y fácil obtener la información en tiempo real, de esta forma se podrá planificar estrategias en caso de que se descubra consumos en la red pública no planificadas, considerando que la instalación fotovoltaica está diseñada para dar soporte al 100% de la oficina.

Luego de haber analizado los diferentes equipos que ofrece el mercado, se pudo identificar una falencia que provoca que en algunos equipos domésticos no funcionen cuando no se tiene acceso al internet, como el equipo no tiene acceso a los servidores donde se almacena la información en la nube, el equipo no ejecuta ninguna acción programada, por lo que en el tiempo en el cual no se tuvo internet se quedan inactivadas las configuraciones.

Para evitar funcionamientos no esperados en la instalación doméstica, se procura seleccionar equipos que puedan seguir funcionando con la red wifi (sin necesidad de tener internet), la configuración de los equipos se encuentran ajustados en los mismos y se puede controlar desde el celular siempre que se encuentren en la misma red wifi (es necesario el internet en caso de querer controlarlo o visualizarlo fuera de la red wifi local), de esta forma garantizamos el funcionamiento de la red doméstica siempre que tengamos energía eléctrica y la red wifi en funcionamiento.

Si el equipo doméstico no funciona al no tener acceso a internet, esto provocaría malos funcionamiento ya que existe la posibilidad de que no funcionen la automatización y esto provocaría que los diferentes equipos y sectores de la oficina permanezcan encendidos provocando un mayor consumo energético.

Considerando los puntos tratados se selecciona la marca Shelly y broadlink, los cuales nos indican el consumo y funcionan sin necesidad del internet utilizando el celular en la misma red wifi. A continuación, se citan todos los equipos domésticos para la primera fase.

Tabla 7. Equipos domésticos seleccionados

luminaria frontal	Shelly plus 1PM
Luminaria patio	Shelly plus 1PM
Luminaria showroom	Shelly plus 2PM
Luminaria mezanine	Shelly plus 2PM
Luminaria taller	Shelly plus 1PM
Toma mezanine	Shelly plus 1PM
toma aire acondiciona	Shelly plus 1PM
Control mezanine	RM4 mini
Control showroom	RM4 mini
control puerta	Shelly plus 1
control baliza	Shelly plus 3EM switch
sensor PV/oficina	Shelly pro 3EM 120A (3 pinzas)
sensor move/temp.	Shelly motion2 sensor

Es En anexos se puede visualizar el diagrama de cableado para cada dispositivo domótico, considerando si se alimentará una red alterna (AC) o continua (DC) con su respectiva tensión máxima soportada.

Los equipos domóticos Shelly necesitan la línea neutro para funcionar, por lo cual la instalación de los mismo puede ser detrás de los dispositivos o en techo de estos, su forma pequeña le permite adaptarse a cajas de pared eléctrica estándar u otros lugares con espacio limitados. (VACOM , 2024)



Figura 26. Equipos domóticos Shelly para switching/ triggering / energy metering (VACOM , 2024)

El funcionamiento implementado para los equipos seleccionado depende de la ubicación del destino de los mismo.

Los equipos Shelly plus 1PM (Anexo 1) son un relé con control Wifi (1 canal 16A), con medición de potencia, cuando se instale en las luminarias censará el consumo de estas y se almacenara la información, cuando se instale en los tomacorrientes medirá el consumo de energía para una alta gama de electrodomésticos 120V – 220V. El equipo se instalará en la red de luminarias y red de tomacorrientes en las diferentes ubicaciones (entrada, patio, showroom, mezanine, taller).

Los equipos Shelly plus 2PM (Anexo 2) poseen el mismo funcionamiento del Shelly plus 1PM, con la diferencia que posee 2 canales con relé (16 A cada canal) y medición de potencia en cada canal, se colocara en luminarias dobles.

Tanto el equipo 1PM como 2PM, pueden funcionar en conjunto de interruptores tradicionales, no depende del cambio de interruptor o la inactivación de este. El objetivo de los equipos Shelly es evitar cambios bruscos en la cotidianidad de las personas, manteniendo el funcionamiento del interruptor manual facilita la inclusión de la domótica en la sociedad actual, que puede estar un poco reacia en el cambio de tecnología.

El equipo Shelly plus 1 (Anexo 3) es un relé wifi que no tiene la funcionalidad de medición de potencia, el equipo se instalara para el control de la puerta principal, ya que el equipo puede funcionar en conjunto del pulsador accionador de la puerta, la introducción de la tecnología domótica para todo usuario desconocedor es amigable y fácil de conllevar.

El equipo Shelly pro 3EM y su complemento Shelly pro 3EM switch (Anexo 4) funcionan en conjunto para realizar mediciones de energía trifásica con posibilidad de conectar a la red por cable LAN o Wifi, almacena información de la energía acumulada, así como el voltaje instantáneo, la corriente y el factor de potencia por fase en tiempo real, tiene una capacidad de medición desde 120 A hasta 400 A (piezas amperométrica) para cada fase y el neutro.

En la oficina se medirá las dos entradas de energía en la red pública y la energía entregada por el sistema fotovoltaico.

El complemento le permite controlar los contactores de algún otro dispositivo lo que brinda una mayor flexibilidad y control del consumo, el mismo será un accionador para presentar una alerta visual que permita informar a toda persona dentro de la oficina que el sistema fotovoltaico no está generando suficiente energía para abastecer la carga demandada.

El shelly motion 2 sensor, es un sensor de movimiento wifi con detección de temperatura y sensor de luminosidad. Se complementará con los shelly plus ubicados en el mezanine y taller, para que de esta forma inactive las luces.

Toda la información recolectada por los equipos domóticos se presenta en la aplicación del fabricante Shelly y si se adquiere una pantalla informática de la misma marca, se puede presentar la información en la oficina sin la necesidad de ingresar al aplicativo.

Respecto al equipo que realizará el control de los equipos de confort, utilizaremos el RM4 Mini, funciona como un control universal. Admite 50,000 dispositivos controlados por infrarrojos como pueden ser TV, acondicionadores de aire, ventiladores, equipos de audio o cualquier equipo que posea un control por infrarrojo.



Figura 27. Equipo domótico Broadlink (BroadLink, 2024)

Las acciones que implementara el sistema domótico es el almacenamiento de los datos para un posterior análisis por parte del área técnica para aplicar mejorar en el sistema o capacitación al personal o área que genera un consumo elevado injustificado.

Todos los equipos domóticos tendrán un horario de funcionamiento (tabla 15), esto permitirá mejorar la eficiencia del consumo, en caso de no desea la inactivación de los mismo se puede modificar la programación.

3.9. Sistema de Alerta

Al sistema domótico se podrá integrar el circuito fotovoltaico, de tal forma que se tenga una alerta cuando el sistema no esté generando energía, de esta manera se puede identificar las horas en las cuales se está consumiendo energía de la red pública.

Si se identifica que se tiene múltiples cortes de suministro fotovoltaico, se puede realizar una acción, para incrementar el sistema fotovoltaico, analizar posibles causas de la pérdida de potencia (sombras, mantenimiento, consumo elevado) y generar acciones.

En el anexo 4 se encuentra el diagrama que se utilizará con la herramienta llamada "Shelly pro 3EM" la cual tiene la capacidad de medir corriente y voltaje de 3 diferentes líneas. Se medirá constantemente la energía suministrada por el sistema fotovoltaico y en caso de no poseer tensión durante la jornada laboral entre semana, se podrá conocer a la brevedad posible.

El complemento del Shelly pro 3EM tiene como objetivo controlar alguna acción, por lo cual se podrá encender una alarma visual o una alarma sonora, adicional de la notificación por el dispositivo móvil

La potencia que suministra el sistema fotovoltaico debe ser mayor al consumo de la oficina que es de 4150 W, de esta forma se garantiza que el sistema fotovoltaico suministre la energía necesaria para abastecer el 100% de la oficina.

Por lo cual se tendrá una baliza que presentará un indicador visual (10h00 – 17h00) que se activará con la ayuda del shelly pro 3EM (contacto seco), cuando el valor censado sea:

Valor que entrega sistema fotovoltaico < 4150 W x 90%

Valor que entrega sistema fotovoltaico < 3735 W

Adicional en las primeras semanas de la liberación del sistema fotovoltaico se debe realizar análisis de la potencia generada diaria y mensual.

Los valores que se necesitan considerar son:

- Generación diaria fotovoltaica $\geq 31,61$ kW. H
- Generación mensual fotovoltaica $\geq 964,11$ kW. H

Las medidas indicadas representan a la potencia estimada que se espera utilizar en la oficina. Se puede analizar el consumo de la oficina en general, para identificar si existe un aumento de la carga.

Realizados dichos análisis, se puede tomar diferentes decisiones para mejorar o optimizar el consumo de la energía, como por ejemplo modificando los tiempos de trabajo de los equipos, planificación de mantenimiento de los paneles fotovoltaicos, charla al equipo de trabajo respecto al uso responsable de la energía.

Como se muestra en la tabla 16, la instalación domótica tendrá un horario configurado de trabajo, pero no es el único mecanismo para aplicar eficiencia energética.

Se dispone del sensor de movimiento, temperatura y luminosidad (Shelly sensor 2), el cual nos ayudara a complementar el control, se comunicará con los demás equipos domóticos como el shelly plus o el control universal broadlink RM4 mini para que ejecute acciones que evitaren el desperdicio de energía eléctrica. Podrá ejecutar acciones como

apagado de la luz, apagado del A/C por diferentes causas, como el movimiento, la intensidad de la luz y la temperatura ambiente que se tiene.

Las áreas que se intensificará el control son:

➤ **Mezanine**

- Área donde se encontrarán el área administrativa y donde se tendrán juntas con el personal

Equipo de control: Shelly motion 2 sensor

- A partir de las 10h30
 - Si no detecta movimiento en un lapso de 40 min = Off luminaria mezanine.
- A partir de las 20h00
 - Si se detecta movimiento acciona una notificación “se presenta movimiento en mezanine”
- A partir de las 10h00 – 13h00 y 14h00 - 19h30
 - Si la temperatura ambiente es de 25 °C solicita al RM4 mini el encendido del A/C, si la temperatura ambiente es de 20 °C se solicita el apagado del A/C
- A partir de las 10h00 hasta las 19h30
 - Dependiendo de la luminosidad del mezanine se configura para activar o apagar las luces.
 - Si lúmenes censados es ≥ 600 lux. Se apaga las luminarias
 - Si lúmenes censados es ≤ 100 lux. Se enciende las luminarias

➤ **Taller**

- Área donde se encuentran los técnicos, realizando mantenimiento de equipos o gestionando entregas de mercadería.

Equipo de control: Shelly motion 2 sensor

- A partir de las 10h30
 - Si no detecta movimiento en un lapso de 40 min = Off luminaria mezanine.
- A partir de las 18h00
 - Si se detecta movimiento acciona una notificación “se presenta movimiento en taller”
- A partir de las 10h00 hasta las 19h30

- Dependiendo de la luminosidad del mezanine se configura para activar o apagar las lúmenes.
 - Si lúmenes censados es ≥ 500 lux. Se apaga las luminarias
 - Si lúmenes censados es ≤ 100 lux. Se enciende las luminarias

➤ **Configuraciones generales:**

Equipo de control: Shelly motion 2 sensor

- A partir de las 21h00 hasta las 10h00
 - Si detecta una temperatura ≤ 20 °C. Se envía una inactivación a los A/C
 - Si se detecta una luminosidad ≥ 200 lux. Se apaga todas las lúmenes diferentes equipo shelly a excepción de luminaria frontal y patio

Equipo de control: Shelly plus 1PM y 2PM

- A partir de las 21h00 hasta las 10h00
 - Si se detecta medición de consumo en interruptes y tomacorriente en un lapso de 30 min. Se envía a inactivar todos los equipos una vez mas
 - Excepción de luminaria frontal y patio

Toda actividad que se ejecute por los sensores en tiempos no permitidos, se enviara un mensaje notficativo a la aplicación celular

3.10. Análisis económico de la implementación proyectos fotovoltaico y domótico

En el siguiente análisis se comentará el valor de los equipos a utilizar, para el sistema fotovoltaico se mostrará el VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa interna de retorno) y el periodo de recuperación de la inversión, para el sistema fotovoltaico se presentará los valores de sus componentes.

3.10.1 Costo del sistema Fotovoltaico y Domótico

Se detalla los equipos y materiales necesarios para la instalación en una oficina.

Tabla 8. Presupuesto instalación domótica

Descripción	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Shelly Plus 1 PM	5	\$ 39,00	\$ 195,00
Shelly Plus 2 PM	2	\$ 48,10	\$ 96,20
Shelly Plus 1	1	\$ 36,40	\$ 36,40
Shelly Pro 3EM	1	\$ 227,50	\$ 227,50
Shelly Pro 3EM Switch Add-on	1	\$ 41,60	\$ 41,60
RM4 mini	2	\$ 26,00	\$ 52,00
Shelly motion2 sensor	2	\$ 88,40	\$ 176,80
Cable #16 AWG (mts)	6	\$ 0,20	\$ 1,17
subtotal			\$ 826,67
Mano de obra por punto de instalación/ configuración	12	15,0	180,02
Subtotal equipos y mano de obra			\$ 1.006,69
IVA (15%)			\$ 151,00
Total			\$ 1.157,70

El presupuesto domótico, considera tanto la instalación y configuración de los equipos en la aplicación del fabricante, si se desea integrar todo en una plataforma se necesita un servidor que actúe como HUB entre los diferentes equipos domóticos. Para ello se puede utilizar la aplicación de "Home Assistan" la cual se instalará en un dispositivo que actuará como servidor y permitirá integrar cientos de marcas de dispositivos domóticos, para tener el control total de la domótica en la oficina.

Los equipos domóticos no poseen plan de mantenimiento, cuando ocurre un fallo se debe reemplazar el equipo dañado.

Para el sistema fotovoltaico disponemos del siguiente presupuesto:

Tabla 9. Presupuesto instalación fotovoltaica 10K

Descripción	Cantidad	P. Unitario	P. Total
PANEL SOLAR 345 W	32	\$ 201,50	\$ 6.448,00
INVERSOR SOLAR ALL IN ONE 10KVA ON-GRID	1	\$ 3.771,21	\$ 3.771,21
CANAL ESTRUCTURA LONGITUD 5 M	7	\$ 52,00	\$ 364,00
SUJETADOR TIPO U 3 MM ALUMINIO	14	\$ 7,80	\$ 109,20
SUJETADOR TIPO Z 3 MM ALUMINIO	3	\$ 5,85	\$ 17,55
CIRCUITO DE PROTECCION	1	\$ 247,00	\$ 247,00
CABLE # 10 AWG ROLLO (mts)	100	\$ 0,52	\$ 52,00
MEDIDOR BIDIRECCIONAL	1	\$ 520,00	\$ 520,00
SUBTOTAL			\$ 11.528,96
SERVICIO DE INSTALACION	\$ 520,00	\$ 520,00	\$ 520,00

Subtotal equipos y mano de obra	\$ 12.048,96
IVA (15%)	\$ 1.807,34
Total	\$ 13.856,30

Tabla 10. Presupuesto instalación fotovoltaica 6K

Descripción	Cantidad	P. Unitario	P. Total
PANEL SOLAR 345 W	32	\$ 201,50	\$ 6.448,00
INVERSOR SOLAR ALL IN ONE 6KVA ON-GRID	2	\$ 1.165,00	\$ 2.329,99
CANAL ESTRUCTURA LONGITUD 5 M	7	\$ 52,00	\$ 364,00
SUJETADOR TIPO U 3 MM ALUMINIO	14	\$ 7,80	\$ 109,20
SUJETADOR TIPO Z 3 MM ALUMINIO	3	\$ 5,85	\$ 17,55
CIRCUITO DE PROTECCION	1	\$ 247,00	\$ 247,00
CABLE # 10 AWG ROLLO (mts)	100	\$ 0,52	\$ 52,00
MEDIDOR BIDIRECCIONAL	1	\$ 520,00	\$ 520,00
SUBTOTAL			\$ 10.087,74
SERVICIO DE INSTALACION	\$ 520,00	\$ 520,00	\$ 520,00
Subtotal equipos y mano de obra			\$ 10.607,74
IVA (15%)			\$ 1.591,16
Total			\$ 12.198,90

Se puede visualizar que a la fecha en el cual se realizó la investigación de mercado, el inverso de menor capacidad posee un valor menor que el del inverso de mayor potencia, la decisión depende del espacio, presupuesto y proyección a futuro que tenga los directivos en la instalación fotovoltaica.

Tabla 11. Presupuesto instalación fotovoltaica con micro inversores 4 in 1

Descripción	Cantidad	P. Unitario	P. Total
PANEL SOLAR 345 W	32	\$ 201,50	\$ 6.448,00
MICROINVERSOR HOYMILES HMS-1600 MONOFASICO 4 EN 1	8	\$ 533,00	\$ 4.264,00
HUB HOYMILES DTU-PRO	1	\$ 377,00	\$ 377,00
CANAL ESTRUCTURA LONGITUD 5 M	7	\$ 52,00	\$ 364,00
SUJETADOR TIPO U 3 MM ALUMINIO	14	\$ 7,80	\$ 109,20
SUJETADOR TIPO Z 3 MM ALUMINIO	3	\$ 5,85	\$ 17,55
CIRCUITO DE PROTECCION	1	\$ 130,00	\$ 130,00
CABLE # 10 AWG ROLLO (mts)	100	\$ 0,52	\$ 52,00
MEDIDOR BIDIRECCIONAL	1	\$ 520,00	\$ 520,00
SUBTOTAL			\$ 12.281,75
SERVICIO DE INSTALACION	\$ 520,00	\$ 520,00	\$ 520,00
Subtotal equipos y mano de obra			\$ 12.801,75
IVA (15%)			\$ 1.920,26
Total			\$ 14.722,01

Si comparamos con una instalación con micro inversores el valor aumenta por los costes de los equipos, pero permite un crecimiento y control mejor de los paneles, ya que cada panel posee un control dedicado que optimiza la generación y protege la red de pérdidas de potencia por sombras que afecte a un grupo de paneles.

3.10.2 Proyección de ingresos

Los ingresos que puede obtener la oficina se obtienen debido al ahorro que se genera a partir de puesta en marcha de la instalación y se refleja en la facturación eléctrica y en caso de instalar el medidor bidireccional se considera la entrega de excedentes que se puede producir en días no hábiles de trabajo.

Según la resolución ARCERNR-013/2021 capítulo 4, artículo 18.1 en el Ecuador no se genera pagos por los excedentes generados en el sistema fotovoltaico, la distribuidora verificará la energía consumida desde la red de distribución en el periodo mensual de consumo (kWh), también valida la energía inyectada por el SGDA (Sistema de generación distribuida para autoabastecimiento) en el periodo mensual de consumo (kWh), la diferencia genera el valor reportado a la distribuidora, donde se facturaría la energía consumida de la red en caso de existir o se facturaría un valor cero y se especifica el crédito de energía a favor del consumidor obtenido en dicho mes (kWh).

Como pueden observar la distribuidora no notifica el valor de compra de la energía entregada a la red por el sistema fotovoltaico, sino que almacena y acumula el saldo a favor en (kWh)(ARCERNR, 2021).

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el SEA (Saldo total acumulado de energía disponible del consumidor en el mes anterior) se reseteará a cero sin que la distribuidora tenga obligación a otorgar una compensación económica por dicha energía.

El consumidor que cuente con una SGDA cancelara mensualmente el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario vigente, para el pliego tarifario del 2024 el valor de comercialización es de \$1,414 (fig. 17)

La factura mensual que emita la distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores: $ERED_i$ (energía consumida desde la red de distribución en el periodo mensual de consumo - kWh), $EINY_i$ (energía inyectada por la SGDA en el periodo mensual de consumo - kWh), $ENET_i$ (energía neta en el periodo mensual de consumo - kWh), CEM_i (crédito de energía a favor del consumidor obtenido en el mes - kWh) y SEA_i (saldo total acumulado de energía disponible del consumidor en el mes anterior - kWh), correspondiente a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 5

A continuación, se detalla el ahorro que se puede obtener en el lapso de un año, considerando tanto por el ahorro y aporte de excedentes a un valor de \$0,092.

Tabla 12. Ahorro mensual/anual por energía generada

Meses	Producción mensual kWh	Consumo mensual kWh	Energía inyectada kWh	Ahorro por consumo \$0,092	Ahorro por excedente \$0,092
Enero	1264,84	979,91	284,93	\$ 90,15	\$ 26,21
Febrero	1183,24	916,69	266,55	\$ 84,34	\$ 24,52
Marzo	1264,84	979,91	284,93	\$ 90,15	\$ 26,21
Abril	1224,04	948,30	275,74	\$ 87,24	\$ 25,37
Mayo	1264,84	979,91	284,93	\$ 90,15	\$ 26,21
Junio	1224,04	948,30	275,74	\$ 87,24	\$ 25,37
Julio	1264,84	979,91	284,93	\$ 90,15	\$ 26,21
Agosto	1264,84	979,91	284,93	\$ 90,15	\$ 26,21
Septiembre	1224,04	948,30	275,74	\$ 87,24	\$ 25,37
Octubre	1264,84	979,91	284,93	\$ 90,15	\$ 26,21
Noviembre	1224,04	948,30	275,74	\$ 87,24	\$ 25,37
Diciembre	1264,84	979,91	284,93	\$ 90,15	\$ 26,21
Ahorro anual				\$ 1.064,37	\$ 309,49

El ahorro que se podría obtener es de **\$1064,37** conociendo que el sistema fotovoltaico se diseñó considerando el 100% de abastecimiento, con un sobredimensionamiento del 30%, se dispondría de un saldo a favor anual de \$309,49.

Para identificar el año en el cual la tasa de interna de retorno (TIR) sea positiva, para la instalación fotovoltaica presentada, disponemos de diferentes fechas, ya que el estudio se realizó con diferentes equipos inversores.

Para la instalación con un único inversor de 10 kW, disponemos un TIR positivo a partir del año 16, para la instalación con dos inversores de 6 kW el TIR positivo se presenta en el año 15 y por último para la instalación de 8 micro inversores el TIR positivo se presenta a partir del año 17.



Figura 28. Análisis de la inversión, retorno inversión a los 16 años

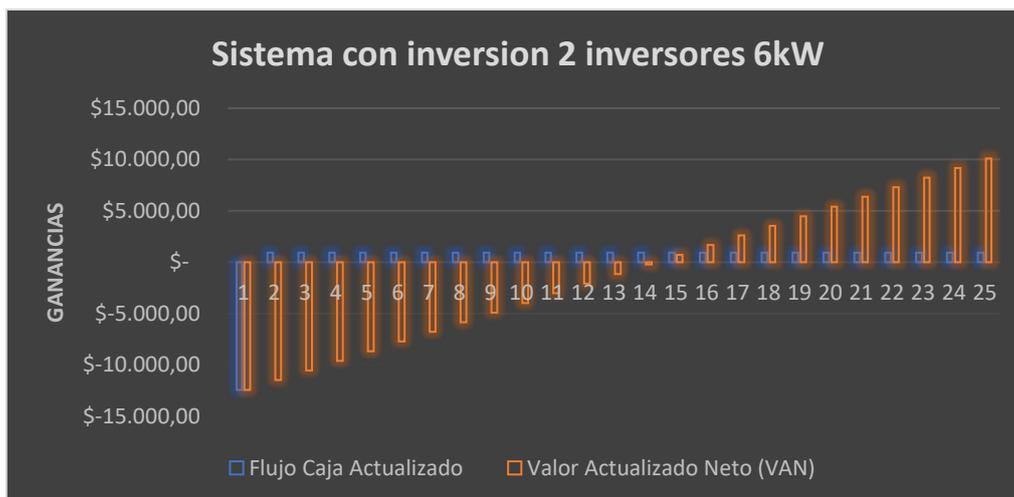


Figura 29. Análisis de la inversión, retorno inversión a los 15 años

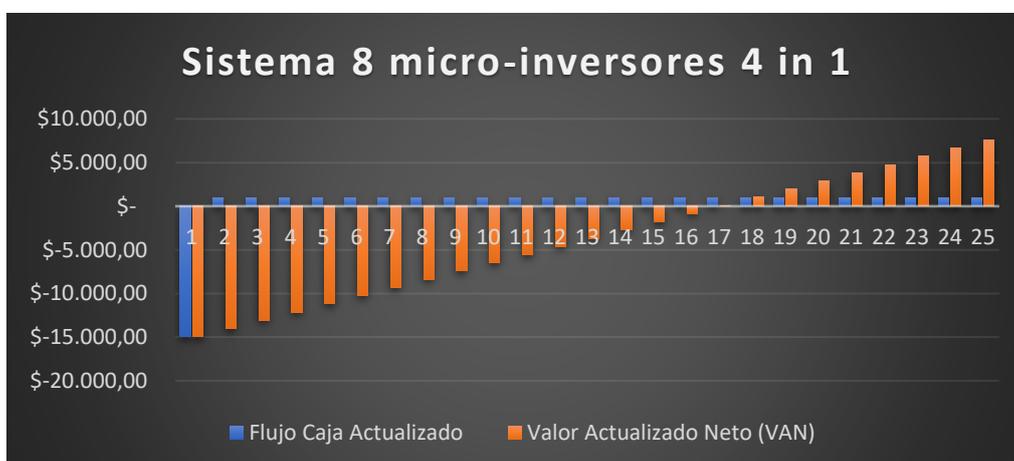


Figura 30. Análisis de la inversión, retorno inversión a los 17 años

Como se muestra en las fig. 27,28,29 se realizaron 3 flujos de caja con los ahorros anuales que se pueden presentar en un periodo de 25 años de autogeneración fotovoltaica. Los proyectos generan ingresos a partir del año 15 en el mejor de los casos.

En las diferentes tablas se consideran diferentes valores de inversiones ya que cada tecnología, tiene su costo con sus beneficios y problemas.

En el caso del inversor de 10 kW, se limita el crecimiento a futuro, salvo que se consiga un nuevo inversor. Para el caso de los dos inversores de 6kW poseen un margen de crecimiento, pero el espacio a utilizar aumenta, mientras que el micro inversor facilita el crecimiento a futuro y su espacio es reducido mientras que su costo mayor y en caso de desea instalar un sistema de baterías es necesario invertir en un convertidor de alterna a continua para la carga de estas, ya que el micro inversor libera un voltaje alterno de manera directa.

Tabla 13. Flujo de caja para la instalación con un inversor de 10kW / domótica

Año	Producción (kW·h)	Autoconsumo anual estimado	Excedente anual	Inversión	Ingresos	valor de comercialización	Coste Mantenimiento	Flujo Caja No Actualizado	Ganancias	Flujo Caja Actualizado	Valor Actualizado Neto (VAN)
1	15415	11569	3846	\$ 15.048,50	\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ -14.081,12	\$ -14.081,12	\$ -14.081,12	\$ -14.081,12
2	15261	11569	3692		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -13.113,74	\$ 939,20	\$ -13.141,91
3	15108	11569	3539		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -12.146,36	\$ 939,20	\$ -12.202,71
4	14957	11569	3388		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -11.178,98	\$ 939,20	\$ -11.263,50
5	14808	11569	3239		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -10.211,59	\$ 939,20	\$ -10.324,30
6	14660	11569	3091		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -9.244,21	\$ 939,20	\$ -9.385,09
7	14513	11569	2944		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -8.276,83	\$ 939,20	\$ -8.445,89
8	14368	11569	2799		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -7.309,45	\$ 939,20	\$ -7.506,68
9	14224	11569	2655		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -6.342,07	\$ 939,20	\$ -6.567,48
10	14082	11569	2513		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -5.374,69	\$ 939,20	\$ -5.628,28
11	13941	11569	2372		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -4.407,31	\$ 939,20	\$ -4.689,07
12	13802	11569	2233		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -3.439,93	\$ 939,20	\$ -3.749,87
13	13664	11569	2095		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -2.472,55	\$ 939,20	\$ -2.810,66
14	13527	11569	1958		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -1.505,17	\$ 939,20	\$ -1.871,46
15	13392	11569	1823		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -537,78	\$ 939,20	\$ -932,25
16	13258	11569	1689		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 429,60	\$ 939,20	\$ 6,95
17	13125	11569	1556		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 1.396,98	\$ 939,20	\$ 946,16
18	12994	11569	1425		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 2.364,36	\$ 939,20	\$ 1.885,36
19	12864	11569	1295		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 3.331,74	\$ 939,20	\$ 2.824,57
20	12735	11569	1166		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 4.299,12	\$ 939,20	\$ 3.763,77
21	12608	11569	1039		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 5.266,50	\$ 939,20	\$ 4.702,98
22	12482	11569	913		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 6.233,88	\$ 939,20	\$ 5.642,18
23	12357	11569	788		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 7.201,26	\$ 939,20	\$ 6.581,39
24	12234	11569	665		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 8.168,64	\$ 939,20	\$ 7.520,59
25	12111	11569	542		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 9.136,03	\$ 939,20	\$ 8.459,80

Tabla 14. Flujo de caja para la instalación con dos inversor de 6kW / domótica

Año	Producción (kW·h)	Autoconsumo anual estimado	Excedente anual	Inversión	Ingresos	valor de comercialización	Coste Mantenimiento	Flujo Caja No Actualizado	Ganancias	Flujo Caja Actualizado	Valor Actualizado Neto (VAN)
1	15415	11569	3846	\$ 13.391,10	\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ -12.423,72	\$ -12.423,72	\$ -12.423,72	\$ -12.423,72
2	15261	11569	3692		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -11.456,34	\$ 939,20	\$ -11.484,51
3	15108	11569	3539		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -10.488,96	\$ 939,20	\$ -10.545,31
4	14957	11569	3388		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -9.521,58	\$ 939,20	\$ -9.606,10
5	14808	11569	3239		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -8.554,19	\$ 939,20	\$ -8.666,90
6	14660	11569	3091		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -7.586,81	\$ 939,20	\$ -7.727,69
7	14513	11569	2944		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -6.619,43	\$ 939,20	\$ -6.788,49
8	14368	11569	2799		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -5.652,05	\$ 939,20	\$ -5.849,28
9	14224	11569	2655		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -4.684,67	\$ 939,20	\$ -4.910,08
10	14082	11569	2513		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -3.717,29	\$ 939,20	\$ -3.970,88
11	13941	11569	2372		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -2.749,91	\$ 939,20	\$ -3.031,67
12	13802	11569	2233		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -1.782,53	\$ 939,20	\$ -2.092,47
13	13664	11569	2095		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -815,15	\$ 939,20	\$ -1.153,26
14	13527	11569	1958		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 152,23	\$ 939,20	\$ -214,06
15	13392	11569	1823		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 1.119,62	\$ 939,20	\$ 725,15
16	13258	11569	1689		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 2.087,00	\$ 939,20	\$ 1.664,35
17	13125	11569	1556		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 3.054,38	\$ 939,20	\$ 2.603,56
18	12994	11569	1425		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 4.021,76	\$ 939,20	\$ 3.542,76
19	12864	11569	1295		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 4.989,14	\$ 939,20	\$ 4.481,97
20	12735	11569	1166		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 5.956,52	\$ 939,20	\$ 5.421,17
21	12608	11569	1039		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 6.923,90	\$ 939,20	\$ 6.360,38
22	12482	11569	913		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 7.891,28	\$ 939,20	\$ 7.299,58
23	12357	11569	788		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 8.858,66	\$ 939,20	\$ 8.238,79
24	12234	11569	665		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 9.826,04	\$ 939,20	\$ 9.177,99
25	12111	11569	542		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 10.793,43	\$ 939,20	\$ 10.117,20

Tabla 15. Flujo de caja para la instalación con 8 micro inversor 4 in 1 / domótica

Año	Producción (kW·h)	Autoconsumo anual estimado	Excedente anual	Inversión	Ingresos	valor de comercialización	Coste Mantenimiento	Flujo Caja No Actualizado	Ganancias	Flujo Caja Actualizado	Valor Actualizado Neto (VAN)
1	15415	11569	3846	\$ 15.914,21	\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ -14.946,83	\$ -14.946,83	\$ -14.946,83	\$ -14.946,83
2	15261	11569	3692		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -13.979,45	\$ 939,20	\$ -14.007,62
3	15108	11569	3539		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -13.012,07	\$ 939,20	\$ -13.068,42
4	14957	11569	3388		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -12.044,69	\$ 939,20	\$ -12.129,21
5	14808	11569	3239		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -11.077,30	\$ 939,20	\$ -11.190,01
6	14660	11569	3091		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -10.109,92	\$ 939,20	\$ -10.250,80
7	14513	11569	2944		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -9.142,54	\$ 939,20	\$ -9.311,60
8	14368	11569	2799		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -8.175,16	\$ 939,20	\$ -8.372,39
9	14224	11569	2655		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -7.207,78	\$ 939,20	\$ -7.433,19
10	14082	11569	2513		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -6.240,40	\$ 939,20	\$ -6.493,99
11	13941	11569	2372		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -5.273,02	\$ 939,20	\$ -5.554,78
12	13802	11569	2233		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -4.305,64	\$ 939,20	\$ -4.615,58
13	13664	11569	2095		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -3.338,26	\$ 939,20	\$ -3.676,37
14	13527	11569	1958		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -2.370,88	\$ 939,20	\$ -2.737,17
15	13392	11569	1823		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -1.403,49	\$ 939,20	\$ -1.797,96
16	13258	11569	1689		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ -436,11	\$ 939,20	\$ -858,76
17	13125	11569	1556		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 531,27	\$ 939,20	\$ 80,45
18	12994	11569	1425		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 1.498,65	\$ 939,20	\$ 1.019,65
19	12864	11569	1295		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 2.466,03	\$ 939,20	\$ 1.958,86
20	12735	11569	1166		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 3.433,41	\$ 939,20	\$ 2.898,06
21	12608	11569	1039		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 4.400,79	\$ 939,20	\$ 3.837,27
22	12482	11569	913		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 5.368,17	\$ 939,20	\$ 4.776,47
23	12357	11569	788		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 6.335,55	\$ 939,20	\$ 5.715,68
24	12234	11569	665		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 7.302,93	\$ 939,20	\$ 6.654,88
25	12111	11569	542		\$ 1.064,35	\$ 16,97	\$ 80,00	\$ 967,38	\$ 8.270,32	\$ 939,20	\$ 7.594,09

3.11. Esquema general de la instalación

En la oficina se espera instalar tanto los equipos domóticos que poseen sus esquemas en los anexos (1 al 4), como el sistema fotovoltaico. Los tiempos de funcionamiento se acoplarán al tiempo ingresar al momento de dimensionar el sistema fotovoltaico.

Se realizó un mapa mental, donde se muestra los equipos domóticos y el sistema fotovoltaico.

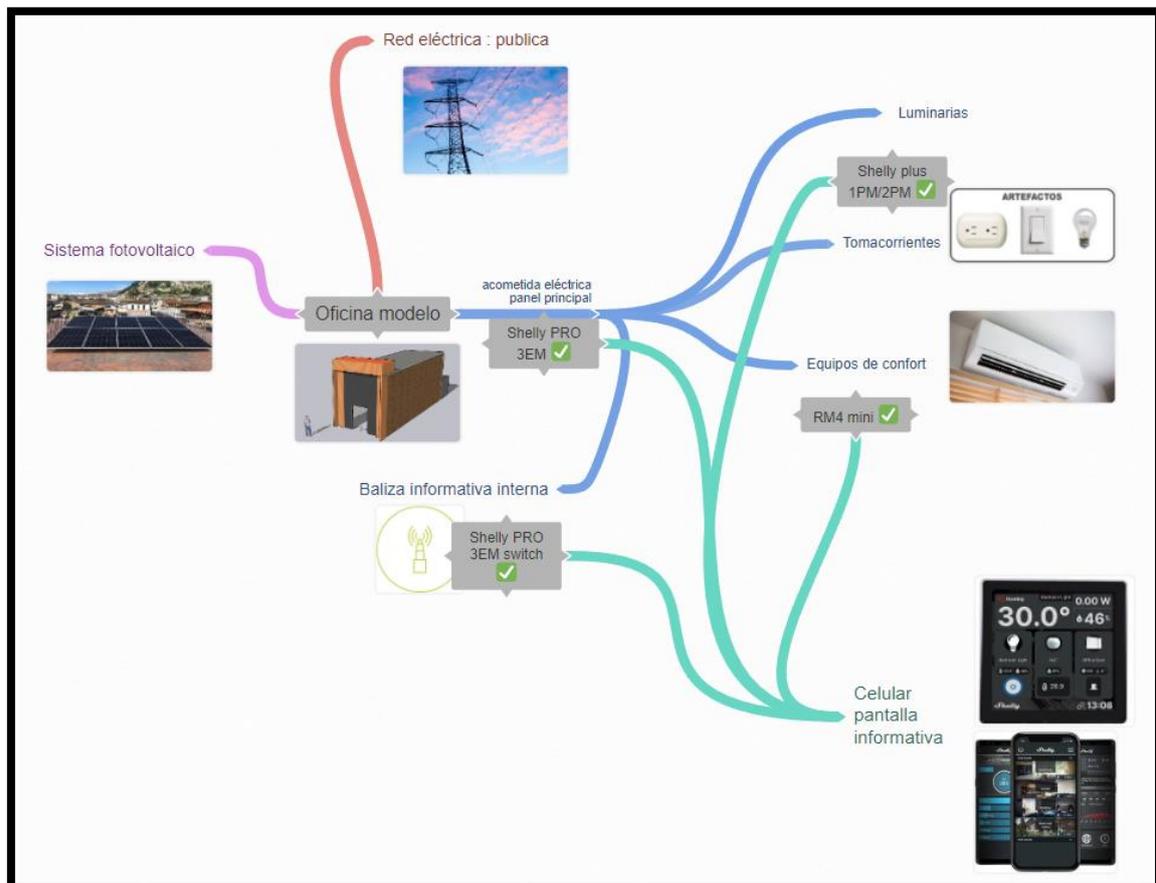


Figura 31. Mapa mental equipos domóticos

El equipo domótico Shelly PRO 3EM, se utilizará para medir la corriente entregada por el sistema fotovoltaico y la entregada por la red pública, de esta forma se podrá monitorear si el consumo de la oficina se abastece de la instalación fotovoltaica o la red eléctrica, para luego realizar acciones correctivas.

En caso de presentar problemas con la entrega de energía del sistema fotovoltaico, se mostrará una acción visual con la activación del equipo domótico complementario Shelly PRO 3EM switch, al mismo tiempo se puede monitorear los estados por medio del dispositivo celular o en una pantalla informativa que facilita la visualización de los equipos instalados.

Tabla 16. Horarios de funcionamientos de los equipos domóticos

zonas	equipos	Timer ON	Timer OFF
luminaria frontal	Shelly plus 1PM	18h00	6h00
Luminaria patio	Shelly plus 1PM	18h00	20h00
Luminaria showroom	Shelly plus 2PM	10h00	19h00
Luminaria mezanine	Shelly plus 2PM	10h00	19h00
Luminaria taller	Shelly plus 1PM	10h00	17h00
Toma mezanine	Shelly plus 1PM	9h30	19h30
toma aire acondiciona	Shelly plus 1PM	9h30	19h30
Control mezanine	RM4 mini	10h00	19h00
Control showroom	RM4 mini	10h00	19h00
control puerta	Shelly plus 1	9h30	20h00
control baliza	Shelly plus 3EM switch	All time	
sensor PV/oficina	Shelly pro 3EM 120A (3 pinzas)	All time	
mezanine/ taller	Shelly motion2 sensor	All time	

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se logró diseñar el sistema fotovoltaico considerando el autoconsumo completo de la oficina, complementando con productos domóticos que permite tener un control, planificación y monitoreo del consumo de energía en áreas sensibles.
2. La Regulación ARCENNER01/21 utilizada en el estudio, no se establece un mecanismo de remuneración para los excedentes generados por el sistema fotovoltaico de autoabastecimiento, esto quiere decir que se acumula los excedentes y funcionan como saldo en la próxima planilla, esta acumulación solo es válida por 24 meses, luego de ese tiempo se resetea el contador sin alternativa de reclamar la generación de excedente. Al poseer dicha regulación en el país, no es recomendable sobredimensionar la instalación fotovoltaica en gran medida, si no se tiene claro el crecimiento en la demanda de energía en un tiempo establecido, ya que todo excedente no necesariamente se utilizará como un debido en meses venideros. Ecuador posee una constante respecto a las horas de luz solar al día, la cual no varía en gran medida en el año, por lo que los excedentes se podrían utilizar en temporadas de lluvia constantes que evitarían el funcionamiento de la instalación fotovoltaica, pero si el excedente es elevado se estaría perdiendo la generación entregada a la red.
3. La información que se obtiene de los equipos domóticos se almacena en la nube del fabricante, por lo cual es necesario adquirir sus aplicaciones para poder acceder a la información, la visualización se la puede realizar con cualquier equipo asociado, es posible agregar una pantalla informativa que permitirá visualizar los equipos.
4. Se especifica el equipo que puede monitorear el funcionamiento del sistema fotovoltaico y expresar de manera visual una alerta que permite informar al personal que el sistema fotovoltaico no genera energía y el consumo es de la red pública, el personal de la oficina adquiere el conocimiento para identificar el estado del consumo de la oficina.
5. La integración de productos domóticos a la cotidianidad laboral nos permite controlar y monitorear el consumo eléctrico, permitiendo identificar patrones de consumo de esta forma se puede optimizar el rendimiento del sistema y disminuir costos sin la necesidad de implementar equipos activos de ahorros de energía.

4.2. Recomendaciones

1. Es recomendable no sobredimensionar en gran medida el sistema fotovoltaico, ya que los excedentes de la red no poseen reembolsos monetarios, sino que solo descuenta para el próximo mes. Como la instalación fotovoltaica está pensada para abastecer al 100% la oficina, los excedentes serían beneficiosos sólo en temporadas de poca radiación solar o en caso de que la oficina tenga pensado el crecimiento.
2. Para el sistema domótico, se recomienda considerar la adquisición de un equipo que actúe como HUB, esto permitirá la inclusión de diferentes equipos domóticos y permite agrandar el abanico de posibilidades respecto al control de diferentes domóticos, se dispone de un aplicativo como interfaz gráfica como por ejemplo "Home Assistant", que facilitará el control general de los equipos, evitando tener diferentes aplicaciones por cada marca de equipos domóticos que se dispone.
3. Ejecutar un periodo de seguimiento continuo para analizar el rendimiento del sistema fotovoltaico instalado y el control del sistema domótico para identificar posibles áreas de mejora y optimización.
4. Analizar la alternativa de implementar almacenamiento de energía aplicando baterías, de esta forma se maximiza la utilización de la energía fotovoltaica y se reduce la dependencia de la red pública, el dimensionamiento de las baterías dependería de los tiempos y la zona que deseen que funcione cuando se reduce la energía solar.
5. Se analiza 3 diferentes precios para ejecutar la instalación fotovoltaica, como punto principal es la selección del inversor, por recomendación se sugiere utilizar los dos inversores de 6kW, pero se debe considerar el espacio útil que dispone para la instalación y para los paneles a futuro.
6. Se necesita incentivos del gobierno para fomentar la instalación de equipos fotovoltaicos, la eliminación de subsidios y mejores formas de monetizar los excedentes sería una ayuda para los apagones de luz que puede sufrir el estado.

4.3. Bibliografía

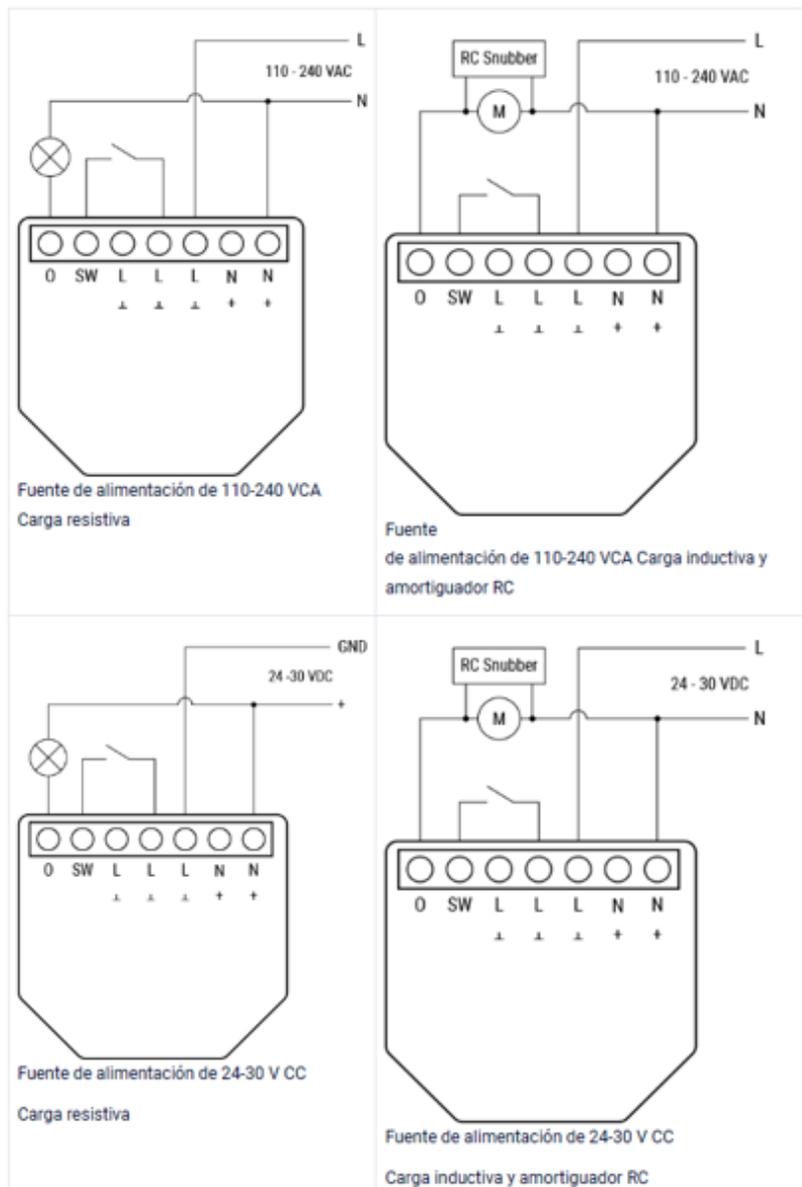
- ARCERNNR. (2021). *REGULACIÓN ARCERNNR-001/2021*.
https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/res_nro__arcernnr-013-2021.pdf
- ARCERNNR. (2024). *Pliego-Tarifario-SPEE-2024_compressed*. 32.
- GALLEGOS, R. H. (2017). *Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2251345>
- Ministerio de Energía y Minas. (2021). *BALANCE ENERGETICO NACIONAL 2021*. 28–29.
https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Cap_1_opt.pdf
- Molano De La Roche, M., María, A., Estupiñán, V., & Pulido, M. A. (2021). Características e importancia de la metodología cualitativa en la investigación científica. *Revista Semillas del Saber*, 1(1), 18–27.
<https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/semillas/article/view/314>
- NASA POWER | *Prediction Of Worldwide Energy Resources*. (s/f). Recuperado el 17 de febrero de 2024, de <https://power.larc.nasa.gov/>
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission*. (s/f). Recuperado el 17 de febrero de 2024, de https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en?prefLang=es&etrans=es
- Reglamento ley orgánica eficiencia energética*. (2021).
- BroadLink. (07 de 04 de 2024). *BroadLink internacional*. Obtenido de <https://www.ibroadlink.com/productinfo/762674.html>
- CENTER, A. (2024). *almaxecu*. Obtenido de <https://almaxecu.com/planos-maestros-almax-center/>
- Electronics, H. P. (01 de 02 de 2024). *hoymiles*. Obtenido de <https://www.hoymiles.com/es/products/microinverter/>
- maps, g. (2024). *Shadowcalculator*. Obtenido de <http://shadowcalculator.eu/#/lat/-2.0367593747334327/lng/-79.84734119214566>
- NASA. (s.f.). *Power*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/>
- PVGIS. (s.f.). *Comision Europea*. Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/
- VACOM . (07 de 04 de 2024). *VACOM Ecuador*. Obtenido de <https://vacomecuador.com/shelly/>

ANEXOS

Shelly Plus 1PM UL

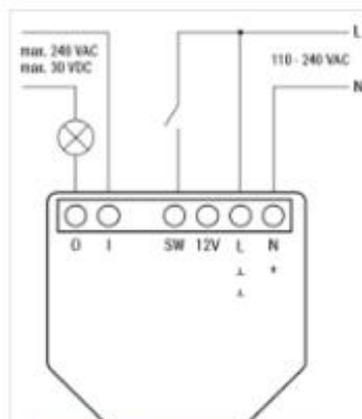


Diagramas de cableado básicos



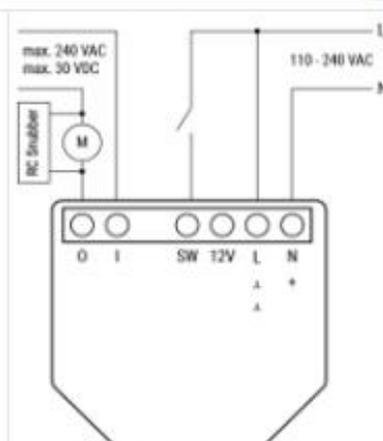
Shelly Plus 1

Diagramas de cableado básicos



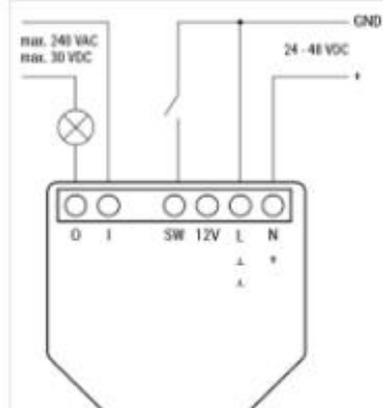
Fuente de alimentación de 110-240 VCA

Carga resistiva



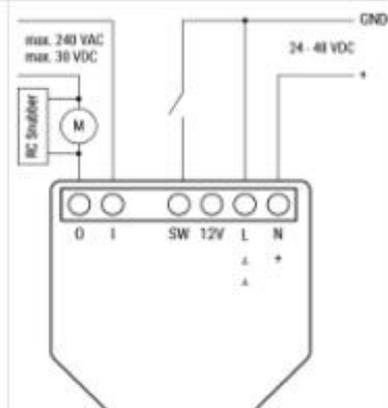
Fuente de alimentación de 110-240 VCA

Carga inductiva y amortiguador RC



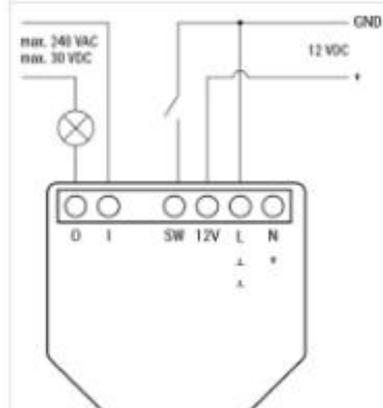
Fuente de alimentación de 24-48 V CC

Carga resistiva



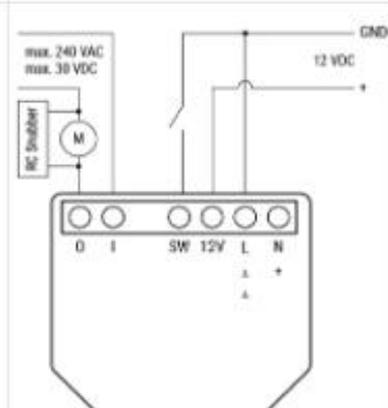
Fuente de alimentación de 24-48 V CC

Carga inductiva y amortiguador RC



Fuente de alimentación estabilizada de 12 V CC

Carga resistiva



Fuente de alimentación estabilizada de 12 V CC

Carga inductiva y amortiguador RC

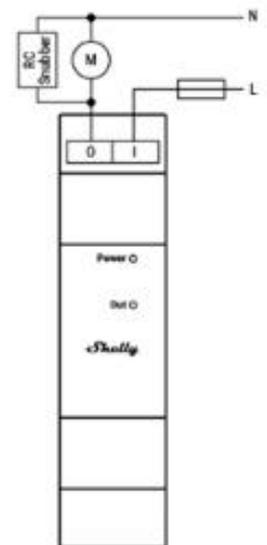
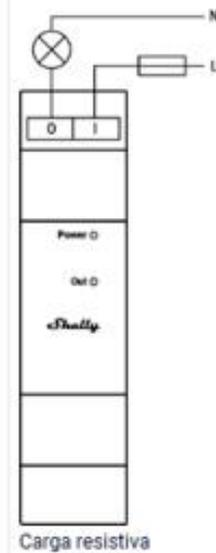
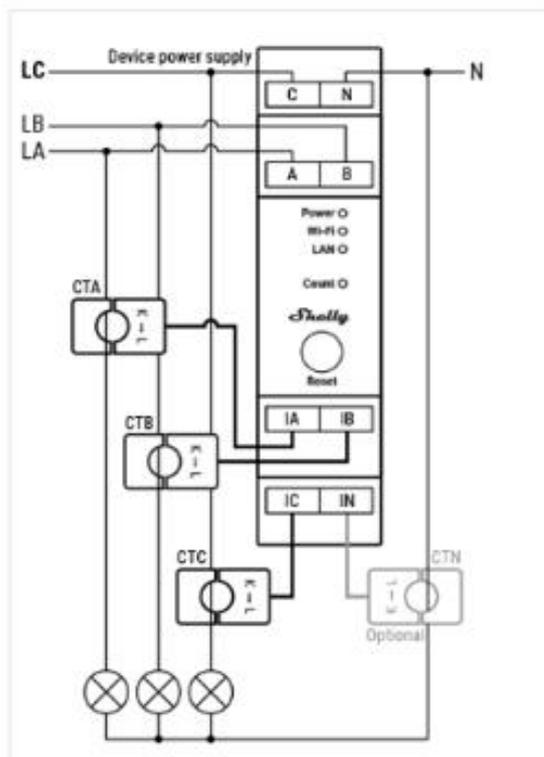
Shelly Pro 3EM



Complemento de interruptor Shelly



Diagramas de cableado básicos



Anexo 4 Cableado basico Shelly 3EM y su complemento de control

NOMBRE DE LA DISTRIBUIDORA						
Nombres y Apellidos del Consumidor:						
Número de suministro:						
Provincia:		Ciudad:		Dirección:		
MES FACTURADO	Energía consumida de la red (ERED)	Energía inyectada (EINY)	Energía neta (ENET)	Crédito de energía obtenido en el mes (CE)	Saldo de energía acumulado (SEA)	Energía facturable (EF)
	(kWh)					
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
<i>Nota.- Para consumidores con tarifa general con o sin demanda</i>						
NOMBRE DE LA DISTRIBUIDORA						
Nombres y Apellidos del Consumidor:						
Número de suministro:						
Provincia:		Ciudad:		Dirección:		
MES FACTURADO	Energía Equivalente consumida de la red (EERED)	Energía Equivalente inyectada (EEINY)	Energía Equivalente neta (ENETE)	Crédito de energía equivalente (CEE)	Saldo de energía equivalente acumulado (SEEA)	Energía facturable (EF)
	(kWh)					

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

Anexo 5. INFORMACIÓN ADICIONAL A LA FACTURA A ENTREGARSE A CONSUMIDORES QUE DISPONEN DE UN SGDA