

Facultad de Tecnología de la construcción

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
DEL PROYECTO “REEMPLAZO DEL
SISTEMA ELÉCTRICO
CONVENCIONAL DE LA FINCA
AGRÍCOLA EXPERIMENTAL (FAE-
UNI), POR UN SISTEMA ELÉCTRICO
FOTOVOLTAICO, EN LA
COMUNIDAD LA BOLSA,
MUNICIPIO DE MASAYA”**

Trabajo del Taller Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Meyling Gisselle López Gutiérrez

Carnet: 2017-0422U

Tutor:

MSc. Ing. Yader Molina Lagos

24 de abril de 2023

DEDICATORIA

A Dios, primeramente, que, sin él, nada es posible, por haberme brindado vida, sabiduría, salud y así permitirme culminar este trabajo monográfico con éxito.

A mis dos madres, Francis Gutiérrez y Danelia Gutiérrez.

A mis dos padres, Pedro López y Armando Orozco por su apoyo intachable en cada momento, por sus consejos, valores y por todo su cariño.

A mi abuelita, Rosa Nelly Palacios, porque desde pequeña me ha encaminado por el camino de Dios por llevarme siempre en sus oraciones y por su gran amor.

A mis tíos, Saida Gutiérrez, Erick Gutiérrez, Magda Gutiérrez y Carlos Padilla, por sus consejos enriquecedores, por apoyarme siempre en cada paso que doy y brindarme su ayuda incondicional cuando más la necesitaba.

A mis familiares que siempre han estado para mí en todo momento y siempre me brindan apoyo, mil gracias a cada uno de ellos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por su misericordia, por la sabiduría recibida para culminar este trabajo con éxito.

A mis padres y abuelita que son el pilar, mi fortaleza para seguir adelante y por esos consejos de nunca rendirme.

A mi tutor, el MSc. Ing. Yader Molina Lagos por brindarme sus conocimientos enriquecedores, por enseñarme a nunca darme por vencida y sus grandes consejos.

A todos los profesores de la carrera de Ingeniera Agrícola, por cada conocimiento adquirido y por su motivación de amar la carrera día a día.

Índice.

GENERALIDADES.....	1
I Introducción.....	1
II Antecedentes	2
III Justificación.....	4
IV Objetivos	5
4.1 Objetivo General	5
4.2 Objetivos Específicos.....	5
V Marco Teórico	6
5.1 Energía eléctrica	6
5.1.1 Servicio de energía eléctrica	6
5.1.2 Ente regulador	6
5.2 Empresa Distribuidora.....	7
5.3 Cliente o consumidor	7
5.4 Tarifa Binómica	7
5.5 Suministro de energía eléctrica.....	7
5.6 Energía Renovable	7
5.7 Energía solar.....	8
5.8 Sistemas fotovoltaicos	8
5.8.1 Sistema aislado	8
5.8.2 Sistema híbrido.....	9
5.9 Componente de los sistemas fotovoltaicos	9
5.9.1 Paneles Fovoltaicos	9

5.9.2	Inversor	10
5.9.3	Regulador de carga	10
5.9.4	Baterías	10
5.10	Estudio de prefactibilidad	10
5.10.1	Proyecto	10
5.10.2	Prefactibilidad	11
5.11	Estudio Técnico	12
5.12	Evaluación Financiera	12
5.12.1	Inversión	12
5.12.2	Costos	12
5.12.3	Indicador	12
5.12.4	Flujo neto de efectivo (FNE)	12
	DISEÑO METODOLOGICO	13
VI	Localización del Estudio	13
6.1	Macro localización	13
6.2	Micro Localización	14
6.3	Características físicas de la zona	15
6.3.1	Radiación Solar	15
6.3.2	Insolación	16
6.4	Descripción de la Finca Agrícola Experimental	17
6.4.1	Aspectos Legales	17
6.5	Descripción de las áreas de la FAE	17

6.6	Descripción Organizativa	25
6.7	Consumo Energético Actual.....	27
6.7.1	Consumo Energético para Iluminación.....	27
6.7.2	Consumo energético de aires acondicionados.....	28
6.7.3	Consumo energético de la vivienda.....	28
6.7.4	Otros consumos	29
6.7.5	Consumo Energético Total	29
6.7.6	Costo del consumo.....	31
6.7.7	Proyección de los Costos	32
VII	ESTUDIO TÉCNICO	33
6.8	Tamaño del proyecto	33
6.9	Análisis de alternativas	34
6.10	Diseño del sistema.....	35
VII	EVALUACIÓN FINANCIERA	41
6.11	Vida útil	41
6.12	Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)	41
6.13	Inversión	42
6.14	Cálculo de Ahorros.....	42
6.15	Costos de mantenimiento	43
6.16	Flujo Neto de Efectivo	43
6.17	Indicadores financieros	45

6.18	Cálculo del valor actual neto (VAN)	45
6.18.1	Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).....	45
6.18.2	Periodo de recuperación de la inversión	45
6.18.3	Análisis de sensibilidad	45
IX	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
6.19	Conclusiones	48
6.20	Recomendaciones	48
X	Bibliografía	50

Índice de Tablas

Tabla 1. Área módulo de clase.....	18
Tabla 2. Personal que opera en el centro	26
Tabla 3. Cargas eléctricas de iluminación.....	27
Tabla 4. Cargas de Aire acondicionado	28
Tabla 5. Cargas Casa de la finca	28
Tabla 6. Cargas otros consumos.....	29
Tabla 7. Datos energéticos medidor n°1	31
Tabla 8. Datos energeticos medidor n°2	32
Tabla 9. Proyección de Costos.....	32
Tabla 10. Análisis de las alternativas	34
Tabla 11. Diseño del sistema	38
Tabla 12. Inversión.....	42
Tabla 13. Flujo neto de efectivo	44
Tabla 14. Variación de reducción de ahorros.....	46
Tabla 15. Variación de incremento de costos.....	47

Índice de Figuras

Figura 1. Paredes del edificio	18
Figura 2. Tipo de Piso en el Edificio	19
Figura 3. Cubierta del techo	19
Figura 4. Tipo de cielo Razo.....	20
Figura 5. Tipo de ventanas.....	20
Figura 6. Tipo de puertas	21
Figura 7. Galerón de maquinaria en implementos agrícolas	22
Figura 8. Área de cultivos.....	22
Figura 9. Vivienda del capataz	23
Figura 10. Área de cocina y lavado	24
Figura 11. Área de galerón.....	25

Índice de organigrama

Organigrama 1. Organización actual del centro	26
---	----

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Radiación solar del área de estudio, periodo 1971-2000.....	15
Gráfico 2. Insolación (horas/decima) del área de estudio, periodo 1971-2000	16
Gráfico 3. Datos energéticos mensuales según medidor 1	30
Gráfico 4. Datos energético según medidor nº2.....	30

GENERALIDADES

I Introducción

La energía eléctrica es un recurso de vital importancia para el desarrollo de la sociedad, su uso posibilita la producción en todos los sectores económicos y mejora las condiciones de vida del ser humano, todas las mejoras e innovaciones industriales van de la mano con el uso de algún tipo de energía.

En los últimos años, el mercado de energías renovables se ha vuelto más dinámico en el mundo. La seguridad energética ha sido un factor clave, a fin de mitigar los efectos negativos tanto ambientales como económicos debido a la elevada dependencia de los combustibles fósiles.

Casi el 76% de la energía que se genera en Nicaragua es renovable (El periódico de la energía), en Nicaragua existe una fuente de energía renovable y limpia producida por la luz solar, la que se produce a través de sistemas fotovoltaicos. El sector agrícola ha optado por utilizar este tipo de energía en zonas rurales donde no se tiene acceso a la red comercial, la cual resulta más rentable debido al aprovechamiento que se puede obtener de los recursos locales.

Actualmente, la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI) posee un consumo eléctrico convencional, el cual genera altos costos al momento de alimentar los equipos eléctricos de mayor potencia.

Este documento pretende ser un estudio de prefactibilidad en el cual se hará un diagnóstico energético, estudio técnico y análisis financiero del reemplazo del sistema eléctrico convencional por un sistema fotovoltaico para la FAE-UNI del cual se pretende analizar su rentabilidad financiera.

II Antecedentes

El uso de la energía solar se originó en la antigua Grecia con Arquímedes, los griegos fueron los primeros en utilizar diseños de casas para aprovechar la luz del sol en forma pasiva desde el año 4000 A.C, pero fueron los romanos los primeros en usar vidrio en sus ventanas para atrapar luz solar en sus hogares (solar).

En Nicaragua, se ha venido implementando el uso de esta fuente de energía debido a su bajo impacto ambiental y rentabilidad económica. La mayor demanda de esta se encuentra en la zona del occidente como León y Chinandega, son estas zonas donde se concentra gran parte del sector agrícola de la región del pacífico. Los pequeños, medianos y grandes productores eligen estos sistemas debido a la inaccesibilidad de la energía convencional. Cabe mencionar, que aún con zonas donde hay acceso a la red comercial, el costo es elevado debido a los equipos de alta potencia que deben ser alimentados para los procesos agrícolas.

Ante el desarrollo en el sector agrícola en el país, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) comprometida por dar a los estudiantes una mejor enseñanza implementando las prácticas de campo se dio a la tarea, con apoyo de la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC), adquirir una finca en la comunidad de Santa Clara, ubicada en el departamento de Masaya, para que los estudiantes de Ingeniería Agrícola desarrollen de manera integral los conocimientos teóricos adquiridos.

Antes de formar parte del patrimonio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y su escuela de Ingeniería Agrícola esta finca era utilizada para la producción de tomates y melón de exportación, al mismo tiempo se cultivaba cítricos, aunque en pequeñas cantidades, además de estos cultivos, se utilizaban mayores áreas para el cultivo de sorgo en época de riego y se explotaba haciendo uso del riego por aspersión. La Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), cuenta con una superficie de 48.21 manzanas (Mz), la cual está siendo utilizada para fines didácticos que orienten a estudiantes en su preparación de los diferentes campos agrícolas.

Para los diferentes cultivos que se siembran se utilizan algunos tipos sistemas de riego como; riego por aspersión y el riego por goteo, también cuenta con siete pozos perforados por maquinarias los cuales no están en funcionamiento, solamente se encuentra uno en uso. Dicho pozo presenta las siguientes características:

Profundidad nominal del pozo: 16.76 m (55 pies)

Nivel estático del agua (NEA): 14.63 m (48 pies)

Nivel dinámico (ND): 14.65 m (48.08 pies)

Profundidad a la que opera el equipo: 16.46 m (54 pies)

El pozo está ubicado contiguo a la casa del capataz, el cual cuenta un equipo de bombeo sumergible de 3hp (caballos de fuerza) de potencia.

III Justificación

El alto costo del servicio de energía eléctrica en Nicaragua se considera un factor sustancial para la sostenibilidad de los diversos sectores económicos del país. Según cifras de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), hasta el año 2018 Nicaragua conservaba los costos promedios más altos de la región. Dicha situación destaca la importancia de contar con una alternativa energética para mitigar los altos gastos en el consumo de energía (Cepal).

Es necesario contar con un aporte que establezca una base concreta para dicha alternativa. Un estudio enfocado en la prefactibilidad que conlleva el reemplazo de un sistema de energía eléctrica convencional por un sistema fotovoltaico facilitaría la implementación del mismo, no solo en el área agrícola sino en diversos sectores económicos del país.

Esta investigación estará enfocada en el reemplazo del sistema eléctrico de la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), de tal manera que permita evaluar la viabilidad del proyecto respecto a su relación costo-beneficio para la institución en un mediano plazo.

La rentabilidad del proyecto y el tentativo reemplazo en el sistema eléctrico de la FAE-UNI contribuiría a la mejora de la calidad de servicios ofrecidos a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería, así como una reducción del impacto ambiental y económico para el alma mater.

De igual manera, se pretende realizar el diseño del sistema fotovoltaico para la FAE-UNI, basado en la demanda de cargas de las que hace uso dicho complejo. Dando así una propuesta real para el problema de dependencia a la red eléctrica convencional.

IV Objetivos

4.1 Objetivo General

- Realizar un estudio de prefactibilidad del reemplazo del sistema eléctrico convencional de la FAE-UNI, por un sistema fotovoltaico.

4.2 Objetivos Específicos

- Establecer la demanda de energía de la finca mediante un diagnóstico energético.
- Determinar todos los aspectos de localización, tamaño y diseño del sistema fotovoltaico mediante un estudio técnico.
- Demostrar los beneficios financieros del proyecto a través de una evaluación financiera.

V Marco Teórico

Para la realización del siguiente trabajo documental es necesario definir algunos aspectos teóricos los cuales se abordan a continuación.

5.1 Energía eléctrica

La energía eléctrica es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores (por ejemplo, cables metálicos como el cobre) (Twenergy, 2019).

5.1.1 Servicio de energía eléctrica

Este servicio se basa en ser prestado por un agente, distribuidor y comercializador de energía eléctrica que incluye el suministro de potencia de energía eléctrica en el punto de entrega al cliente, sin considerar si esta energía se está usando o no. Este servicio debe ser prestado de forma continua, eficiente y segura a los clientes, consumidores o usuarios con la debida fiscalización del Ente Regulador (Nacional, 2008).

5.1.2 Ente regulador

Son los que regulan las actividades prestadas con anterioridad por empresas o sociedades del estado privatizadas, Así mismo el Instituto Nicaragüense de Energía, denominado también INE, cuya función principal es regular, supervisar y fiscalizar la prestación del servicio de energía eléctrica ofrecida por las empresas operadoras de distribución a los clientes, consumidores o usuarios y garantizar los derechos de las partes (Nacional, 2008).

5.2 Empresa Distribuidora

Es el Agente Económico que distribuye en forma eficiente, continúa y segura la energía eléctrica a los clientes o consumidores en este caso la empresa distribuidora de Nicaragua en DISNORTE-DISSUR (Nacional, 2008).

5.3 Cliente o consumidor

Es una persona natural o jurídica a la que una empresa distribuidora provee de energía eléctrica, previa firma de un contrato de servicio eléctrico (Nacional, 2008).

5.4 Tarifa Binómica

Tarifa especial aplicable a clientes o consumidores no residenciales con cargos de potencia máxima y energía consumida (Nacional, 2008).

5.5 Suministro de energía eléctrica

El sistema de suministro eléctrico es el conjunto de medios y elementos utilizados para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, los cuales cuentan con mecanismos de control, seguridad y protección.

Está regulado por un sistema de control que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y buena calidad de servicio.

La red de transporte puede ser propiedad, estar operada y gestionada por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad (MEXICO, 2021).

5.6 Energía Renovable

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado (Canarias, Instituto tecnologico, 2008).

5.7 Energía solar

La energía solar es proveniente del sol y se basa en utilizar la luz del sol la cual es capturada para crear energía fotovoltaica por lo que se concentra para la calefacción solar.

La energía solar se puede transformar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica (Canarias, Instituto tecnologico, 2008).

La energía solar es una energía renovable que no contamina conocida como energía limpia o energía verde.

5.8 Sistemas fotovoltaicos

Es la agrupación y trabajo en conjunto de ciertos componentes eléctricos para lograr la transformación de la energía solar a eléctrica utilizable para cualquier aparato o dispositivo eléctrico convencional de una casa, un negocio o de una industria.

Estos sistemas son diseñados para suministrar energía solar utilizable por medio de la energía fotovoltaica.

Son encargados de transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica, también almacena y distribuye la energía almacenada (MEXICO, 2021).

5.8.1 Sistema aislado

Se emplean en lugares con acceso complicado a la red eléctrica y en los que resulta más fácil y económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea de enganche a la red eléctrica general. Estos sistemas los podemos encontrar, por ejemplo, las zonas rurales, áreas de países en vías de desarrollo, sistema de

bombes de agua, iluminación de áreas aisladas (Canarias, Instituto tecnologico, 2008).

5.8.2 Sistema híbrido

Los sistemas híbridos permiten ahorrar energía durante el día y en la noche mantiene un respaldo que es un banco de batería en caso de que haya fallo de la red pública, este sistema es el primer paso para independizarse de la red eléctrica (Tecnosol, 2020).

5.9 Componente de los sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico posee diferentes componentes los cuales tienen funciones específicas para generar la energía eléctrica según las necesidades del consumidor final.

5.9.1 Paneles Fotovoltaicos

Son módulos solares que está constituido por varias células fotovoltaicas conectadas entre sí y alojadas en un mismo marco. Las células fotovoltaicas se conectan en serie, en paralelo o en serie-paralelo, en función de los valores de tensión e intensidad deseados, formando los módulos fotovoltaicos. Existen 2 tipos de paneles fotovoltaico: monocristalino y policristalino.

Panel monocristalino: Utiliza lingotes puros de silicio (los mismos que utiliza la industria de chips electrónicos). Son los más eficientes, con rendimientos superiores al 12%.

Panel policristalino: Se fabrica a partir de restos de piezas de silicio monocristalino. Su rendimiento es algo inferior pero su menor coste ha contribuido enormemente a aumentar su uso (Canarias, Instituto tecnologico, 2008).

5.9.2 Inversor

Dispositivo electrónico que capaz de transformar una corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) a un voltaje y frecuencia determinados (MpptSolar, 2021).

5.9.3 Regulador de carga

Según la empresa (AutoSolar, 2020) el regulador tiene una de las funciones más importante que es proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas excesivas al acumulador que le pudieran producir daños irreversibles asegurando que el sistema trabaje con mayor eficiencia.

5.9.4 Baterías

Las baterías permiten almacenar la energía eléctrica producida por las placas solares, tienen la finalidad de poder utilizar la energía en cualquier momento del día, fundamentalmente cuando las instalaciones fotovoltaicas no están en funcionamiento como durante la noche (Selectra, 2021).

5.10 Estudio de prefactibilidad

Según el blog de investigación de mercadeo (Questionpro, s.f.) define este estudio como un análisis de la fase inicial de un posible proyecto, y ofrece una visión general de la logística de un proyecto. Las necesidades de capital, los principales retos y otra información que se considera importantes para el proceso de toma de decisiones.

5.10.1 Proyecto

Es una planificación, que consiste en un conjunto de actividades a realizar de manera articulada entre sí, con el fin de producir determinados bienes o servicios capaces de satisfacer necesidades o resolver problemas dentro de los límites de un presupuesto y de un periodo de tiempo dado (Padid, 2021).

5.10.2 Prefactibilidad

(Chanduvi, 2018) considera que es un análisis preliminar de una idea de proyecto, para determinar si es viable convertirla en un proyecto, además asegura que es el propósito de esta etapa es no avanzar con una idea insostenible.

5.11 Estudio Técnico

El estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de inversión y de los costos de operación pertinentes al área (Aguilar, 2017).

5.12 Evaluación Financiera

Tiene por objeto estudiar la factibilidad de un proyecto desde el punto de vista de los resultados financieros (Aguilar, 2017).

5.12.1 Inversión

Una inversión es una actividad que consiste en dedicar recursos con el objetivo de obtener un beneficio. La función financiera con respecto a las inversiones está encaminada a administrar y controlar su eficiente manejo (Berrios, 2021).

5.12.2 Costos

El proyecto requiere recursos para su ejecución y para operación estos recursos se denominan genéricamente los costos del proyecto (Berrios, 2021).

5.12.3 Indicador

Un indicador es un instrumento que provee información de una determinada condición o el logro de una cierta situación, actividad o resultado. Un indicador necesariamente debe representar una relación entre variables (Aziz, 2019).

5.12.4 Flujo neto de efectivo (FNE)

Describe los ingresos y los gastos de dinero en efectivo en el transcurso de un periodo de tiempo determinado (Race, Money, 2016).

DISEÑO METODOLOGICO

VI Localización del Estudio

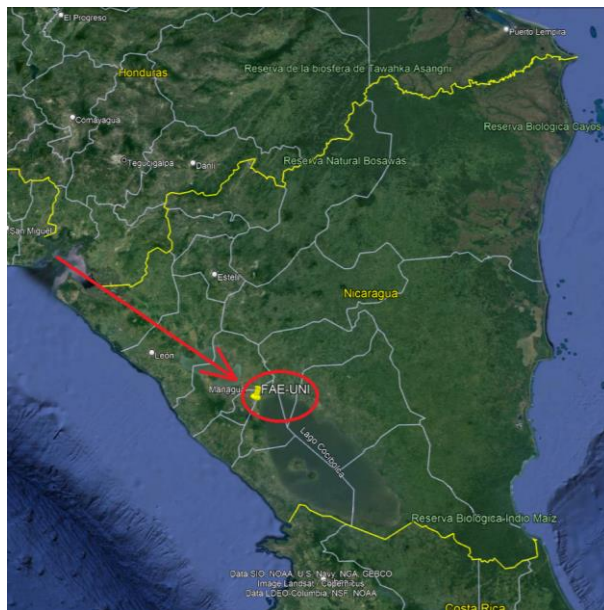
6.1 Macro localización

El proyecto correspondiente al Sistema Fotovoltaico de la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), se encontrará macro localizada en el Municipio de Masaya, departamento de Masaya, con una extensión territorial de 141 kilómetros cuadrados (km²).

La cabecera municipal está ubicada a 29 km de la capital del país. El municipio está ubicado entre las coordenadas 11°58' latitud norte y 86°05' longitud oeste.

Limita, al norte con el municipio de Tipitapa, al sur con los municipios de Catarina y Niquinohomo, al este con los municipios de Tisma y Granada, al oeste con los municipios de Nandasmo, Nindirí y la Laguna de Masaya.

Figura 1. Macro localización del proyecto.



Fuente: Google Earth

El municipio tiene un total de 139,691 habitantes. La población urbana es de 110,948 habitantes y la población rural es de 28,743 habitantes.

El clima es semihúmedo (Sabana Tropical), la precipitación varía entre los 1,200 y 1,400 mm anuales. La temperatura oscila entre los 27° y 27.5° grados centígrados. La altitud sobre el nivel del mar es de 234 metros.

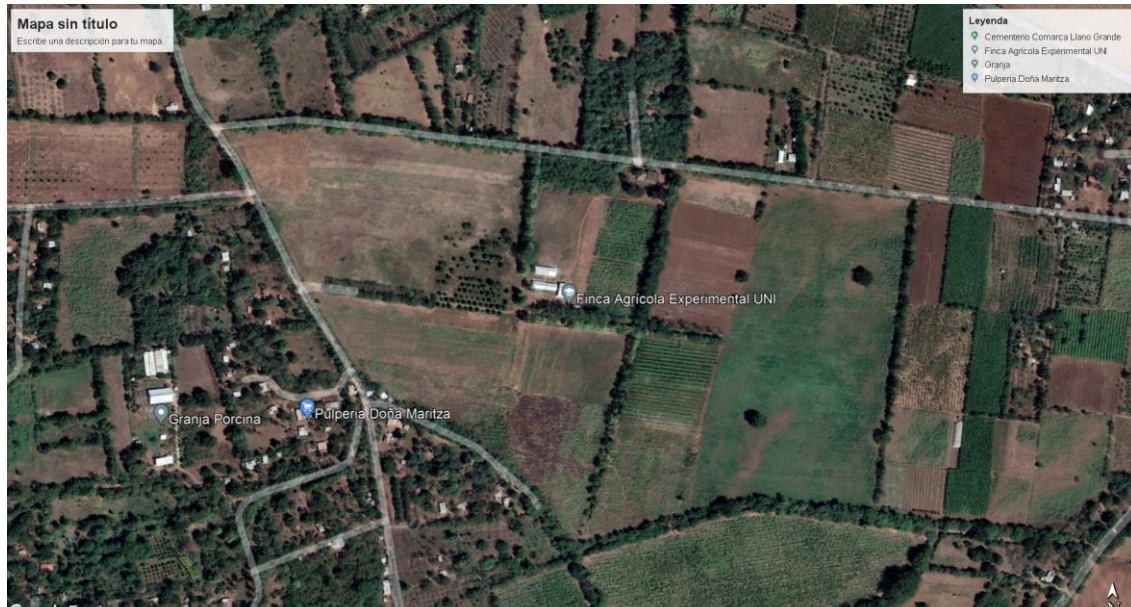
6.2 Micro Localización

El local previsto para llevar a cabo el reemplazo del sistema Fotovoltaico se encuentra ubicado en la Finca Agrícola Experimental (FAE-UNI), situado a 15 kilómetros del empalme Las Flores, kilómetro 32 carretera Masaya-Granada, en la comarca Santa Clara conocida como "La Puebla", Municipio de Masaya.

Tiene una extensión territorial de 1.12 kilómetro cuadrados (km²) aproximadamente.

Limita al Norte con la comarca Los Veinticuatro, al Sur con la comunidad La Bolsa, al Este con la comarca San Guillermo y al Oeste con la comunidad Las Cortezas, las tierras pertenecen a la Universidad Nacional de Ingeniería.

Figura 2. Micro localización del proyecto



Fuente: Google Earth

6.3 Características físicas de la zona

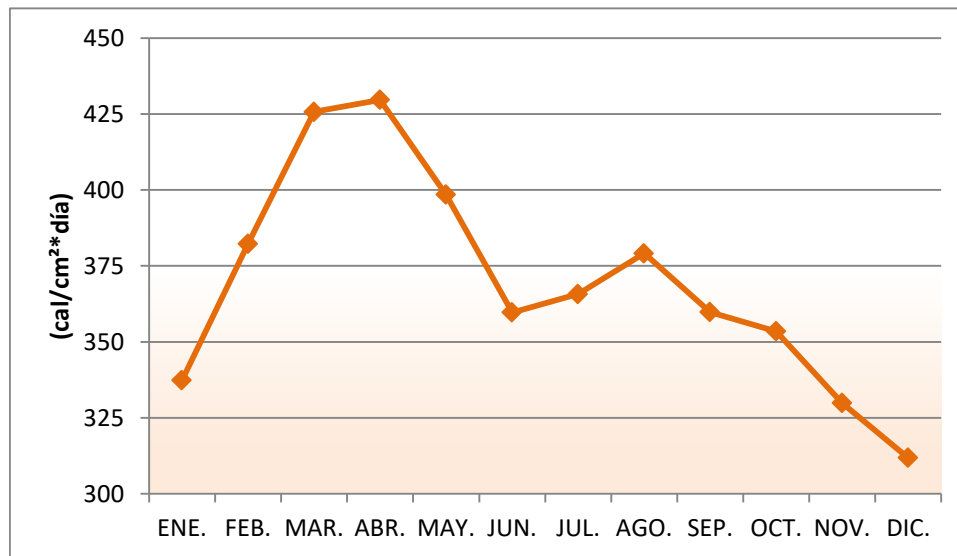
6.3.1 Radiación Solar

La Radiación Solar media anual en la zona es de 369.4 calorías por cm^2 por día. Los máximos valores se presentan en marzo y abril con 425.7 ($\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{día}$) y 429.7 ($\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{día}$), respectivamente. En junio (359.7 calorías por cm^2) se presenta un descenso, aumentando en julio y agosto las magnitudes mensuales de la radiación solar incidente, para descender en los siguientes meses hasta alcanzar su mínimo en el mes de diciembre con 311.9 calorías por cm^2 .

En el período de febrero a mayo, se observan los valores máximos mensuales de radiación solar y también en Julio y agosto.

En el Gráfico 1, se presenta el comportamiento mensual de la radiación solar en la zona de estudio.

Gráfico 1. Radiación solar del área de estudio, periodo 1971-2000



Fuente: Diagnóstico CEA

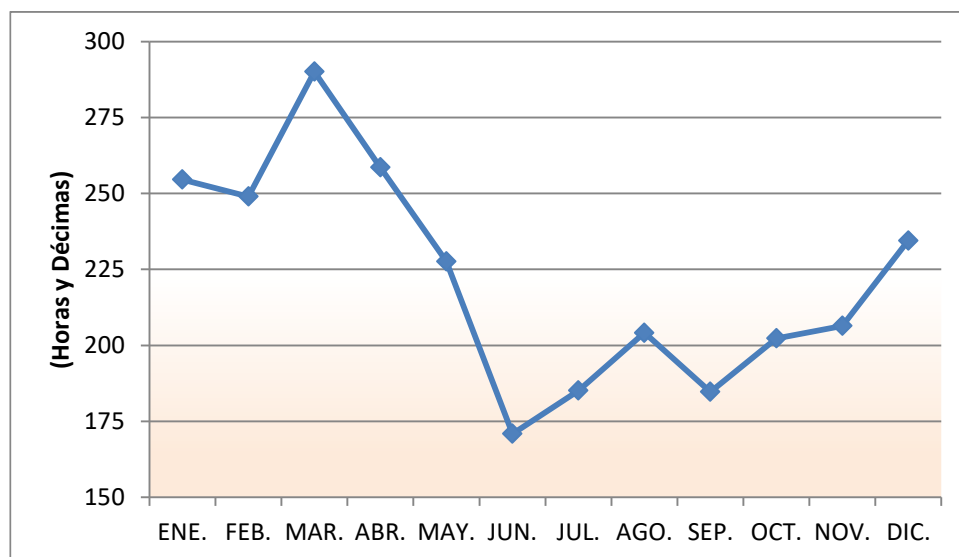
6.3.2 Insolación

La insolación y la nubosidad son parámetros climáticos íntimamente ligados ya que de la mayor o menor cantidad de cubierta nubosa y de su espesor, depende la menor o mayor cantidad de insolación.

Definir las horas de insolación o brillo solar permite conocer cuáles son las zonas más favorables para el uso de paneles solares, cocinas solares, graneros solares, para el ahorro energético y el cambio de hora. Definir en base al rango de brillo solar, las zonas que son más aptas para plantas de período solar corto y largo. También se puede usar los datos, para el cálculo de biomasa y el rendimiento de los cultivos.

Los valores máximos se presentan durante la temporada seca, en marzo 290.1 horas y en abril 258.6 horas. Estos meses se caracterizan por presentar baja nubosidad. En junio, se presenta el valor mínimo de 170.9 horas y se presenta un aumento en julio y agosto por el período canicular. Los valores disminuyen relativamente en los meses de la temporada lluviosa, pero van aumentando desde septiembre (189.9 horas) hasta la entrada de la temporada seca.

Gráfico 2. Insolación (horas/décima) del área de estudio, periodo 1971-2000



Fuente: Diagnóstico CEA

6.4 Descripción de la Finca Agrícola Experimental

6.4.1 Aspectos Legales

En el año 2001 la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC) adquiere una finca con un área de 48.21 Manzanas (Mz) aproximadamente, ubicada en la comunidad Santa Clara, comarca Las Cortezas, municipio de Tisma, departamento de Masaya, la cual fue adscrita al Departamento de Ingeniería Agrícola.

En esta zona en los años ochenta fueron desarrollados por el Gobierno Sandinista el “Proyecto Especial Camilo Ortega Saavedra” (PECOS) dentro del movimiento cooperativo y la primera fase del “Plan Contingente para la Producción de Granos Básicos con Riego”, localizado entre el poblado de Tisma y el caserío Los Malacos, por lo que fue conocido como Proyecto Los Malacos-Tisma. Los terrenos del actual CEA, fueron parte de las áreas sembradas e irrigadas por estos proyectos.

En los años noventa las áreas del CEA formaron parte de una Cooperativa Agrícola, y posteriormente fue adquirida por propietarios privados y utilizada para la producción de tomates y melón de exportación.

Desde su adquisición por la UNI el Centro que inicialmente fue conocido como Finca Experimental FTC-UNI, ha sido utilizado para fines académicos realizándose prácticas de campo en diferentes asignaturas de la Carrera de Ingeniería Agrícola, se han desarrollado monografías en temas variados y ha sido escenario de investigaciones de empresas agrícolas y de la Universidad. Igualmente, algunas áreas de la finca han sido destinadas a cultivos con fines comerciales.

6.5 Descripción de las áreas de la FAE

La Finca Agrícola Experimental cuenta con un total de 48.21 mz, la cual está dividida por áreas. La primera infraestructura denominada Módulo de clases se encuentra en la zona central con un área total de 180.88 metros cuadrados (m²) y consta de los siguientes:

-Dos aulas de clase con un área de 55.08 m².

-Un aula de clase con un área de 46.26 m².

-Dos oficinas con un área de 8.17 m².

-Servicios higiénicos (dos inodoros, una regadera y un lavamanos) con un área de 8.12 m².

Tabla 1. Área módulo de clase

Descripción de áreas	Cantidad	Metros cuadrados
Aula de clase pabellón uno	2	110.16
Aula de clase pabellón dos	1	46.26
Oficinas	2	16.34
Servicio Higiénico	1	8.12
TOTAL, de área		180.88

Fuente: Elaboración propia

Paredes. Todas las paredes del edificio son de mampostería confinada con unidades de ladrillo cuarterón. Están debidamente repelladas y pintadas. Las paredes internas de los servicios higiénicos fueron revestidas con azulejos color azul de 15 cm x 15 cm, hasta una altura de 1.05 metros.

Figura 1. Paredes del edificio



Fuente: Elaboración propia

Pisos. Todos los ambientes tienen cerámica de 30 cm x 30 cm color blanca. Además, el edificio cuenta con aceras de concreto con su cerámica, con un ancho de un metro en los laterales y posterior un ancho de 1.50 metros en la parte frontal.

Figura 2. Tipo de Piso en el Edificio



Fuente: Elaboración propia

Techo. El edificio tiene cubierta de techo de láminas de zinc onduladas, con estructura metálica de perlines.

Figura 3. Cubierta del techo



Fuente: Elaboración propia

Cielo falso. Todos los ambientes del edificio cuentan con cielo falso de PVC y estructura de perfiles de aluminio sujetas a la estructura de techo.

Figura 4. Tipo de cielo Razo



Fuente: Elaboración propia

Ventanas. Las ventanas instaladas en cada aula son corredizas de aluminio y vidrio. Y un total de tres persianas con dimensiones de un metro de ancho por 0.60 metros de alto en los servicios sanitarios.

Figura 5. Tipo de ventanas



Fuente: Elaboración propia

Puertas. Instaladas dos puertas exteriores de aluminio y vidrio abatibles en cada aula y en las oficinas una puerta.

Figura 6. Tipo de puertas



Fuente: Elaboración propia

Galerón de maquinaria e implementos agrícolas. La otra área cuenta con un galerón para albergue de maquinaria e implementos agrícolas, que se encuentra cerca de las aulas de clases. Cuenta con un área de 169.27 metros cuadrados, sin paredes. Está conformado por nueve columnas metálicas (Caja metálica formada por la unión de dos perlines de 2"x4") insertas en base de concreto de 25 cm x 25 cm x 50cm, y estructura de techo de perlines con cubierta de zinc. Del área total solamente 102 metros cuadrados están adoquinados, el resto de edificio tiene piso de tierra. Todos los elementos que conforman el edificio están en buen estado.

Figura 7. Galerón de maquinaria en implementos agrícolas



Fuente: Elaboración propia

Área de cultivos. En la Finca se realizan la siembra de diferentes tipos de cultivos, esta área ya está destinada para esta práctica teniendo una extensión de 11,227 m².

Es utilizada con fines didácticos en la preparación y formación de los estudiantes y para fines investigativos en el desarrollo de proyectos de investigación, desarrollo e innovación vinculados con organizaciones públicas y privadas a través de convenios y acuerdos de colaboración.

Figura 8. Área de cultivos



Fuente: Elaboración propia

Casa de la finca. Esta infraestructura posee un área total de 99.25 metros cuadrados y cuenta de los siguientes ambientes:

- Vivienda del capataz.
- Bodega de riego
- Bodega de herramientas
- Bodega de herramientas 2

Las paredes son de mampostería confinada de bloques de concreto y piedra cantera, sin repello. En el área de vivienda existe piso embaldosado y la cubierta de techo es de fibrocemento sobre estructura de madera. Las tres bodegas tienen techo de zinc sobre estructura de madera y piso de tierra. Las puertas y ventanas del edificio son de madera rústica en mal estado.

Figura 9. *Vivienda del capataz*



Fuente: Elaboración propia

Existe también un ambiente que funciona como cocina y lavado, con área de 16 metros cuadrados, sus paredes son de madera, techo de zinc sobre estructura de madera y piso embaldosado. Las paredes del edificio están en regular estado. La estructura y cubierta de techos tanto del área de vivienda, como de bodegas y área de cocina se encuentran en mal estado.

Figura 10. Área de cocina y lavado



Fuente: Elaboración propia

Este es un galerón con un área de 170.40 metros cuadrados, sin paredes, situado contiguo a la vivienda del capataz. Está conformado por quince columnas de concreto prefabricadas (15 cm x 17 cm) y estructura de techo de vigas de concreto prefabricadas con cubierta de fibrocemento. Todo el edificio tiene piso de tierra. Todas las columnas y vigas que componen la estructura del edificio están en buen estado, la cubierta de techo de fibrocemento tiene cuatro láminas faltantes en el extremo este, el resto de ellas se encuentran íntegras.

Figura 11. Área de galerón



Fuente: Elaboración propia

6.6 Descripción Organizativa

El Centro Experimental Agrícola cuenta con un personal para atender las diferentes actividades, el cual es cubierto con fondos de la Facultad y de la administración central de la UNI, siendo este asumido en un 80 % y 20% respectivamente. Estos fondos sirven para cubrir los siguientes rubros principales: salario del personal, mantenimiento de máquinas y equipos, mantenimiento de infraestructura, prácticas de campo de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agrícola y para el área productiva. La persona de enlace entre el responsable y el Mandador del Centro con la FTC es el delegado Administrativo de la Facultad, quien tiene como autoridad superior al jefe de departamento de ingeniería agrícola.

El personal que opera en el centro se puede observar en el siguiente cuadro:

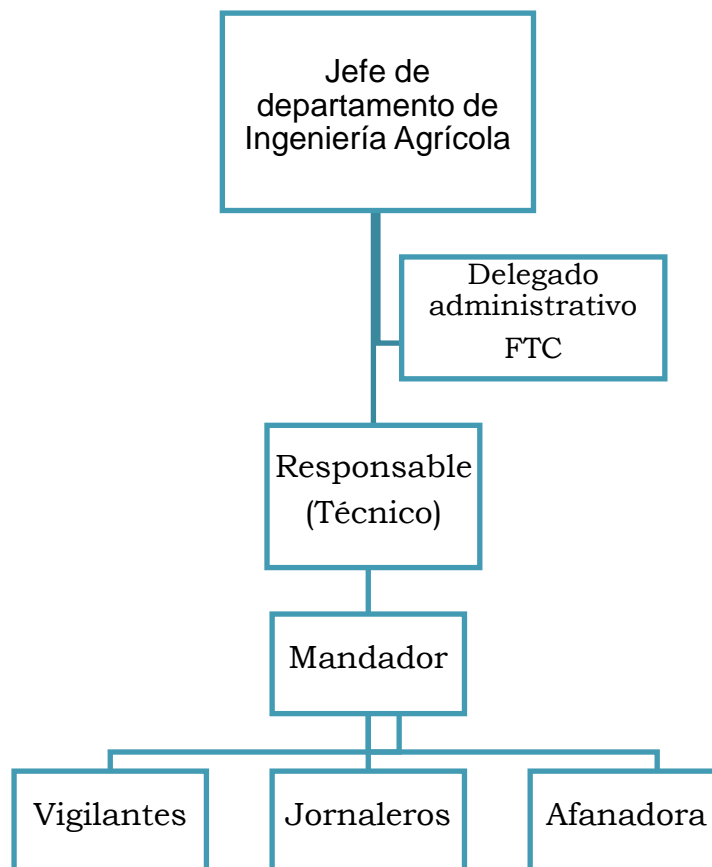
Tabla 2. Personal que opera en el centro

Cargo o función	Número de personas	Escolaridad o preparación técnica
Responsable	1	Agrónomo
Mandador	1	Primaria
Vigilantes	2	Primaria
Afanadora	1	Primaria
Jornaleros	2	Primaria

Fuente: Diagnóstico CEA

A continuación, se muestra el organigrama de la FAE.

Organigrama 1. Organización actual del centro



Fuente: Diagnóstico CEA

6.7 Consumo Energético Actual

6.7.1 Consumo Energético para Iluminación

El complejo consta de dos pabellones de capacitación técnica. Las dos aulas del pabellón no.1 poseen dimensiones de 6.80 m de ancho por 8.10 m de largo y 2.60 m de altura, dicho pabellón consta de ocho luminarias LED de 40 Watts.

El aula del pabellón no.2 tiene dimensiones de 5.90 m de ancho por 7.84 m de largo y 2.60 m de altura, tiene cuatro luminarias LED de 40 Watts. Este pabellón también consta de dos oficinas de dimensiones 2.87 m de ancho por 2.85 m de largo y 2.50 m de altura cada una, la primera oficina tiene dos luminarias LED de 40 Watts y la segunda, por su parte, una luminaria LED de 40 Watts.

En las instalaciones también se encuentra iluminación exterior en los pasillos las cuales son seis luminarias LED de 40 Watts, un servicio sanitario con dimensiones de 2.83 m de ancho por 2.87 m de largo y 2.50 m de alto, cuenta con una luminaria LED de 40 Watts.

En la casa de la finca habita una familia la cual utilizan tres lámparas de 60 Watts como iluminación.

Tabla 3. Cargas eléctricas de iluminación

ITEM	CARGAS ELECTRICAS LAMPARAS LED	CANTIDAD	POTENCIA (Watt)	HORAS DE USO	ENERGIA (kWh)
1	Pabellon N1	8	40	4	1.28
2	Pabellon N2	4	40	4	0.64
3	Oficinas	3	40	4	0.48
4	Iluminacion exterior	6	40	6	1.44
5	Servicio Sanitario	1	40	2	0.08
6	Casa de la finca	3	40	6	0.72
7	Energia Requerida(kWh)				4.64

Fuente: Elaboración propia.

6.7.2 Consumo energético de aires acondicionados

Cada aula educativa tiene una unidad de aire acondicionado de 60,000 BTU inverter de 220 V, para un total de tres aires acondicionados.

En una oficina del pabellón No. 2 tiene una unidad de aire acondicionado de 18,000 BTU inverter de 220 V.

Tabla 4. Cargas de Aire acondicionado

ITEM	CARGAS ELECTRICAS AIRE ACONDICIONADO INVERTER	CANTIDAD	POTENCIA (Watt)	HORAS DE USO	ENERGIA (kWh)
1	Aire acondicionado 60,000 BTU	1	5000	4	20
2	Aire acondicionado 60,000 BTU	1	5000	4	20
3	Aire acondicionado 60,000 BTU	1	5000	4	20
4	Aire acondicionado 18,000 BTU	1	1950	4	7.8
5	Energia Requerida (kWh)				67.8

Fuente: Elaboración propia.

6.7.3 Consumo energético de la vivienda

En la casa de la finca habita una familia, la cual utiliza aparatos eléctricos cotidianos: una refrigeradora de 250 Watts, un equipo de sonido de 80 Watts, un televisor de 129 Watts, dos tomacorrientes dobles 110 V de 15 Amperios (A).

Tabla 5. Cargas Casa de la finca

ITEM	CARGAS ELECTRICAS CASA DE LA FINCA	CANTIDAD	POTENCIA (Watt)	HORAS DE USO	ENERGIA (kWh)
1	Refrigeradora	1	250	6	1.5
2	Equipo de sonido	1	80	2	0.16
3	Televisor led	1	129	2	0.258
4	Energia Requerida (kWh)				1.918

Fuente: Elaboración propia.

6.7.4 Otros consumos

El complejo adicionalmente posee de una computadora de sobremesa de 200 Watts, un monitor de 45 Watts, una bomba de agua de 3hp de 220V y una bomba de 25 hp 220V (que actualmente no está en uso por falta de distribución de tuberías).

Tabla 6. Cargas otros consumos

ITEM	CARGAS ELECTRICAS OTROS CONSUMOS	CANTIDAD	POTENCIA (Watt)	HORAS DE USO	ENERGIA (kWh)
1	Computadora sobre mesa	1	200	2	0.4
2	Monitor	1	45	2	0.09
3	Bomba 3hp 220v	1	2237.1	4	8.9484
4	Energia Requerida				9.4384

Fuente: Elaboración propia.

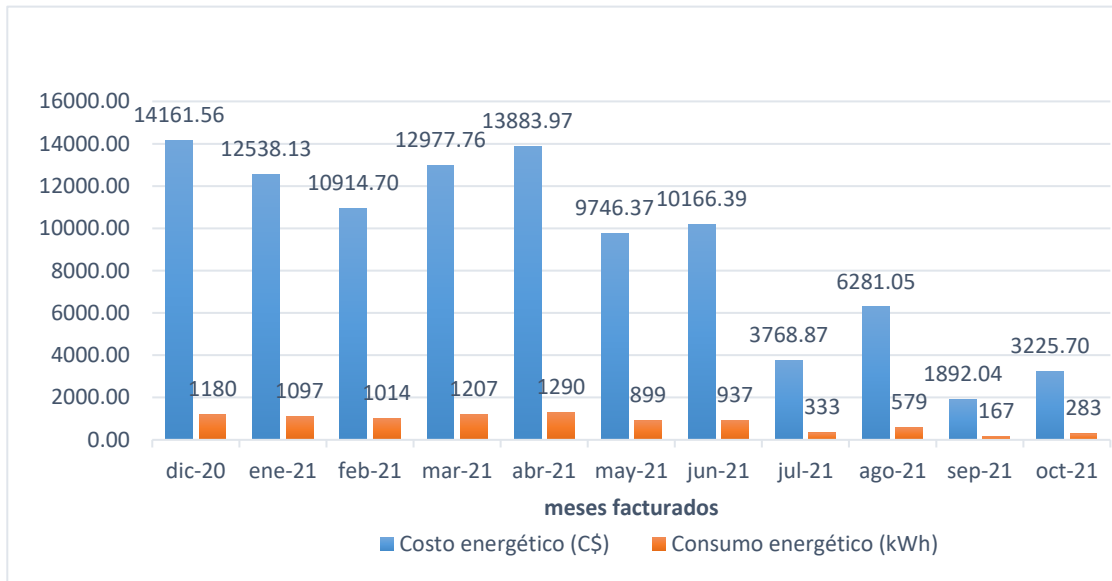
6.7.5 Consumo Energético Total

Actualmente, el consumo energético total es de 83.7964 kWh. Este consumo es el total de las dos acometidas, la monofásica y trifásica basándose en los datos levantados en la visita técnica.

A partir de los datos recopilados de las facturas eléctricas, se puede observar en el gráfico 3, el consumo energético (en kilowatts hora, kWh) así como el costo neto (en córdobas, C\$) para cada mes del intervalo en estudio.

Estos consumos varían dependiendo de las horas de uso de los equipos eléctricos, la gráfica muestra el comportamiento de consumo en el intervalo de los meses de diciembre del 2020 y octubre 2021.

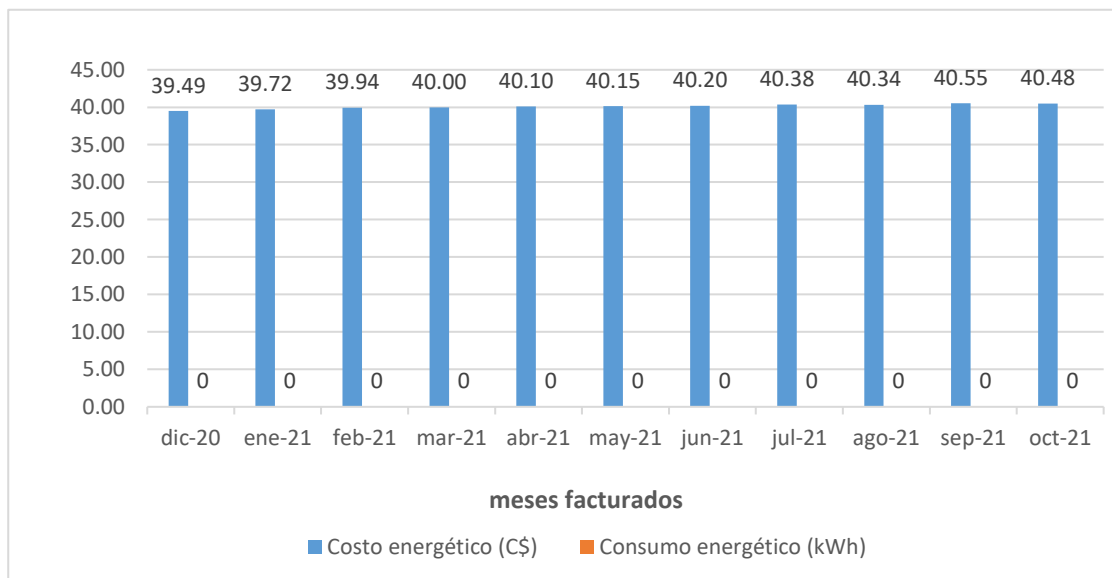
Gráfico 3. Datos energéticos mensuales según medidor 1



Fuente: Elaboración propia.

Como se refleja en el gráfico 4, según el medidor n°2, no hay un consumo energético, debido a que no están en funcionamiento, estos gráficos reflejan un consumo promediado para tener un mejor análisis sobre el consumo energético actual.

Gráfico 4. Datos energéticos según medidor n°2



Fuente: Elaboración propia.

6.7.6 Costo del consumo

En el mercado energético local, ofrecido por DISNORTE-DISSUR existen diferentes categorías eléctricas establecidas para los usuarios finales, las cuales dependen en gran medida del nivel de demanda de potencia, así como su sector económico. Se establece el parámetro de la Carga Contratada o *Tarifa Contratada* para definir el tipo de servicio eléctrico a contratar, dicho parámetro se basa en la máxima potencia, en kW, que la empresa de distribución pone a disposición de un cliente. La FAE-UNI actualmente cuenta un sistema contratado tipo T1 BT General Menor Monomía, lo cual significa que se encuentra en el rango de clientes de pequeñas demandas con una instalación de baja tensión. Para esta categoría se establece una carga máxima de 25 kW para uso general (Establecimientos comerciales, oficinas públicas y privadas, centros de salud, centros de recreación, etc.). El complejo posee una acometida monofásica y trifásica, con la cual se alimentan todos los equipos eléctricos utilizados en las actividades diarias.

Para efectos de análisis se han elaborado las tablas 7 y 8 de datos correspondientes al Medidor de consumo no. 1 y medidor n°2, respectivamente.

Tabla 7. Datos energéticos medidor n°1

Mes facturado	Costo real (C\$)	Consumo (kWh)	Costo unitario neto (C\$/kWh)
dic-20	14,161.56	1,180	12.00
ene-21	12,538.13	1,097	11.38
feb-21	10,914.70	1,014	10.76
mar-21	12,977.76	1,207	10.75
abr-21	13,883.97	1,290	10.76
may-21	9,746.37	899	10.84
jun-21	10,166.39	937	10.85
jul-21	3768.87	333	11.32
ago-21	6281.05	579	10.85
sep-21	1892.04	167	11.33
oct-21	3225.70	283	11.40

Fuente: Elaboración propia

Nota: La tabla del medidor n°2 no posee un consumo actual, por lo tanto, no hay un costo de consumo unitario neto debido a que este no está en funcionamiento temporalmente.

Tabla 8. Datos energeticos medidor n°2

Mes facturado	Costo real (C\$)	Consumo (kWh)	Costo unitario neto (C\$/kWh)
dic-20	39.49	0	-
ene-21	39.72	0	-
feb-21	39.94	0	-
mar-21	40.00	0	-
abr-21	40.10	0	-
may-21	40.15	0	-
jun-21	40.20	0	-
jul-21	40.38	0	-
ago-21	40.34	0	-
sep-21	40.55	0	-
oct-21	40.48	0	-

Fuente: Elaboración propia.

6.7.7 Proyección de los Costos

Mediante los valores actuales obtenido del pliego tarifario válido para Nicaragua en el caso de consumo eléctrico de media tensión con código de tipo de servicio T-2D se procedió a proyectar los costos por kWh en base a porcentaje del 7.21% de incremento histórico teniendo como resultado los valores que se detallan en el cuadro de proyección de costos de consumo eléctrico.

Tabla 9. Proyección de Costos

AÑOS	1	2	3	4	5
KW/MES	2513.892	2513.892	2513.892	2513.892	2513.892
COSTO ANUAL	197,103.61	211,793.93	227,579.14	244,540.83	262,766.70

Fuente: Elaboración propia

VII ESTUDIO TÉCNICO

6.8 Tamaño del proyecto

En proyectos de generación eléctrica para consumo local, el tamaño estará dimensionado en función de la demanda actual la cual equivale a 2,513.892 kW-mes y el sistema generaría 3000 kWh mes.

El sistema producirá 360 megavatios anual, en estos sistemas se le resta el 20% de Pr (performance ratio) lo que es el desempeño de la planta que son pérdidas. Entonces anualmente se generará 288 megavatios.

Actualmente, la FAE-UNI cuenta un sistema contratado tipo T1 BT General Menor Monomía, el kWh tiene un costo de 3.3753 córdobas, al incrementar los equipos eléctricos y horas de uso se pasará a tener un sistema contratado tipo T-2D general mayor binomía, y el kWh tendrá un costo de 6.3207 córdobas según la tarifa de octubre 2021 del Instituto Nicaragüense de energía ente regulador (INE).

Al momento de ejecutar el proyecto puede haber varias restricciones económicas y técnicas, actualmente el precio de los equipos fotovoltaicos varía en dependencia del proveedor y la razón es debido a que los fletes incrementan gradualmente y esto hace que no tengan un precio estable.

En la parte técnica al momento de la instalación hay normas específicas para aprovechar la radiación solar, tiene que haber una inclinación adecuada, suficiente espacio en el techo, un lugar donde este despejado y no haya sombra ya que los sistemas se instalan a dirección sureste para mayor aprovechamiento, si el sistema es instalado en el techo tiene que cumplir con varias especificaciones para un mejor soporte.

6.9 Análisis de alternativas

En la Tabla 10 se representa un análisis de alternativas para el tipo de sistema que se desea diseñar basándose en cuál es el más rentable para el complejo.

El costo de un sistema de autoconsumo puede parecer elevado en un principio, sin embargo, gracias al ahorro que produce, el retorno de la inversión es rápido y en comparación con el sistema híbrido es más accesible porque no contiene baterías.

La instalación del sistema de autoconsumo no requiere tanta mano de obra ya que no tiene tantas conexiones en comparación con el sistema híbrido.

A los dos tipos de sistema se les da el mismo mantenimiento ya que es la limpieza de los paneles la cual se hace de una manera muy práctica y sencilla.

El sistema de autoconsumo trabaja en paralelo con la red comercial al momento de hacer la conexión es menos compleja, a diferencia del sistema híbrido que son varias conexiones y posee un banco de batería lo que hace que sea más rezagada y complicada su instalación.

Tabla 10. Análisis de las alternativas

Sistema	Características relevantes				
	Costo	Instalación	Mantenimiento	Conexión y uso de la red	Total
Autoconsumo	10	10	10	10	40
Hibrido	0	0	10	0	10

Fuente: Elaboración propia

Al hacer este análisis de alternativas se concluye que el sistema más factible de menor costo, menor dificultad al momento de la instalación y conexión es el sistema de autoconsumo ya que solo requiere de paneles solares, inversores, y el retorno de la inversión es más rápido.

6.10 Diseño del sistema

Para realizar el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red comercial a instalar en un complejo, se debe partir de las condiciones concretas de la instalación y la producción eléctrica que se puede esperar del sistema fotovoltaico conectado a la red entre otros muchos parámetros de interés.

Para realizar el diseño del sistema fotovoltaico se debe presentar un proyecto en el que se hayan analizado algunas características y parámetros, tales como: los módulos, su disposición, las posibles sombras que puedan obstaculizar la radiación solar, entre otros.

Los aspectos que se analizaron en el diseño fueron:

- Seleccionar los datos meteorológicos a utilizar. (en este caso la radiación solar de la zona es muy eficiente.)
- Definir la orientación que deben tener los paneles fotovoltaicos. (los paneles se orientaron en dirección norte-sur, el azimut o y un ángulo de inclinación igual a la latitud del lugar, en función de alcanzar el mayor aprovechamiento de la energía emitida por el Sol.)
- Especificar el perfil de obstáculos, en caso de que se presenten. (en este paso no se tuvo en cuenta la incidencia de sombra por parte de algún obstáculo debido a su inexistencia.)
- Diseño del sistema en su conjunto, es decir, seleccionar los equipos a utilizarse: módulos, inversores y el tipo de conexión de estos.

Los módulos: Los módulos seleccionados fueron los Trina Solar de 400 W mono cristalino de producción China. El arreglo está compuesto por 52 módulos de dicha serie, alineados en filas de 10 módulos.

El inversor: El modelo del inversor seleccionado para la instalación es el Fronius Symo, de 10 kW de potencia nominal, de fabricación austríaca. Se utilizará la

configuración tipo generador-convertidor descentralizada, trabajando un inversor por cada tres fila de módulos.

Por lo tanto, se utilizarán 2 inversores de este tipo. Los inversores traen incorporados el sistema de protección capaz de conectarse y desconectarse de la red ante cualquier anomalía.

Para generar 20 kW se necesitan 56 módulos solares distribuidos de la siguiente manera: Tres *string*, el cual se dividiría dos series de ocho y uno en serie de diez.

- Equipos de medición y control.

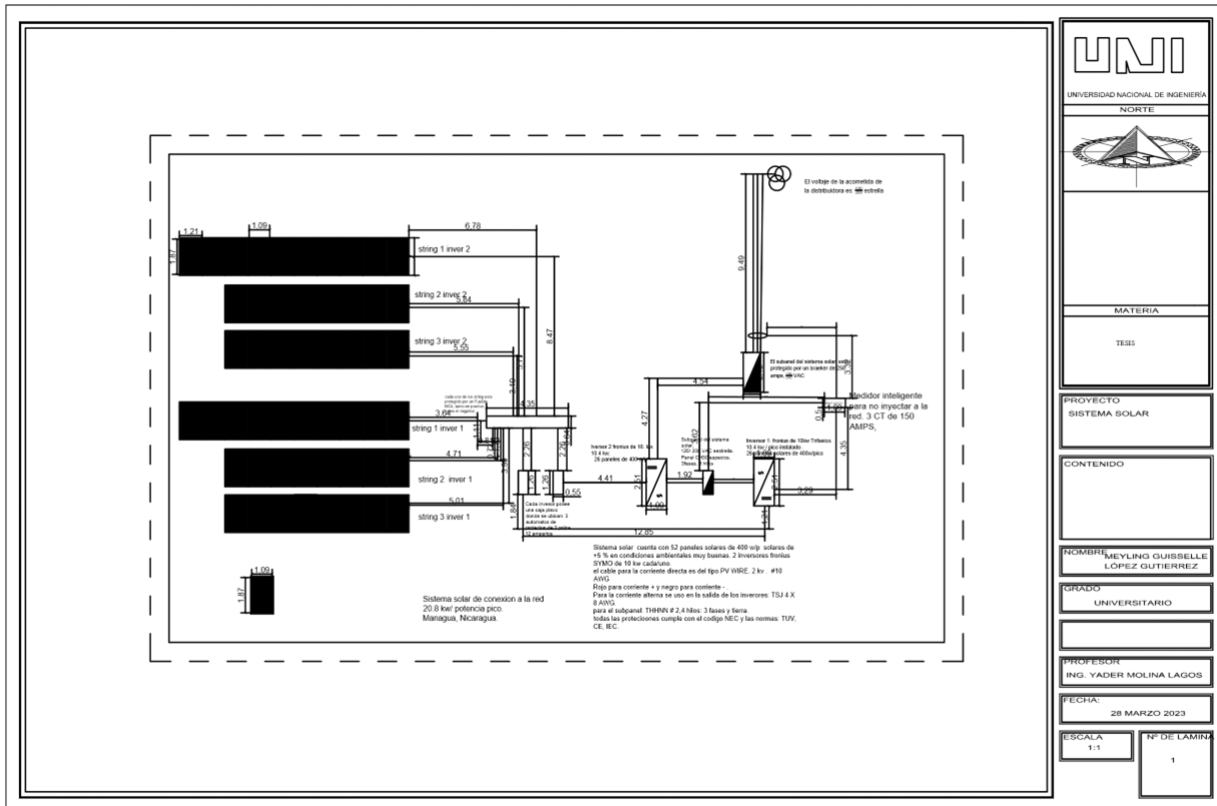
Estos sistemas necesitan dispositivos que permitan monitorear su funcionamiento en todo momento, por lo que es necesario contar con sistemas computacionales y dispositivos de comunicación, tales como:

Equipo de comunicación: Datalogger (Sunny WebBox RS 485). Este dispositivo ofrece diversas posibilidades para la visualización de parámetros, archivos y procesamiento de los datos de la instalación. Su función es recoger continuamente los datos de los inversores y almacenar los datos de producción del sistema fotovoltaico.

Sensor de radiación y temperatura: (Sunny SensorBox RS 485). Es el encargado de medir la irradiación solar, se monta en intemperie junto al generador solar. La medición de la temperatura del módulo se realiza mediante un sensor de temperatura, que trae incluido, a través de la medición de la irradiación solar y la temperatura del módulo se puede calcular la potencia teórica y comparar con la potencia real del inversor, de esta forma se puede detectar fácilmente las fallas del generador.

Accesorios: Son los materiales de apoyo al montaje o a la instalación del sistema fotovoltaico, los cables de conexión, protecciones contra sobrevoltajes y los soportes de los módulos.

Contador de energía: Necesario para contar la energía producida que se inyecta a la red y la que se consume de esta.



Fuente: Elaboración propia

El sistema solar que se presenta en el diagrama unifilar consta de 52 paneles solares de 400 Watts pico monocristalino eficiencia 22, esto suma una potencia total pico instalada de: 20.8 kW, esto genera al día: 96.3 kW/hora.

El sistema consta de dos inversores de 11 kW de potencia pico. Cada inversor posee tres *string*, cada uno soporta 800 VDC/12 A, el primer *string* está compuesto de 10 paneles en serie, el segundo y el tercero están compuesto de ocho paneles, para un total de 26 paneles por inversor. Para la corriente directa se usó cable PV

Wire #12 AWG, con una pérdida por distancia del 0.3%, se usó color rojo para el positivo y negro para el negativo. Las protecciones del VDC, se usaron autómatas de: 750VDC/16 A, dos polos (esto para cada *string*) Para la VAC, se usó cable THHN #6, cuatro conductores, negro y rojo para las fases, blanco el neutro y verde el polo a tierra. Para las protecciones en VAC se usaron disyuntores termomagnéticos de dos polos por 50 A. Para la red a tierra se usó cable THHN #2 con tres varillas polo a tierra y soldadura exotérmica grado 90. El modbus de comunicación es a través de cable RJ45 categoría seis.

La Orientación de los paneles es norte-sur con 15 grados de pendiente. Para controlar el excedente de energía se usó un equipo comparador EPM más un transformador de medición (TC) núcleo partido de 200 A.

Tabla 11. Diseño del sistema

Descripción	U/M	Cantidad
Módulos (paneles)	Unidad	52
Inversor de inyección	Unidad	2
Autómatas	Unidad	3
Disyuntores	Unidad	3

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones de instalación

- No conectar al sistema fotovoltaico equipos de gran potencia que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar un mal funcionamiento.
- No conectar equipos de potencia superior a la del inversor CC/CA, pues esta sobrecarga puede dañarlo, sobre todo cuando los inversores no son de calidad.

- Todos los aparatos con motor tienen, como mínimo, una potencia de arranque tres veces superior a la potencia del aparato, por lo cual es de vital importancia considerar este parámetro previo a su uso, para saber si nuestro inversor tiene la capacidad para ponerlo en funcionamiento.
- No se deben hacer modificaciones en la instalación, dado que ha sido dimensionado específicamente para el uso que se estableció en un principio, con respecto al censo de carga determinado en los estudios.
- No utilizar lámparas incandescentes. Es recomendable la utilización de lámparas led o en su efecto, de bajo consumo.
- No es conveniente utilizar aparatos con resistencias eléctricas tipo: braseros, radiadores, calefactores, termos eléctricos, etc. Su consumo es excesivo.
- En los sistemas de energía solar fotovoltaica, la energía está condicionada a la radiación solar, por lo que se hace mucho más necesario su optimización. Por tanto, no se debe mantener luces o equipos encendidos que no se estén utilizando.
- Comprobar semanalmente los indicadores del regulador de carga, que señalan su estado funcional, y verificar que tiene una producción en un rango regular.
- En ninguna circunstancia se deberá obstruir la salida de aire del inversor, ya que de ser así se impide la liberación de calor de éste y podría incursionar en un mal funcionamiento.
- Si el inversor se protege por sobretensión o bien por sobreintensidad, y se apaga por someterse a una carga superior a la que admite, no debemos reiniciarlo, después de unos minutos el inversor se reiniciará automáticamente.

- Comunicar de manera inmediata al servicio técnico, ante cualquier desperfecto de los equipos.
- Revisar periódicamente la aparición de nuevas sombras (vegetación, nuevas construcciones) puedan disminuir la capacidad de producción eléctrica de la instalación, y en su efecto despejar el entorno.

VII EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera forma parte del proceso de toma de decisiones de una entidad, mediante la cual se realiza un análisis de sensibilidad de un determinado período de tiempo, para estudiar los costos y beneficios de los diversos proyectos y alternativas de inversión a corto plazo y largo plazo. En este caso se hará para un periodo de cinco años.

6.11 Vida útil

La vida útil de un equipo se define por el tiempo, medido en años, que puede estar en funcionamiento con un rendimiento óptimo.

Los diferentes equipos fotovoltaicos poseen una vida útil promedio, en el caso de los inversores, de seis a ocho años, mientras que los módulos solares se estiman de 20 a 25 años, tomando en cuenta estos equipos como un solo sistema se considerara a un periodo de 10 años.

6.12 Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Antes de invertir, siempre tiene en cuenta una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, a esto se le llama tasa mínima atractiva de retorno (TMAR).

Esto significa que la TMAR que se le pediría a una inversión debe calcularse sumando dos factores: primero, la inflación. Cuando en una inversión se arriesga dinero, no es atrayente mantener el poder adquisitivo de la misma, sino más bien que ésta tenga un crecimiento real; es decir, le interesa un rendimiento que haga crecer dicho dinero más allá de haber compensado los efectos de la inflación.

$$\text{TMAR} = \text{Inflación} + \text{Premio al riesgo}$$

Para esta propuesta se está considerando una inflación del 7.21% anual y un premio al riesgo del 20%, lo cual representaría una TMAR del 27.21%.

6.13 Inversión

La inversión es todo aquel desembolso de recursos financieros que se realizan con el objetivo de adquirir bienes que la empresa utilizará durante varios años para cumplir un objetivo. Es decir, las inversiones consisten en un proceso por el cual se decide reunir recursos financieros con el objetivo de obtener resultados específicos, ya sea a cierto plazo o durante la vida útil del proyecto.

Para esta propuesta se estima una inversión inicial de C\$ 722,738.00 la cual se utilizará para suministrarle a la FAE los equipos necesarios, así como los costos de mano de obra.

Tabla 12. Inversión

Equipo	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio total (\$)
Panel de 400w trina monocristalino	52	210	10,920.00
Inversor de inyección 10k fronius symo 120/240v	2	2500	5,000.00
Accesorios eléctricos	1	2300	2,300.00
Servicio de instalación	1	1500	1,500.00
Total			19,720.00

Fuente: Elaboración propia

6.14 Cálculo de Ahorros

Al momento de valorar el proyecto se hizo una proyección de costo la cual equivale al ahorro anual durante los cinco años de lo que costaría en la factura eléctrica con una demanda de 2,513.892 kW mes.

6.15 Costos de mantenimiento

El mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas es una actividad esencial para lograr los máximos rendimientos y alargar la vida útil de la instalación.

Las ventajas del mantenimiento son detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, y detectar puntos débiles en la instalación.

Los costos de mantenimiento representan una importante partida sobre el volumen de costos fijos totales. Ayudan a conservar en estado óptimo los equipamientos y a lograr niveles de eficiencia definidos previamente.

En el sistema propuesto de 20 kW, se estima que el costo de mantenimiento está valorado en 10,695.00 córdobas anuales.

6.16 Flujo Neto de Efectivo

El flujo neto de efectivo permite tener una visión de los ingresos y costos que se tiene durante el funcionamiento de la empresa, para evaluar la rentabilidad de este. Para la elaboración del flujo de caja se incorporó los costos de los equipos y los ingresos, los cuales se expresaron a precio de mercado.

Tabla 13. Flujo neto de efectivo

Estado resultado con inflación y sin financiamiento						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Ahorro		197,103.61	211,314.78	226,550.57	242,884.87	260,396.87
(-) costos de Mantenimiento		10,695.00	11,466.11	12,292.82	13,179.13	14,129.34
Depreciacion						
Inversion	722,738.00					
FNE	-722,738.00	186,408.61	199,848.67	214,257.76	229,705.74	246,267.53
VAN	353,750.00					
TMAR	12.21%					
TIR	14%					

Fuente: Elaboración propia.

6.17 Indicadores financieros

6.18 Cálculo del valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es la diferencia entre los ingresos y los costos, para calcularlo se emplea la tasa de descuento TMAR para el proyecto sin financiamiento.

- El VAN del flujo sin financiamiento = C\$353,750.00

Según los criterios de aprobación de VAN este flujo es rentable.

6.18.1 Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de descuento en la que el VAN se vuelve cero, esto quiere decir que la tasa iguala la suma de flujos descontados a la inversión inicial.

- La TIR del flujo sin financiamiento = 14%

En el flujo de fondos de efectivo sin financiamiento, el valor determinado de la TIR es de 14% con este valor la TIR resulta ser mayor que la TMAR, tomando en cuenta los criterios de aceptación de la TIR, se acepta el proyecto.

6.18.2 Periodo de recuperación de la inversión

El periodo de recuperación hace referencia al número de años necesarios para recuperar la inversión inicial, se calcula con la suma del valor de cada año consecutivo hasta que iguale o sea mayor a la inversión.

En el caso del estudio sin financiamiento, la inversión inicial se recuperará en 3.5 años considerando el valor del dinero en el tiempo.

6.18.3 Análisis de sensibilidad

Este análisis de sensibilidad se realizó con el fin de medir la rentabilidad del proyecto ante cualquier variación relevante como los costos e ingresos. Se plantearon dos

escenarios, uno donde los ingresos bajan en diferentes porcentajes y otro en el que los costos suben en los mismos porcentajes.

Análisis de sensibilidad para el supuesto en que varíe la tasa de reducción de ahorros.

Inflación:7.21%

Premio al riesgo:5%

Tasa de rendimiento mínima aceptable, TREMA:12.21%

Tasa de reducción en ahorros:1.62%

Tasa de incremento en costos:0.00%

Tabla 14. Variación de reducción de ahorros

Estado resultado con inflación y sin financiamiento						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Ahorro	C\$ -	C\$ 193,909.39	C\$ 204,521.23	C\$ 215,713.81	C\$ 227,518.92	C\$ 239,970.06
(-) Costos de Mantenimiento	C\$ -	C\$ 10,695.00	C\$ 11,466.11	C\$ 12,292.82	C\$ 13,179.13	C\$ 14,129.34
Inversion	C\$ 722,738.00					
FNE	-C\$ 722,738.00	C\$ 183,214.39	C\$ 193,055.12	C\$ 203,421.00	C\$ 214,339.79	C\$ 225,840.72
Valor actual neto, VAN		C\$0.00				

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El proyecto será rentable en medida que los ahorros no se vean reducidos de 1.62%, siempre y cuando no se tenga variación de la tasa de incremento de costos.

Análisis de sensibilidad para el supuesto en que varíe la tasa de incremento de costos.

Inflación:7.21%

Premio al riesgo:5%

Tasa de rendimiento mínima aceptable, TREMA:12.21%

Tasa de reducción en ahorros :0.00%

Tasa de incrementos en costos:21.92%

Tabla 15. Variación de incremento de costos

Estado resultado con inflación y sin financiamiento						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Ahorro	C\$ -	C\$ 197,103.61	C\$ 211,314.78	C\$ 226,550.57	C\$ 242,884.87	C\$ 260,396.87
(-) Costos de Mantenimiento	C\$ -	C\$ 13,038.97	C\$ 17,042.80	C\$ 22,276.08	C\$ 29,116.32	C\$ 38,056.98
Inversion	C\$ 722,738.00					
FNE	-C\$ 722,738.00	C\$ 184,064.64	C\$ 194,271.97	C\$ 204,274.49	C\$ 213,768.55	C\$ 222,339.89
Valor actual neto, VAN		C\$0.00				

Fuente:Elaboracion Propia.

Nota: El Proyecto sera rentable en medida que los costos de mantenimiento no se vean aumentados de 21.92%,siempre y cuando no se tenga variacion de la tasa de reduccion.

IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.19 Conclusiones

Una vez finalizados todos los estudios necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico para la FAE se llegó a las siguientes conclusiones:

Según el levantamiento técnico realizado en la FAE, tomando en cuenta los equipos que se van a alimentar se determinó una demanda energética de 2,513.89 KW mes.

Respecto al estudio técnico, el proyecto se sitúa a 15 kilómetros del empalme Las Flores, kilómetro 32 carretera Masaya-Granada, en la comarca Santa Clara conocida como "La Puebla", Municipio de Masaya, terreno cuya extensión es de 45 mz, en los cuales se está proponiendo un sistema fotovoltaico de 3000 KW mes para solventar el consumo energético generado por el complejo.

La inversión inicial para dicho proyecto es de C\$722,738.00. Se realizó la evaluación financiera desde el punto de vista sin financiamiento.

El VAN del flujo sin financiamiento = **C\$ 37,087.44**

La TIR del flujo sin financiamiento = **14%**

En la evaluación financiera sin financiamiento los índices de rentabilidad del proyecto son positivos y el periodo de recuperación de la inversión es de 3.5 años.

6.20 Recomendaciones

Una vez terminado el estudio de prefactibilidad se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

Ejecutar la inversión bajo los escenarios planteados.

Cotizar los precios de los equipos fotovoltaicas en diferentes empresas preferiblemente de cuota fija que no cobran IVA.

Se recomienda ampliar el sistema para poder alimentar nuevos equipos eléctricos que vayan a ingresar en la FAE.

Darle mantenimiento a todo el sistema anualmente.

X Bibliografía

Aguilar, O. G. (2017). *Estudio de Prefactibilidad para el proyecto de urbanización en ciudad sandino*. Managua.

AutoSolar. (2020). *autosolar.es*. Obtenido de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>

Aziz, H. H. (2019). *Lideres educativos*. Obtenido de <http://redlab.lidereseducativos.cl/wp-content/uploads/2019/06/Formulaci%C3%B3n-y-ejemplos-de-indicadores.pdf>

Berrios, A. C. (2021). *Estudio de prefactibilidad del proyecto construcción de 1650ml de asfalto rígido de calle en el tramo radial batahola avenida universitaria, en el distrito III de la ciudad de managua*. Managua.

Canarias, Instituto tecnológico. (Abril de 2008). *Energía Renovable y eficiencia energética*. Obtenido de <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>

Chanduvi, D. A. (Marzo de 2018). *Prefactibilidad de un proyecto*.

eléctrico, S. d. (27 de Septiembre de 2021). *Suministro eléctrico*. Obtenido de <http://www.sde.mx/que-es-el-sistema-de-suministro-electrico/>

Fundación endesa. (27 de Septiembre de 2021). *La energía eléctrica*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-que-es-la-energia>
<https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-que-es-la-energia>. (s.f.).

MEXICO, S. (27 de Septiembre de 2021). *Suministro eléctrico*. Obtenido de <http://www.sde.mx/que-es-el-sistema-de-suministro-electrico/>

Mpptsolar. (2021). *mpptsolar.com*. Obtenido de <https://www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html>

nacional, A. (28 de Julio de 2008). *LEY PARA LA DISTRIBUCIÓN Y EL USO RESPONSABLE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/917FCF20B5529912062574C2007D7F40?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/917FCF20B5529912062574C2007D7F40?OpenDocument)

Nacional, L. A. (28 de Julio de 2008). *LEY PARA LA DISTRIBUCIÓN Y EL USO RESPONSABLE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/917FCF20B5529912062574C2007D7F40?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/917FCF20B5529912062574C2007D7F40?OpenDocument)

NACIONAL, L. A. (28 de Julio de 2008). *LEY PARA LA DISTRIBUCIÓN Y EL USO RESPONSABLE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/917FCF20B5529912062574C2007D7F40?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/917FCF20B5529912062574C2007D7F40?OpenDocument)

Padid. (2021). *cenart.gob.mx*. Obtenido de <https://www.cenart.gob.mx/wp-content/uploads/2014/08/Gu%C3%ADa-PADID-2014.docx.pdf>

Questionpro. (s.f.). *questionpro.com*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/>

Race, Money. (22 de Febrero de 2016). *Libertad financiera*. Obtenido de <https://www.playmoneyrace.com/es/conoce-el-concepto-del-flujo-neto-de-efectivo/>

Selectra. (2021). *selectra.es*. Obtenido de <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/baterias-solares>

SNIP. (2001). *Metodología general para la preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*.

Solar, Energia. (s.f.). *Energía solar combustibles fosiles*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energias-no-renovables/combustibles-fosiles>

Twenergy. (s.f.).

Twenergy. (2019). Obtenido de <https://twenergy.com/energia/energia-electrica/>

Urbina, G. B. (2010). *Evaluación de Proyectos*. Mexico DF.

