

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



**TESIS MONOGRÁFICA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO.**

TÍTULO:

**Dimensionamiento de un Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) de Tipo Inyección
Directa, en los Edificios de Medicina Veterinaria y Salón de Clases en la Facultad de
Ciencia Animal (FACA) de la Universidad Nacional Agraria.**

AUTORES:

Br. Roosbelt Bismarck López 2014-1359U.

Br. Alexander José Mendoza Pulido 2014-0259U.

TUTOR:

Ing. Marlon Antonio Gutiérrez Granja.

Managua, Nicaragua, diciembre 2020.

“Dimensionamiento de un Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) de Tipo Inyección Directa, en los Edificios de Medicina Veterinaria y Salón de Clases en la Facultad de Ciencia Animal (FACA) de la Universidad Nacional Agraria”.

Agradecimientos

Primeramente damos infinitamente gracias a Dios, por permitirnos haber culminado esta etapa maravillosa de nuestra vida, además de brindarnos su protección que estuvo para nosotros en cada segundo, por escuchar nuestras angustias y llenarnos de ánimo y fortaleza.

Nuestra gratitud a la Universidad Nacional de Ingeniería, por admitirnos y formar parte de su seno científico para poder estudiar la carrera, así como también a todos los docentes que dedicaron a la labor de enseñar y que gracias a ello constituye nuestra base profesional.

Agradecemos también a nuestro tutor Ing. Marlon Antonio Gutiérrez Granja, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad, confianza y conocimiento, así como nos tuvo mucha paciencia en la realización de esta Tesis. Gracias a su experiencia, lineamientos y orientaciones que han convertido en realidad nuestro proyecto.

Asimismo, de ante mano a PhD. Bryan Mendieta Araica, a la Facultad de Ciencia Animal y el personal administrativo de la institución, que permitieron realizar el estudio del proyecto. Todo nuestro trabajo fue posible gracias a las personas que a lo largo de la carrera siempre brindaron su apoyo.

Dedicatoria

A Dios, por haberme bendecido con una maravillosa familia y regalarme salud, fortaleza, sabiduría y guiarme por este sendero de la vida. Gracias por concederme este pequeño maravilloso momento de alegría y éxito, por ser mi fuente espiritual, mi luz en la oscuridad, mi alegría en la tristeza, por escuchar mis peticiones y reconfortarme cada momento.

A mi padre y madre, con todo mi amor porque son el pilar de mi vida, que incondicionalmente me han dado su amor, confianza, consejos, guía, apoyo y que con mucho sacrificio han colaborado siempre dando lo mejor. Asimismo a mi hermano y hermana, que junto a nuestros padres han sido apoyo y fuente de inspiración para este trabajo. Gracias por inculcarme e impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.

A mi compañero de tesis, mi amigo y hermano, quien se merece los mejores aplausos por su conocimiento y dedicación. Este trabajo no sería lo mismo sin sus aportes, ya que fueron imprescindibles. Ahora vienen triunfos para los dos y para nuestras familias.

A todos mis amigos, por su valiosa amistad y colaboración, también quiénes se han convertido en familia. Todos los que aportaron un granito de arena en este trabajo, este logro también es de ustedes.

Alexander José Mendoza Pulido.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios, por la vida que me ha regalado, la sabiduría, el entendimiento y las fuerzas en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por la familia y por todas las bendiciones que me has dado para que yo hoy pueda redactar estas palabras. Dios eres grande y Maravilloso, Bendito sea tu nombre por los siglos de los siglos. Amén.

A mi madre que con su esfuerzo, amor, dedicación y arduo trabajo me apoyó siempre para que pudiera cumplir uno de mis sueños. Gracias por enseñarme a ser una persona de bien, responsable, valiente e inspirarme a ser cada día mejor, por tus consejos y tu consuelo en los días grises.

A mi papá que, aunque no llevemos la misma sangre, cumplió con su rol de padre, siempre estuvo ahí para brindarme su amor y apoyo incondicional, me enseñaste el camino del bien y del mal y nunca faltaron tus consejos para hacer de mí un mejor hombre.

A mi compañero de tesis, por estos años de amistad, por su apoyo en todos los momentos que estuvieron llenos de alegría y de tristeza en ocasiones. A su familia por todo el apoyo en este proceso.

Agradezco a cada una de las personas que me brindaron su apoyo durante este proceso, amigos, hermanos y tíos que siempre estuvieron en los buenos y malos momentos.

Roosbelt Bismarck López L.

Resumen

El presente documento constituye la propuesta de dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico de tipo inyección directa en los edificios de medicina veterinaria y salón de clases, para reducir el consumo eléctrico comercial en la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria, mediante el análisis del consumo energético y las mediciones de carga realizadas por el analizador Fluke 1735.

A partir del segundo capítulo se describen los conceptos principales de la energía solar, los componentes de una célula solar, así como una instalación solar fotovoltaica, los parámetros y características. El tercer capítulo detalla toda la metodología desarrollo, es decir las generalidades la facultad, tipo de tarifa, descripción de las instalaciones, así como el análisis de la calidad de energía, que determinó los parámetros como voltaje, corriente y factor de potencia los cuales se encuentran en rangos adecuados. El cuarto capítulo abarca el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico de los edificios, que como resultado se obtuvo una planta de 52 kW para el edificio de medicina veterinaria, lo que equivale a un ahorro de 18.45 % y una de 15 kW para el edificio de salón de clases, equivalente al 5.36%, esto respecto al consumo eléctrico global de la Facultad. Esta inversión tiene un monto de \$75,367.12, con una recuperación de 36.57 meses, lo que equivale a 1,112 días, que en ahorro eléctrico se traduce a 65,661.834 kWh/año (Generación según las horas solares pico). El sistema está diseñado con respecto a la demanda promedio de potencia, es decir para las actividades curriculares o laborales, que es similar a las horas de mayor incidencia solar de 9:00 am a 3:00 pm.

Cabe destacar, la importancia del beneficio ambiental si se implementara este proyecto, se estima que anualmente se dejara de emitir 51.38 toneladas de CO₂ en la Facultad de Ciencia Animal.

Índice de Contenido

Capitulo I	1
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Objetivos	5
3.1. Objetivo General	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. Justificación	6
Capitulo II	8
5. Marco Teórico	8
5.1. Energía Solar	8
5.2. Radiación solar	8
5.3. Tipos de radiación solar	9
5.4. Ángulos de la radiación solar	9
5.5. Irradiancia	11
5.6. Irradiación solar	12
5.7. Día solar promedio	12
5.8. Balance de radiación	14
6. Sistema Solar Fotovoltaico	14
6.1. Energía solar fotovoltaica	14
6.2. Absorción de la luz y el efecto fotovoltaico	14
6.3. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	15
7. Célula solar	22
7.1. Parámetros fundamentales de la célula solar	23
7.2. Potencia de una célula solar	24
7.3. Funcionamiento de un panel fotovoltaico	25
Capitulo III	27
8. Metodología de desarrollo	27

8.1. Generalidades de la Facultad.	27
8.2. Descripción de las instalaciones	28
8.3. Descripción breve del consumo	30
8.4. Energía eléctrica.....	31
8.5. Contratación.....	31
8.6. Consumo eléctrico anual.....	33
8.7. Demanda en potencia.....	34
8.8. Factor de potencia	35
9. Análisis de calidad de energía	36
9.1. Descripción del análisis.	36
9.2. Edificio de medicina veterinaria.	39
9.2.1. Voltajes de suministro por fases.	40
9.2.2. Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica.	40
9.2.3. Análisis del factor de carga.	41
9.2.4. Factor de potencia.	43
9.2.5. Armónicos.....	44
9.2.6. Generalidades de las mediciones.	46
9.2.7. Contabilidad energética.	46
9.3. Edificio de salón de clases.	47
9.3.1. Voltajes de suministro por fases.	48
9.3.2. Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica.	49
9.3.3. Análisis del factor de carga.	50
9.3.4. Factor de potencia.	52
9.3.5. Armónicos.....	52
9.3.6. Generalidades de las mediciones.	54
9.3.7. Contabilidad Energética.....	54
10. Diagrama o Esquema Unifilar.	55

10.1. Diagrama unifilar de los edificios: medicina veterinaria y salón de clases. (Ver en Anexo)	56
10.2. Memoria de cálculos eléctricos.....	56
11. Medición de resistencia de tierra.	59
11.1. Descripción general del producto.	59
11.2. Generalidades de los sistemas de puesta a tierra.	60
11.3. Métodos de medición usados en el presente estudio.	61
11.4. Panel principal de edificio de medicina veterinaria.	62
11.5. Panel principal de edificio de clases.	63
11.6. Resumen de las mediciones.	65
Capitulo IV.	66
12. Dimensionamiento del Sistema solar fotovoltaico de inyección directa.	66
12.1. Calculo del parque.	66
12.1.1. Irradiación Total:	66
12.1.2. Ángulo de Inclinación:.....	66
12.1.3. Orientación:.....	67
12.1.4. Angulo de Salida del Sol sobre un Plano Inclinado:.....	67
12.1.5. Radiación directa sobre el panel:	67
12.1.6. Radiación difusa sobre el panel:	68
12.1.7. Radiación Albeldo sobre el panel Inclinado:	68
12.1.8. Radiación Total sobre el Panel Inclinado:	68
12.1.9. Hora Solar Pico:	68
12.1.10. Potencia del Edificio de medicina veterinaria:	68
12.1.11. Potencia del Edificio de salón de clases:	68
12.2. Calculo de los módulos fotovoltaicos.....	69
12.3. Selección de inversor fotovoltaico.....	70
12.4. Arreglo Fotovoltaico.....	71
13. Análisis Tecno-económico y ambiental.....	72

13.1. Propuesta de mejora.....	73
13.2. Análisis Ambiental.....	73
13.3. Análisis Economico.....	77
13.3.1. Periodo de recuperación simple para la Facultad de Ciencia Animal.....	77
13.3.2. Periodo de recuperación simple para el edificio de medicina veterinaria.....	81
13.3.3. Periodo de recuperación simple para el edificio de salón de clases.....	84
13.4. Evaluación VAN-TIR.....	87
13.5. Descripción total del Sistema.....	87
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Bibliografía.....	92
ANEXOS.....	94
Anexo A. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.....	94
Anexo B. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.....	95
Anexo C. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.....	96
Anexo D. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.....	97
Anexo E. Censo de Carga del edificio de salón de clases.....	98
Anexo F. Censo de Carga del edificio de salón de clases.....	99
Anexo G. Facturación anual de la FACA (marzo 2019-febrero 2020).....	100
Anexo H. Pliego Tarifario.....	101
Anexo I. Especificaciones: Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735.....	102
Anexo J. Especificaciones: Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735.....	103
Anexo K. Especificaciones: Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735.....	104
Anexo L. Especificaciones del comprobador de puesta a tierra 1623-2 GEO de Fluke.....	105
Anexo M. Especificaciones del comprobador de puesta a tierra 1623-2 GEO de Fluke.....	106
Anexo N. Módulo Peimar SGM370.....	107
Anexo O. Módulo Peimar SGM370.....	108

Anexo P. Inversor Fronius Symo.....	109
Anexo Q. Inversor Fronius Symo.	110
Anexo R. Cotización.....	111
Anexo S. Cotización	112
Anexo T. Cotización	113
Anexo U. Cotización.....	114
Anexo V. Cotización.....	115
Anexo W. Cotización.....	116
Anexo X. Análisis de Oferta.	117
Anexo Y. Diagrama Unifilar.....	118
Anexo Z. Diagrama de conexión del sistema solar fotovoltaico de tipo inyección directa del edificio de medicina veterinaria.....	119
Anexo α . Diagrama de conexión del sistema solar fotovoltaico de tipo inyección directa del edificio de salón de clases.....	120

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Proyectos de Generación de Energía Solar en Nicaragua.....	3
Ilustración 2. Tipos de radiación solar.	9
Ilustración 3. Angulo de inclinación.	10
Ilustración 4. Ángulos formados de proyección sol-tierra.	11
Ilustración 5. Curva de irradiación y horas solares pico.	12
Ilustración 6. Radiación solar en Nicaragua (W/m^2 día).....	13
Ilustración 7. Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico aislado.....	16
Ilustración 8. Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a la red.	17
Ilustración 9. Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico híbrido.....	18
Ilustración 10. Componentes de Sistema Solar Fotovoltaico.....	18
Ilustración 11. Constitución de un panel.	19
Ilustración 12. Estructura de la célula solar.	23
Ilustración 13. Asociación de células solares.....	25

Ilustración 14. La Facultad está situada al costado sur del Aeropuerto o de la Hacienda Santa Rosa 4km sur, cuyas coordenadas corresponden a: 12°08'15.1"N 86°09'57.3"W...	28
Ilustración 15. Edificio de clases.....	29
Ilustración 16. Edificio de medicina veterinaria.	30
Ilustración 17. Consumo histórico de energía eléctrica marzo 2019 – febrero 2020.....	34
Ilustración 18. Demanda de potencia histórica de abril 2019 – marzo 2020.	35
Ilustración 19. Factor de potencia eléctrica facturado marzo 2019 – febrero 2020.....	36
Ilustración 20. Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735.	37
Ilustración 21. Tensión de alimentación de 13.2 KVA, matrícula 5525_5324.....	38
Ilustración 22. Tablero principal del edificio de medicina veterinaria.	39
Ilustración 23. Voltajes de suministro por fases del panel principal del edificio de medicina.	40
Ilustración 24. Corrientes por fases del panel principal del edificio de medicina veterinaria.	41
Ilustración 25. Curva de carga del edificio de medicina veterinaria.	42
Ilustración 26. Factor de potencia del edificio de medicina veterinaria.....	44
Ilustración 27. Gráfico dinámico de usos energéticos del edificio de medicina veterinaria.	46
Ilustración 28. Tablero principal del edificio de salón de clases.	47
Ilustración 29. Voltajes por fases de panel principal del edificio de clases..	48
Ilustración 30. Corrientes por fases del panel principal del edificio de clases.....	49
Ilustración 31. Curva de carga del edificio de salón de clases.	50
Ilustración 32. Factor de potencia del edificio de clases.....	52
Ilustración 33. Gráfico dinámico de usos energéticos del edificio de clases.	55
Ilustración 34. Kit del comprobador de puesta a tierra 1623-2 GEO de Fluke.....	59
Ilustración 35. Medición del edificio de medicina veterinaria.....	62
Ilustración 36. Medición del edificio de medicina veterinaria.....	63
Ilustración 37. Medición del edificio del salón de clases.....	64
Ilustración 38. Medición del edificio del salón de clases.....	65

Ilustración 39. Comportamiento de la inversión versus ahorros en un periodo de 25 años.	80
Ilustración 40. Comportamiento de la inversión versus ahorros en un periodo de 25 años.	83
Ilustración 41. Comportamiento de la inversión versus ahorros en un periodo de 25 años.	86

Índice de Tablas

Tabla 1. Planta Solares existentes y en construcción	3
Tabla 2. Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación.	19
Tabla 3. Distribución general de consumos energéticos	31
Tabla 4. Datos de facturación eléctrica.	32
Tabla 5. Consumo histórico de energía eléctrica marzo 2019 – febrero 2020.	33
Tabla 6. Consumos registrados en los días de medición del edificio de medicina veterinaria.	43
Tabla 7. Tasa de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador FLUKE 1735.	45
Tabla 8. Consumos registrados en los días de medición del edificio de clases.	51
Tabla 9. Tasas de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador FLUKE 1735.	53
Tabla 10. Resumen de las mediciones de Resistencia y Resistividad.	65
Tabla 11. Características del módulo PEINAR SG360/370.	69
Tabla 12. Características técnicas del inversor de datos de entrada.	70
Tabla 13. Características técnicas del inversor de datos de salida.	71
Tabla 14. Configuración de los módulos en el edificio de medicina veterinaria.	71
Tabla 15. Configuración de módulos en el edificio de clases	71
Tabla 16. Planta solar necesaria para cada edificio.	72
Tabla 17. Ahorro anual de la Facultad de Ciencia Animal en costos de energía con una tarifa de 0.3656 US\$ por kWh para este tipo de tarifa.	78

Tabla 18. Tiempo de recuperación de la inversión, tomando como principal parámetro, la generación, costo de la tarifa y el ahorro mensual en US\$ y los ahorros proyectados en 25 años según la vida útil del sistema.	78
Tabla 19. Generación según las HSP (horas solares pico) por mes y la cantidad de KW que el sistema solar fotovoltaico de inyección directa podría generar mensualmente y anualmente	79
Tabla 20. Ahorro anual del edificio de medicina veterinaria en costos de energía con una tarifa de 0.3656 US\$ por kWh para este tipo de tarifa.....	81
Tabla 21. Tiempo de recuperación de la inversión, tomando como principal parámetro, la generación, costo de la tarifa y el ahorro mensual en US\$ y los ahorros proyectados en 25 años según la vida útil del sistema.	82
Tabla 22. Generación según las HSP (horas solares pico) por mes y la cantidad de KW que el sistema solar fotovoltaico de inyección directa podría generar mensualmente y anualmente.	82
Tabla 23. Ahorro anual del edificio de salón de clases, en costos de energía con una tarifa de 0.3652 US\$ por kWh para este tipo de tarifa.	84
Tabla 24. Tiempo de recuperación de la inversión, tomando como principal parámetro, la generación, costo de la tarifa y el ahorro mensual en US\$ y los ahorros proyectados en 25 años según la vida útil del sistema.	85
Tabla 25. Generación según las HSP (horas solares pico) por mes y la cantidad de KW que el sistema solar fotovoltaico de inyección directa podría generar mensualmente y anualmente.	85
Tabla 26. Evaluación de la inversión.	87
Tabla 27. Descripción total del sistema.	87
Tabla 28. Descripción de la planta solar.	88
Tabla 29. Consumo mensual de lámparas fluorescentes.....	90
Tabla 30. Consumo mensual de lámparas tubular LED.....	90

Capítulo I.

1. Introducción

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina; el elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar. La energía solar, además de ser inagotable es abundante, ya que la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta, por lo que puede ser aprovechada en Nicaragua, por la ventaja de ser un país tropical.

El progreso tecnológico en la mejora de celdas solares más eficaces, han contribuido a que en la actualidad se promueva el uso de las energías renovables como la energía solar. Adicionalmente, se ha agrandado el uso de estas metodologías, por tanto, el nivel de contaminación que provoca es estrechamente bajo y el coste de instalación se rescata al subyugar la facturación del consumo de energía de la red comercial.

El presente estudio se llevará a cabo en la Facultad de Ciencia Animal (FACA¹), orientado a los edificios de medicina veterinaria y salón de clases, situado a 4km al sur de la zona franca las Mercedes, cuyas coordenadas corresponden a: 12°08'15.1"N 86°09'57.3"W; en el cual se proyecta elaborar una propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico de inyección directa (sin inyección a la red).

Con este estudio se procura avasallar la dependencia de la energía eléctrica convencional, suscitando el uso de fuentes renovables, la cultura de uso racional y la invención tecnológica.

La metodología contribuirá, a tomar en cuenta los parámetros más significativos para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y no solamente en este espacio, sino en cualquier otro.

¹ Facultad de Ciencia Animal

2. Antecedentes

Debido al aumento del precio del kilovatio hora y la disminución de subsidios de la comercialización, se hace ineludible implementar proyectos de energías alternativas que ayuden a la población con el progreso sostenible, la disminución de emisiones CO_2 ² y la multiplicidad de la matriz energética, que garantice mayor seguridad en el sistema.

El pasado 14 de julio de 2019 Nicaragua se incorporó a la carrera del desarrollo de la energía solar en Latinoamérica con la inauguración de la "**Caribbean Pride Solar Energy Plant**", en "Corn Island". La iniciativa cuenta con una inversión de 5,9 millones de dólares, de los que 1,9 millones son aportados por el Estado nicaragüense y el resto por el Banco Interamericano de Desarrollo (**BID**³). Compuesto por 6.372 paneles fotovoltaicos, la instalación beneficiará a 7.000 usuarios, cerca de 2.000 viviendas de la isla.

A pesar de la creación de este tipo de instalaciones, hoy por hoy, "la energía solar solo representa un 1% de la matriz energética", dice a DW Javier Mejía, responsable de Recursos Naturales del Centro Humboldt de Nicaragua.

El **Ministerio de Energías y Minas (MEM)**⁴, ejerce la rectoría del sector energía, hidrocarburos y recursos geológicos; tiene la responsabilidad principal de formular, coordinar e implementar leyes, políticas, normativas y planes estratégicos para el fomento y desarrollo de dichos recursos con criterios de sostenibilidad, para contribuir al desarrollo económico del país y mejorar las condiciones de vida de la población nicaragüense. Existe una dirección de **Energías Renovables Alternativas**, que tiene la responsabilidad de planificar, coordinar y controlar la formulación e implementación de políticas, normativas, estrategias, programas y proyectos de fomento, promoción y desarrollo de la energía eólica, solar, bioenergía y otras energías renovables alternas.

² Dióxido de Carbono.

³ Banco Interamericano de Desarrollo.

⁴ Ministerio de Energías y Minas.

Por otra parte, están en construcción dos plantas solares fotovoltaicas para suplir la demanda nacional según el plan de desarrollo de la **Dirección General de Electricidad y Recursos Renovables**, que se puede ver en la siguiente ilustración.



Ilustración 1. Proyectos de Generación de Energía Solar en Nicaragua

Fuente: Ministerio de Energías y Minas (2017).

Nombre del Proyecto	Potencia total (MW)	Estado del Proyecto	Localización
La Trinidad	1.38	En Operación	La Trinidad, Carazo
Generación Solar El Velero	12	En Construcción	Nagarote, León
Planta Fotovoltaica Solaris	12	En Construcción	El Viejo, Chinandega

Tabla 1. Planta Solares existentes y en construcción

Fuente: Ministerio de Energías y Minas (MEM-2017).

Con la edificación de estas plantas solares se tiene como esfuerzo transformar la matriz energética del país y subyugar el coste de abastecimiento de energía convencional en

lugares aislados. El proyecto forma parte del Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energías Renovables (PNESER⁵).

⁵ Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energías Renovables.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General.

Realizar el dimensionamiento de un Sistema solar fotovoltaico de tipo inyección directa, en los edificios de medicina veterinaria y salón de clases para reducir el consumo eléctrico comercial en la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria.

3.2. Objetivos específicos.

- Efectuar medidas de carga y consumo eléctrico para dimensionar un sistema fotovoltaico de inyección directa para autoconsumo.
- Examinar los datos de consumo energético a obtenerse de un dispositivo de medición (Analizador de redes) durante una jornada típica de clases.
- Valorar de forma técnica, económica y ambiental los beneficios que logrará la Facultad de Ciencia Animal por la implementación del sistema solar fotovoltaico de inyección directa propuesto en el presente trabajo.

4. Justificación

En vista que la demanda nacional ha crecido en los últimos 10 años, se hace necesario implementar proyectos de energías alternativas, ya que la generación solar tanto solo representó el 0.50% (21, 895,000 MWh-Megavatios hora) de la generación por tipo fuente de la Matriz Energética de enero a diciembre 2018. Cabe destacar que ese mismo año el 59.20% (2,592, 386 MWh-Megavatios hora) fue de generación con fuentes renovales, según datos del Ministerio de Energía y Minas (MEM).

El tema en estudio proyectado, tiene correspondencia directa con la carrera de Ingeniería Eléctrica, debido a que el ámbito y/o campo de aplicación está estrechamente vinculado con las habilidades de diagnóstico de oportunidades de mejora de energías renovables en edificios, domicilios, comercios; análisis de datos mediante equipos de medición especializados, interpretación de datos a través de herramientas metodológicas comparativas y el respectivo planteamiento de soluciones y recomendaciones en un campo de aplicación práctico y real; las cuales son aptitudes medulares que un Ingeniero Eléctrico requiere poner en conocimiento en su medio de ocupación laboral.

Por otra parte, este estudio incorpora una senda sustancial para las diplomacias interuniversitarias en cuanto a la inserción de sus estudiantes para la solución de inconvenientes reales que se ostentan en el ámbito actual.

La Universidad Nacional Agraria es una Institución de Educación Superior Pública, Autónoma, sin fines de lucro, que contribuye desde la perspectiva del compromiso social universitario, al desarrollo agrario integral, sostenible, y a la conservación del medio ambiente.

Asimismo, examinar los numerosos componentes que permitan desplegar el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico para disminuir los costos de facturación de la distribuidora de energía DISNORTE-DISSUR.

Las ejecuciones de los sistemas solares dan una disyuntiva a la facultad, ya que con el acrecimiento del subsidio del kilovatio hora, se verá afectado en los próximos años y por

otro parte, que brinde respaldo a los fallos que se despliegan en las redes, producidos por cortocircuitos, mantenimiento en las líneas u otra anomalía o bien, donde es dificultoso el acceso a la energía eléctrica convencional.

Capítulo II.

5. Marco Teórico

5.1. Energía Solar

Según (Gasquet, 2004) el sol es el origen de la energía solar y de las otras fuentes renovables de la energía. Esta estrella es un enorme reactor de fusión nuclear que transforma parte de su masa en energía. El sol emite al espacio energía en forma de radiación electromagnética, la cual puede desplazarse en el vacío, es decir, no requiere medio material para propagarse. De la enorme cantidad de radiación que emite constantemente el sol, una parte de ella llega a la atmósfera terrestre en forma de radiación solar. De ella el 16% es absorbida por la atmósfera, el 22.5% por el suelo; el 4% es reflejada directamente al espacio desde el suelo.

La energía solar es la energía radiante producida en el sol como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la tierra a través del espacio. La tierra recibe del sol anualmente alrededor de $5.4 \times 1,24 \text{ J}$, lo que supone 4,500 veces el consumo mundial de energía.

5.2. Radiación solar

Según (Gasquet, 2004) es el flujo de energía que proviene del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). Aproximadamente la mitad de las frecuencias que se reciben están comprendidas entre $0,4 \mu\text{m}$ y $0,7 \mu\text{m}$ y pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyéndolo lo que se le denomina como luz visible. De la otra mitad la mayoría se sitúa en la parte infrarroja (IR) del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta (UV).

La radiación solar llega a la superficie terrestre con una potencia máxima de aproximadamente 1 kilovatio por metro cuadrado (k/m^2). La proporción real de radiación utilizable varía dependiendo de la ubicación geográfica, por la presencia de nubes, hora de luz al día, etc. La potencia solar disponible varía entre 250 y 2500 kilovatios hora por metro cuadrado-año ($\text{kWh/m}^2 \text{ año}$). La radiación solar total es mayor en el ecuador, especialmente en zonas áridas.

5.3. Tipos de radiación solar

- **Radiación directa:** es la radiación que incide sobre los objetivos iluminados por el sol sin haber interactuado con nada y sin cambiar de dirección.

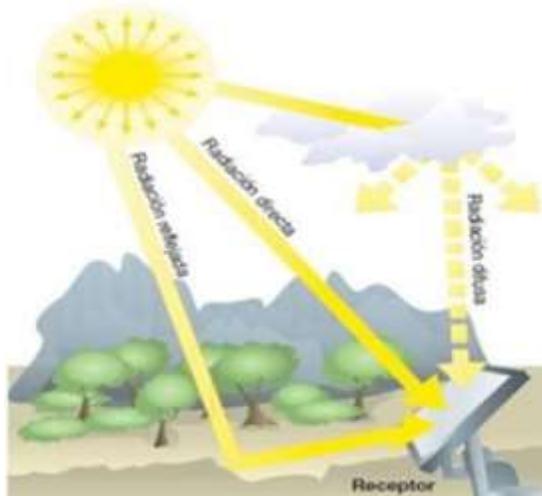


Ilustración 2. Tipos de radiación solar.

Fuente: Instalaciones solares Fotovoltaica.

- **Radiación difusa:** es una radiación que incide indirectamente, como reflejo de la radiación solar que es absorbida por el polvo y el aire, la difusión se produce al desviarse los rayos solares, debidos a las partículas sólidas y las moléculas, como el de vapor de agua, que existen en la atmosfera.
- **Radiación reflejada o albedo:** es la radiación procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos en el entorno.

5.4. Ángulos de la radiación solar.

El National Renewable Energy Laboratory (NREL⁶) con sede en Golden Colorado, desde 1961 publica en forma periódica los valores de insolación (cantidad de radiación solar que se recibe en un punto determinado del planeta sobre una superficie de 1m², para un determinado ángulo de inclinación sobre la superficie). Las mediciones de insolación se toman diario usando distintos ángulos y con las variaciones cíclicas estacionales durante

⁶ National Renewable Energy Laboratory

10 o más años. El Centro de estudios para la Energía Solar (Censolar⁷) publica datos de los valores promedios en un plano horizontal para una multitud de países en el mundo. Con las estaciones del año, la altura del sol con respecto a la horizontal cambia al alcanzar el zenit. La diferencia de altura respecto a la horizontal varía con la latitud del lugar, el ángulo deberá incrementarse cuando la altura del sol sobre el zenit es la menor.

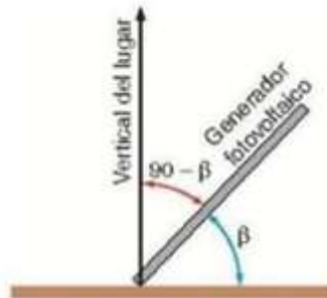


Ilustración 3. Ángulo de inclinación.

Fuente: Solaraction

Una forma universal de presentar los valores de insolación es usar como referencia, un ángulo de inclinación para la superficie colectora que es igual de la latitud del lugar. Los valores obtenidos son complementados con mediciones hechas con ángulos de inclinación que varían +/- 15° (LATITUD +15° / LATITUD -15°).

Para emplazar una instalación solar correctamente es necesario conocer los ángulos más sustanciales de la posición del sol y de los colectores. De tal manera que es importante conocer las siguientes definiciones:

- **Ángulo acimutal o azimut:** es el ángulo formado por la proyección del aire sobre la superficie horizontal del lugar, de la recta sol-tierra, con respecto con respecto a la recta norte sur terrestre.

⁷ Centro de estudios para la Energía Solar



Ilustración 4. Ángulos formados de proyección sol-tierra.

Fuente: Diseños e Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos y conectados a la red a pequeña escala. Universidad Nacional Agraria. (2014, pág.5).

- **Ángulo central o distancia cenital:** es el ángulo que forma la línea sol-tierra con la vertical del lugar, su complementario es la altura solar.
- **Altura solar:** es el ángulo formado por la recta sol-tierra respecto al plano que contiene la superficie del lugar.
- **Ángulo de inclinación de la superficie captadora:** definido como el ángulo que forma el plano que contiene a la superficie captadora con el plano horizontal.

5.5. Irradiancia

Según (Abella, 211) es la densidad de potencia incidente por unidad de superficie, medida en W/m^2 . La irradiancia máxima del sol en la superficie de la tierra es aproximadamente del orden de $1000 W/m^2$. La irradiancia varía diariamente por efecto de la rotación de la tierra alcanzando su valor máximo en días despejados a mediodía solar.

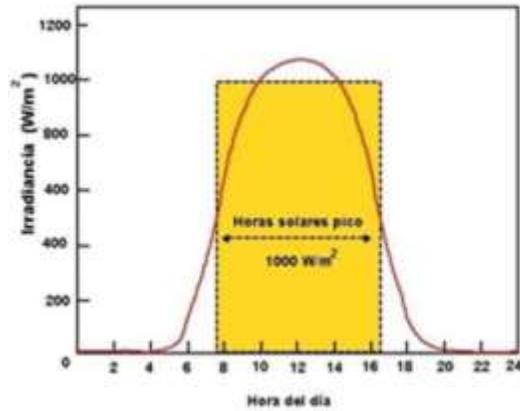


Ilustración 5. Curva de irradiación y horas solares pico.

Fuente: Diseño de un Modelo de Centro de Formación Profesional, funcionando con energía Solar Fotovoltaica.

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. (2013, pág.7).

5.6. Irradiación solar

Según (Gasquet, 2004) es el valor de la potencia luminosa. Los fabricantes de paneles fotovoltaicos determinan la máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de **1 kW/m²**. Este valor, conocido con el nombre de SOL, se ha convertido en un estándar para la industria, facilitando la comparación de paneles de distinta fabricación.

5.7. Día solar promedio

Según (Gasquet, 2006) es el valor de horas entre el amanecer y el anochecer, durante el sol irradia con una potencia luminosa de 1 SOL.

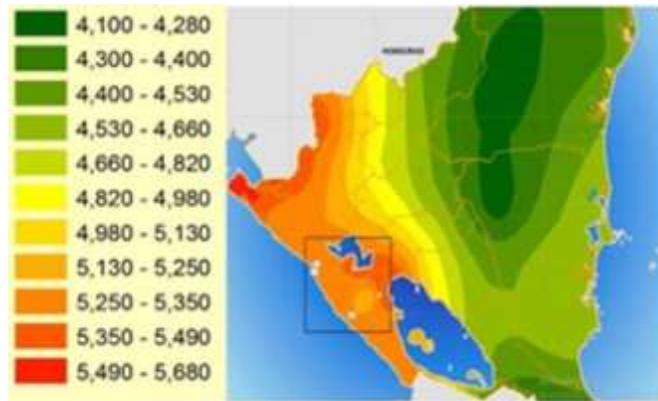


Ilustración 6. Radiación solar en Nicaragua (W/m^2 día).

Fuente: Mapas solares de Nicaragua.

Estación Actinométrica: Vadstena.

Universidad Centroamericana (UCA).

Constante de radiación solar:

La constante solar es la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del Sol. El valor obtenido de las mediciones de satélites y aceptado actualmente es de $1,362 W/m^2$, ligeramente menor que el que todavía podemos encontrar en muchas referencias.

Para calcular la constante solar:

$$K = \sigma \times T_{eff}^4 \times (a_0 r_s)^2 = 1,362 W/m^2$$

T_{eff} = temperatura efectiva del Sol el valor **5772° Kelvin** (de una estrella es la temperatura de su superficie visible)

r_s = radio del sol (es una unidad de longitud empleada en astronomía y astrofísica para medir comparativamente el radio de las estrellas y de otros objetos astronómicos de grandes dimensiones).

a_0 = unidad astronómica (es una unidad de longitud igual, por definición, a **149, 597, 870,700 m**) que equivale aproximadamente a la distancia media entre la Tierra y el Sol).

En realidad, la «constante solar» no es propiamente una constante, pero sí un parámetro que a corto y medio plazo varía dentro de márgenes estrechos.

5.8. Balance de radiación

En promedio, la Tierra recibe $1,362 \text{ W/m}^2$ (constante solar) del Sol. Esto está relacionado con los umbrales de la atmósfera y el plano perpendicular a los rayos solares entrantes; es por lo tanto necesario tener en cuenta que la radiación solar en la Tierra golpea un casquete esférico durante 1,440 minutos cada día, disminuyendo en un 75%.

Aproximadamente la mitad de la radiación solar atraviesa la atmósfera sin alteraciones, tomando el nombre de radiación neta. La mitad de la radiación neta contribuye finalmente a la evaporación de las masas de agua, por lo tanto, la energía solar disponible es aproximadamente una cuarta parte de la energía total emitida.

6. Sistema Solar Fotovoltaico

6.1. Energía solar fotovoltaica

Según (Jerome Barrau, 2009) se entiende por energía solar fotovoltaica a todo sistema directo de conversión de energía a través de la radiación solar que interactúe directamente sobre los electrones de un captador fotovoltaico para dar lugar al efecto fotoeléctrico el cual proporciona la generación de corriente eléctrica de forma periódica y no limitada en el tiempo, es decir, de forma renovable.

6.2. Absorción de la luz y el efecto fotovoltaico

Según (Jerome Barrau, 2009) cuando un flujo de fotones influye sobre la célula construida a partir de la unión de semiconductores de tipo P y N, parte de ellos son absorbidos en el material. Los fotones que poseen una energía mayor al salto energético entre la banda de construcción y la de valencia, pueden ser absorbidos y forzar el salto de un electrón, entre bandas generando un par electrón – hueco.

El electrón se desplaza sobre la zona N y el hueco hacia la zona P, creándose con ellos una corriente de electrones de la zona N a la P.

El salto energético entre las bandas limita la porción sobre la radiación que puede ser absorbida aprovechando un 65%, el efecto solar se produce de forma instantánea, de forma que las células fotovoltaicas generan electricidad instantáneamente de ser iluminadas.

6.3. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Según (Gonzales Labajo, 2010) durante mucho tiempo el aprovechamiento de energía se limitó en situaciones a la que era imposible o muy suntuosa la extensión de línea eléctricas. Pero hoy en día esto ha cambiado radicalmente.

El uso de energía solar se ha extendido debido a la disminución en el costo de los sistemas, la constante mejora de las características técnicas de los componentes y al creciente interés a nivel mundial por la generación de energías limpias.

De acuerdo con (Fernández Salgado, 2010) es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren a captar y transformar la energía solar disponible en energía eléctrica.

Los componentes de un sistema fotovoltaico varían según su aplicación, se pueden clasificar en:

6.3.1. Sistema fotovoltaico aislado

Son aquellos en el cual la única fuente de energía es la producida por el panel solar, por lo tanto, no están conectados a otros sistemas de generación de energía, ni a la red de distribución eléctrica. Se produce energía cuando el sol irradia, generalmente estos sistemas requieren un subsistema de almacenamiento para cargar cuando no esté disponible la luz solar.

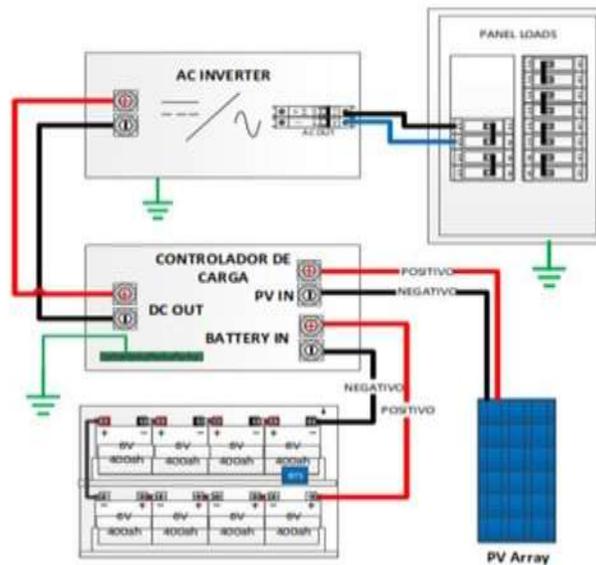


Ilustración 7. Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico aislado.

Fuente: Rivera Lumbí, H.J / Poveda Gutiérrez, R.A. (2019). Estudio Tecno-Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para el Instituto Oftalmológico Munguía en el Departamento de Managua. Universidad Nacional de Ingeniería. (Pág. 41).

El sistema de almacenamiento generalmente más utilizado es la batería química. Mientras haya luz solar el panel solar carga la batería y además alimenta la carga, cuando el panel no genera energía eléctrica, la batería alimenta la carga.

6.3.2. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Es capaz de funcionar de forma sincronizada con el servicio eléctrico comercial, ambas fuentes están en fase y pueden funcionar en paralelo, priorizando la energía producida por los módulos fotovoltaicos, el sistema no integra acumuladores de energía (baterías) y el excedente de energía se inyecta al sistema interconectado al servicio eléctrico comercial, permitiendo de esta manera la venta de energía mediante la medición bidireccional.

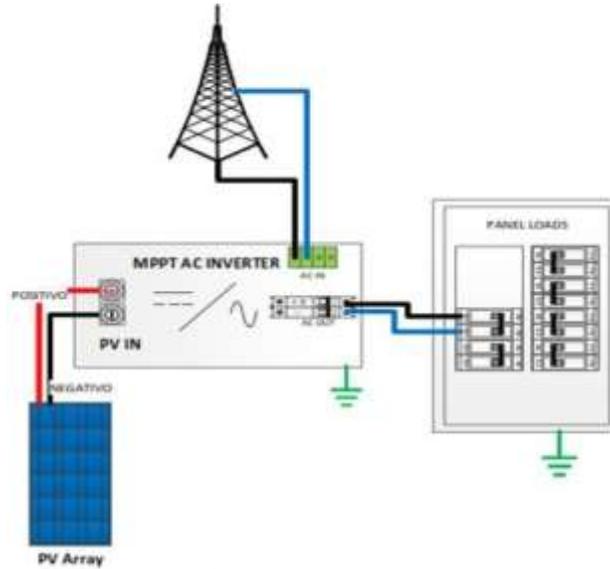


Ilustración 8. Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a la red.

Fuente: Rivera Lumbí, H.J / Poveda Gutiérrez, R.A. (2019). Estudio Tecno-Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para el Instituto Oftalmológico Munguía en el Departamento de Managua. Universidad Nacional de Ingeniería. (Pág. 42).

6.3.3. Sistemas híbridos

El sistema híbrido es suma de los sistemas conectado a red y aislados, su funcionamiento integra: inversor fotovoltaico con tecnología MPPT, conectado a servicio eléctrico comercial, sincronizado y con capacidad de funcionar en paralelo, además de un inversor PWM con etapa de carga de baterías, que rectifica el suministro eléctrico de corriente alterna proveniente del inversor fotovoltaico o de la red comercial para acumular el excedente en banco de baterías, ambos sistemas funcionan de forma coordinada para respaldar la carga.

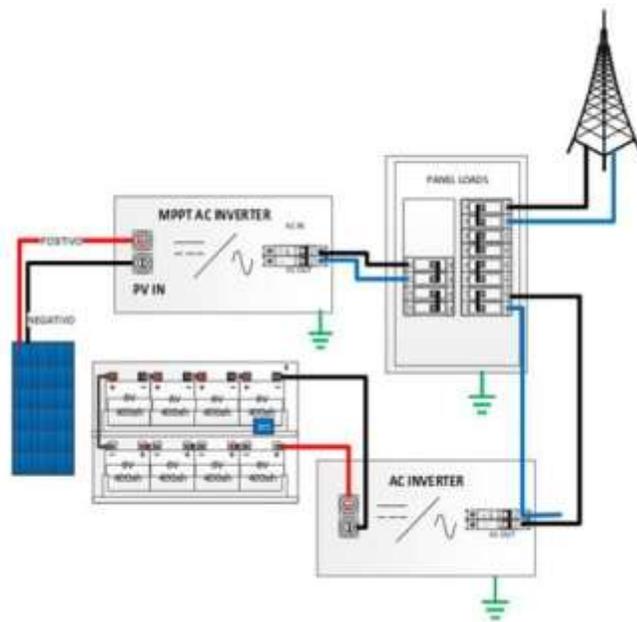


Ilustración 9. Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico híbrido.

Fuente: Rivera Lumbí, H.J / Poveda Gutiérrez, R.A. (2019). Estudio Tecno-Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para el Instituto Oftalmológico Munguía en el Departamento de Managua. Universidad Nacional de Ingeniería. (Pág. 43).

6.4. Componentes básicos de un Sistema Solar Fotovoltaico



Ilustración 10. Componentes de Sistema Solar Fotovoltaico.

Fuente: Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaico (Pág. 11).

6.4.1. Panel solar o modulo fotovoltaico

Un panel o modulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6V, 12V, 24V...), que definirán la tensión que a trabajar el sistema fotovoltaico.

En la siguiente ilustración se destacan las principales características de todo panel solar y puede verse un esquema típico de su construcción:



Ilustración 11. Constitución de un panel.

Fuente: Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaico (Pág. 14).

6.4.2. Tipos de paneles Solares:

Los tipos de paneles solares vienen dados por la fabricación de las células, y son fundamentalmente:

Célula	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24%	15-18%	Son típicos los azules homogéneos. Sus cantos son redondeados, debido al proceso de fabricación.	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19-20%	12-14%	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos de azul.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16%	< 10%	Tiene un color homogéneo [marrón], pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de ser semiflexible, y poder depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato, como vidrio o plástico.

Tabla 2. Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación.

Fuente: Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaico (Pág. 14).

6.4.3. Baterías

Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica. El funcionamiento en una instalación fotovoltaica será el siguiente:

Las baterías son recargadas por la energía producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.

Tres son las misiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- Almacenar la energía mediante un número determinado de días.
- Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

6.4.3.1. Tipos de baterías

Las baterías se clasifican en función de la tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados. En la siguiente descripción podemos comparar los principales tipos de baterías que existen hoy en el mercado, a través de sus características básicas.

- **Baterías de plomo abierto:** conocidas también como baterías de plomo ácido son aquellas que están compuestas por seis compartimentos individualmente separados y conectados entre sí, en serie, dentro de una caja o envase de polipropileno al modo de material aislante y resistente al ácido cada célula contiene un bloque de placas positivas y negativa. Es la solución más económica en el campo de las baterías. Además, las baterías de Plomo Abierto son muy utilizadas en las instalaciones solares aisladas, por su bajo coste y su gran rendimiento.
- **Baterías de plomo selladas:** que no requiera el mínimo mantenimiento es la principal ventaja de las baterías de este tipo; sin embargo, esta característica provoca su desventaja pues al no necesitar mantenimiento acorta su vida funcional frente a las baterías que sí necesitan mantenimiento.
- **Batería de gel:** Las baterías de gel son uno de los tipos de baterías más utilizados gracias a sus excelentes prestaciones y ventajas en comparación con otros tipos de baterías. Las baterías de gel se caracterizan por estar fabricadas con un electrolito gelificado y están

totalmente selladas por lo que no desprenden ningún tipo de líquido en caso de volcarse la batería. Son destinadas en su mayor parte a instalaciones solares de mediano y pequeño tamaño que necesiten de una batería a largo plazo. Las baterías de gel se caracterizan por sus ciclos de descarga profundos ya que pueden llegar a alcanzar hasta los 800 ciclos de vida.

- **Baterías estacionarias:** son las que se mantienen permanentemente cargadas mediante un regulador, pues el regulador alimenta un consumo, por lo que se trata de una batería que se descarga con muy poca frecuencia y el regulador la recarga después de la descarga para que constantemente esté perfectamente cargada, con esto se consigue compensar su autodescarga interna.
- **Baterías de ion de litio:** también denominadas baterías “Li-Ion” o “Litio” a secas, emplean como electrolito unas sales de litio para lograr la liberación de los electrones a cabo de reacciones químicas que liberan y almacenan energía eléctrica. El deterioro que le produce el calor y su sensibilidad a temperaturas extremas conlleva el riesgo de explosión o combustión de la batería de litio, por lo que se deben incluir sofisticados y costosos sistemas de protección y seguridad.

6.4.4. Inversor

El inversor fotovoltaico es el encargado de convertir la tensión procedente de las baterías o de los módulos en una tensión alterna senoidal, similar a la que nos proporciona la red eléctrica, 120/240V a 60Hz. Los inversores solares abarcan tensiones de entrada de 12V, 24V o 48V cuando se utilizan en instalaciones aisladas de la red eléctrica. Para inversores solares conectados a la red, la tensión de entrada suele ser mayor, ya que prioriza alcanzar tensiones elevadas, reduciendo la intensidad de corriente que circula por ellos, y reduciendo así las pérdidas por cableado.

6.4.5. Regulador de carga

Es el equipo que controla los procesos de carga y descarga de la batería. Controla el proceso de carga evitando que, con la batería a plena capacidad, los módulos fotovoltaicos sigan inyectando carga a la misma. Se lleva a cabo anulando o reduciendo el paso de corriente

del campo fotovoltaico. Controla el proceso de descarga evitando que el estado de carga de la batería alcance un valor demasiado bajo cuando está consumiendo la energía almacenada.

Tipos de controladores de carga:

Regulador de carga PWM

Es aquel que tan sólo actúa de corte de paso de energía entre los paneles solares y la batería cuando ésta tiene una carga completa.

Panel 12V + Batería de 12V = Regulador de carga PWM

Panel 24V + Batería a 24V = Regulador de carga PWM Panel 48V + Batería a 48V = Regulador de carga PWM

Regulador de carga MPPT:

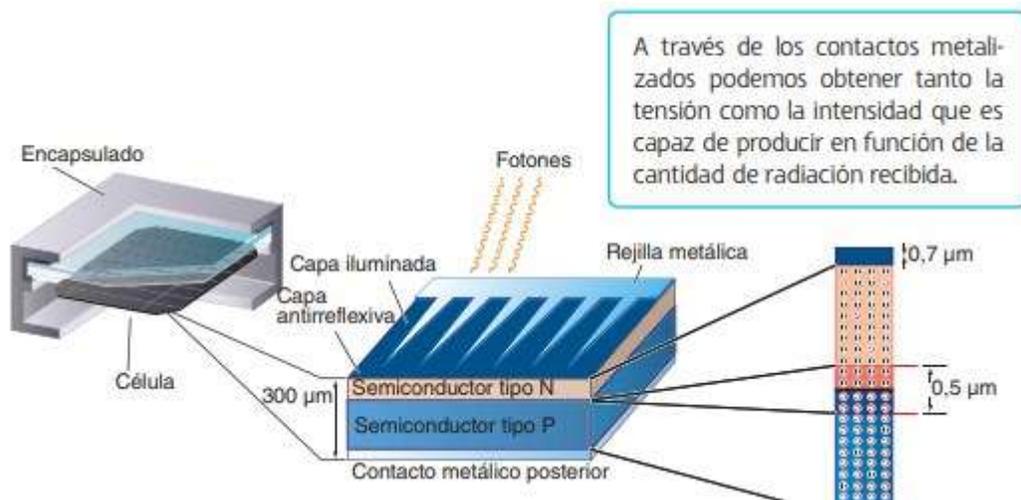
Este tipo de regulador de carga o regulador de batería que además de cortar el paso de corriente de los paneles solares cuando la batería se encuentra a plena carga, estos tipos de reguladores de carga o regulador solar son capaces de adaptar el voltaje de salida del panel solar al voltaje de la batería.

Panel de Conexión a Red + Batería de 12V = Regulador de carga MPPT

Panel de 24V + Batería de 12V = Regulador MPPT

7. Célula solar

Es una pequeña capa que suele estar hecha de silicio cristalino y que por su composición convierte la luz del sol en electricidad gracias al efecto fotoeléctrico.



A través de los contactos metalizados podemos obtener tanto la tensión como la intensidad que es capaz de producir en función de la cantidad de radiación recibida.

Ilustración 12. Estructura de la célula solar.

Fuente: Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaico (Pág. 12)

Su función principal es convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol, como tal su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico.

Una célula solar se comporta como un diodo (es decir unión p-n), estas dos partes están situadas de la siguiente manera: la N, es la parte expuesta a la radiación solar y la P es la parte situada en la zona de oscuridad.

7.1. Parámetros fundamentales de la célula solar

- **Corriente de iluminación (I_i):**

Es la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.

- **Corriente de oscuridad:**

Es debida a la recombinación de los pares electrón-hueco que se produce en el interior del semiconductor.

- **Tensión de circuito abierto (Voc):**

La máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna a carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.

- **Corriente de cortocircuito (Isc):**

Máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están cortocircuitadas.

7.2. Potencia de una célula solar

La potencia de una célula solar como tal es muy pequeña, dependiendo del tamaño podría ser entre 1 o 2 W. De tal manera que para poder obtener la potencia necesaria para el sistema en cuestión será necesario asociar varias de ellas. De este concepto nace el concepto de modulo solar o panel fotovoltaico.

Según la conexión eléctrica que hagamos de las células, nos podemos encontrar con diferentes posibilidades:

- La conexión en serie de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- La conexión en paralelo permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

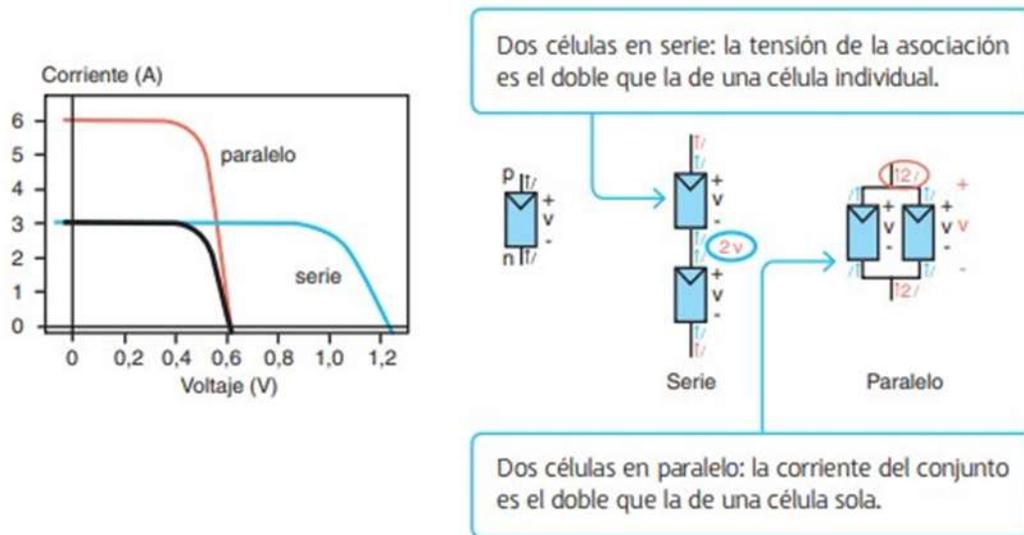


Ilustración 13. Asociación de células solares.

Fuente: Componentes de una Instalación Solar Fotovoltaico. (Pág. 13)

7.3. Funcionamiento de un panel fotovoltaico

Se fundamenta en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca el desprendimiento de los electrones de los átomos de silicio, rompiendo y atravesando la barrera de potencial de la capa semiconductor. Esto genera una diferencia de potencial en la capa N con respecto a la P. luego si se conecta una carga eléctrica o elemento de consumo entre los terminales del panel se iniciará una circulación de corriente continua.

7.4. Eficiencia de un módulo solar fotovoltaico

Durante varios años se han analizado los factores que afectan el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos, esto con el fin de mitigar sus efectos y lograr mejoras en término de eficiencia para el sistema. Los factores se clasifican en propios o externos de acuerdo con su naturaleza de operación o de entorno respectivamente.

7.4.1. Factores propios

Son condiciones internas propias con las que cuenta el panel fotovoltaico, podrían considerarse las más importantes las siguientes:

- **Temperatura de funcionamiento del panel solar**

La temperatura del panel fotovoltaico es muy importante, de esta depende la conversión de energía tanto en el rendimiento energético, así como en la potencia de salida del módulo. En promedio un panel fotovoltaico absorbe el 80% de la irradiación, parte de ésta se convierte en electricidad y la restante en calor. La parte que se convierte en calor reduce la eficiencia del módulo.

- **Efectos de reflexión**

La reflexión ocurre cuando los rayos del sol que inciden en el panel solar chocan y se desvían regresando al medio atmosférico y con esto se pierde potencia, la reflexión se podría evitar utilizando una película anti reflexión, la cual ayuda a que los paneles solares tengan mayor eficiencia.

7.4.2. Factores externos.

Son condiciones externas que afectan el rendimiento del panel fotovoltaico, podrían considerarse los más importantes:

- **Ángulo de Inclinación:**

El ángulo de inclinación es muy importante, regularmente se utiliza de 10°- 15°, esto con el objetivo de lograr mejor y mayor rendimiento de energía proveniente del sol.

- **Orientación:**

La orientación más adecuada será colocando los módulos hacia el sur geográfico. Para determinar de forma exacta esta posición se puede utilizar una brújula o bien determinar según la hora del día, ya que el sur corresponde con las 12 del mediodía hora solar.

- **Sombreados:**

Un panel solar que está bajo los efectos de sombreado recolecta energía de forma desigual, lo que conlleva a presentar fluctuaciones en la potencia entregada ocasiona daños en los componentes del sistema fotovoltaico como el inversor, es por eso que antes de realizar dicho proyecto se realizan diseños con los cuales se evita al máximo las sombras que pueden afectar al sistema.

- **Suciedad:**

La reducción de eficiencia del panel a causa de la suciedad es muy común, para mitigar este efecto se recomienda realizar mantenimiento de los paneles por lo menos una vez al mes limpiado con un trapo seco en las mañanas aprovechando el rocío para que se caiga fácilmente la suciedad o polvo adherido.

Es importante tomar en cuenta cada uno de estos factores para la instalación, ya que de ello depende que obtengamos una mejor eficiencia en términos de electricidad (potencia) y en términos económicos.

Capítulo III.

8. Metodología de desarrollo

8.1. Generalidades de la Facultad.

La Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria es una instancia académica de educación superior, que contribuye, desde la perspectiva del Compromiso

Social Universitario, al desarrollo pecuario integral y sostenible, y a la conservación del ambiente, mediante la formación de profesionales competentes, con valores éticos, morales y cultura ambientalista; la construcción de conocimiento científico y tecnológico; y la producción, gestión y difusión de información Pecuaria.



Ilustración 14. La Facultad está situada al costado sur del Aeropuerto o de la Hacienda Santa Rosa 4km sur, cuyas coordenadas corresponden a: 12°08'15.1"N 86°09'57.3"W.

Fuente: <https://www.google.es/maps/place/Facultad+de+Ciencia+Animal>. (Captura de pantalla).

8.2. Descripción de las instalaciones

El estudio está enfocado en dos edificios, del cual el banco de transformadores de 3x75 KVA suministra energía al edificio de clases y el de medicina veterinaria.

Edificio de salón de clases



Ilustración 15. Edificio de clases.

Fuente: Elaboración propia.

Estructura: 7 aulas de clases, baños y una oficina con equipos de computación, ubicados en planta baja. En la planta alta hay dos auditorios climatizados, 5 aulas de clases y baños.

Edificio de medicina veterinaria



Ilustración 16. Edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia.

Estructura: cuenta con 8 laboratorios climatizados, instrumentos veterinarios, refrigeración y además de las oficinas correspondientes a los docentes de la facultad.

En el mismo sitio a los alrededores hay quioscos que están alimentados del edificio de medicina, además bancas de estudio donde pueden permanecer los estudiantes, compartir sanamente y recrearse al aire libre.

8.3. Descripción breve del consumo

A continuación, se refleja la distribución general del consumo energético en las instalaciones, en el periodo de marzo 2019 a febrero del 2020 (un año completo):

Suministro Energético	Instalaciones	Consumo energético anual (kWh/año)	Costo energético anual (USD/kWh)	Costo de energía promedio (USD/kWh)	Emisiones Anuales de CO ₂
Electricidad	Facultad de Ciencia Animal (FACA)	275,660.00	103,319.06	0.387	146.10

Tabla 3. Distribución general de consumos energéticos

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla anterior, en el periodo evaluado se ha tenido un costo promedio de energía eléctrica para las instalaciones de toda la Facultad de USD 0.387 por kWh, para un consumo total de 275,660.000 kWh para el año analizado. Este consumo ha representado la generación indirecta de 146.10 toneladas de dióxido de carbono (gas responsable del calentamiento global y el efecto de invernadero) hacia la atmósfera.

8.4. Energía eléctrica

La tensión de alimentación de la Facultad de Ciencia Animal es tipo aéreo, de 13.2 KV en MT (Media Tensión) del CT78-3T-ORT3080 (Centro de Transformación) con matricula 5525_5324, perteneciente a la entidad DISSUR responsabilidad al sector Mangua sur, con una potencia instalada de 225 KVA equivalente a la cantidad de 3 transformadores de 75 KVA, configurado en Estrella-Delta, protegido por 3 apartarrayos/cortacircuito fusibles y una potencia contratada de 54 kW. El código de acometida es 17106338 correspondiente al NIS 2473912, con un número de medidor 08902453 ACTARIS para cuantificar el consumo de energía eléctrica y tarifa General Mayor **T-2E** Binomia con Medición Horaria Estacional.

8.5. Contratación

La tarifa eléctrica a la cual está sujeta la **FACA** es **T-2E GENERAL MAYOR** Binomia con medición horaria estacional. Dicha tarifa tiene la siguiente descripción:

Tipo de Tarifa	Aplicación	Descripción	Energía C\$/kWh	Potencia C\$/kWh-mes
T-2E GENERAL MAYOR Binomia con medición horaria estacional	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc.)	Verano Punta	11.2712	1,132.7905 707.4456 0.0000 0.000
		Invierno Punta	10.9121	
		Verano Fuera de Punta	7.7887	
		Invierno Fuera de Punta	7.5274	
		Verano Punta		
		Invierno Punta		
		Verano Fuera de Punta		
		Invierno Fuera de Punta		
Compañía suministradora	Distribuidora de Electricidad del Sur S.A.			
Código de cliente	2473912			
Consumo anual (kWh)	275,660.00			
Costo anual (USD)	103,319.06			

Tabla 4. Datos de facturación eléctrica.⁸

Fuente: Elaboración propia.

La tarifa eléctrica que posee la Facultad es del tipo Binomia con medición horaria estacional, registra la demanda de potencia máxima sostenida en intervalos de cada quince minutos, durante todo el mes del período de la factura eléctrica. La máxima demanda de energía al mes (la suma de potencia de todos los equipos eléctricos operando al mismo tiempo), se cobra distintos precios ya que la tarifa es con discriminación horaria.

⁸ Ver pliego tarifario en https://www.ine.gob.ni/2019/12/pliego_Diciembre19_media_tension_i Pliego tarifario aplicado por Disnorte-Dissur para diciembre 2019.

De igual manera en esta tarifa se registra el factor de potencia, parámetro que indica el porcentaje de aprovechamiento de la energía suministrada y la aprovechada para brindar el servicio.

8.6. Consumo eléctrico anual

A continuación, se presenta el consumo de energía eléctrica del período marzo 2019 a febrero 2020:

Mes Facturado	Consumo eléctrico (kWh/mes)	Costo eléctrico (USD/mes)	Costo de la energía promedio (USD/kWh)	Ton CO ₂
abr-19	333,320.00	8,317.80	0.25	17.66
may-19	28,000.00	11,246.04	0.40	14.84
jun-19	21,560.00	9,769.59	0.45	11.43
jul-19	16,380.00	7,143.51	0.44	8.68
ago-19	20,440.00	20,440.00	0.26	10.83
sep-19	20,300.00	7,036.99	0.35	10.76
oct-19	21,700.00	6,371.33	0.32	11.50
nov-19	22,820.00	7,974.49	0.28	12.09
dic-19	15,540.00	7,472.12	0.51	8.24
ene-20	23,100.00	13,472.12	0.58	12.24
feb-20	20,860.00	9,343.16	0.04	11.06
mar-20	31,640.00	8,961.13	0.28	16.77
Total	275,660.00	103,319.06	4.18	146.10
Máximo	333,320.00	13,472.12	0.58	17.66
Promedio	22,971.67	8,507.39	0.38	12.17
Mínimo	15,540.00	5,284.95	0.04	8.24

Tabla 5. Consumo histórico de energía eléctrica marzo 2019 – febrero 2020.

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior brinda el consumo de energía eléctrica en el periodo evaluado, donde se han consumido 275,660 kWh/año, con una generación anual equivalente a 146.10 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂eq).

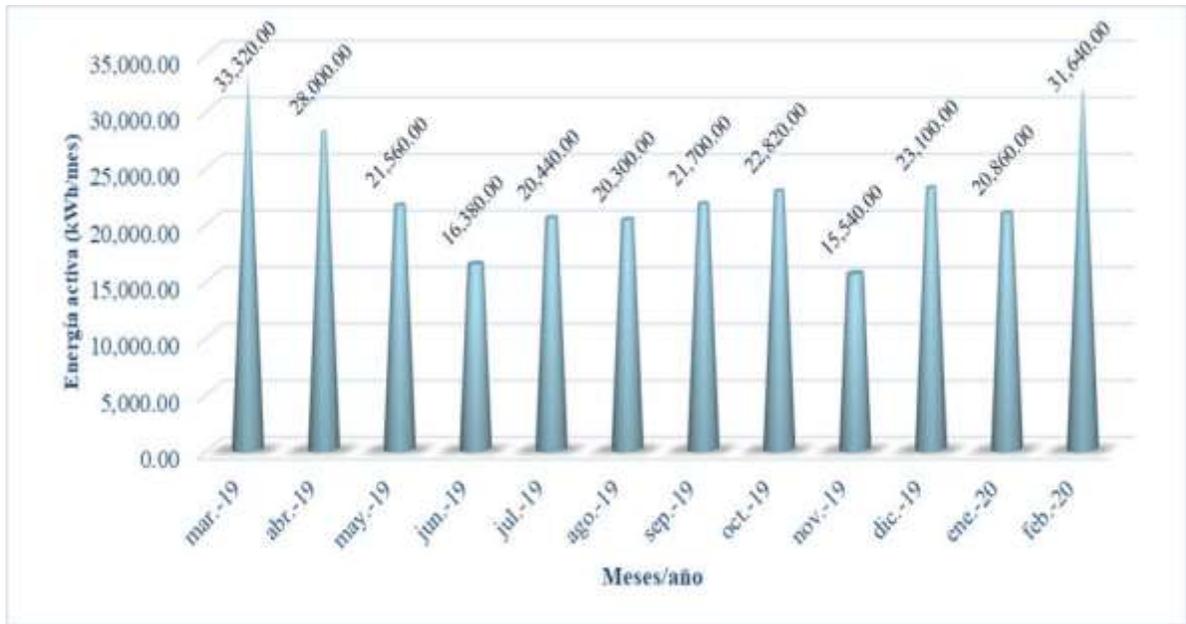


Ilustración 17. Consumo histórico de energía eléctrica marzo 2019 – febrero 2020.

Fuente: Elaboración propia.

Según la ilustración anterior, podemos ver que el mes de marzo del año 2019 presentó el mayor consumo de energía total, con 33,320.00 kWh, mientras que el mes de febrero del siguiente año del 2020 fue de 31,640.00 kWh. El consumo de energía eléctrica en el periodo evaluado es de 275,660.00 kWh/año, con un costo de 103,319.06 dólares.

8.7. Demanda en potencia

La demanda de potencia facturada, es la suma de potencia de cada equipo eléctrico funcionando en un mismo instante de tiempo, donde el medidor eléctrico realiza un censo de carga cada 15 minutos, al final de mes se factura la potencia máxima registrada en ese período. El medidor censa la demanda de potencia para todas las horas durante el día.

La tarifa a la cual está sometida la empresa es Binomial, por lo tanto, tiene gastos por consumo de energía, y por demanda de potencia en diferentes etapas del año. La demanda máxima en el año analizado fue de 70 kW, con una demanda promedio de 58.91 kW y una demanda mínima de 15.4 KW.

Basado en el análisis de las facturas de consumo de energía eléctrica de los meses: marzo 2019 a febrero 2020, se realizó la siguiente ilustración de la demanda de potencia histórica:

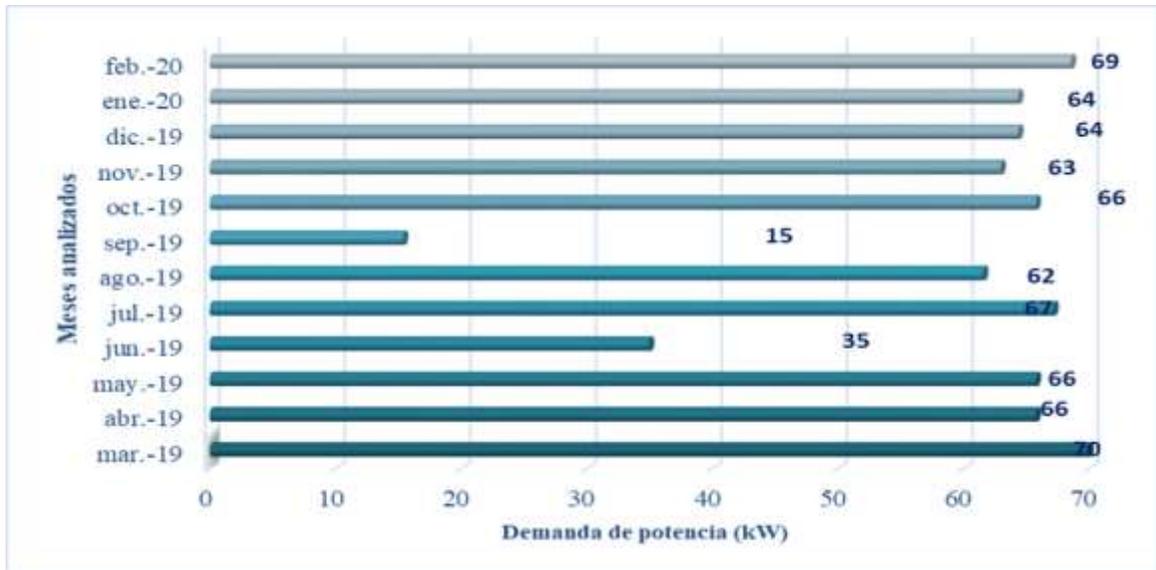


Ilustración 18. Demanda de potencia histórica de abril 2019 – marzo 2020.

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la ilustración anterior, se puede observar que la demanda en punta representa un 33.65% y que la demanda fuera de punta representa 64.5%.

Según la ilustración anterior y el histórico de facturación obtenido de la página web del INE⁹ junto con las facturas proporcionadas por la Facultad, se puede observar que el rubro de consumo energético representa un 98.1% del costo total de la factura eléctrica del año 2019 en análisis y el restante 1.9 % por otros rubros como: regulación INE, comercialización, alumbrado público y cargos varios.

8.8. Factor de potencia

El factor de potencia, mide el aprovechamiento de la energía por los equipos. Si este factor es menor de 0.85, la empresa distribuidora (Disnorte-Dissur)¹⁰ emitirá un recargo o multa por tener un bajo factor de potencia. En la siguiente ilustración, se muestra el comportamiento histórico del factor de potencia para el período en análisis:

⁹ <http://www.ine.gob.ni/>

¹⁰ Distribuidora de electricidad Disnorte-Dissur S.A

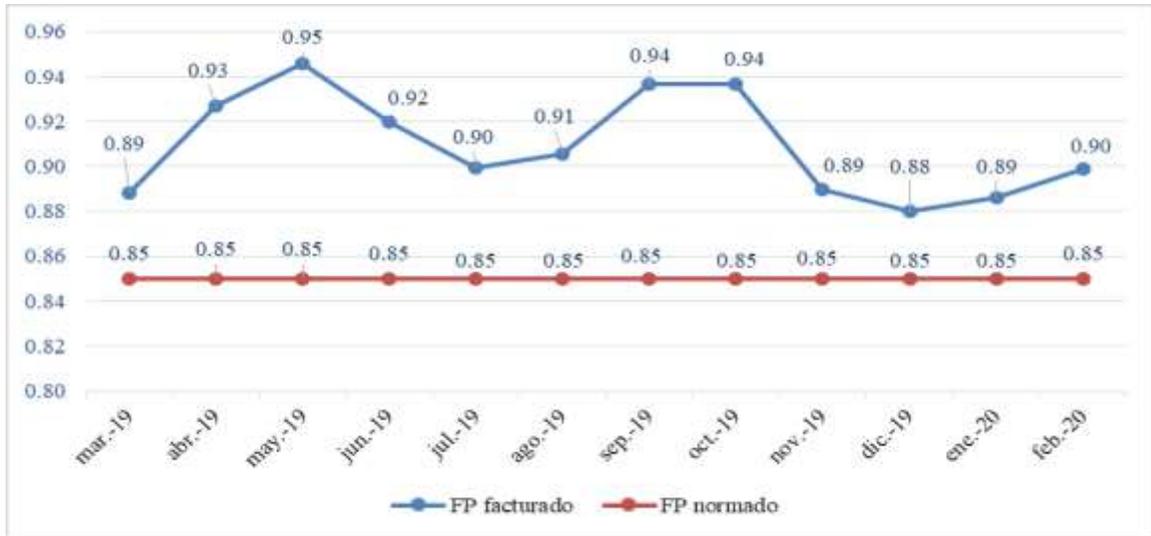


Ilustración 19. Factor de potencia eléctrica facturado marzo 2019 – febrero 2020.

Fuente: Elaboración propia.

Según la ilustración anterior, la facultad nunca ha sido multada por presentar un factor de potencia por debajo del mínimo (0.85) establecido. Esto se debe a que la mayoría de los equipos instalados en la facultad predominan equipos ofimáticos, además que los equipos de fuerza como aire acondicionado y otros del laboratorio poseen sus propios capacitores, que ayudan a mantener el factor de potencia correcto.

Es importante mencionar, que la facultad no cuenta con un banco de compensación para mejorar el factor de potencia y evitar multas que nunca se les ha registrado, sin embargo el factor de potencia para el período de marzo a junio 2019, el mínimo fue de 0.89 y el máximo de 0.95, el resultado de estos valores de factor de potencia están adecuados.

9. Análisis de calidad de energía

9.1. Descripción del análisis.

Descripción general del producto:

El registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735, es utilizado como herramienta para registros de calidad eléctrica, estudios de carga eléctrica y comprobaciones del consumo de energías simplificadas. A continuación, se muestra una ilustración del Fluke 1735:



Ilustración 20. Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735.

Fuente: <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/173>.

El registrador trifásico de datos eléctricos Fluke 1735¹¹ es la herramienta de análisis de energía y calidad eléctrica más versátil y polivalente del mercado por su precio y es ideal para realizar estudios de energía y registros básicos de la calidad de la energía. Configure el registrador en segundos gracias a su pantalla en color y a sus sondas de corriente flexibles. Además, el analizador de calidad eléctrica es capaz de medir la inmensa mayoría de los parámetros de energías eléctricas y armónicas, y de capturar eventos de voltaje.

Aplicaciones más comunes:

- ♦ **Estudios de carga:** verifique la capacidad del sistema eléctrico antes de agregar cargas
- ♦ **Evaluaciones de energía:** calcule el consumo antes y después de las mejoras para justificar los dispositivos de ahorro de energía.
- ♦ **Medidas de los armónicos:** identifique problemas causados por armónicos que puedan dañar o afectar a equipos críticos.

¹¹ <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/1735>

- ♦ **Captura de eventos de voltaje:** supervise las fluctuaciones que provocan falsos reinicios o disparos inesperados del interruptor automático

Se realizó el análisis mediante el uso del equipo FLUKE1735 para identificar los parámetros: corrientes, voltaje, potencia y factor de carga.

El equipo fue colocado en el lado secundario del banco de transformadores de 225 KVA (3X75) que suministran de energía eléctrica a los edificios ya antes descritos en este capítulo; con el fin de conocer las condiciones de operación reales de los equipos.



Ilustración 21. Tensión de alimentación de 13.2 KVA, matrícula 5525_5324.

Potencia instalada de 225 KVA (3 transformadores de 75 KVA). Configuración Estrella-Delta.

Fuente: Elaboración propia.

El desbalance trifásico es el fenómeno en donde las tensiones y ángulos entre fases consecutivas no son iguales. El balance perfecto entre fases es inalcanzable, sin embargo se puede realizar una aproximación dentro de rangos aceptables como el 3% dentro de las instalaciones eléctricas de la industria después del medidor en baja tensión, o 5% incluyendo la acometida y circuitos derivados¹². A continuación, se detalla el comportamiento del voltaje de fases registrado en la alimentación para la medición realizada en el lado secundario del banco de transformador de 3x75 kVA de los dos edificios.

¹² Ver Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN).

9.2. Edificio de medicina veterinaria.

Se realizó el análisis mediante el uso del equipo FLUKE1735 para identificar los parámetros: corrientes, voltaje, potencia y factor de carga. Esto en un periodo del 8 de noviembre al 15 de noviembre del 2019 para el edificio de medicina veterinaria.

El edificio de medicina veterinaria cuenta con un tablero principal Cutler-Hammer de 120/240 voltios tipo PB. El conductor de alimentación derivado del secundario del transformador es 350 Kcmil THWN- AWG (3 fases y 1 neutro). Posee 19 interruptores termomagnéticos y un disyuntor principal de 400 amperios máximo.



Ilustración 22. Tablero principal del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia.

Este tablero tiene una capacidad de cortocircuito de 22,000 amperios; RMS (Corriente de cortocircuito simétrica) simétricas a 240 VCA Max. La capacidad máxima de cortocircuito está limitada por la más baja capacidad interruptiva de cualquier unidad instalada. Los conectores ramales con capacidad para 140 amperios máximos, son adecuados para el conductor cobre y aluminio.

9.2.1. Voltajes de suministro por fases.

Se detalla el comportamiento del voltaje de fases registrado en la alimentación para la medición realizada en el lado secundario del banco de transformador de 3x75 KVA, para el edificio de medicina veterinaria en la siguiente gráfica:

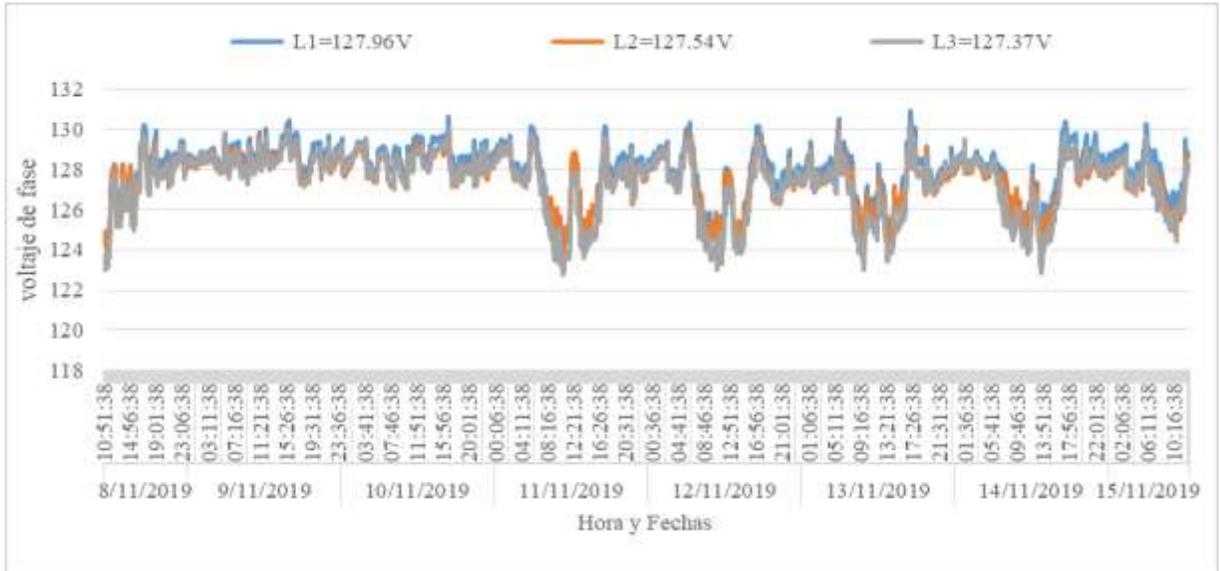


Ilustración 23. Voltajes de suministro por fases del panel principal del edificio de medicina.

Fuente: Elaboración propia.

De la ilustración se obtiene que el porcentaje de desbalance entre cada una de las fases es del 0.2%, de tal manera que dicho valor es excelente para el sistema ya que es mucho menor del 3% aceptable, según los estándares establecidos. Cabe mencionar que según la conexión del alimentador el voltaje en el secundario debería ser de 120 V con una tolerancia de $\pm 10\%$, por lo que los valores máximos y mínimos encontrados rondan entre 120V y 128 V, lo que quiere decir que el valor se encuentra estable dentro del rango nominal del sistema y se considera normal para la operación de los equipos eléctricos alimentados en el edificio.

9.2.2. Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica.

Se estudió la situación de la carga de cada una de las fases que alimentan todos los equipos en las instalaciones del edificio que está alimentada con voltajes de 120/240V, que comprende todas las áreas conectadas al panel. A continuación, se presenta la carga (en Amperios) para cada una de las fases que corresponden al tablero:

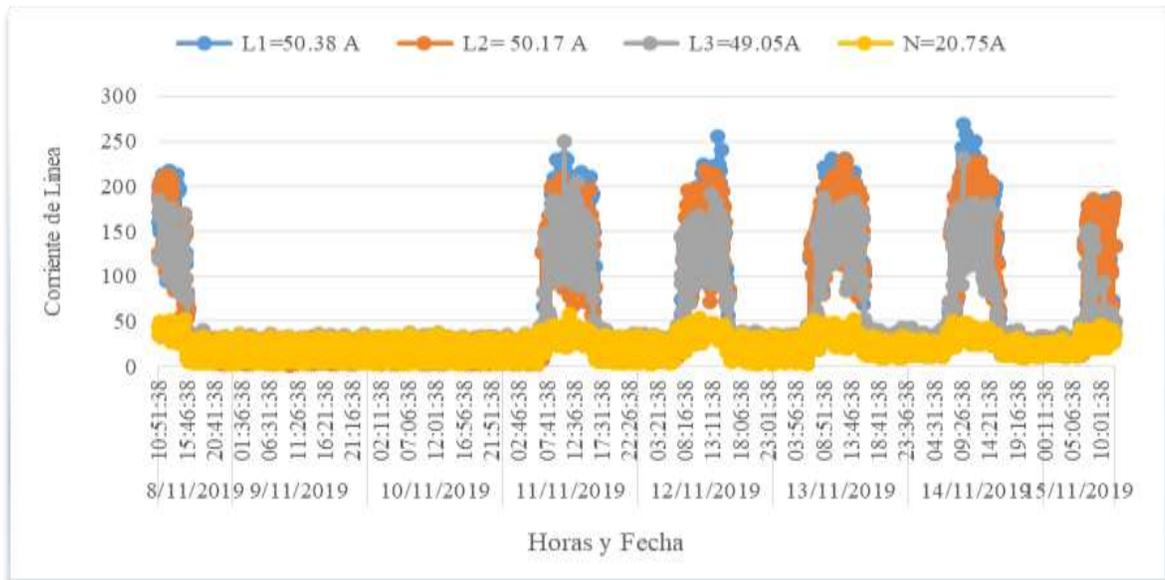


Ilustración 24. Corrientes por fases del panel principal del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de desbalance de corrientes máximos es de 1.06 % entre los valores promedios mínimos y máximos de cada fase registrados durante la medición.

El desequilibrio de corriente no debe exceder de 5% de la carga del factor de servicio o de 10% a plena carga¹³, por tanto, en el edificio de medicina veterinaria existe un correcto balance de corriente, es aceptable según el NEC¹⁴ 2011 y otras normas internacionales como IEC¹⁵.

9.2.3. Análisis del factor de carga.

Las curvas de carga permiten obtener información sobre qué nivel de carga se encuentra una variable a lo largo del tiempo, o de la forma en que evoluciona una variable a lo largo de un periodo definido.

¹³ Ver NEC 2011, Porcentaje de desbalance por corriente.

¹⁴ El National Electrical Code (NEC) o NFPA 70.

¹⁵ La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), también conocida por su sigla en inglés IEC (International Electrotechnical Commission).

Se conectó un contador de energía activa “FLUKE 1735” durante un período de 8 días y 2 horas del 08 noviembre al 15 de noviembre del 2019, la medición engloba todos los equipos involucrados en el edificio de medicina veterinaria.

La siguiente ilustración demuestra los valores máximos, promedios y mínimos con respecto a potencia:

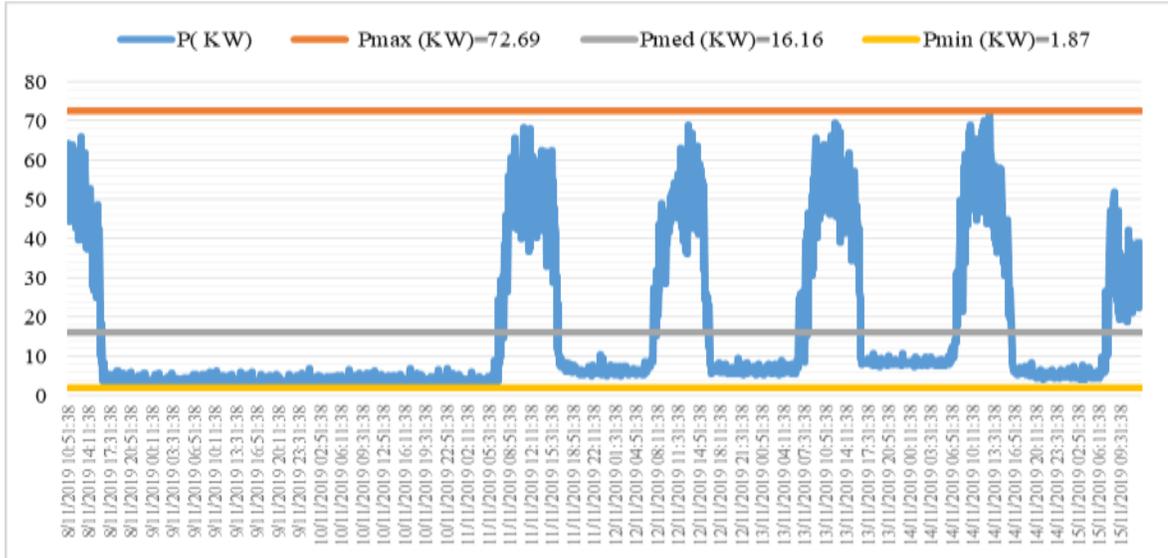


Ilustración 25. Curva de carga del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración anterior, se muestra los resultados reales de la demanda en potencia de los días, en los que se realizó la medición, incluyendo sábado y Domingo, dibujando una **línea azul** que permite comparar esos consumos y determinar el grado de utilización de los equipos. A ese valor se le conoce como **factor de carga**.

De la gráfica se determina que el factor de carga máxima a la que está sometida el banco de transformador se sitúa en 52.6 % que corresponde a las horas de un día normal de clases en la facultad con un horario de 8:00 am a las 5:00 pm. En promedio el resto del tiempo opera a una capacidad del 12.5%. El pico más alto se registró el día 14 con 72.69 KW, con un promedio de 50.99 KW y un consumo mínimo de 1.88 KW.

A continuación, se presenta una tabla resumen de la medición realizada en el panel:

Fecha	Potencia Max (KW)	Potencia Prom (KW)	Potencia Min (KW)
8/11/2019	62.28	20.94	2.09
9/11/2019	6.50	3.39	1.88
10/11/2019	7.04	3.40	1.88
11/11/2019	68.56	20.60	1.94
12/11/2019	69.07	20.20	5.00
13/11/2019	69.75	23.76	5.26
14/11/2019	72.69	22.52	4.11
15/11/2019	52.01	17.04	4.03
Promedio	50.99	16.48	3.27

Tabla 6. Consumos registrados en los días de medición del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla, se detallan el total de días que estuvo instalado el equipo de medición y detalla los picos más altos y bajos de potencia. Puede observarse que el comportamiento del edificio es bastante uniforme a lo largo de la jornada de clases, exceptuando los fines de semana, el cual corresponde a los días 09 y 10 (sábado y domingo), el cual disminuye el consumo del edificio, ya que permanece sin ninguna actividad estudiantil. Durante la semana se mantiene bastante uniforme en la cantidad de energía y demanda de potencia que consumen los equipos eléctricos asociados a todas las actividades dentro del edificio. Y en ocasiones se presentan consumos mayores en horas de la tarde, debido a algunas máquinas que se utilizan en los laboratorios son encendidas por poco tiempo.

9.2.4. Factor de potencia.

La siguiente grafica muestra el comportamiento del factor de potencia, el cual se encuentra dentro del valor normal¹⁶ que establece que el valor mínimo es 0.85, tenemos 3 escenarios: valor máximo de 1, promedio de 0.91 y el mínimo de 0.72.

¹⁶ Instituto Nicaragüense de Electricidad (INE) en <http://ine.gob.ni/>

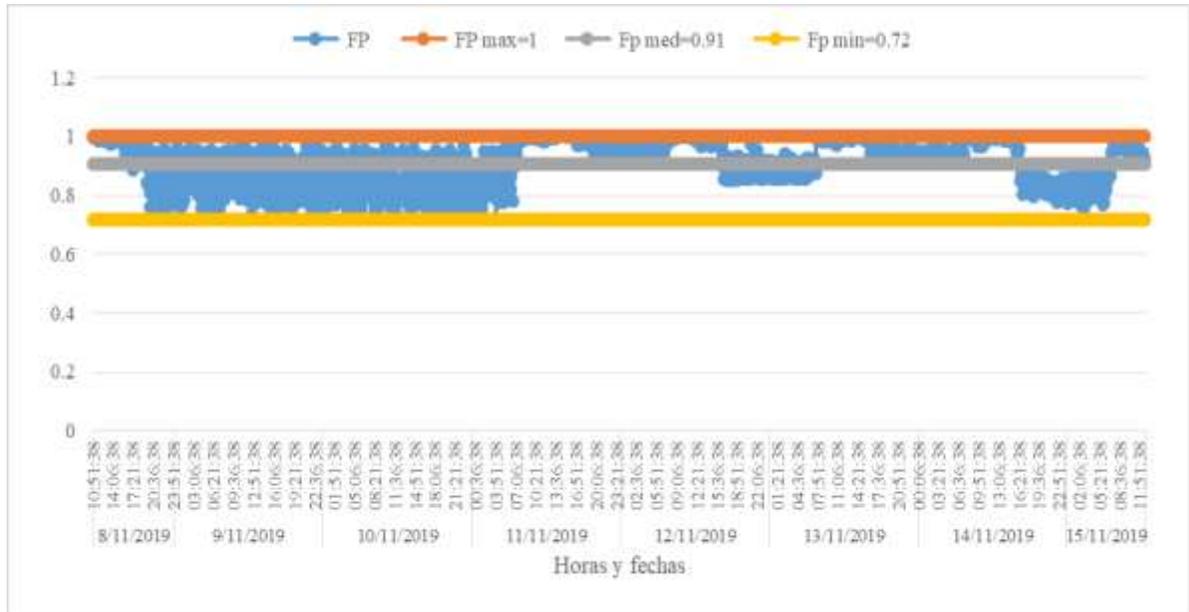


Ilustración 26. Factor de potencia del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, no se hace necesario un banco de compensación, ya que con los pequeños capacitores que traen consigo los equipos de aire acondicionado están trabajando eficientemente.

9.2.5. Armónicos.

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

Tabla 7. Tasa de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador FLUKE 1735.

Fuente: Elaboración propia

THD V L1	THD V L2	THD V L3	Promedio	THD A L1 Med	THD A L2 Med	THD A L3 Med	Promedio
6.5	6.4	4.2	5.7	80	43.9	56.3	60.07
2.43	2.52	2.19	2.38	11.7	7.47	22.72	13.96
0.7	0.7	0.8	0.73	4.2	1.4	6.6	4.07

La tabla anterior, se muestran los valores en porcentaje registrados por el equipo analizador Fluke de la tasa de distorsión armónica de voltaje (THD V) y de la tasa de distorsión armónica de corriente (THD A) por cada una de las líneas del sistema trifásico que alimenta a todos los equipos de la Facultad. Los valores de interés son los valores promedio (en negrita), y con respecto a la THD de voltaje se encuentra dentro del rango aceptable menor al 5% con un promedio global de **2.38%**, lo cual es muy bueno para la onda senoidal de voltaje que suministra energía en su totalidad, este valor está dentro del *rango admisible permitido*¹⁷.

Con respecto a los armónicos de corriente, para cada una de las tres fases están por debajo del 15%, valor que supera el mínimo admisible para realizar inversión en filtros de armónicos¹⁸, registrando un valor de 13.96%, sin embargo según la normativa es mayor del 5% y por lo tanto excede el porcentaje admisible, pero la inversión por esta diferencia solamente se justifica cuando la THDI es mayor o igual al 15%, razón por la cual no se hace necesario instalar filtros para las armónicas que más afectan la onda senoidal de corriente.

Las armónicas presentes en el sistema eléctrico de la empresa son las del orden 5, 7, 9, 11 y 13, sin embargo, las que ocasionan más problemas por ser de mayor magnitud son las armónicas del orden: 3, 5, 7 y 9 según la medición realizada con el equipo analizador de calidad de la energía Fluke 1735.

¹⁷ Según normal IEC-555

¹⁸ Según instituto catalán de energía. Ver en <http://icaen.gencat.cat/es/inici/>

9.2.6. Generalidades de las mediciones.

Consumo de energía.

De las mediciones realizadas al panel, se obtuvo un consumo o demanda de potencia en actividades normales de 16.16 kW o 18.70 KVA, con un factor de potencia de 0.91. Para los fines de semana se obtuvo un consumo de 1.8 KW o 2.29 KVA con un factor de potencia de 0.72. Estos valores de menor demanda corresponden principalmente a los equipos como: servidores de telecomunicaciones, luminarias exteriores en horas de la noche y algunas luminarias interiores. Es importante mencionar que el comportamiento fluctuante de picos, se debe al encendido de las unidades de aire acondicionado y otros equipos de laboratorios.

9.2.7. Contabilidad energética.

Balance energía eléctrica del edificio de medicina veterinaria por usos energéticos.

Durante el periodo de medición se obtuvo un consumo promedio de **597 Kilovatio hora/día**, para un mes típico con este comportamiento de **17,910 kilovatio hora/mes** de energía eléctrica.

En la ilustración a continuación, se presenta el balance de energía por consumidor energético:

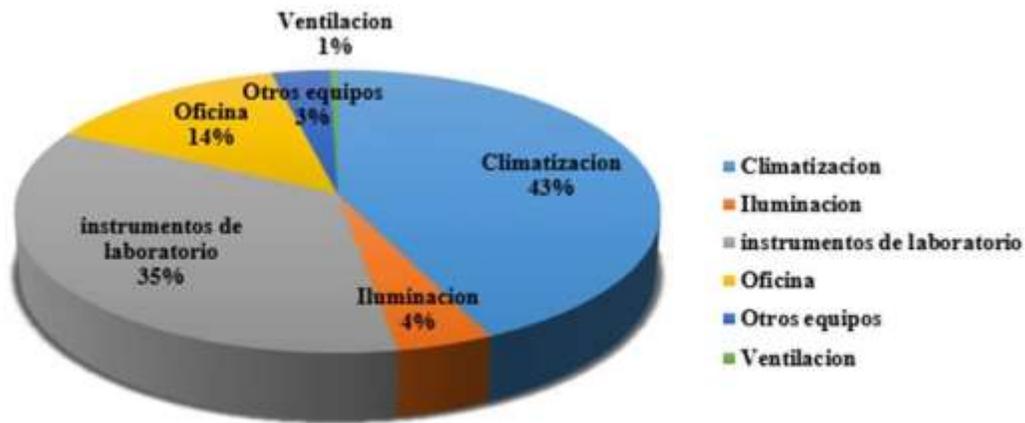


Ilustración 27. Gráfico dinámico de usos energéticos del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia.

Basados en el uso energético el principal consumidor son los equipos de climatización con un 43%, los instrumentos de laboratorio representan un 35%, los equipos ofimáticos representan 14%, la iluminación representa un 4%, otros equipos de consumo eléctrico representan un 3% y la ventilación apenas representan el 1.00%.

9.3. Edificio de salón de clases.

Se realizó el análisis mediante el uso del equipo FLUKE1735¹⁹ para identificar los parámetros: corrientes, voltaje, potencia y factor de carga. Esto en un periodo del 15 de noviembre al 19 de noviembre del 2019 para el edificio de clases.

El edificio de salón de clases se realizó el mismo procedimiento, con un total de 4 días y 2 horas de medición, del periodo comprendido del 15 al 19 del noviembre 2019, dicho edificio opera de 7:00 am hasta las 5:00 pm en un día normal de clases, importante mencionar que en la medición de este panel se tomaron dos días en los cuales la facultad no opera normal, es decir sábado y domingo.



Ilustración 28. Tablero principal del edificio de salón de clases.

Fuente: Elaboración propia

¹⁹ <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/1735>

EL edificio cuenta con un tablero principal Cutler-Hammer de 120/240 voltios tipo PB. El conductor de alimentación derivado del secundario del transformador es 3/0 Cu-THWN-AWG (3 fases y 1 neutro). Posee 29 interruptores termomagnéticos y un disyuntor principal de 125 amperios máximo. Este tablero tiene una capacidad de cortocircuito de 10,000 amperios RMS (Corriente de cortocircuito simétrica) a 240 VCA Max. La capacidad máxima de cortocircuito está limitada por la más baja capacidad interruptiva de cualquier unidad instalada. Los conectores ramales con capacidad para 75 amperios máximos, son adecuados para el conductor cobre y aluminio.

9.3.1. Voltajes de suministro por fases.

Se detallan los resultados obtenidos de las mediciones, con sus respectivas gráficas y valores para el edificio de clases en la siguiente gráfica:

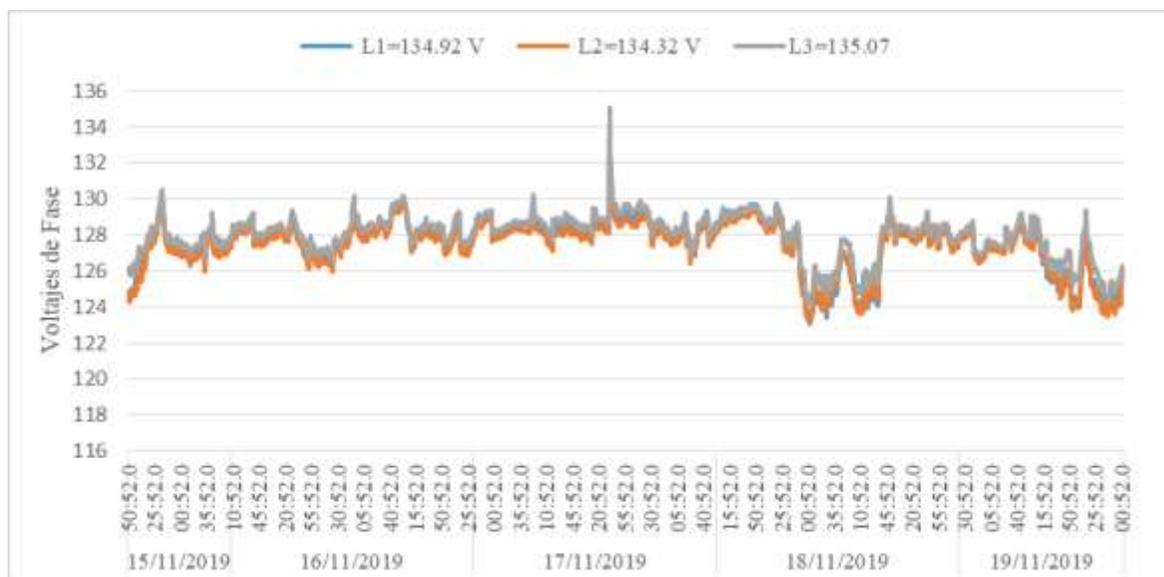


Ilustración 29. Voltajes por fases de panel principal del edificio de clases..

Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica se determina que el porcentaje de desbalance por fase es del 0.1%, por lo tanto, el balance es correcto para el sistema, ya que está por debajo del porcentaje permitido ²⁰que

²⁰ Ver Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua (CIEN).

es del 3%. Cabe mencionar que según la conexión del alimentador el voltaje en el secundario debería ser de 120 V con una tolerancia de $\pm 10\%$, por lo que los valores máximos y mínimos encontrados rondan entre 120V y 132 V, los valores se encuentra al máximo del rango nominal y se considera que se debe revisar el selector o TAP del transformador para regular el voltaje de operación según las normas establecidas.

9.3.2. Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica.

Se estudió la situación de la carga de cada una de las fases que alimentan todos los equipos en las instalaciones de la empresa que trabajan con voltajes de 120/240V, que comprende todas las áreas del edificio conectadas al panel. A continuación, se presenta la carga (en Amperios) para cada una de las fases que corresponden al tablero:

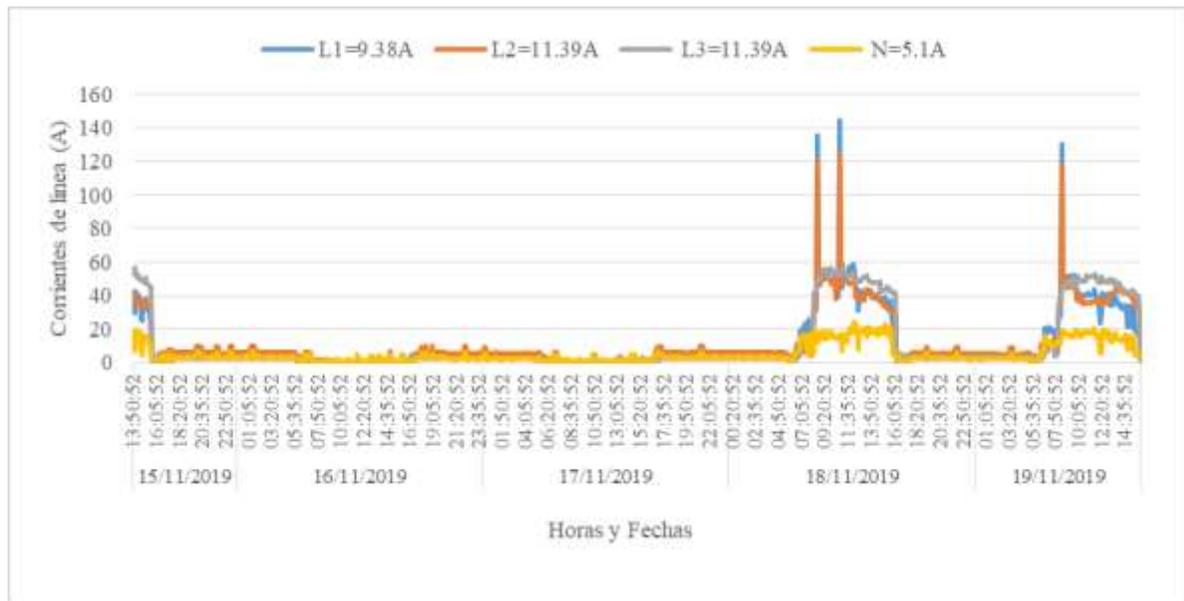


Ilustración 30. Corrientes por fases del panel principal del edificio de clases.

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de desbalance de corriente máximo es de 1.06 % entre los valores promedios ²¹mínimos y máximos de cada fase registrados durante la medición, el sistema no excede los valores permitidos del 5%.

²¹ NEC 2011, Porcentaje de desbalance por corriente.

El desequilibrio de corriente no debe exceder de 5% de la carga del factor de servicio o de 10% a plena carga, por tanto, en el edificio de medicina veterinaria existe un correcto balance de corriente, es aceptable según el NEC²² 2011 y otras normas internacionales como IEC²³.

9.3.3. Análisis del factor de carga.

Se conectó un contador de energía activa “FLUKE 1735” con un total de 4 días y 2 horas de medición, del periodo comprendido del 15 al 19, los días 16 y 17 fueron días sábado y domingo, por lo cual se registraron consumos mínimos.

La siguiente ilustración demuestra los valores máximos, promedios y mínimos con respecto a potencia:

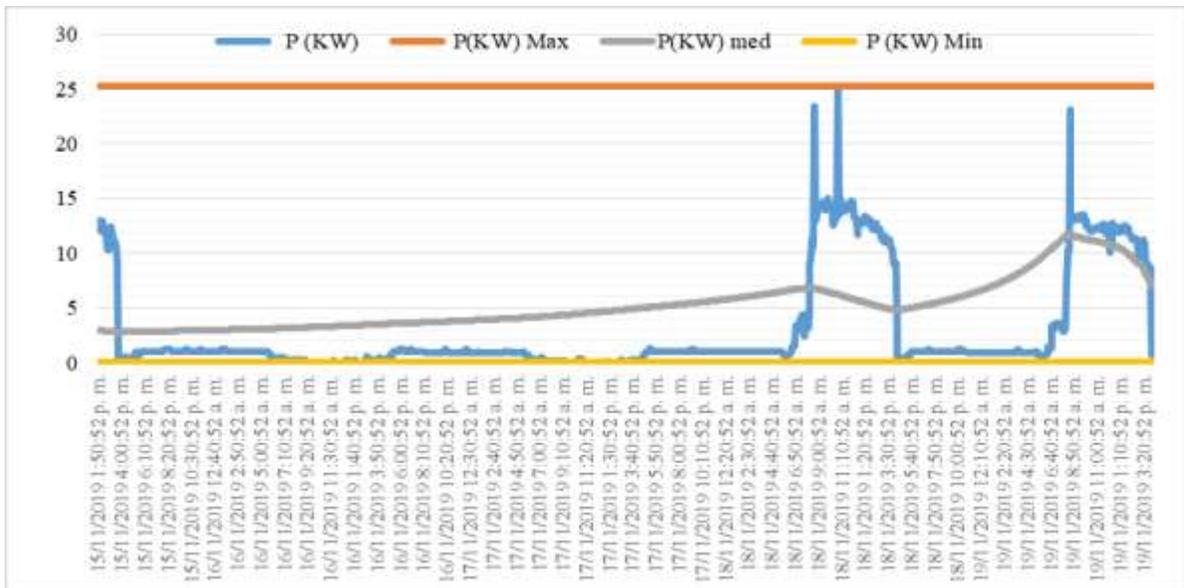


Ilustración 31. Curva de carga del edificio de salón de clases.

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración anterior, se muestra el resultado real que el equipo de medida ha indicado a diferentes consumos durante los días típicos en los que se realizó la medición, incluyendo un sábado y domingo de un fin de semana, dibujando una línea azul que permite comparar

²² El National Electrical Code (NEC) o NFPA 70.

²³ La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), también conocida por su sigla en inglés IEC (International Electrotechnical Commission).

esos consumos y determinar el grado de utilización del equipo. A ese valor se le conoce como factor de carga.

De la gráfica se determina que el factor de carga máxima a la que está sometida el banco de transformador se sitúa en 26.6 % que corresponde a las horas de un día normal de clases en la facultad con un horario de 8:00 am a las 5:00 pm. En promedio el resto del tiempo, opera cuando no hay actividades a un 2.6% lo que afecta la eficiencia total del banco de transformadores.

A continuación, se presenta una tabla resumen de la medición realizada en el panel:

Tabla 8. Consumos registrados en los días de medición del edificio de clases.

Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Potencia Max (KW)	Potencia Prom (KW)	Potencia Min (KW)
15/11/2019	13.025	2.863	0.216
16/11/2019	1.267	0.641	0.075
17/11/2019	1.305	0.630	0.630
18/11/2019	25.304	5.184	0.216
19/11/2019	23.071	6.509	0.364
Total	63.97	15.83	1.50

En la tabla, se detallan el total de días que estuvo instalado el equipo de medición y sus respectivos picos más altos y bajos, el máximo valor de potencia se realizó el día 18 con 25.30 KW, seguido del día 19 con un valor de 23.07 KW. Los días 16 y 17, corresponden a sábado y domingos el edificio permanece sin ninguna actividad estudiantil por ende los valores 1.26 KW y 1.30 KW representan la baja demanda sin actividades.

De las anteriores estancias de tiempo, puede observarse que el comportamiento del edificio es bastante uniforme a lo largo de los días, exceptuando los fines de semana, debido a que está ligado a la baja actividad, lo que causa un menor consumo, aunque durante la semana se mantiene bastante uniforme en la cantidad de energía y demanda de potencia que consumen los equipos eléctricos asociados a todas las actividades dentro del edificio. Y en ocasiones se presentan consumos mayores en horas de la tarde, debido a los auditorios climatizados se enciende para sesiones de clases.

9.3.4. Factor de potencia.

La grafica anterior muestra el comportamiento del factor de potencia²⁴, con un factor de potencia promedio de 0.75, la casuística de estos resultados derivan del tiempo de medición, en los cuales los días sábados y domingos fueron donde más bajo se reflejó.

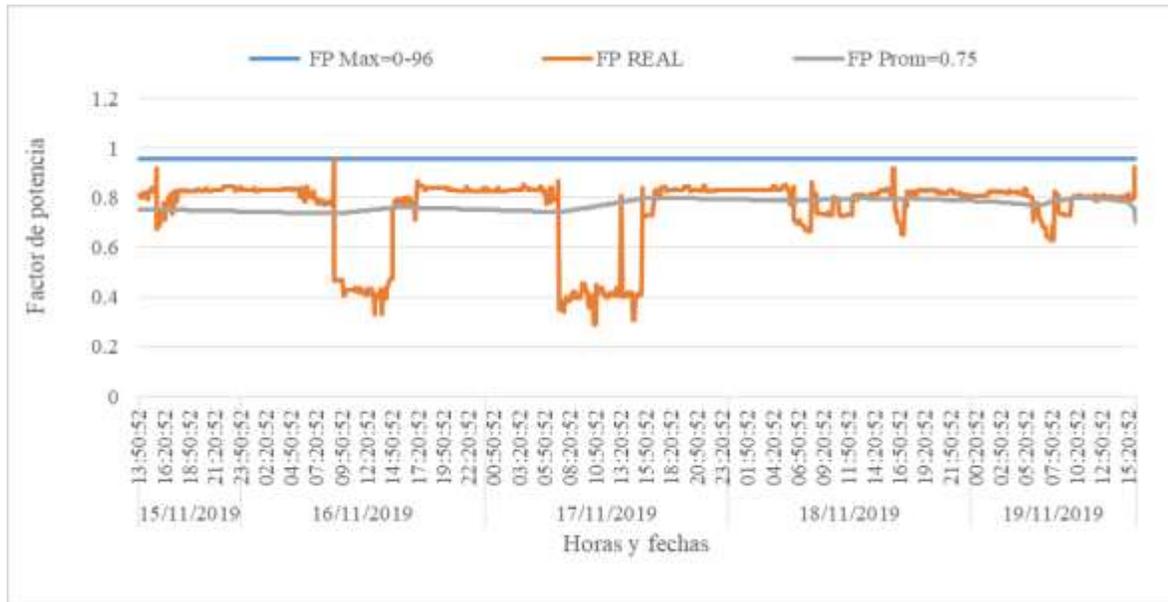


Ilustración 32. Factor de potencia del edificio de clases.

Fuente: Elaboración propia

9.3.5. Armónicos.

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

²⁴ Instituto Nicaragüense de Electricidad (INE) en <http://ine.gob.ni/>

Tabla 9. Tasas de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador FLUKE 1735.

Fuente: Elaboración Propia

THD V L1	THD V L2	THD V L3	Promedio	THD A L1 Med	THD A L2 Med	THD A L3 Med	Promedio
99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
2.29	2.64	2.51	2.48	47.01	15.22	9.18	23.8
0.8	0.7	0.7	0.73	10.4	3.6	4.2	6.07

En la tabla anterior, se muestran los valores en porcentaje registrados por el equipo analizador Fluke de la tasa de distorsión armónica de voltaje (THD V) y de la tasa de distorsión armónica de corriente (THD A) por cada una de las líneas del sistema trifásico que alimenta a todos los equipos de la empresa. Los valores de interés son los valores promedio (en negrita), y con respecto a la THD de voltaje se encuentra dentro del rango aceptable menor al 5% con un promedio global de **2.48%**, lo cual es muy bueno para la onda senoidal de voltaje que suministra energía en su totalidad, este valor está dentro del *rango admisible permitido*²⁵.

Con respecto a los armónicos²⁶ de corriente, para cada una de las tres fases están por encima del 15%, valor mínimo admisible para realizar inversión en filtros de armónicos, registrando un valor de **23.8%**, sin embargo según la normativa es mayor del 5% y por lo tanto excede el porcentaje admisible, por lo tanto la inversión de adquirir el filtro de armónicos en este panel por esta diferencia solamente se justifica cuando la THDI es mayor o igual al 15%, razón por la cual se hace necesario instalar filtros para las armónicas que más afectan la onda senoidal de corriente.

Las armónicas presentes en el sistema eléctrico de la empresa son las del orden 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 y 21 sin embargo las que ocasionan más problemas por ser de mayor magnitud

²⁵ Según normal IEC-555

²⁶ Según instituto catalán de energía, ver en <http://icaen.gencat.cat/es/inici/>

son las armónicas del orden: 3, 5, 7, 9 y 11, según la medición realizada con el equipo analizador de calidad de la energía Fluke 1735.

9.3.6. Generalidades de las mediciones.

Consumo de energía.

De las mediciones realizadas al panel, se obtuvo como consumo o demanda de potencia en actividades normales de 2.94 KW o 3.94 KVA, con un factor de potencia de 0.75. Para los fines de semana (sábados y domingos), el consumo base es de 0.08kW o 0.18 kVA. Estos valores corresponden principalmente a los equipos de consumo como servidores de telecomunicaciones, luminarias exteriores en horas de la noche y algunas luminarias interiores. Es importante mencionar que el comportamiento fluctuante de picos, se debe al encendido de las unidades de aire acondicionados.

9.3.7. Contabilidad Energética.

Balance de energía eléctrica por áreas y por usos energéticos

Durante el periodo de medición se obtuvo un consumo promedio de **79 kilovatio hora/día**, para un mes típico con este comportamiento de **2370 kilovatio hora/mes** de energía eléctrica.

En la ilustración a continuación, se presenta el balance de energía por consumidor energético:

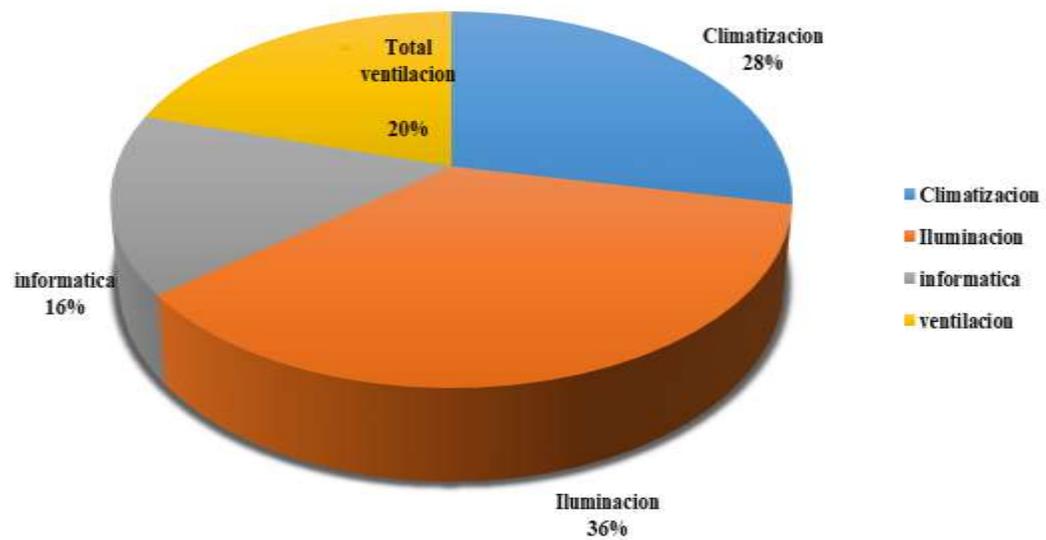


Ilustración 33. Gráfico dinámico de usos energéticos del edificio de clases.

Fuente: Elaboración Propia.

Basados en el uso energético²⁷ el principal consumidor son los equipos de iluminación, que representan un 36%, con los equipos de climatización representan un 28%, los equipos ofimáticos representan 16%, los otros equipos de ventilación representan 20%.

10. Diagrama o Esquema Unifilar.

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica.

El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos, ya que se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores. Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol.

²⁷ El consumo como tal, muestra equipos que no están dentro del censo del edificio, que normalmente se utilizan como: cargadores de celulares, laptops, que pertenecen a las personas que circulan y además se incluyen las pérdidas de energía en el cableado eléctrico, que para este caso es de aproximadamente 5% del consumo total de la Facultad (se contemplan las pérdidas del banco de transformadores y del cableado Eléctrico en su totalidad).

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

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

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

➤ **Consideraciones generales**

En resumen, las instalaciones de los edificios cuentan con una subestación eléctrica que posee voltaje de 120/240V con el objetivo de alimentar las cargas monofásicas (equipos ofimáticos y aires acondicionados, entre otros).

En general las condiciones del sistema eléctrico, desde los subpaneles a las cargas como luminarias, aires acondicionados, equipos ofimáticos y ventilación se encuentran en buenas condiciones desde el punto de vista de mantenimiento.

10.1. Diagrama unifilar de los edificios: medicina veterinaria y salón de clases. (Ver en Anexo)

10.2. Memoria de cálculos eléctricos.

a. Cálculo de la corriente de línea.

De igual manera la corriente de línea (IL) del circuito derivado (CD) se calculó de la siguiente:

➤ Edificio de medicina veterinaria:

$$\text{En donde: } I_L = \frac{PI}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \sigma} = \frac{119.267}{\sqrt{3} \cdot 127 \cdot 0.91} = 595.81 \text{ A}$$

- ♦ I_L = Corriente de línea (Amperios).
- ♦ PI = Potencia instalada (watts).
- ♦ V = Voltaje entre fase y neutro (volt).

➤ Edificio de salón de clases:

$$\text{En donde: } I_L = \frac{PI}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \sigma} = \frac{19,419.42}{\sqrt{3} \cdot 134 \cdot 0.85} = 98.45 \text{ A}$$

- ♦ I_L = Corriente de línea (Amperios).
- ♦ PI = Potencia instalada (watts).
- ♦ V = Voltaje entre fase y neutro (volt).
- ♦ $\text{Cos}\phi$ = Factor de potencia.

b. Cálculo de la corriente nominal.

Para efectos de selección de materiales se calculó la corriente de línea nominal, esta se usa para garantizar que en cualquier situación los conductores seleccionados mantengan una capacidad mínima de reserva de un 25%.

➤ Edificio de medicina veterinaria:

$$\text{En donde: } = I_L \cdot 1.25 = 121.26 \cdot 1.25 = 698.59 \text{ A}$$

- ♦ I_n = Corriente de línea nominal (Amperios).
- ♦ I_L = Corriente de línea (Amperios).
- ♦ 1.25 = Factor de reserva.

➤ **Edificio de salón de clases:**

En donde: $= I_L * 1.25 = 98,45 * 1.25 = \mathbf{123.06 A}$

- ♦ I_n = Corriente de línea nominal (Amperios).
- ♦ I_L = Corriente de línea (Amperios).
- ♦ 1.25 = Factor de reserva.

c. Cálculo de la caída de tensión.

Considerando que las normas NEC²⁸ 210, 215, 220, 230 y 250 así como 300, 310, 324 y 336, estipulan una caída de tensión igual o menor al 3% entre línea y neutro, se hace necesario verificar si los conductores seleccionados cumplen con esta condición, por esta razón comprobó la caída de tensión a través de la formula siguiente:

➤ **Edificio de medicina veterinaria:**

En donde: $\Delta V = \frac{L \cdot I_n}{A \cdot H} = \frac{40 \cdot 698.59}{177.3 \cdot 56} = \mathbf{2.81\%}$

- ♦ ΔV = Caída de tensión. (%).
- ♦ L = Longitud del circuito en un sentido (m).
- ♦ I_n = Corriente de línea nominal (Amperios).
- ♦ A = Superficie de la sección del conductor (mm²).
- ♦ H = Coeficiente de conductividad (cobre 56 SM/ mm²).

➤ **Edificio de salón de clases:**

En donde: $\Delta V = \frac{L \cdot I_n}{A \cdot H} = \frac{40 \cdot 123.06}{85.01 \cdot 56} = \mathbf{1.03\%}$

- ♦ ΔV = Caída de tensión. (%).
- ♦ L = Longitud del circuito en un sentido (m).

²⁸ National Electrical Code, Ver en: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list->

- ♦ I_n = Corriente de línea nominal (Amperios).
- ♦ A = Superficie de la sección del conductor (mm^2).
- ♦ H = Coeficiente de conductividad (cobre 56 SM/ mm^2).

Los dispositivos instalados en los dos edificios suman actualmente, según el censo de carga suman una potencia instalada de 131.28 kW, este circuito trabaja con un voltaje monofásico de 120/240V.

11. Medición de resistencia de tierra.

11.1. Descripción general del producto.

El comprobador de puesta a tierra FLUKE 1623 ²⁹GEO de Fluke ofrece almacenamiento de datos y capacidades de descarga mediante un puerto USB. Los accesorios de clase mundial simplificarán y acelerarán el tiempo de prueba.



Ilustración 34. Kit del comprobador de puesta a tierra 1623-2 GEO de Fluke.

²⁹ Ver <https://www.fluke.com/es-mx/producto/comprobacion-electrica/conexion-a-tierra/fluke-1623-2-kit>

Actividades que puede realizar:

- Prueba de bucle de resistencia de tierra con el método de caída de potencial de 3 y 4 hilos.
- Medición de la resistividad de suelos de 4 hilos.
- Medición de resistencia de tierra de varilla selectiva con 1 pinza.
- Medición de resistencia de tierra de varilla sin picas con 2 pinzas.
- Con clasificación IP56 para uso en exteriores.
- Transferencia y almacenamiento de datos a través de USB.

Además, el comprobador es muy fácil de usar. Para cada medición, el comprobador le indica qué picas o pinzas se necesitan conectar y el interruptor giratorio se puede utilizar incluso con guantes.

11.2. Generalidades de los sistemas de puesta a tierra.

¿Por qué realizar una puesta a tierra?

Una puesta a tierra deficiente no solo contribuye al aumento de los tiempos de inactividad innecesarios, si no que su inexistencia es, además, peligrosa y aumenta el riesgo de fallas en los equipos. Sin un sistema de puesta a tierra eficaz, podríamos vernos expuestos a riesgos de descargas eléctricas, además de errores de instrumentación, problemas de distorsión de armónicas, problemas de factores de potencia y un sinnúmero de dilemas intermitentes. Si las corrientes de falla no cuentan con un sistema de puesta a tierra con el diseño adecuado y mantenido de manera acorde, encontrarán caminos no intencionados que podrían incluir a las personas. Las siguientes organizaciones cuentan con recomendaciones o normas para la realización de una puesta a tierra a fin de garantizar la seguridad:

- OSHA (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional)
- NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)
- ANSI/ISA (Instituto Nacional de Normas norteamericanas y Sociedad de Instrumentos de Norteamérica)
- TIA (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones)

- IEC (Comisión Electrotécnica Internacional)
- CENELEC (Comité Europeo para la Estandarización Electrotécnica)
- IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

Sin embargo, una buena puesta a tierra no solo sirve para la seguridad, sino que también se utiliza para evitar daños a plantas y equipos industriales. Un buen sistema de puesta a tierra mejorará la fiabilidad del equipo y reducirá la probabilidad de sufrir daños debidos a rayos o corrientes de fallas. Se pierden miles de millones de dólares cada año en el lugar de trabajo como consecuencia de incendios eléctricos. Y esta cifra ni siquiera incluye los costos relacionados de litigios, y la pérdida de la productividad personal y corporativa.

11.3. Métodos de medición usados en el presente estudio.

La puesta a tierra, o conexión de partes conductoras expuestas a masa en caso de avería, representa la medida de seguridad más esencial. Existen una serie de requisitos para la conexión a tierra de transformadores, torres de alimentación de alto y medio voltaje, vías de ferrocarriles, depósitos, cubas, cimientos y sistemas de protección de alumbrado. Para realizar estas mediciones en la subestación eléctrica de los dos edificios se utilizó un Comprobador de masa/tierra Fluke 1623.

La resistencia de la conexión a masa se determina mediante la medición de la corriente y el voltaje de 3 y 4 polos. El voltaje de medición es un voltaje de CA de impulso cuadrado con 20 V y una frecuencia de 94, 105, 111, 128 o 128 Hz. Según el CIEN³⁰ y NEC 2011 ³¹la resistencia de tierra física para instalaciones residenciales, comerciales e industriales no debe exceder de 10 Ω para garantizar la seguridad de las personas y de los equipos dentro de la instalación.

³⁰ Tabla 250 del Código de Instalaciones Eléctricas

³¹ Ver artículo 250 Grounding and Bonding National Electrical Code.

Se realizaron dos tipos de mediciones de puesta a tierra:

1. **Resistividad del terreno (Con picas):** En un caso del mejoramiento del contacto de las varillas de puesta a tierra a comprobarse mediante la comprobación sin picas.
2. **Comprobación sin picas:** El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de puesta a tierra en la varilla de comprobación de puesta a tierra.

Por cada uno de los métodos de medición para cada panel se realizaron tres mediciones variando la posición de las picas y de las sondas para obtener valores más exactos de puesta a tierra en cada medición tomándose al final la medición promedio de cada punto de medición.

11.4. Panel principal de edificio de medicina veterinaria.

A continuación, se muestra la medición para panel principal:



Ilustración 35. Medición del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración Propia.

Según la ilustración puede verse que el equipo registró una resistividad del terreno donde se encuentran ubicadas las picas de puesta a tierra del sistema eléctrico de 782Ω , el valor obtenido es superior al normado de 10Ω según las normas citadas anteriormente, es por

ello que se debe hacer una revisión en cuando antes ya que corrientes de fallo si no cuentan con una ruta a tierra a través de un sistema de conexión a tierra diseñado y mantenido de la forma apropiada, podrían encontrar rutas no deseadas que podrían terminar dañando a las personas y/o sus bienes. Es por ello que siempre se debe tener presente que el principal objetivo de una buena puesta a tierra es la seguridad de las personas, pero también el evitar daños en equipos y artefactos.

Según los resultados de la Comprobación sin picas se obtuvo una Resistencia de puesta a tierra de la malla de tierra del panel principal de ésta subestación de 30.7Ω , lo cual se considera un valor no adecuado de resistencia de puesta a tierra del sistema eléctrico de la subestación de la facultad. Por ello que se debe hacer una revisión en cuando antes, ya que, si no cuentan con un sistema de conexión a tierra diseñado y mantenido de la forma apropiada, podrían encontrar rutas no deseadas que podrían terminar dañando a las personas y/o sus bienes. Es por ello que siempre se debe tener presente que el principal objetivo de una buena puesta a tierra es la seguridad de las personas, pero también el evitar daños en equipos y artefactos.



Ilustración 36. Medición del edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración propia.

11.5. Panel principal de edificio de clases.

A continuación, se muestra la medición para panel principal:



Ilustración 37. Medición del edificio del salón de clases.

Fuente: Elaboración Propia.

Según la ilustración puede verse que el equipo registró una resistividad del terreno donde se encuentran ubicadas las picas de puesta a tierra del sistema eléctrico de 1468Ω , el valor obtenido es sumamente superior al normado de $10\ \Omega$ según las normas citadas anteriormente, por lo que se recomienda hacer una revisión al sistema para evitar fallos o daños colaterales.

Según los resultados de la Comprobación sin picas se obtuvo una Resistencia de puesta a tierra de la malla de tierra del panel principal de ésta subestación de 10.54Ω , lo cual se considera un valor no adecuado de resistencia de puesta a tierra del sistema eléctrico de la subestación de la empresa.



Ilustración 38. Medición del edificio del salón de clases.

Fuente: Elaboración Propia.

11.6. Resumen de las mediciones.

Basados en las mediciones realizadas con el equipo de puesta a tierra Fluke 1623, se obtuvieron los siguientes resultados:

Ubicación	Resistividad del terreno sin picas (Ω)	Resistividad del terreno con picas (Ω)
Edificio de medicina veterinaria	30.7	782
Edificio de clases	10.54	1468

Tabla 10. Resumen de las mediciones de Resistencia y Resistividad.

Fuente: Elaboración Propia.

Se debe realizar una revisión periódica de la resistencia³² del sistema eléctrico de los paneles principales de cada edificio, para garantizar la seguridad de los equipos y de las personas que transcurren en las instalaciones, y además para mejorar la conductividad del sistema de puesta a tierra. (Ver mejoras en Anexos B.)

³² Ver en Recomendaciones Anexo B

Capítulo IV.

12. Dimensionamiento del Sistema solar fotovoltaico de inyección directa.

La metodología de dimensionamiento del sistema, estudiara el procedimiento para determinar las características que debe poseer el sistema fotovoltaico, con el objetivo de optimizar al máximo la energía solar, utilizando métodos de cálculo que se describirán a lo largo de este capítulo.

- ♦ Irradiación total sobre el panel.
- ♦ Angulo de inclinación.
- ♦ Horas sol pico.
- ♦ Selección de módulos fotovoltaicos
- ♦ Cantidad de módulos fotovoltaicos.
- ♦ Selección del inversor fotovoltaico.

A continuación, se detallan los parámetros para el dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos, de acuerdo a las características propias del sitio en estudio:

12.1. Calculo del parque.

12.1.1. Irradiación Total:

La geometría que describe la trayectoria del sol a lo largo de un año debido a su movimiento de traslación y rotación define la cantidad de radiación que llega a una superficie en determinada coordenada geográfica, por tanto, la irradiación total en una superficie inclinada, las horas sol pico y su procedimiento de cálculo se explican a continuación:

12.1.2. Ángulo de Inclinación:

El ángulo de inclinación es muy importante, regularmente se utiliza de 10°- 15°, esto con el objetivo de lograr mejor y mayor rendimiento de energía proveniente del sol.

12.1.3. Orientación:

La orientación más adecuada será colocando los módulos hacia el sur geográfico. Para determinar de forma exacta esta posición se puede utilizar una brújula o bien determinar según la hora del día, ya que el sur corresponde con las 12 del mediodía hora solar.

12.1.4. Angulo de Salida del Sol sobre un Plano Inclinado:

Se calcula mediante la expresión:

$$\omega_{ss} = \max \{ \omega_s, -\arccos [-\tan (\delta) \cdot \tan (\phi - \beta)] \} = -90.32^\circ$$

Dónde:

ω_{ss} : Angulo de salida del sol sobre un plano inclinado ($^\circ$)

ω_s : Angulo de salida del sol ($^\circ$)

δ : Declinación del lugar

ϕ : Latitud del lugar

β : Inclinação del plano (Panel) respecto a una superficie horizontal ($^\circ$)

12.1.5. Radiación directa sobre el panel:

El cálculo se realiza mediante la ecuación:

$$H_{(\beta, \alpha)} = H \cdot k = \cdot 1.00 = 4925.56 \text{ Wh/m}^2$$

Dónde:

$H_{(\beta, \alpha)}$: Radiación directa con longitud β y latitud α .

H : Radiación que llega al plano inclinado.

k : Factor de Corrección.

12.1.6. Radiación difusa sobre el panel:

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$D(\beta, \alpha) = D(d, m) \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right) = 4830.88 \text{ W/m}^2$$

12.1.7. Radiación Albeldo sobre el panel Inclinado:

Se calcula mediante la expresión:

$$AL_{(\beta, \alpha)} = \frac{\rho \cdot G_{(d, n)} \cdot (1 - \cos(\beta))}{2} = 8.56 \text{ Wh/m}^2$$

Dónde:

β : ángulo de inclinación del techo

$D(d, m)$: Radiación Difusa

12.1.8. Radiación Total sobre el Panel Inclinado:

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$G(\beta, \alpha) = H_{\beta}(\alpha) + D(\beta, \alpha) + AL(\beta, \alpha) = 6515.208 \text{ Wh/m}^2$$

12.1.9. Hora Solar Pico:

Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$HSP(h) = \frac{G(\beta, \alpha) \cdot \text{m}^2 \cdot \text{dia}}{1 \frac{\text{kWh}}{2} \cdot \text{dia}} = 5.04 \text{ horas}$$

12.1.10. Potencia del Edificio de medicina veterinaria:

45 kW efectivos + 15% de pérdidas: 52 kW

12.1.11. Potencia del Edificio de salón de clases:

13 kW + 15% de perdías: 15 kW

12.2. Calculo de los módulos fotovoltaicos

12.2.1. Módulos para el edificio de medicina veterinaria.

La cantidad de módulos necesarios se dimensionan utilizando la ecuación siguiente:

$$\text{Cantidad de modulos} = \frac{52,000}{370} = 141$$

El sistema deberá contar con 141 paneles MODULOS SOLAR HLD 370W-38.2V SG 370M, para proporcionar la potencia pico del sistema de 52 kW necesario para respaldar la demanda. Las características técnicas del módulo están en la ficha técnica. (Ver en anexos)

12.2.2. Módulos fotovoltaicos necesarios para el edificio de salón de clases.

$$\text{Cantidad de modulos} = \frac{15000}{370} = 41$$

El sistema deberá contar con 41 paneles MODULOS SOLAR HLD 370W-38.2V SG 370M, para proporcionar la potencia pico del sistema de 15 kW necesario para respaldar la demanda. Las características técnicas del módulo están en la ficha técnica. (Ver en anexos)

Características del panel Peimar SG360/370

Descripción del módulo SG360/370	
Características Eléctricas	SG 370M
Potencia de pico (Max)	370 W
Tolerancia de potencia	0/+5 W
Tensión a Pmax(Vpm)	38.2 V
Corriente a Pmax (Ipm)	9.7 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	46.9 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	10.3 A
Tensión Máxima de sistema	1500 V
Máximo valor nominal del fusible	15 A
Eficiencia Modulo	0.1906

Tabla 11. Características del módulo PEINAR SG360/370.

Fuente: Tecnosol. S.A

12.3. Selección de inversor fotovoltaico.

12.3.1. Inversor para el edificio de medicina veterinaria.

El sistema contara con 3 inversores FRONYUS SYMO 15.0-3 120/240V necesarios para la potencia pico.

12.3.2. Inversor fotovoltaico para el edificio de clases.

El sistema contara con 1 inversor FRONYUS SYMO 15.0-3 120/240V necesario para la potencia pico.

Características del inversor

Datos de entrada CD		SYMO 15.0-3 208
Peso(Kg)		35.8
Potencia FV recomendada (kW)		12.0-19.5
Máxima corriente de entrada nominal		50.0 A
(MPPT1/MPPT2)		
Máxima corriente (MPPT1+MPPT2)		50.0 A
Máxima corriente de entrada		75.0 A
Admisible (MPPT1/MPPT2)		
Rango de tensión de operación		325-850V
Máxima tensión de entrada		
Tensión nominal de entrada	208	
	240	325
	480	
Rango de tensión MPPT		270-480 V
Numero de MPPT		1

Tabla 12. Características técnicas del inversor de datos de entrada.

Fuente: Tecnosol S.A.

Datos de salida CA		SYMO 15.0-3 208
Potencia máxima de salida	208	15000 VA
Máxima corriente de salida	208	41.6 A
	220	39.4 A
OCPD/breaker CA recomendado	208	60 A
Eficiencia Máxima		0.973
Eficiencia CEC		96.5
Tensión red		208/220 V Delta
Frecuencia Nominal		60 HZ
Distorsión Armónica total		<3.5 %
Factor de Potencia		1(Ajustable 0.85 ind/ 0.85 cap)

Tabla 13. Características técnicas del inversor de datos de salida.

Fuente: Tecnosol S.A.

12.4. Arreglo Fotovoltaico

La configuración de la conexión de los módulos fotovoltaicos proporcionada por las características técnicas de los equipos.

Cantidad de inversores	Entradas MPPT	STRING	Cantidad de módulos	Total de módulos por inversor	Conexión	Voltaje DC	Amperaje DC
1	3	3	16	48	serie	750.4 V	9.7 A
1	3	3	16	48	serie	750.a V	9.7 A
1	3	3	15	45	serie	703.5 V	9.7A

Tabla 14. Configuración de los módulos en el edificio de medicina veterinaria.

Fuente: Elaboración Propia.

Cantidad de inversores	Entradas MPPT	STRING	Cantidad de módulos	Total de módulos por inversor	Conexión	Voltaje DC	Amperaje DC
1	3	4	10	41	serie	469 VDC	9.7 DC

Tabla 15. Configuración de módulos en el edificio de clases

Fuente: Elaboración Propia.

Resumen del sistema solar fotovoltaico.

Cálculo de la planta solar	Edificio de medicina veterinaria	Edificio de clases
Potencia pico del sistema (kW)	52	15
Cantidad de módulos	141	41
Cantidad de inversor	3	1

Tabla 16. Planta solar necesaria para cada edificio.

Fuente: Elaboración propia.

13. Análisis Tecno-económico y ambiental.

En este capítulo se describe la propuesta de mejora para disminuir el consumo de energía y costos de facturación brindada por la empresa distribuidora de energía eléctrica Disnorte-Dissur, cabe señalar que la propuesta tiene su origen de las mediciones realizadas en los edificios de medicina veterinaria y edificio de salón de clases, con valores reales y situaciones encontradas en campo.

Tomando en cuenta también los costos instalación de un sistema solar fotovoltaico de inyección directa, para ello se realizaron distintas cotizaciones en diferentes empresas con una gama de calidad excelente, con disposiciones de visitar el lugar de instalación para ofrecer una mejor recomendación y de este modo asegurar que el sistema rinda a su máxima capacidad, obteniendo buenos resultados para el comprador y una satisffecha atención al cliente. Las empresas consultadas fueron TECNOSOL, LUMINICA Y FUSION SOLAR, de las cuales se tomó como referencia para el documento actual lo ofrecido por TECNOSOL, por garantizar calidad y economía en cuanto a dinero se refiere.

Como premisa del estudio es reducir el consumo de energía eléctrica comercial mediante un sistema de paneles fotovoltaicos de inyección directa de 52 kW para el edificio de medicina veterinaria y uno de 15 kW para el edificio de salón de clases de la facultad de Ciencia Animal en la Universidad Nacional Agraria.

13.1. Propuesta de mejora.

Situación actual: en la actualidad, las instalaciones de la Facultad de Ciencia Animal presenta un consumo anual de energía eléctrica de 275,660.00 kWh/año con un consumo promedio de 22,972.67kWh/mes

Situación futura: se recomienda instalar un sistema de solar fotovoltaico de 52 kW para el edificio de medicina veterinaria y de 15 kW para el edificio de clases de tipo inyección directa, para suplir las necesidades eléctricas durante las horas solares de 9:00 am a 3:00 pm.

Ahorro económico: La generación del sistema solar fotovoltaico, producirá un ahorro aproximado de \$67.75 por día, para la Facultad de Ciencia Animal. El ahorro por la implementación de este sistema será de U\$D 19,156.24 para el edificio de medicina veterinaria y de U\$D 5,572.31 para el edificio de salón de clases.

Ahorro energético: se estima un ahorro de 65,661.83 kW/año para el consumo total de Facultad. En el caso del edificio de medicina veterinaria se estima de 50,865.66 kWh/año lo que equivale a un ahorro de 18.45 %. Para el edificio de salón de clases se estima un ahorro de 14,796.17 kWh/año equivalente al 5.36 %, esto respecto al consumo eléctrico global de la Facultad.

Inversión: se requiere de una inversión total \$75,367.12 con un retorno en 36.57 meses, lo que equivale a 1,112 días. En el caso del edificio de medicina veterinaria se debe invertir U\$D 53,652.86 + IVA, para la implementación del sistema propuesto, dicha tecnología requiere un área de 521.70 m² para instalar 141 paneles de 370wp c/u, 3 inversores 120/240V. Para la implementación del sistema del edificio de clases, se requiere una inversión 16,428.16 + IVA, dicha tecnología corresponde a 41 paneles de 370W, el cual un área de 151.70m² y un inversor 120/240V.

13.2.Análisis Ambiental.

La Organización Internacional de Normalización ha desarrollado una serie de estándares enfocados a la administración o gestión ambiental. Estos estándares incluyen las series ISO-14040 sobre el análisis de ciclo de vida de un producto. La ISO-14042 describe y establece una guía de la estructura general de la fase de análisis del impacto ambiental. Se especifican los

requerimientos para llevar a cabo un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y se relaciona con otras fases:

El análisis del ciclo de vida de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar, y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto.

Básicamente se enfoca en el rediseño de productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, normalmente, se utilizan más rápido de cómo se reemplazan o como surgen nuevas alternativas. El ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable.

Categoría de Impactos a nivel local o global

- Agotamiento de recursos naturales
- Uso de suelo
- Pérdida de Soporte de Vida
- Pérdida de Biodiversidad
- Energía
- Cambio climático
- Agotamiento del ozono
- Acidificación
- Formación de foto-oxidantes
- Toxicidad humana
- Toxicidad terrestre

Durante la fabricación las empresas deben evaluar el impacto ambiental que tiene su proceso sobre el impacto que ocasionan las partes involucradas en el proceso hasta que el producto llega al cliente consumidor.

ISO 14042 define de manera implícita tres áreas de producción, como categorías de impacto finales como la salud humana, su entorno natural y recursos renovables. También añade una cuarta área que cubriría los aspectos de protección de cultivos, bosques

productivos, edificios y materiales de fenómenos como la lluvia ácida o impactos de ozono entre otros efectos ambientales.

Impacto medioambiental de la producción de ESFV³³

La generación de electricidad mediante ESFV requiere la utilización de grandes superficies colectoras y por tanto de una cantidad considerable de materiales para su construcción. La extracción, producción y transporte de estos materiales son los procesos que suponen un mayor impacto ambiental.

La fabricación de un panel solar requiere también la utilización de materiales como aluminio (para los marcos), vidrio (como encapsulante), acero (para estructuras) etc., siendo estos componentes comunes con la industria convencional. El progresivo desarrollo de la tecnología de fabricación de estructuras y paneles solares supondrá una reducción del impacto ambiental debido a estos conceptos.

En la producción del panel solar se produce un gasto energético que genera residuos, como partículas de NO_x ³⁴, SO_2 ³⁵, CO_2 etc. Esto se debe a que la energía utilizada en la fabricación del panel solar tiene su origen en la mezcla de fuentes energéticas convencionales del país de fabricación. Sin embargo, podemos afirmar que la emisión de estas sustancias debida a la fabricación de paneles solares es reducida, en comparación con la disminución en la emisión de sustancias de este tipo que supone la producción de electricidad por medios fotovoltaicos, en vez de con fuentes convencionales de energía. Un ejemplo de esto es que la producción de la misma cantidad de potencia hora por año en una moderna y eficiente central térmica de carbón, supone la emisión de más de 20 veces el CO_2 que si la producción de la misma cantidad de energía se realizara mediante módulos de Si³⁶ mono o policristalino fabricados en pequeña escala. La producción de electricidad mediante paneles solares de Si mono o policristalino fabricados en gran escala, disminuye aún más la emisión de CO_2 , llegándose a reducir hasta cerca de 200 veces la cantidad de CO_2 emitida respecto a una central térmica de carbón. La proporción de entre 100 y 200 veces menos cantidad de

³³ Energía Solar Fotovoltaica.

³⁴ Óxidos de Nitrógeno.

³⁵ Dióxido de Azufre.

³⁶ Silicio.

residuos se mantiene favorable a la ESFV cuando se analizan las emisiones de NO_x, SO₂ producidas por una central térmica de carbón.

Desde el punto de vista ecológico, se apuesta por un desarrollo prioritario de la ESFV integrada en la arquitectura y de un modo más simple, aprovechando la superficie de tejados y fachadas.

ESFV y Energía Convencional

El impacto medioambiental de las fuentes de energía incluye factores como daños a los bosques por lluvia ácida, contaminación y calentamiento del planeta por efecto invernadero, el impacto sobre la salud humana, animal y vegetal debido a accidentes nucleares o vertidos y escapes de sustancias peligrosas etc. El peso global de estos costes es más alto en las energías convencionales que en las energías renovables.

Uno de los principales argumentos esgrimidos en contra de la ESFV es la cantidad de suelo ocupado por sus instalaciones. Sin embargo, este argumento no es un inconveniente real para la implantación de este tipo de energía. La consideración de todos los factores que contribuyen a la ocupación del suelo (minería, construcciones etc.), sitúan, en este aspecto a la ESFV en un lugar parecido al de las centrales térmicas e incluso en un mejor lugar que a algunas de las tecnologías actuales para la obtención de energía.

Los avances industriales en la fabricación de paneles solares se dirigen en el sentido de reducir pérdidas de material al cortar las obleas para la fabricación de células solares. Este ahorro de material supone, además de un beneficio económico, disminuir la emisión de contaminantes generados por la producción de la energía necesaria para fabricar las obleas. Asimismo, la progresiva fabricación de volúmenes más importantes de paneles solares, reduce proporcionalmente la inversión energética necesaria.

El mayor impacto ambiental que pueden tener las instalaciones de paneles fotovoltaicos sobre la fauna y flora es causado por el espacio ocupado en el hábitat de estas especies y por el cercamiento de las locaciones que limitan el libre movimiento de los animales. Los cambios en las condiciones del hábitat, determinado por la fragmentación, limitación y discontinuidad del bosque se potencian por los requerimientos que se deben cumplir para el correcto funcionamiento de los paneles solares. Por ejemplo, en muchas ocasiones se

tiene que mantener el lugar sin una altura significativa de vegetación y en algunos casos desprovista de esta, sin omitir que los paneles producen sombras que afectan los microclimas.

Para el caso de estudio el proyecto está orientado en la ubicación de los módulos solares sobre el techo de cada uno de los edificios, parqueo y terreno el cual no es considerado área verde. Si se desarrolla el proyecto se prevé que se dejará de emitir anualmente 39.81 toneladas de CO_2 al medio ambiente por el edificio de medicina veterinaria y 11.57 toneladas de CO_2 por el edificio de salón de clases.

13.3. Análisis Económico.

13.3.1. Periodo de recuperación simple para la Facultad de Ciencia Animal.

El siguiente análisis muestra la inversión total tomando en cuenta ambos edificios, la generación total en KW del sistema solar fotovoltaico, el ahorro anual en U\$ y el tiempo de recuperación en Años.

Año	Acumulado	Costo de la energía (+3%)US\$/Año
1	-\$50,638.58	\$24,728.54
2	-\$25,910.03	\$24,728.54
3	-\$1,181.49	\$24,728.54
4	\$23,547.06	\$24,728.54
5	\$48,275.60	\$24,728.54
6	\$73,004.14	\$24,728.54
7	\$97,732.69	\$24,728.54
8	\$122,461.23	\$24,728.54
9	\$147,189.78	\$24,728.54
10	\$171,918.32	\$24,728.54
11	\$196,646.87	\$24,728.54
12	\$221,375.41	\$24,728.54
13	\$246,103.95	\$24,728.54
14	\$270,832.50	\$24,728.54
15	\$295,561.04	\$24,728.54
16	\$320,289.59	\$24,728.54
17	\$345,018.13	\$24,728.54
18	\$369,746.67	\$24,728.54
19	\$394,475.22	\$24,728.54
20	\$419,203.76	\$24,728.54
21	\$443,932.31	\$24,728.54
22	\$468,660.85	\$24,728.54
23	\$493,389.40	\$24,728.54
24	\$518,117.94	\$24,728.54
25	\$542,846.48	\$24,728.54

Tabla 17. Ahorro anual de la Facultad de Ciencia Animal en costos de energía con una tarifa de 0.3656 US\$ por kWh para este tipo de tarifa.

Fuente: Elaboración Propia.

El ahorro en la factura de energía eléctrica según la generación del sistema solar fotovoltaico considerando las horas solares pico y la capacidad real del sistema, se estima aproximadamente de \$67.75 por día. Esta inversión tiene un retorno de 36.57 meses, lo que equivale a 1,112 días.

Costo del sistema en US\$	Años retorno de inversión	Ahorros al Año 25
\$75,367.12	\$3.05	\$542,846.48

Tabla 18. Tiempo de recuperación de la inversión, tomando como principal parámetro, la generación, costo de la tarifa y el ahorro mensual en US\$ y los ahorros proyectados en 25 años según la vida útil del sistema.

Fuente: Elaboración Propia.

Mes	Días/mes	Horas Sol	Generación kW
Enero	20	5.04	5,426.06
Febrero	20	5.21	5,609.09
Marzo	20	5.89	6,341.17
Abril	20	5.94	6,395.00
Mayo	20	5.64	6,072.02
Junio	20	5.38	5,792.11
Julio	20	5.29	5,695.21
Agosto	20	4.61	4,963.13
Septiembre	20	3.81	4,101.85
Octubre	20	3.77	4,058.78
Noviembre	20	4.98	5,361.47
Diciembre	20	5.43	5,845.94
Total	240	5.08	65,661.83

Tabla 19. Generación según las HSP (horas solares pico) por mes y la cantidad de KW que el sistema solar fotovoltaico de inyección directa podría generar mensualmente y anualmente

Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente ilustración muestra el comportamiento de la inversión versus ahorro en el cual se observa que en el cuarto año se tiene un flujo de caja positivo, lo cual significaría la recuperación en ahorros del sistema solar de inyección directa para la Facultad de Ciencia Animal:



Ilustración 39. Comportamiento de la inversión versus ahorros en un periodo de 25 años.

Fuente: Elaboración Propia.

13.3.2. Periodo de recuperación simple para el edificio de medicina veterinaria.

El siguiente análisis muestra la inversión total tomando en cuenta ambos edificios, la generación total en KW del sistema solar fotovoltaico, el ahorro anual en US\$ y el tiempo de recuperación en Años.

Año	Acumulado	Costo de la energía (+3%)US\$/Año
1	-\$38,495.17	\$19,156.24
2	-\$19,338.93	\$19,156.24
3	-\$182.70	\$19,156.24
4	\$18,973.54	\$19,156.24
5	\$38,129.78	\$19,156.24
6	\$57,286.02	\$19,156.24
7	\$76,442.26	\$19,156.24
8	\$95,598.49	\$19,156.24
9	\$114,754.73	\$19,156.24
10	\$133,910.97	\$19,156.24
11	\$153,067.21	\$19,156.24
12	\$172,223.45	\$19,156.24
13	\$191,379.68	\$19,156.24
14	\$210,535.92	\$19,156.24
15	\$229,692.16	\$19,156.24
16	\$248,848.40	\$19,156.24
17	\$268,004.64	\$19,156.24
18	\$287,160.87	\$19,156.24
19	\$306,317.11	\$19,156.24
20	\$325,473.35	\$19,156.24
21	\$344,629.59	\$19,156.24
22	\$363,785.83	\$19,156.24
23	\$382,942.06	\$19,156.24
24	\$402,098.30	\$19,156.24
25	\$421,254.54	\$19,156.24

Tabla 20. Ahorro anual del edificio de medicina veterinaria en costos de energía con una tarifa de 0.3656 US\$ por kWh para este tipo de tarifa.

Fuente: Elaboración Propia

El ahorro en la factura de energía eléctrica según la generación del sistema solar fotovoltaico considerando las horas solares pico y la capacidad real del sistema, se estima aproximadamente de \$52.48 por día. Esta inversión tiene un retorno de 36.15 meses, lo que equivale a 1,098 días.

Costo del sistema en US\$	Años retorno de inversion	Ahorros al Año 25
\$57,651.41	3.01	421,254.54

Tabla 21. Tiempo de recuperación de la inversión, tomando como principal parámetro, la generación, costo de la tarifa y el ahorro mensual en US\$ y los ahorros proyectados en 25 años según la vida útil del sistema.

Fuente: Elaboración Propia.

Mes	Días/mes	Horas Sol	Generación kW
Enero	20	5.04	4,203.36
Febrero	20	5.21	4,345.14
Marzo	20	5.89	4,912.26
Abril	20	5.94	4,953.96
Mayo	20	5.64	4,703.76
Junio	20	5.38	4,486.92
Julio	20	5.29	4,411.86
Agosto	20	4.61	3,844.74
Septiembre	20	3.81	3,177.54
Octubre	20	3.77	3,144.18
Noviembre	20	4.98	4,153.32
Diciembre	20	5.43	4,528.62
Total	240	5.08	50,865.66

Tabla 22. Generación según las HSP (horas solares pico) por mes y la cantidad de KW que el sistema solar fotovoltaico de inyección directa podría generar mensualmente y anualmente.

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente ilustración representa el comportamiento de la inversión versus ahorros en años, en la cual se observa que en el segundo año se tiene un flujo de caja positivo, lo cual significaría la recuperación en ahorros del sistema solar fotovoltaico de inyección directa para el edificio de medicina veterinaria:



Ilustración 40. Comportamiento de la inversión versus ahorros en un periodo de 25 años.

Fuente: Elaboración Propia.

13.3.3. Periodo de recuperación simple para el edificio de salón de clases.

El siguiente análisis muestra la inversión total, la generación total en KW del sistema solar fotovoltaico, el ahorro anual en U\$ y el tiempo de recuperación en Años.

Año	Acumulado	Costo de la energía (+3%)US\$/Año
1	-\$12,143.40	\$5,572.31
2	-\$6,571.10	\$5,572.31
3	-\$998.79	\$5,572.31
4	\$4,573.51	\$5,572.31
5	\$10,145.82	\$5,572.31
6	\$15,718.13	\$5,572.31
7	\$21,290.43	\$5,572.31
8	\$26,862.74	\$5,572.31
9	\$32,435.05	\$5,572.31
10	\$38,007.35	\$5,572.31
11	\$43,579.66	\$5,572.31
12	\$49,151.96	\$5,572.31
13	\$54,724.27	\$5,572.31
14	\$60,296.58	\$5,572.31
15	\$65,868.88	\$5,572.31
16	\$71,441.19	\$5,572.31
17	\$77,013.49	\$5,572.31
18	\$82,585.80	\$5,572.31
19	\$88,158.11	\$5,572.31
20	\$93,730.41	\$5,572.31
21	\$99,302.72	\$5,572.31
22	\$104,875.03	\$5,572.31
23	\$110,447.33	\$5,572.31
24	\$116,019.64	\$5,572.31
25	\$121,591.94	\$5,572.31

Tabla 23. Ahorro anual del edificio de salón de clases, en costos de energía con una tarifa de 0.3652 US\$ por kWh para este tipo de tarifa.

Fuente: Elaboración Propia.

El ahorro en la factura de energía eléctrica según la generación del sistema solar fotovoltaico considerando las horas solares pico y la capacidad real del sistema, se estima aproximadamente de \$15.27 por día. Esta inversión tiene un retorno de 38.15 meses, lo que equivale a 1,160 días.

Costo del sistema en US\$	Años retorno de inversion	Ahorros al Año 25
\$17,715.71	\$3.18	\$121,591.94

Tabla 24. Tiempo de recuperación de la inversión, tomando como principal parámetro, la generación, costo de la tarifa y el ahorro mensual en US\$ y los ahorros proyectados en 25 años según la vida útil del sistema.

Fuente: Elaboración Propia

Mes	Días/mes	Horas Sol	Generación kW
Enero	20	5.04	1,222.70
Febrero	20	5.21	1,263.95
Marzo	20	5.89	1,428.91
Abril	20	5.94	1,441.04
Mayo	20	5.64	1,368.26
Junio	20	5.38	1,305.19
Julio	20	5.29	1,283.35
Agosto	20	4.61	1,118.39
Septiembre	20	3.81	924.31
Octubre	20	3.77	914.60
Noviembre	20	4.98	1,208.15
Diciembre	20	5.43	1,317.32
Total	240	5.08	14,796.17

Tabla 25. Generación según las HSP (horas solares pico) por mes y la cantidad de KW que el sistema solar fotovoltaico de inyección directa podría generar mensualmente y anualmente.

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente ilustración representa el comportamiento de la inversión versus ahorros en años, en la cual se observa que en el inicio del quinto año se tiene un flujo de caja positivo, lo cual significaría la recuperación en ahorros del sistema solar fotovoltaico de inyección directa para el edificio de clases:



Ilustración 41. Comportamiento de la inversión versus ahorros en un periodo de 25 años.

Fuente: Elaboración Propia.

13.4.Evaluación VAN-TIR

Inversión	Años	-75367.12
Ahorro año 1	\$1.00	\$24,008.30
Ahorro año2	\$2.00	\$24,008.30
Ahorro año 3	\$3.00	\$24,008.30
Ahorro año 4	\$4.00	\$24,008.30
Ahorro año 5	\$5.00	\$24,008.30
Ahorro año 6	\$6.00	\$24,008.30
Ahorro año 7	\$7.00	\$24,008.30
Ahorro año 8	\$8.00	\$24,008.30
Ahorro año 9	\$9.00	\$24,008.30
Ahorro año 10	\$10.00	\$24,008.30

Tabla 26. Evaluación de la inversión.

Fuente: Elaboración Propia

Habiendo sido evaluado con un interés del 10% anual, con una tasa de interna de retorno (TIR) del 29%, un periodo de recuperación (PR) de 3.14 años y un valor actual neto (VPN) de \$72,153.46 con un horizonte de 10 años, el proyecto es totalmente viable.

13.5.Descripción total del Sistema.

Proyecto	Facultad de Ciencia Animal Faca (UNA)
Localidad	Managua, Nicaragua
Latitud	11.8173184
Longitud	-86.5140672
Radiación promedio Anual	5.08
Pérdidas estimadas	15% DC a AC
Tarifa Eléctrica	\$0.3656
Aumento Anual Costo Energía	3%

Tabla 27. Descripción total del sistema.

Fuente: Elaboración Propia

Descripción	Cantidad	Capacidad	Medida
Tamaño requerido del sistema	1	67.34	kWp
Producción real del sistema	1	57.24	kWp
Área requerida	1	606.06	m ²
Panel solar	182	370	W
Inversor Central	4	15	kW
Dispositivo para monitoreo	2		unidad
Dispositivo de Protección CD	2		unidad
Dispositivo de Desconexión CA	2		unidad
Estructuras	0		unidad

Tabla 28. Descripción de la planta solar.

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

- Se efectuaron medidas de carga y se analizó el histórico de consumo eléctrico de la Facultad de Ciencia Animal en un periodo de un año, para el dimensionamiento del sistema solar de tipo inyección directa, por tal razón la capacidad del sistema es adecuada para cubrir la demanda promedio de los edificios, que en lo particular es similar a las horas donde hay mayor incidencia solar. La potencia pico del sistema se definió mediante el análisis de la curva de demanda promedio, en un intervalo que comprende de 9:00 am - 3:00 pm.
- Se examinaron los datos de consumo energético en una jornada típica de clases para cada edificio, se valoró la situación actual del sistema para detectar si existían desbalances de corrientes, voltajes y distorsiones armónicas que pudieran afectar el rendimiento del sistema propuesto, en donde se comprobó que los edificios cumplen con los estándares permitidos por las diferentes normas, lo que permitiría el correcto funcionamiento del sistema solar fotovoltaico de tipo inyección directa.
- Se evaluó de forma técnica, económica y ambiental la implementación del sistema solar fotovoltaico de inyección directa, documentando los siguientes beneficios que reducirán sus costos en la factura de energía eléctrica: se estima un ahorro de 65,661.83 kW/año respecto al consumo eléctrico global de la Facultad. En el caso del edificio de medicina veterinaria se estima de 50,865.66 kWh/año, para el edificio de salón de clases se estima un ahorro de 14,796.17 kWh/año. La inversión es de \$75,367.12 con un plazo de retorno en 36.57 meses, lo que equivale a 1,112 días. Se estima aproximadamente un ahorro de \$67.75 por día. Como beneficio ambiental no se afectara flora y fauna directamente, ya que los módulos solares se ubicaran sobre el techo de cada uno de los edificios, parqueo y terreno, el cual no es considerado área verde; además se prevé que se dejará de emitir anualmente 51.38 toneladas de **CO₂**.

Recomendaciones

A. Sustituir lámparas de tipo fluorescente e incandescente.

Según los datos obtenidos del censo de carga de los edificios de medicina veterinaria y de clases, se encontró en el área de iluminación, 112 lámparas de tipo fluorescente, que el cual solo el 25% se convierte en luz y el excedente en pérdidas, lo que conlleva a un mayor consumo eléctrico mensual.

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de lámparas de tipo fluorescente y el consumo total de un mes:

Tipo	Cantidad	Potencia kW	Potencia total (kW)	Horas uso/mes	Potencia total mes (kW)
Lámpara Fluorescente PHILIPS	112	0.0385	4.312	240	1034.88

Tabla 29. Consumo mensual de lámparas fluorescentes

Fuente: Elaboración propia

Si se sustituye las lámparas fluorescentes por lámpara tubular LED se obtiene los siguientes resultados:

Tipo	Cantidad	Potencia kW	Potencia total (kW)	Horas uso/mes	Potencia total mes (kW)
Lámpara Tubular LED (G&E)	112	0.0209	2.3408	240	561.792

Tabla 30. Consumo mensual de lámparas tubular LED.

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados se obtiene que, si sustituyen las lámparas fluorescentes por lámparas LED, habrá un ahorro eléctrico de 473.09 kW/mes. En términos económicos representa \$172.77 mensual. Al sustituir las lámparas habrá una mayor optimización de la energía eléctrica y también mayor eficiencia en el sistema.

B. Mejorar sistema de puesta a tierra

Para la mejora de la resistividad del terreno en las puestas a tierra se pueden utilizar sales electrolíticas, que son preparados químicos con los que se consigue, a bajo costo, una notable reducción de la resistencia a tierra en terrenos de elevada resistividad.

Con la preparación adecuada, la dosis de ese compuesto químico se transforma en un material gelatinoso altamente higroscópico que se distribuye por el terreno en forma de ramificaciones radiculares, lo que le permite absorber grandes cantidades de agua. De esta forma, la superficie del electrodo estará en contacto con un terreno altamente conductor, con lo que la resistencia a tierra se ve notablemente reducida y, como consecuencia, el paso de la corriente del electrodo al terreno se realiza de una forma mucho más eficiente, ya que se logra una baja resistividad:

- A un coste menor.
- Con mayor seguridad.
- Durante un periodo de tiempo más prolongado.
- Con cada tratamiento se mantiene las condiciones de baja resistividad durante un periodo de hasta 4 años.

Debe realizarse un control periódico de la instalación y en caso de que se produzca un incremento apreciable de la resistencia a tierra, se repotenciará aplicando un nuevo tratamiento con sales electrolíticas.

Bibliografía

Manuales

Ing. Héctor L. Gasquet. (Octubre 2004). *Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica*. Manual Teórico y Práctico y sobre los Sistemas Fotovoltaicos Solartronic.

Recuperado el 04-03-2020 en: <http://www.solartronic.com/download/SistemasFV.pdf>

Gonzales Labajo, J. (2010). *Energía Eólica*. Catalunya.

Recuperado el 12-04-2020 en: <http://www.esengrupo.com/uploads/descargas/archivo/>

Abella, M. (211). *Energía Solar Fotovoltaica*. España. CIEMAT.

Recuperado el 24-04-2020 en: <https://www.ciemat.es/cargarGrupoInvestigacion>.

Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. (2014). *Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos Conectados a Red a pequeña escala*. Laboratorio de Innovación y Desarrollos de Energías Renovables (LIDER).

Tesis

Rivera Lumbí, H.J / Poveda Gutiérrez, R.A. (2019). *Estudio Tecno-Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para el Instituto Oftalmológico Munguía en el Departamento de Managua*. Universidad Nacional de Ingeniería.

Munguía Melara, A.J/Escobar Briceño E.J. (2018). *Propuesta Tecno-Económico de un Sistema Fotovoltaico Híbrido para la Carga Total de Iluminación del Edificio Rigoberto López Pérez*. Universidad Nacional de Ingeniería.

Maldonado Úbeda, H.C/ Jarquín Lezcano, M.B. (2017). *Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad el Limón, Estelí-Nicaragua, Durante el año 2016*. Universidad Nacional Agraria.

Barrera Salazar, W.A. / Castilla Garzón, F.B. (2018). *Propuesta de un Sistema Fotovoltaico para el consumo eléctrico en el municipio de Quebradanegra, Cundinamarca*. Universidad Libre de Colombia. Departamento de Ingeniería.

Mendieta Muñoz, M.C. (2014). *La energía solar: una alternativa para el desarrollo sostenible de los diversos sectores de Nicaragua*. Universidad Centroamericana. Facultad de Ciencias Económicas Empresariales.

De la Cruz, W.C. (2014). *Optimización del Sistema Solar Fotovoltaico para Generación de Energía Eléctrica en viviendas aisladas*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Informe técnico

Greenenergy Latin América. (2016). *Los componentes de una Sistema Fotovoltaico*. Informativo Técnico N°8.

Recuperado 16-04-2020 en: <https://www.greenenergy-latinamerica.com/componentes-sistema-fotovoltaico/>

ANEXOS

Anexo A. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.

Item	Ubicación	Qty	Descripción	Uso final	Tipo	Marca	Sistema	Voltaje Nominal (V)	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Total Hrs/mes	kWh/mes	Horas /Uso/ Día
1	Laboratorio Bromatología	1	Bodega de muestra	Instrumentos de Laboratorio	Techo	Philiphs	Monofásico	120	0.35	0.042	0.042	720	30.24	24
2	Laboratorio Bromatología	15	Lámpara Tubular LED	Iluminación	Techo	Silvana	Monofásico	120	0.19	0.0228	0.342	240	82.08	8
3	Laboratorio Bromatología	4	Lámpara tubular Fluorescente	Iluminación	Techo	Silvana	Monofásico	120	0.35	0.042	0.168	240	40.32	8
4	Laboratorio Bromatología	1	Aire acondicionado inverter 24500BTU	Climatización		LG	Monofásico	220/240	9.5	1.7765	1.7765	240	426.36	8
5	Laboratorio Bromatología	1	Aire acondicionado inverter 24500BTU	Climatización		LG	Monofásico	220/240	9.5	1.7765	1.7765	240	426.36	8
6	Laboratorio Bromatología	1	Aire acondicionado sin especificaciones	Climatización			Monofásico	220/240	9.5	1.7765	1.7765	240	426.36	8
7	Laboratorio Bromatología	1	Aire acondicionado inverter 24500BTU	Climatización		LG	Monofásico	220/240	9.5	1.7765	1.7765	240	426.36	8
8	Laboratorio Bromatología	1	Aire acondicionado GAV602	Climatización			Monofásico	220/240	2.05	0.38335	0.38335	240	92.004	8
9	Laboratorio Bromatología	1	Refrigeradora 7 pies	Instrumentos de Laboratorio		Cetron	Monofásico	120	2.2	0.264	0.264	0	0	0
10	Laboratorio Bromatología	1	Refrigeradora 7 pies	Instrumentos de Laboratorio		Cetron	Monofásico	120	2.6	0.312	0.312	240	74.88	8
11	Laboratorio Bromatología	1	Incubadora	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	IMPERIALII IN	Monofásico	120	3.8	0.456	0.456	0	0	0
12	Laboratorio Bromatología	1	Microonda	Otros equipos		Mastertech	Monofásico	120	8.33	0.9996	0.9996	0	0	0
13	Laboratorio Bromatología	1	Horno Artesanal	Instrumentos de Laboratorio	Suelo		Monofásico	120	10	1.2	1.2	720	864	24
14	Laboratorio Bromatología	1	Horno secado	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	Fisher Scientific	Monofásico	115	10.3	1.1845	1.1845	720	852.84	24
15	Laboratorio Bromatología	1	Muffla	Instrumentos de Laboratorio	Mesa		Monofásico	240	17	4.08	4.08	60	244.8	2
16	Laboratorio Bromatología	1	Horno secado	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	BINDER	Monofásico	230	7	1.61	1.61	60	96.6	2
17	Laboratorio Bromatología	1	Horno secado	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	BINDER	Monofásico	230	11.8	2.714	2.714	60	162.84	2
18	Laboratorio Bromatología	1	desktop	Oficina	Mesa	HP	Monofásico	120/240	5.8	0.696	0.696	240	167.04	8
19	Laboratorio Bromatología	1	Bateria	Oficina	Suelo	CDP	Monofásico	120	4.5	0.54	0.54	240	129.6	8
20	Laboratorio Bromatología	1	Impresora	Oficina	Mesa	EPSON L380	Monofásico	100	0.3	0.03	0.03	240	7.2	8
21	Laboratorio Bromatología	1	Balanza Eléctrica	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	KTINI CRISTAL	Monofásico	120	0.65	0.078	0.078	160	12.48	8
22	Laboratorio Bromatología	1	Balanza Eléctrica	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	DVENTURER P	Monofásico	120	0.75	0.09	0.09	160	14.4	8
23	Laboratorio Bromatología	1	Balanza Eléctrica	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	DVENTURER P	Monofásico	120	0.75	0.09	0.09	160	14.4	8
24	Laboratorio Bromatología	1	Molino	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	FOSS	Monofásico	240	2.5	0.6	0.6	720	432	24
25	Laboratorio Bromatología	1	Extractor de grasa	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	SELECTA	Monofásico	120	1.5	0.18	0.18	75	13.5	2.5
26	Laboratorio Bromatología	1	Placa Calefactora	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	STUART	Monofásico	240	2.5	0.6	0.6	7.5	4.5	0.25
27	Laboratorio Bromatología	3	Campana extractora de gases	Instrumentos de Laboratorio	Modulo		Monofásico	120	10	1.2	3.6	7.5	27	0.25
28	Laboratorio Bromatología	1	Campana extractora de gases	Instrumentos de Laboratorio	Modulo	RDINOLA OR-ST	Monofásico	120	10	1.2	1.2	7.5	9	0.25
29	Laboratorio Bromatología	1	Destilador de agua	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	POBEL811	Monofásico	220	26	5.72	5.72	30	171.6	1
30	Laboratorio Bromatología	1	Extractor de fibra	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	SELECTA	Monofásico	120	13	1.56	1.56	75	117	2.5

Anexo B. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.

Item	Ubicación	Qty	Descripción	Uso final	Tipo	Marca	Sistema	Voltaje Nominal (V)	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Total Hrs/mes	kWh/mes	Horas /Uso/ Día
31	Laboratorio Bromatología	1	Digestor	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	FOSS	Monofásico	240	4.6	1.104	1.104	90	99.36	3
32	Laboratorio Bromatología	1	Destilador para análisis	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	FOSS	Monofásico	240	8	1.92	1.92	90	172.8	3
33	Laboratorio Bromatología	1	Placa Calefactora	Instrumentos de Laboratorio	Mesa	CORNING	Monofásico	240	2	0.48	0.48	30	14.4	1
34	Bodega planta baja	1	Lámpara Tubular LED	Iluminación	techo	NERAL ELECT	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.0385	30	1.155	1
35	Laboratorio Trasplante de Embriones	1	Microscopía fase invertida	Instrumentos de Laboratorio		OLYMPUS	Monofásico	120	0.3	0.036	0.036	180	6.48	6
36	Laboratorio Trasplante de Embriones	1	Estabilizador de voltaje	Oficina		EATON	Monofásico	110		0	0	240	0	8
37	Laboratorio Trasplante de Embriones	1	Congelador de embriones	Instrumentos de Laboratorio		FHK	Monofásico	110	14	1.54	1.54	9	13.86	0.3
38	Laboratorio Trasplante de Embriones	2	Estereo Microscopio	Instrumentos de Laboratorio		OLYMPUS/NIKO	Monofásico	120/240	1	0.12	0.24	45	10.8	1.5
39	Laboratorio Trasplante de Embriones	1	Ultrasonido	Instrumentos de Laboratorio		CHISON	Monofásico	110/240	1.5	0.165	0.165	60	9.9	2
40	Laboratorio Trasplante de Embriones	1	Refrigerador	Instrumentos de Laboratorio		CETRON	Monofásico	120	2.6	0.312	0.312	720	224.64	24
41	Laboratorio Trasplante de Embriones	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		MILLER DELUX	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8
42	Laboratorio Trasplante de Embriones	8	Lámpara Tubular fluorescente	Iluminación	Techo	NERAL ELECT	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.308	240	73.92	8
43	Laboratorio CERPA	1	Refrigerador	Instrumentos de Laboratorio		LIEBHERR	Monofásico	120	1.5	0.18	0.18	720	129.6	24
44	Laboratorio CERPA	1	Refrigerador	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	230	1.35	0.3105	0.3105	720	223.56	24
45	Laboratorio CERPA	1	Refrigerador	Instrumentos de Laboratorio		LIEBHERR	Monofásico	220/240	1	0.22	0.22	720	158.4	24
46	Laboratorio CERPA	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8
47	Laboratorio CERPA	6	Lámpara Tubular fluorescente	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120	0.35	0.042	0.252	240	60.48	8
48	Oficina Dr. Lazaro Morejón	1	Aire acondicionado 24000btu	Climatización		Carrier	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8
49	Oficina Dr. Lazaro Morejón	2	Monitor	Oficina	Mesa	HP	Monofásico	120/240	5.8	0.696	1.392	240	334.08	8
50	Oficina Dr. Lazaro Morejón	1	Batería	Oficina	Suelo	TRIPP-LITE	Monofásico	120	4	0.48	0.48	240	115.2	8
51	Oficina Dr. Lazaro Morejón	1	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.0385	240	9.24	8
52	Oficina Ing. Pasteur Parrales	1	Aire acondicionado 24000btu	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8
53	Oficina Ing. Pasteur Parrales	2	Lámpara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	NERAL ELECT	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.077	240	18.48	8
54	Oficina Ing. Pasteur Parrales	2	Lámpara Tubular LED	Iluminación	Techo	NERAL ELECT	Monofásico	110	0.19	0.0209	0.0418	240	10.032	8
55	Oficina Ing. Pasteur Parrales	1	Regulador de voltaje	Oficina		TRIPP-LITE	Monofásico	110	5	0.55	0.55	240	132	8
56	Oficina Ing. Pasteur Parrales	1	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	5.8	0.696	0.696	240	167.04	8
57	Oficina Ing. José Vivas	1	Aire acondicionado 24000btu	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8
58	Oficina Ing. José Vivas	2	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.077	240	18.48	8
59	Oficina Ing. José Vivas	1	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	5.8	0.696	0.696	240	167.04	8
60	Oficina Ing. Rosa Argentina Rodríguez	1	Aire acondicionado 24000btu	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8

Anexo C. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.

Item	Ubicación	Qty	Descripción	Uso final	Tipo	Marca	Sistema	Voltaje Nominal (V)	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Total Hrs/mes	kWh/mes	Horas /Usó/ Día
61	Oficina Ing. Rosa Argentina Rodriguez	4	Lámpara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.154	240	36.96	8
62	Oficina Ing. Rosa Argentina Rodriguez	1	Estabilizador de voltaje	Oficina			Monofásico	110		0	0	240	0	8
63	Oficina Ing. Rosa Argentina Rodriguez	1	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	5.8	0.696	0.696	240	167.04	8
64	Oficina Ing. Rosa Argentina Rodriguez	1	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.0385	240	9.24	8
65	Oficina Ing. Rosa Argentina Rodriguez	4	Lámpara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.154	240	36.96	8
66	Oficina Dr cesar mora		Aire acondicionado 24000btu	Climatización		LG DUAL INVERT	Monofásico	220/240	11.46	2.14302	0	240	0	8
67	Oficina Dr cesar mora	1	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	5.8	0.696	0.696	240	167.04	8
68	Oficina Dr cesar mora	1	Batería	Oficina	Suelo	EATON POWER	Monofásico	110	6.4	0.704	0.704	240	168.96	8
69	Oficina Dr cesar mora	3	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.1155	240	27.72	8
70	Oficina MV Varinia Paredes	2	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.077	240	18.48	8
71	Oficina MV Varinia Paredes	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER ANTIGU	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8
72	Oficina MV Varinia Paredes	4	Abanicos de techo	Ventilación		SANYO	Monofásico	120	0.6	0.072	0.288	240	69.12	8
73	Oficina MV Varinia Paredes	3	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	5.8	0.696	2.088	240	501.12	8
74	Oficina MV Varinia Paredes	3	Batería	Oficina	Suelo	TRIPPLITE	Monofásico	120	4	0.48	1.44	240	345.6	8
75	Clinica de cirugía	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	650.76	8
76	Clinica de cirugía	8	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.308	120	36.96	4
77	Clinica de cirugía	1	Ultrasonido	Instrumentos de Laboratorio		GENERAL ELECTE	Monofásico	110	1.5	0.165	0.165	60	9.9	2
78	Clinica de cirugía	1	Lámpara quirúrgica	Instrumentos de Laboratorio	Techo	INTURIEN EXC	Monofásico	110	0.8	0.088	0.088	60	5.28	2
79	Clinica de cirugía	2	Abanicos de techo	Ventilación		SANYO	Monofásico	110	0.6	0.066	0.132	60	7.92	2
80	Oficina Dr. Mauricio Silva	1	Aire acondicionado 36000btu	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	11	2.057	2.057	240	493.68	8
81	Oficina Dr. Mauricio Silva	1	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	5.8	0.696	0.696	240	167.04	8
82	Oficina Dr. Mauricio Silva	4	Lámpara Tubular LED	Iluminación	Techo	NERAL ELECTE	Monofásico	110	0.19	0.0209	0.0836	240	20.064	8
83	Oficina Dr. Mauricio Silva	2	Lámpara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	PHILIPS	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.077	240	18.48	8
84	Oficina Dr. Mauricio Silva	1	Batería	Oficina	Suelo	TRIPPLITE	Monofásico	120	4	0.48	0.48	240	115.2	8
85	Oficina Dra. Martha Rayo	1	Abanico pedestal	Iluminación		SANKEY	Monofásico	110	0.6	0.066	0.066	240	15.84	8
86	Oficina Dra. Martha Rayo	2	Lámpara Tubular LED	Iluminación	Techo	NERAL ELECTE	Monofásico	110	0.19	0.0209	0.0418	240	10.032	8
87	Oficina Dra. Martha Rayo	1	Batería	Oficina	Suelo	TRIPPLITE	Monofásico	120	4	0.48	0.48	240	115.2	8
88	Oficina Dra. Martha Rayo	1	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	5.8	0.696	0.696	240	167.04	8
89	Pasillo Servicios Higienicos	6	Lampara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	PHILIPS	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.231	240	55.44	8
90	Pasillo Servicios Higienicos	2	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.18	0.0198	0.0396	240	9.504	8

Anexo D. Censo de Carga del edificio de medicina veterinaria.

Item	Ubicación	Qty	Descripción	Uso final	Tipo	Marca	Sistema	Voltaje Nominal (V)	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Total Horas	kWh/mes	Horas Uso/Día
91	Pasillo Servicios Higiénicos	2	Lámpara Tubular LED	Iluminación	Techo		Monofásico	110	0.35	0.0385	0.077	240	18.48	8
92	Servicios Higiénicos docentes palta	2	Bombillos Fluorescentes	Iluminación	Techo	VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.077	240	18.48	8
93	Laboratorio Clínico Veterinario	1	Aire acondicionado 24000btu	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	60	162.69	2
94	Laboratorio Clínico Veterinario	2	Lámpara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.077	60	4.62	2
95	Laboratorio Clínico Veterinario	3	Microscopios	Instrumentos de Laboratorio		HOMESIDE TOOL	Monofásico	120	0.3	0.036	0.108	60	6.48	2
96	Laboratorio Clínico Veterinario	1	Centrífuga	Instrumentos de Laboratorio		LW SCIENTIFIC	Monofásico	110	8	0.88	0.88	60	52.8	2
97	Oficina José Vivas Planta baja	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	630.76	8
98	Oficina José Vivas Planta baja	6	Lámpara Tubular LED	Iluminación	Techo	NERAL ELECT	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.231	240	55.44	8
99	Oficina José Vivas Planta baja	1	Fotocopiadora	Oficina		EPSON	Monofásico	120	0.5	0.06	0.06	240	14.4	8
100	Oficina José Vivas Planta baja	2	Impresoras	Oficina		EPSON	Monofásico	120	2	0.24	0.48	240	115.2	8
101	Oficina José Vivas Planta baja	1	Microonda	Otros equipos		LG	Monofásico	110	9	0.99	0.99	240	237.6	8
102	Oficina José Vivas Planta baja	1	Cafetera	Otros equipos		HAMILTON	Monofásico	110	18	1.98	1.98	30	59.4	1
103	Oficina José Vivas Planta baja	2	Monitor	Oficina	Mesa	DELL	Monofásico	120/240	3.8	0.696	1.392	240	334.08	8
104	Oficina José Vivas Planta baja	2	Batería	Oficina	Suelo	TRUPPLITE	Monofásico	120	4	0.48	0.96	240	230.4	8
105	Laboratorio Microbiología	1	Refrigerador	Instrumentos de Laboratorio		WESTHINHOUS	Monofásico	110	3.5	0.385	0.385	720	277.2	24
106	Laboratorio Microbiología	1	Refrigerador Industrial	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	110	3.15	0.3465	0.3465	720	249.48	24
107	Laboratorio Microbiología	1	Congelador 207dm3	Instrumentos de Laboratorio		FRIGIDAIRE	Monofásico	110	1.25	0.1375	0.1375	90	12.375	3
108	Laboratorio Microbiología	2	Incubadoras	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	110	2.8	0.308	0.616	30	18.48	1
109	Laboratorio Microbiología	1	Autoclave	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	110	19	2.09	2.09	30	62.7	1
110	Laboratorio Microbiología	1	Autoclave	Instrumentos de Laboratorio		TOMY	Monofásico	110	1.5	1.65	1.65	30	49.5	1
111	Laboratorio Microbiología	1	Aire acondicionado 24000btu	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	630.76	8
112	Laboratorio Microbiología	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	630.76	8
113	Laboratorio Microbiología	1	Data	Oficina		EPSON	Monofásico	120	3.5	0.42	0.42	60	25.2	2
114	Laboratorio Microbiología	12	Bombillos Fluorescentes	Iluminación	Techo	VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.462	240	110.88	8
115	Sala de estudio anatomía	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	630.76	8
116	Sala de estudio anatomía	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	630.76	8
117	Sala de estudio anatomía	1	Congelador	Instrumentos de Laboratorio		FRIGIDAIRE	Monofásico	110	5	0.55	0.55	9	4.95	0.3
118	Sala de estudio anatomía	32	Lámpara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	110	0.35	0.0385	1.232	240	295.68	8
119	Laboratorio de parasitología	1	Aire acondicionado 60000 BTU	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	14.5	2.7115	2.7115	240	630.76	8
120	Laboratorio de parasitología	12	Microscopios	Instrumentos de Laboratorio		HOMESCIENCE TO	Monofásico	120	0.6	0.072	0.864	60	51.84	2
121	Laboratorio de parasitología	1	Refrigerador industrial	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	110	3.15	0.3465	0.3465	720	249.48	24
122	Laboratorio de parasitología	2	Centrifugas	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	110	1.7	0.187	0.374	30	11.22	1
123	Laboratorio de parasitología	1	rotor	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	110	0.1	0.011	0.011	30	0.33	1
124	Laboratorio de parasitología	2	Agitadores Magnéticos	Instrumentos de Laboratorio		SELECTA	Monofásico	110	5.8	0.638	1.276	30	38.28	1
125	Laboratorio de parasitología	4	Bombillos Fluorescentes	Iluminación		VOLTEK	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.154	240	36.96	8
126	Laboratorio de patología Aviar	1	Aire acondicionado 36000btu	Climatización		CARRIER	Monofásico	220/240	11	1.122	1.122	240	269.28	8
127	Laboratorio de patología Aviar	3	Lámpara tubular fluorescente	Iluminación	Techo	SILVANA	Monofásico	110	0.35	0.0385	0.154	240	36.96	8

Total: 119.27 kW

Anexo E. Censo de Carga del edificio de salón de clases.

Item	Ubicación	Qty	Descripción	Uso final	Tipo	Marca	Sistema	Voltaje Nominal (V)	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Total Hrs/mes	kWh/mes	Horas/ Uso/Día	Planta
1	Salón de clase vz2	6	Abanico rotatorio	Ventilación	techo	SANKEY	Monofásico	120	0.6	0.072	0.432	240	103.68	8	1
2	Salón de clase vz2	16	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	1
3	Salón de clase vz3	6	Abanico rotatorio	Ventilación	techo	SANKEY	Monofásico	120	0.6	0.072	0.432	240	103.68	8	1
4	Salón de clase vz3	16	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	1
5	Salón de clase vz1	16	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	1
6	Salón de clase vz1	1	Aire Acondicionado	Climatización	techo	CARRIER	Monofásico	120/230	1.46	0.14892	0.14892	240	35.7408	8	1
7	Salón de clase vz1	1	Abanico rotatorio	Ventilación	techo	Westinghouse	Monofásico	120	0.6	0.072	0.072	240	17.28	8	1
8	Salón de clase vz1	1	Datashow	informática	pared	EPSON	Monofásico	120	3.5	0.42	0.42	240	100.8	8	1
9	Pasillo Vz1-Vz2-Vz3	14	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3192	240	76.608	8	1
10	centro de copias	1	Fotocopiadora bizhub363	informática	Escritorio	ONIKA MINOLT	Monofásico	120	12	1.44	1.44	240	345.6	8	1
11	centro de copias	1	Bombillo Fluorescente	Iluminación	techo	FOX	Monofásico	120	0.35	0.042	0.042	240	10.08	8	1
12	centro de copias	1	Abanico rotatorio	Ventilación	pedestal	SANKEY	Monofásico	120	0.6	0.072	0.072	240	17.28	8	1
13	centro de copias	1	Impresora	informática	piso	EPSON	Monofásico	100/240	0.3	0.03	0.03	240	7.2	8	1
14	centro de copias	1	Monitor	informática	Escritorio	NOC	Monofásico	100/240	1.5	0.15	0.15	240	36	8	1
15	centro de copias	1	CPU	informática	Escritorio	DELL	Monofásico	120	1.5	0.18	0.18	240	43.2	8	1
16	centro de copias	1	Engrapadora Eléctrica	informática	Escritorio	eedpro25 Swinglit	Monofásico	120	3	0.36	0.36	240	86.4	8	1
17	Salón de clase Vz4	16	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	1
18	Salón de clase Vz4	6	Abanico rotatorio	Ventilación	techo	SANKEY	Monofásico	120	0.6	0.072	0.432	240	103.68	8	1
19	Salón de clase Vz6	16	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	1
20	Salón de clase Vz6	6	Abanico rotatorio	ventilación	techo	SANKEY	Monofásico	120	0.6	0.072	0.432	240	103.68	8	1
21	Salón de clase Vz5	16	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	1
22	Salón de clase Vz5	6	Abanico rotatorio	Ventilación	techo	SANKEY	Monofásico	120	0.6	0.072	0.432	240	103.68	8	1
23	Pasillo Vz4-Vz5-Vz6	14	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3192	240	76.608	8	1
24	Salón de clase Vz7	12	Lámpara tubular	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.2736	240	65.664	8	1
25	Boveda1	1	Abanico rotatorio	Ventilación	techo	SANKEY	Monofásico	120	0.6	0.072	0.072	240	17.28	8	1

Anexo F. Censo de Carga del edificio de salón de clases.

Item	Ubicación	Qty	Descripción	Uso final	Tipo	Marca	Sistema	Voltaje Nominal (V)	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Total Hrs/mes	kWh/mes	Horas/ Uso/Día	Planta
26	Pasillo Vz7-Bodega1	4	Lámpara tubular	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0912	240	21.888	8	1
27	Baño Hombre	2	Lámpara tubular	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0456	240	10.944	8	1
28	Baño Mujer	2	Lámpara tubular	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0456	240	10.944	8	1
29	Bodega 2	1	Bombillo Incandescente	Iluminación	Techo	PHILIPHS	Monofásico	110	0.9	0.099	0.099	240	23.76	8	1
30	Pasillo Baños-Bodega2	4	Lámpara tubular	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0912	240	21.888	8	1
31	Salón de clase Vz8	6	Abanico rotatorio	Ventilación	Techo	SANKEY	Monofásico	110/220	0.6	0.066	0.396	240	95.04	8	2
32	Salón de clase Vz8	16	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	2
33	Salón de clase Vz8-1 auditorio	16	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	2
34	Salón de clase Vz8-1 auditorio	1	Aire acondicionado	Climatización	Techo	LG	Monofásico	220-240	9.5	1.7765	1.7765	240	426.36	8	2
35	Salón de clase Vz8-2 auditorio	1	Aire acondicionado	Climatización	Techo	LG	Monofásico	220-240	9.5	1.7765	1.7765	240	426.36	8	2
36	Salón de clase Vz8-2 auditorio	1	Datashow	Informática	Escritorio	EPSON	Monofásico	120	3.5	0.42	0.42	240	100.8	8	2
37	Salón de clase Vz8-2 auditorio	16	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	2
38	Pasillo Vz8-Vz1-Vz2	14	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3192	240	76.608	8	2
39	Salón de clase Vz9	16	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	2
40	Salón de clase Vz9	6	Abanico rotatorio	Ventilación	Techo	SANKEY	Monofásico	110/220	0.6	0.066	0.396	240	95.04	8	2
41	Salón de clase Vz10	16	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	2
42	Salón de clase Vz10	6	Abanico rotatorio	Ventilación	Techo	SANKEY	Monofásico	110/220	0.6	0.066	0.396	240	95.04	8	2
43	Salón de clase Vz11	16	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3648	240	87.552	8	2
44	Salón de clase Vz11	1	Aire acondicionado	Climatización	Techo	LG	Monofásico	220-240	9.5	1.7765	1.7765	240	426.36	8	2
45	Pasillo Vz9-Vz10-Vz11	14	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.3192	240	76.608	8	2
46	Salón de clase Vz12	12	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.2736	240	65.664	8	2
47	Salón de clase Vz12	6	Abanico rotatorio	Ventilación	Techo	SANKEY	Monofásico	110/220	0.6	0.066	0.396	240	95.04	8	2
48	Pasillo Vz12	4	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0912	240	21.888	8	2
49	Pasillo escalera 1	2	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0456	240	10.944	8	2
50	Baños hombres	2	Lámpara tubular LED	Iluminación	Techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0456	240	10.944	8	2
51	Baños Mujeres	2	Lámpara tubular LED	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0456	240	10.944	8	2
52	Pasillo baños H/M	4	Lámpara tubular LED	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0912	240	21.888	8	2
53	Pasillo escalera 2	2	Lámpara tubular LED	Iluminación	techo	OSRAM	Monofásico	120/277	0.19	0.0228	0.0456	240	10.944	8	2

Total: 19.42 kW.

Anexo G. Facturación anual de la FACA (marzo 2019-febrero 2020).

NIS: 2473912		Potencia contratada: 54 kW										
Nivel de tensión:13.2KV						Tarifa:	T-2E MT GENERAL MAYOR BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL					
Mes	Días Facturados	Activa punta kWh	Activa valle kWh	Energía kWh	kWh/día	Demanda en Punta	Demanda Fuera de Punta	Demanda kW	Reactiva (KVARh)	Factor de Potencia (FP)	Importe total C\$	Importe total USD
mar-19	29	5,040	28,280	33,320.00	1,149	70	169.4	169.4	17,220	0.89	284,850.47	\$8,418.04
abr-19	31	2,940	25,060	28,000.00	903	65.8	180.6	180.6	11,340	0.93	385,131	\$11,381.57
may-19	30	1,400	20,160	21,560.00	719	65.8	169.4	169.4	7,420	0.95	334,565.79	\$9,887.25
jun-19	30	1,260	15,120	16,380.00	546	35	158.2	158.2	7,000	0.92	244,974.93	\$7,239.62
jul-19	33	2,100	18,340	20,440.00	619	67.2	155.4	155.4	9,940	0.9	180,987.98	\$5,348.64
ago-19	30	1,400	18,900	20,300.00	677	61.6	152.6	152.6	9,520	0.91	245,125.15	\$7,244.06
sep-19	31	1,260	20,440	21,700.00	700	15.4	170.8	170.8	8,120	0.94	240,988.19	\$7,121.80
oct-19	30	1,540	21,280	22,820.00	761	65.8	169.4	169.4	8,540	0.94	218,192.02	\$6,448.12
nov-19	32	1,680	13,860	15,540.00	486	63	152.6	152.6	7,980	0.89	273,093.47	\$8,070.59
dic-19	31	2,240	20,860	23,100.00	745	64.4	138.6	138.6	12,460	0.88	461,364.74	\$13,634.48
ene-20	29	1,680	19,180	20,860.00	719	64.4	131.6	131.6	10,920	0.89	319,965.02	\$9,455.76
feb-20	30	3,080	28,560	31,640.00	1,055	68.6	173.6	173.6	15,400	0.9	306,882.06	\$9,069.13
	33	5,040.00	28,560	33,320.00	1,148.97	70	180.6	180.6	17,220	0.95	461,364.74	\$13,634.48
	30.5	2,135.00	20,836.67	22,971.67	756.53	58.92	160.18	160.18	10,488.33	0.91	291,343.38	\$8,609.92
	29	1,260.00	13,860.00	15,540.00	485.63	15.4	131.6	131.6	7,000.00	0.88	180,987.98	\$5,348.64
365	366	25,620.00	250,040.00	275,660.00	9,078.35	707	1,922.20	1,922.20	125,860.00	10.91	3,496,120.60	\$103,319.06

Anexo H. Pliego Tarifario



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR**

**TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE DICIEMBRE 2019
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR**

MEDIA TENSIÓN (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	6.9243	
			kW de Demanda Máxima		1,017.3509
		T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	11.2712	
			Invierno Punta	10.9121	
			Verano Fuera de Punta	7.7887	
Invierno Fuera de Punta	7.5274				
	Verano Punta		1,132.7905		
	Invierno Punta		707.4456		
	Verano Fuera de Punta		0.0000		
	Invierno Fuera de Punta		0.0000		
INDUSTRIAL MEDIANA	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)	T-4D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	5.7274	
			kW de Demanda Máxima		652.0687
		T-4E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	8.3975	
			Invierno Punta	8.1234	
			Verano Fuera de Punta	5.5822	
Invierno Fuera de Punta	5.3967				
	Verano Punta		843.6999		
	Invierno Punta		526.9101		
	Verano Fuera de Punta		0.0000		
	Invierno Fuera de Punta		0.0000		
INDUSTRIAL MAYOR	Carga contratada mayor de 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc)	T-5D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	5.8756	
			kW de Demanda Máxima		678.9491
		T-5E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	8.6852	
			Invierno Punta	8.4021	
			Verano Fuera de Punta	5.7387	
Invierno Fuera de Punta	5.5505				
	Verano Punta		879.2983		
	Invierno Punta		549.1341		
	Verano Fuera de Punta		0.0000		
	Invierno Fuera de Punta		0.0000		
PEQUEÑAS CONCESIONARIAS	Para uso exclusivo de pequeñas distribuidoras de energía eléctrica	TPC	TARIFA MONOMIA		
			Todos los kWh	4.0606	

Anexo I. Especificaciones: Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735

Medición en estrella de verdadero valor eficaz de V	Rango de medida	57 V/66 V/110 V/120 V/127 V/220 V/230 V/240 V/260 V/277 V/347- V/380 V/400 V/417 V/480 V CA
	Error intrínseco	$\pm(0.2\%$ de valor medido + 5 dígitos)
	Error de operación	$\pm(0.5\%$ de valor medido + 10 dígitos)
	Resolución	0.1 V
Medición en triángulo de verdadero valor eficaz de V	Rango de medida	100 V/115 V/190 V/208 V/220 V/380 V/400 V/415 V/450 V/480 V/600 V/660 V/690 V/720 V/830 V CA
	Error intrínseco	$\pm(0.2\%$ de valor medido + 5 dígitos)
	Error de operación	$\pm(0.5\%$ de valor medido + 10 dígitos)
	Resolución	0.1 V
Medición de verdadero valor eficaz de amperios	Rangos de intensidad Flexi Set	15 A/150 A/3000 A de verdadero valor eficaz (en el seno)
	Rangos de pinza amperimétrica	1 A/10 A
	Resolución	0.01 A
	Rangos	150 A/3000 A y 1 A/10 A
	Error intrínseco	$\pm(0.5\%$ de valor medido + 10 dígitos)
	Error de operación	$\pm(1\%$ de valor medido + 10 dígitos)
	Rangos	15 A
	Error intrínseco	$\pm(0.5\%$ de valor medido + 20 dígitos)
Error de operación	$\pm(1\%$ de valor medido + 20 dígitos)	

Anexo J. Especificaciones: Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735

Medida de potencia (P - activa, S - aparente, Q - reactiva, D - distorsionada)	Rango de medida	consulte la medición de verdadero valor eficaz de V y A
		Los errores de alimentación se calculan añadiendo los errores de voltaje y corriente
		Error adicional debido a factor de potencia (PF)
		Error especificado x (1-[PF])
		El rango máximo con una conexión en triángulo de rango de voltaje de 830 V y un rango de corriente de 3000 A es de 2.490 MW, es posible que aparezcan valores superiores si se usan PT y CT con función de relación
	Error intrínseco	$\pm(0.7\% \text{ de valor medido} + 15 \text{ dígitos})$
	Resolución	1 kW
	Error de operación	$\pm(1.5\% \text{ de valor medido} + 20 \text{ dígitos})$
		Rango habitual con conexión en estrella de 230 V de rango de voltaje y rango de corriente de 34.50 KW.
	Error intrínseco	$\pm(0.7\% \text{ de valor medido} + 15 \text{ dígitos})$
	Resolución	1 W a 10 W
Error de operación	$\pm(1.5\% \text{ de valor medido} + 20 \text{ dígitos})$	
	No se han considerado los errores de los sensores de corriente propiamente dichos.	

Anexo K. Especificaciones: Registrador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1735.

Especificaciones		
Medida de energía (KWh, KVAh, KVARh)	Error intrínseco	$\pm(0.7\% \text{ de valor medido} + \text{error de variación } F^* + 15 \text{ dígitos})$
	Resolución	1 W a 10 W
	Error de operación	$\pm(1.5\% \text{ de valor medido} + \text{error de variación } F^1 + 20 \text{ dígitos})$
		1. Error de variación de frecuencia
PF (factor de potencia)	Rango	0.000 a 1.000
	Resolución	0.001
	Precisión	$\pm 1\% \text{ de valor máximo de la escala}$
Medición de frecuencia	Rango de medida	46 Hz a 54 Hz y 56 Hz a 64 Hz
	Error intrínseco	$\pm(0.2\% \text{ de valor medido} + 5 \text{ dígitos})$
	Error de operación	$\pm(0.5\% \text{ de valor medido} + 10 \text{ dígitos})$
	Resolución	0.01 Hz

Anexo L. Especificaciones del comprobador de puesta a tierra 1623-2 GEO de Fluke.

Rango de temperatura	
Sistema de calidad	Desarrollado, diseñado y fabricado según la norma DIN ISO 9001
Voltaje externa	Voltaje externo máx = 24 V (CC, CA < 400 Hz); medición inhibida para valores más altos
Rechazo de voltaje externo	> 120 dB (162/3, 50, 60, 400 Hz)
Tiempo de medición	Típica: 6 segundos
Sobrecarga máxima	250 V rms (en relación con el uso indebido)
Alimentación auxiliar	6 baterías alcalinas de 1.5 V (tipo AA LR6)
Vida útil de la batería	Típica > 3,000 medidas
Dimensiones (anch* alt* Prof)	250 x 133 x 187 mm (9.75 x 5.25 x 7.35 pulg)
Peso	1.1 kg (2.43 lb). incluidas las baterías
	7.6 kg (16.8 lb) incl. accesorios y baterías en el estuche
Medida de resistencia de tierra RA a 3 hilos (IEC 1557-5)	
Posición del selector	R _A de 3 polos
Resolución	0.001 Ω a 10 Ω
Rango de medición	0.020 Ω a 19.99 kΩ
Precisión	±(2 % de la lectura + 3 d)
Error de operación	±(5 % de la lectura + 3 d)
Fundamento de medición: medición de corriente/voltaje	
Medición de voltaje	V _m = 48 V CA
Corriente en cortocircuito	> 50 mA
Medida de frecuencia	128 Hz
Resistencia de la sonda (R _S)	100 kΩ máximo
Resistencia del electrodo de puesta a tierra auxiliar (R _H)	100 kΩ máximo
Error adicional de R _H y R _S	$R_H[k\Omega] \bullet \bullet R_S[k\Omega] / R_A[\Omega] \bullet \bullet \bullet 0.2 \%$
Monitoreo de R _S y R _H con indicador de error.	
Selección automática de rangos.	
La medición no se realizará si la corriente a través de la pinza amperimétrica es demasiado baja.	

Anexo M. Especificaciones del comprobador de puesta a tierra 1623-2 GEO de Fluke.

Medición de resistencia de tierra R_A de 4 polos (IEC 1557-5)	
Posición del selector	R_A de 4 polos
Resolución	0.001 Ω a 10 Ω
Rango de medición	0.020 Ω a 19.99 k Ω
Precisión	$\pm(2\%$ de la lectura + 3 d)
Error de operación	$\pm(5\%$ de la lectura + 3 d)
Fundamento de medición: medición de corriente/voltaje	
Medición de voltaje	$V_m = 48$ V CA
Corriente en cortocircuito	> 50 mA
Medida de frecuencia	128 Hz
Resistencia de la sonda	100 k Ω máximo
Resistencia del electrodo de puesta a tierra auxiliar (R_H)	100 k Ω máximo
Error adicional de R_H y R_S	$R_H[\text{k}\Omega] \cdot R_S[\text{k}\Omega] / R_A[\Omega] \cdot 0.2\%$
Monitoreo de R_S y R_H con indicador de error.	
Selección automática de rangos.	
Medición de resistencia de tierra selectiva de 3 polos con pinza amperimétrica (R_A con pinza)	
Posición del selector	R_A de 3 polos con pinza
Resolución	0.001 Ω a 10 Ω
Rango de medición	0.020 Ω a 19.99 k Ω
Precisión	$\pm(7\%$ de la lectura + 3 d)
Error de operación	$\pm(10\%$ de la lectura + 5 d)
Fundamento de medición: medición de corriente/voltaje (con pinza amperimétrica externa)	
Medición de voltaje	$V_m = 48$ V CA
Corriente en cortocircuito	> 50 mA
Medida de frecuencia	128 Hz
Resistencia de la sonda (R_S)	100 k Ω máximo
Resistencia del electrodo de puesta a tierra auxiliar (R_H)	100 k Ω máximo
Monitoreo de R_S y R_H con indicador de error.	
Selección automática de rangos.	
La medición no se realizará si la corriente a través de la pinza amperimétrica es demasiado baja.	
Medición de resistencia de tierra selectiva de 4 polos con pinza amperimétrica (R_A con pinza)	
Posición del selector	R_A de 4 polos con pinza
Resolución	0.001 Ω a 10 Ω
Rango de medición	0.020 Ω a 19.99 k Ω
Precisión	$\pm(7\%$ de la lectura + 3 d)
Error de operación	$\pm(10\%$ de la lectura + 5 d)

Anexo N. Módulo Peimar SGM370



HIGH POWER LINE

SG360/370M

MÓDULO MADE IN ITALY

El diseño moderno, gracias al color negro de las células y la larga duración de vida son sólo algunas de las ventajas de los módulos monocristalinos PEIMAR. Se producen utilizando procesos productivos innovadores y técnicas de ingeniería avanzadas, ofreciendo a los clientes la máxima productividad y elevadas prestaciones (más del 20% de eficiencia). Ello permite generar mayores cantidades de energía, transformándolas en los paneles ideales para todos los contextos en los que el espacio es limitado o con condiciones ambientales difíciles.

"Gracias al empleo de células con tecnología PERC los módulos PEIMAR pueden alcanzar niveles de eficiencia todavía más elevados, puesto que se facilita el aprisionamiento de la luz en proximidad de la superficie posterior, optimizando así la captación de electrones."

- TOLERANCIA POSITIVA SOBRE LA POTENCIA
- REACCIÓN AL FUEGO: CLASE I
- VIDRIO ANTIRREFLEJO
- RESISTENCIA AL GRANIZO

12

CELIDAS	
CANTIDAD: 72 CELIDAS TPO: MONO 600 TECNOLOGÍA PERC TAMAÑO: 156x176 mm / 6in"	
MARCO	
LÁMINA POSTERIOR	
JUNCTION BOX	

Anexo O. Módulo Peimar SGM370

HIGH POWER LINE

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (STC**)

	SG360M	SG370M
Potencia de pico (Pmax)	308 W	370 W
Tolerancia de potencia	±0.5 W	±0.5 W
Tensión a Pmax (Vmp)	30 V	36.2 V
Corriente a Pmax (Imp)	8.40 A	8.7 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	40.6 V	40.8 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	10.09 A	10.3 A
Tensión máxima de sistema	1000 V	1000 V
Máximo valor nominal del fusible	10 A	15 A
Eficiencia Módulo	18.94%	18.96%

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Celulas	72 (6x12) monocristalinas PERC
Tamaño Celulas	156x156 mm / 6.1"
Cableado Frontal	0.2 mm / 0.12" grosor, VHS lo integrado
Densidad	70T (Talla-PC3-Teclat)
Cableado Posterior	ENX (Ejemplo VHS Acortado)
Marcos	Aluminio de aluminio anodizado de color gris
Acabado Marco	Plata
Acabado Lentes posterior	Blanco
Diseño	3 Dientes de Espinas
Junctor Box	certificado IP67
Caracteres	MCA o conexiones compatibles
Longitud Cable	1100 mm / 43.3"
Sección Cable	4.8 mm² / 0.080 in²
Tensión	1802±0.02±0.03 mm / 71.33±0.13"
Peso	22.5 kg / 49.6 lbs
Carga Máx	Certificado para 5400 Pa

CARACTERÍSTICAS TEMPERATURA

NOCT**	46±3 °C
Coefficiente temperatura de la potencia máxima	-0.43 %/°C
Coefficiente temperatura de la tensión de circuito abierto	-0.32 %/°C
Coefficiente temperatura de la corriente de cortocircuito	0.840 %/°C
Temperatura de funcionamiento	-40 °C - +85°C

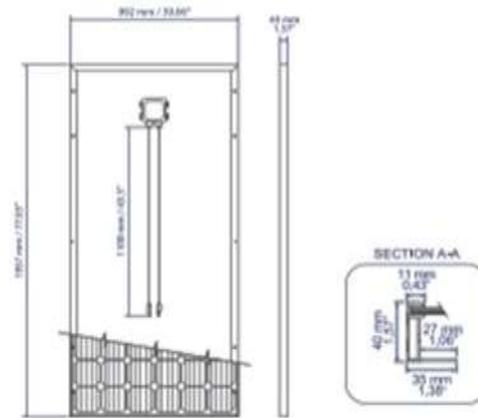
EMBALAJE***

Tamaño Palet	2000x1200x1200 mm / 79x47x47"
Paquetes por Palet	27
Peso	602 kg / 1327 lbs

CERTIFICACIONES

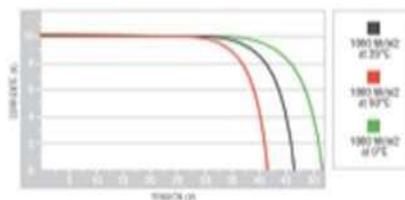
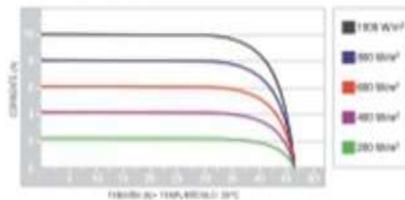
Resistencia al fuego	Clase de reacción al fuego: E (EN 1177)
----------------------	-----------------------------------------

TAMAR



CARACTERÍSTICAS CORRIENTE/VOLTAJE

Valores referidos al punto MPP



**STC (Standard Test Conditions): Irradiance 1000W/m², Ambient Temperature 25°C, Air Mass 1.5

***NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Air 25W/m², Air 25°C, Wind speed 1m/s

**** Las AMP pueden ser subempacadas, número por palet

PEIMAR
ITRÁKIPHOTOVOLTAIC MODULARES

Av. Eusebio C. Sison, Bataan, 2007 • www.peimar.com • info@peimar.com

Anexo Q. Inversor Fronius Symo.

DATOS TÉCNICOS

DATOS DE SALIDA CA	SYMO 11.0-3 200/240	SYMO 12.0-3 200/240	SYMO 16.0-3 480	SYMO 12.5-3 480	SYMO 15.0-3 200	
Máxima potencia de salida	200 V 200 V 480 V	220 V 220 V 480 V	220 V 220 V 480 V	220 V 220 V 480 V	220 V 220 V 480 V	220 V 220 V 480 V
Máxima corriente de salida	200 V 220 V 240 V 480 V	27.7 A 26.1 A 24.0 A 48.0 V	33.3 A 30.5 A 25.9 A -	33.3 A 30.5 A 25.9 A -	33.3 A 30.5 A 25.9 A -	33.3 A 30.5 A 25.9 A -
DC/PO / Voltaje CA recomendado	200 V 220 V 480 V	25 A 30 A -	35 A 40 A -	35 A 40 A -	35 A 40 A -	40 A -
Eficiencia máxima		97.0 %		96.5 %		97.2%
Eficiencia CEC	200 V 220 V 480 V	96.5 % 96.5 % -		96.5 %		96.5 %
Tamaño de instalación de CA estándar			AWG 14 - 1000 A			
Tensión de red		200 / 220 / 240 V Delta		480V Delta + N**		200 / 220 V Delta
Funcionamiento continuo			60 Hz			
Distorsión armónica Total		< 1.5 %	< 1.75 %	< 1.5 %		< 1.5 %
Factor de potencia (cos φ ₁)			1 (potencia) / 0.95 (red) / 0.95 (cap)			

DATOS DE ENTRADA CD	SYMO 15.0-3 480	SYMO 17.5-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Potencia PV recomendada (kWp)	12.0 - 13.5	14.0 - 15.0	16.0 - 16.0	18.0 - 20 %	19.0 - 18.0
Máxima corriente de corriente nominal (MPPPT1 / MPPPT2)			33.0 A / 25.0 A		
Máxima corriente total (MPPPT1 + MPPPT2) (basado en el número de corrientes CD)			58 A		
Máxima corriente de corriente admisible (MPPPT1 / MPPPT2)			45 A / 27 A		
Partidillos incluidos CD			6 y 6x unidades (9,210,100)		
Rango de voltaje MPPT	300 - 600 V	400 - 600 V	400 - 600 V	300 - 600 V	300 - 600 V
Tensión de operación			200 - 600 V		
Máxima tensión de conexión			1000 V		
Tensión nominal de entrada	480 V	480 V	480 V	710 V	720 V
Tamaño de instalación admisible de CD	1000 V, 100% a cable directo; 1000 V a potencia directa; 1000 V, 4 - 1000 V cable a potencia con condensador de entrada.				
Número de MPPT	2				

DATOS DE SALIDA CA	SYMO 15.0-3 480	SYMO 17.5-3 480	SYMO 20.0-3 480	SYMO 22.7-3 480	SYMO 24.0-3 480
Máxima potencia de salida	1500 VA	1750 VA	1800 VA	2275 VA	2400 VA
Máxima corriente de salida	450 V 480 V	45.0 A 41.0 A	45.0 A 41.0 A	47.5 A 48.0 A	48.0 A 48.0 A
DC/PO / Voltaje CA recomendado	480 V	480 V	480 V	480 V	480 V
Máxima eficiencia		97.0 %		97.5 %	
Méxima CEC	480 V	97.0 %		97.5 %	
Tamaño de instalación de CA estándar			AWG 14 - 1000 A		
Tensión de red			480V Delta + N**		
Funcionamiento continuo			60 Hz		
Distorsión armónica Total		< 1.5 %	< 1.75 %	< 1.5 %	< 1.5 %
Factor de potencia (cos φ ₁)			1 (potencia) / 0.95 (red) / 0.95 (cap)		

* El símbolo W10 es una marca registrada de la empresa W10.

** Necesita independencia para su conexión fase-neutro.

Nota: Información válida para México, Chile, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Panamá.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES UNIDADES DE NEGOCIO CON UN MISMO OBJETIVO: ESTABLECER LOS ESTÁNDARES MEDIANTE EL AVANCE TECNOLÓGICO.

Lo que comenzó en 1945 como una operación unipersonal ahora establece estándares tecnológicos en los campos de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. Hoy la compañía tiene alrededor de 3,800 empleados en todo el mundo y 1,242 patentes para el desarrollo de productos muestran el espíritu innovador dentro de la empresa. El desarrollo sostenible significa para nosotros implementar aspectos ambientales relevantes y sociales por igual con los factores económicos. Nuestro objetivo se ha mantenido constante durante todo el tiempo para ser el líder de innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo, visite www.fronius.mx

Fronius México S.A. de C.V.
Fronius Monterrey
Carretera Monterrey Saltillo 3279
Privada de Santa Catarina
66367 Santa Catarina, N.L.
México
Teléfono +52 81 8882 8200
pv-sales-mexico@fronius.com
www.fronius.mx

Anexo R. Cotización



Nicaragua: +505 2251 5152 | Honduras: +504 2550 5977 | El Salvador: +503 2245 6386 | Panamá: +507 264 9003

info@tecnosolsa.com.ni | www.tecnosolsa.com.ni

RUC: J0310000012806

Proforma

Potencia en kW **52.17**

Empresa:	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA (UNA)	Número:	1019526
Contacto:	Alexander José Mendoza Pulido	Fecha:	7/7/2020
Dirección:	Managua, NICARAGUA	Condiciones de Pago:	
Teléfono:	505 88733454	Garantía:	
E-mail:	mendozapop@gmail.com	Tiempo de Entrega:	
RUC:		Validez de la oferta:	15 días

Item	Descripción	Cant.	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
1	Suministro e instalacion de sistema fotovoltaico diseñado para autoconsumo con potencia pico 52.17 kWp	1	\$53,652.86	\$53,652.86
2	Incluye esta proforma preliminar: 1. MODULO SOLAR HLD 370W-38.2V SG370M 141 2. INVERSOR FRONIUS SYMO 15.0-3 208/240VAC 2 3. SET MEDIDOR FRONIUS SMART METER 208/ 1 4. ACCESORIOS Y MATERIALES ELECTRICOS 1 5. ESTRUCTURA PARA PANELES 1 7. SERVICIO DE MANO OBRA POR INSTALACION 1 9. SERVICIO DE TRANSPORTE 1 Notas de esta proforma: 1 Esta oferta no incluye nada que no este mencionado. 2 Se asume que la generación del sistema es durante la ventana solar la cual es aproximadamente entre las 9 AM y 3PM. 3 La potencia generada es directamente proporcional a la radiación solar logrando su máxima potencia el sistema al mediodia generalmente. 4 incluye monitoreo via wifi. 5 incluye kit de inyeccion cero. 6 se coliza estructura sobre techo. 7 en caso de que la red comercial falle el inversor se apaga como metodo de proteccion. Total antes de IVA Total con IVA	1		\$53,652.86 \$57,651.41
				Los paneles solares no están sujetos al 15% IVA según legislación vigente; los demás accesorios, equipos y componentes si están sujetos al 15% IVA

Sistema en kWp	52.17
Coefficiente de rendimiento de la planta	0.80
Horas sol por día	5.00
kWh/día promedio generación estimada	208.68
Nº días por mes	30.00
kWh/mes	6,260.40
Área requerida en metros cuadrados	521.70
Tarifa kWh en US\$	0.40
Ahorro mensual US\$	2,504.16
Ahorro anual US\$	30,049.92
Recuperación de la inversión en años con ahorro en pago de factura	4.00
Ahorro Estimado Mensual %	35%



Crédito verde bancario disponible para sistemas solares con tasa de interés baja
 Para sistemas iguales o mayores a 100 kW podemos ofertar renta con opción a compra (ROC) o renta simple.
 En modalidad de ROC usted puede tener el precio del kWh con un 10% más barato que a como lo compra en la distribuidora.

JOSE MARIA PAGUAGA

Asesor de ventas / Nombre del Asesor
 Contacto del Asesor: jpaguaga@tecnosolsa.com.ni / Cel. 8252-1209

Anexo S. Cotización



Nicaragua: +505 2251 5152 | Honduras: +504 2550 5977 | El Salvador: +503 2245 6386 | Panamá: +507 264 9003

info@tecnosolsa.com.ni | www.tecnosolsa.com.ni

RUC: J0310000012806

Proforma

Potencia en kW 15.17

Empresa:	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA (UNA)	Número:	1019525
Contacto:	Alexander José Mendoza Pulido	Fecha:	7/7/2020
Dirección:	Managua, NICARAGUA	Condiciones de Pago:	
Teléfono:	505 88733454	Garantía:	
E-mail:	mendozajop@gmail.com	Tiempo de Entrega:	
RUC:		Validez de la oferta:	15 días

Item	Descripción	Cant.	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
1	Suministro e instalacion de sistema fotovoltaico diseñado para autoconsumo con potencia pico 15.17 kWp	1	\$16,428.86	\$16,428.86
2	Incluye esta proforma preliminar: 1. MODULO SOLAR HLD 370W-38.2V 5G370M 41 2. INVERSOR FRONIUS SYMO 15.0-3 208/240VAC 1 3. SET MEDIDOR FRONIUS SMART METER 208/ 1 4. ACCESORIOS Y MATERIALES ELECTRICOS 1 5. ESTRUCTURA PARA PANELES 1 7. SERVICIO DE MANO OBRA POR INSTALACION 1 9. SERVICIO DE TRANSPORTE 1 Notas de esta proforma: 1 Esta oferta no incluye nada que no este mencionado. 2 Se asume que la generación del sistema es durante la ventana solar la cual es aproximadamente entre las 9 AM y 3PM. 3 La potencia generada es directamente proporcional a la radiación solar logrando su máxima potencia el sistema al mediodía generalmente. 4 incluye monitoreo via wifi. 5 incluye kit de inyeccion cero. 6 se cotiza estructura sobre techo. 7 en caso de que la red comercial falle el inverter se apaga como metodo de proteccion.	1		
Total antes de IVA				\$16,428.86
Total con IVA				\$17,715.71

Los paneles solares no están sujetos al 15% IVA según legislación vigente; los demás accesorios, equipos y componentes si están sujetos al 15% IVA

Análisis de generación eléctrica y retorno de inversión	
Sistema en kWp	15.17
Coefficiente de rendimiento de la planta	0.80
Horas sol por día	5.00
kWh/día promedio generación estimada	60.68
No. días por mes	30.00
kWh/mes	1,820.40
Área requerida en metros cuadrados	151.70
Tarifa kWh en US\$	0.40
Ahorro mensual US\$	728.16
Ahorro anual US\$	8,737.92
Recuperación de la inversión en años con ahorro en pago de factura	-
Ahorro Estimado Mensual %	0%

Proceso de compra



Crédito verde bancario disponible para sistemas solares con tasa de interés baja

Para sistemas iguales o mayores a 100 kW podemos ofertar renta con opción a compra (ROC) o renta simple.

En modalidad de ROC usted puede tener el precio del kWh con un 10% más barato que a como lo compra en la distribuidora.

JOSE MARIA PAGUAGA

Asesor de ventas / Nombre del Asesor

Contacto del Asesor: jpaguaga@tecnosolsa.com.ni / Cel. 8252-1205

Anexo T. Cotización

				
GRUPO LUMINICA S.A. RUC: J0310000386498				
Cliente:	Alexander Mendoza	Teléfono:	88733454	
RUC:	0	Fecha:		
Correo:	mendozajop@gmail.com	Vigencia:	10 Días	
Dirección:	UNA-MANAGUA	Atendido por:	Andres Rivera	
Nombre del Proyecto				
Sistema Solar de autoconsumo para Edificio de Laboratorios 300 kWh/día				
Ítems	Cantidad	Descripción	Precio unitario (U\$)	Total(U\$)
I	162	Modulo Solar Peimar 400 watts	\$ 203.50	\$ 32,967.00
II	6	Inversor Solis-10K-4G - 10kw Single phase dual MPPT	\$ 2,530.00	\$ 15,180.00
III	6	Solis EPM 5G Control de Inyeccion	\$ 599.50	\$ 3,597.00
IV	6	TC Solis EPM	\$ 129.80	\$ 778.80
VI	6	Wifi Stick and wifi webbox with web based monitoring	\$ 77.00	\$ 462.00
VII	6	Estructura de Paneles	\$ 810.00	\$ 4,860.00
VIII	1	Materiales de Instalación	\$ 9,000.00	\$ 9,000.00
IX	1	Instalación y Programación	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00
X				\$ -
XI				\$ -
			Sub total(U\$)	\$77,844.80
			IVA 15% (U\$)	\$6,731.67
			Total (U\$)	\$84,576.47
			Descuento (U\$)	
Contacto de consultas:		505-89282122		
Correo:		andres.rivera@grupoluminica.com		
GRUPO LUMINICA S.A. Nicaragua.				

- Los pagos a realizar depende de cada proyecto, pueden ser por desembolso completo, o 70 % para iniciar y 30 % al finalizar, puede ser en efectivo o vía bancaria con deposito al número de cuenta en \$ BANPRO 10021210078237 Nombre del destinatario Héctor Andrés Rivera López.
- El monto es reflejado en dólares americanos, el tipo de cambio es el del día según BANCO BANPRO
- Existen dos ofertas: 1. Estimada, cotización general de los equipos. 2. Final, cotización final en base a la visita técnica en campo, ya acordado el proyecto.
- Estamos exentos de IVA según la ley 532 en Equipos Solares como Módulos y Baterías Solares.
- Síguenos en nuestras redes sociales como: @luminica_er    

Anexo U. Cotización

				
GRUPO LUMINICA S.A. RUC: J0310000386498				
Cliente:	Alexander Mendoza	Teléfono:	88733454	
RUC:	0	Fecha:		
Correo:	mendozajop@gmail.com	Vigencia:	10 Días	
Dirección:	UNA-MANAGUA	Atendido por:	Andres Rivera	
Nombre del Proyecto				
Sistema Solar de autoconsumo para Edificio de clases 70 kWh/día				
Ítems	Cantidad	Descripción	Precio unitario (U\$)	Total(U\$)
I	36	Modulo Solar Peimar 400 watts	\$ 203.50	\$ 7,326.00
II	3	Solis-5k-4G-5KW Single phase dual MPPT	\$ 1,320.00	\$ 3,960.00
III	3	Solis EPM 5G Control de Inyeccion	\$ 599.50	\$ 1,798.50
IV	3	TC Solis EPM	\$ 129.80	\$ 389.40
VI	3	Wifi Stick and wifi webbox with web based monitoring	\$ 77.00	\$ 231.00
VII	3	Estructura de Paneles	\$ 320.00	\$ 960.00
VIII	1	Materiales de Instalación	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
IX	1	Instalación y Programación	\$ 3,000.00	\$ 2,500.00
X				\$ -
XI				\$ -
			Sub total(U\$)	\$19,164.90
			IVA 15% (U\$)	\$1,775.84
			Total (U\$)	\$20,940.74
			Descuento (U\$)	
Contacto de consultas:		505-89282122		
Correo:		andres.rivera@grupoluminica.com		
GRUPO LUMINICA S.A. Nicaragua.				

- Los pagos a realizar depende de cada proyecto, pueden ser por desembolso completo, o 70 % para iniciar y 30 % al finalizar, puede ser en efectivo o vía bancaria con deposito al número de cuenta en \$ BANPRO 10021210078237 Nombre del destinatario Héctor Andrés Rivera López.
- El monto es reflejado en dólares americanos, el tipo de cambio es el del día según BANCO BANPRO
- Existen dos ofertas: 1. Estimada, cotización general de los equipos. 2. Final, cotización final en base a la visita técnica en campo, ya acordado el proyecto.
- Estamos exentos de IVA según la ley 532 en Equipos Solares como Módulos y Baterías Solares.
- Síguenos en nuestras redes sociales como: @luminica_er    

Anexo X. Análisis de Oferta.

Asignación de puntos		Empresas						Observación
Dato referencial	100 pts	1. LUMINICA		2. TECNOSOL		3. Fusión solar		
			84 pts		94 pts		54 pts	
	10 pts		10 pts		10 pts		10 pts	
	4 pts	Indicado	4 pts	Indicado	4 pts	Indicado	4 pts	
	6 pts		6 pts		6 pts		6 pts	
	2 pts	No indicado	2 pts	No indicado	2 pts	Indicado	2 pts	
	2 pts	No indicado	2 pts	No indicado	2 pts	Indicado	2 pts	
	1 pts	No indicado	1 pts	No indicado	1 pts	Indicado	1 pts	
	1 pts	No indicado	1 pts	No indicado	1 pts	Indicado	1 pts	
	18 pts		12 pts		18 pts		5 pts	
	6 pts		5 pts		6 pts		2 pts	
	1 pts	Indicado	1 pts	Indicado	1 pts	Indicado	1 pts	
	1 pts	Indicado	1 pts	Indicado	1 pts	Indicado	1 pts	
	2 pts	Indicado	2 pts	Indicado	2 pts	No indicado	0 pts	
	2 pts	Indicado	2 pts	6 meses	2 pts	No indicado	0 pts	
	12 pts		7 pts		12 pts		3 pts	
	4 pts	7 Unidades Solis 10K-4G-10KW SINGLE	2 pts	4 Inversores Fronius SYMO15.0-3 208/240 VAC	4 pts	1 Inversor conectado a red de 20kw	1 pts	Potencia en inversores LUMINICA : 70KW TECNOSOL: 76 KW ITER: 20 KW
	4 pts	198 Modulos Solares PEIMAR 400 W , 20,17 % Eff	2 pts	182 Modulos Peimar, 370W ,19,6 % Eff	4 pts	46 Modulos Solares de 330 W (Sin especificaciones)	1 pts	Potencia en modulos solares LUMINICA : 79,200 kWp TECNOSOL: 67,340 kWp FUSION S: 15,180 KWP
	2 pts	Chiko (perfil de aluminio con fijación concreto o tomillo)	2 pts	Perfil de aluminio, en base de concreto	2 pts	Perfil de aluminio con fijación tipo tomillo	1 pts	
	2 pts	No indicado	1 pts	No indicado	2 pts	No indicado	0 pts	
	0 pts	No incluido	0 pts	No incluido	0 pts	No incluido	1 pts	
	0 pts	No incluido	0 pts	No indicado	0 pts	No incluido	0 pts	
	25 pts		24 pts		21 pts		3 pts	
	10 pts	79200 kWp	10 pts	67340 kWp	8 pts	15180 kWp	2 pts	
	10 pts	140,604 Kwh/Año	9 pts	99,851 Kwh/Año	9 pts	Sin datos	1 pts	
	5 pts		4	5 pts	5	4 pts	4	0 pts
	35 pts		31 pts		33 pts		33 pts	
		\$ 97,009.70		\$ 70,081.72		\$ 16,390.00		
	25 pts	1.225	21 pts	1.041	23 pts	1.080	23 pts	
	10 pts	No disponible	10 pts	No disponible	10 pts	No disponible	10 pts	

Anexo Y. Diagrama Unifilar.

Anexo Z. Diagrama de conexión del sistema solar fotovoltaico de tipo inyección directa del edificio de medicina veterinaria.

Anexo α . Diagrama de conexión del sistema solar fotovoltaico de tipo inyección directa del edificio de salón de clases.

