

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE 2da. Ed.



EN COLABORACION CON:

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE
MADRID ESPAÑA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



PROYECTO DE TESIS

Estudio de factibilidad preliminar para el mejoramiento del suministro de energía eléctrica de los equipos de conectividad a Internet y resguardo de información de la UNAN-León a partir de un Sistema Solar Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013.

Autor:

Ing. MARÍA ALEXANDRA RAMÍREZ RIVAS

Tutor:

Dr. CARLOS ARMENTA DÉU

Asesores :

MSc. PETER WALDSAM

MSc. JORGE CISNE

León, Diciembre del 2013



RESÚMEN DEL TRABAJO

La generación de energía limpia es uno de los tópicos más importantes hoy en día para la investigación. Por lo que esta tesis tuvo como objetivo realizar un estudio de factibilidad preliminar de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a los equipos tecnológicos de la gestión de la conectividad a internet y resguardo de la información de la UNAN-León. Se realizó entre el periodo Agosto a Diciembre del 2013. El cual consistió en realizar un conjunto de actividades técnicas como mediciones reales y censo de carga donde se conoció la demanda energética diaria 4,32KW y consumo 82,8KWh. Una vez conocido estos datos se procedió a dimensionar el sistema fotovoltaico conectado a la red comercial. Progresivamente se realizó el estudio financiero para conocer la rentabilidad del proyecto donde la inversión inicial es de \$83.559,65 con una depreciación anual de \$10.239,98 y un ahorro de \$6.044,40. Esto significa que el sistema genera menos de lo que se tiene que pagar anualmente por mantenimiento, teniendo una pérdida de \$4.195,58. Por lo que este proyecto no es rentable. Para terminar se procedió a estimar la reducción anual de las emisiones, donde se obtuvo una reducción considerable de 15,30 toneladas de dióxido de carbono. Por lo que este proyecto es eficiente para el país y el planeta en soluciones medioambientales. La tesis presenta una solución para los inconvenientes recurrentes en la UNAN-León, definiendo las ventajas y desventajas de utilizar la energía solar y la implementación del sistema fotovoltaico, a través de directrices técnicas, económicas, sociales y medioambientales.

SUMMARY OF THIS WORK

Clean-energy production is a topic with global significance in current practice and research. Accordingly the aim of this thesis is to conduct a preliminary feasibility study of a photovoltaic system serving IT equipment for internet connection and data storage at UNAN University in León, Nicaragua. The study was conducted between August and December 2013. In a first step daily power demands and consumption were measured as 4.32KW and 82.8KWh respectively. Secondly the results were used for the sizing of PV modules. Next we conducted a financial profitability analysis and found that the initial investment of \$ 83,559.65 does not pay back given the high annual depreciation and maintenance cost of \$ 10,239.98 relative to the electricity bill savings of \$ 6,044.40. As such the project is not profitable yielding an annual loss of \$ 4,195.58. However we also estimate a considerable annual emissions reduction of 15.3 tons. As such the project can be considered a valuable investment into a cleaner environment. The thesis showed a solution to recurring problems at UNAN-León, contrasting advantages and disadvantages of using solar energy in a PV system, applying technical, economic, social and environmental benchmarks.



AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE ROMANA RIVAS MARÍN

Por su apoyo, amor y dedicación día a día, para que lograré este gran sueño de poder realizar la Maestría en Energías Renovables y Medio ambiente en Nicaragua. Sin importar los obstáculos y a pesar de la distancia, siempre existió una palabra de aliento, ternura, y optimismo para culminar mis estudios y este trabajo de tesis, que hoy se lo dedico a ella. A esa madre ejemplar, luchadora, que Dios coloco en mi camino para que hiciera de mí una buena mujer y excelente profesional.

A EDMUND MOSHAMMER

Por su apoyo, dedicación, consejos y paciencia durante el transcurso de la realización de la Maestría y este proyecto de Tesis. Por su optimismo en llenarme de energía, amor y fortaleza cada día para que lograra esta gran meta.

A LOS PROFESORES

Por su entusiasmo, dedicación y compromiso que tuvieron día a día al ofrecernos una enseñanza de calidad y excelencia, logrando forjar en nosotros profesionales y seres humanos comprometidos con la evolución de las energías renovables preservando el medio ambiente que nos rodea, para así cuidar nuestro planeta tierra.

A MSC. PETER WALDSAM

Por su apoyo, colaboración y disposición incondicional, en la elaboración técnica y práctica de este trabajo de tesis, el cual sin su ayuda profesional hubiese sido un poco engorroso llevar a cabo su desarrollo.

A DR. CARLOS ARMENTA DÉU

Por su dedicación y colaboración incondicional, en la elaboración técnica y práctica de manera rigurosa de este trabajo de tesis. Sin importar la distancia, siempre ha mostrado su compromiso y disposición en cualquier inquietud que se presentara a lo largo de su desarrollo, ofreciendo así respuestas con un alto nivel de conocimiento científico los cuales hacen de este trabajo un excelente ejemplar.

A DR. LEONARNO MENDOZA Y A MSC. JORGE CISNE

Por su apoyo incondicional en la estructura metodológica, preparación y orientación para la defensa oral de tesis, al igual que la búsqueda de información y cotizaciones para llevar a cabo este trabajo de tesis.

A LA UNAN-LEÓN, DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA Y MANTENIMIENTO

Por haberme cobijado y resguardado en sus aulas de clases durante mi estancia de estudio en Nicaragua, ofreciéndome una formación profesional de excelencia y calidad. Por haberme brindado la oportunidad de realizar mi proyecto de trabajo de tesis en la oficina de informática, colocándome a disposición sus equipos y al valioso grupo de trabajadores que conforman estos departamentos.



INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Justificación.....	10
1.3 Planteamiento del Problema.....	11
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivo General.....	12
1.4.2 Objetivos Específicos.....	12
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	13
2.1 ENERGÍA SOLAR.....	13
2.1.1 Origen de la Radiación Solar Disponible.....	13
2.2 ENERGÍA SOLAR (CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA).....	15
2.2.1 Historia.....	15
2.2.2 Energía Solar Fotovoltaica.....	15
2.2.3 Proceso Físico de la Conversión Fotovoltaica.....	15
2.3 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	16
2.3.1 Concepto y Función.....	16
2.3.2 Componentes Generales de un Sistema Solar Fotovoltaico y su clasificación.....	16
2.3.3 Tipos de Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	18
2.3.4 Ventajas de los Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	18
2.3.5 Aplicaciones de los Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	18
2.4. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y LAS TIC's.....	19
2.5 CRITERIOS DE UN DISEÑO SOLAR FOTOVOLTAICO.....	19
2.5.1 Verificación de la Condiciones Técnicas del lugar que se requieren.....	19
2.5.2 Cuantificación de la Necesidad Diaria de Energía.....	19
2.5.3 Elección de la Corriente y Ángulo de Inclinación de los Módulos.....	20
2.5.4 Selección del Voltaje del Sistema.....	20
2.5.5 Selección de los Equipos a utilizar en el Sistema Solar Fotovoltaico.....	21
2.6 CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	25
2.6.1 Cálculo para conocer el Consumo Energético Diario.....	25
2.6.2 Cálculo de la Energía de Radiación Solar.....	25



2.6.3 Cálculo para Conversión de la Radiación Solar en Horas-Picos (hsp).....	25
2.6.4 Cálculo para el Número de Módulos Solares necesarios.....	25
2.6.5 Cálculo para el Regulador.....	26
2.6.6 Cálculo para el Número de Baterías necesarias.....	26
2.6.7 Cálculo para la Potencia del Inversor.....	28
2.6.8 Cálculo para la Sección de los Conductores.....	28
2.6.9 Cálculo para la estructura base de los Módulos Solares.....	29
DISEÑO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO.....	30
3.1 Descripción de las Etapas.....	30
3.2 Tipo de Estudio y Alcance de la Investigación.....	32
3.2.1 Procedimiento para la obtención de la información.....	33
3.2.3 Consideraciones Éticas.....	35
3.2.4 Instrumentos y Equipos de Medición.....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1 Selección del Lugar por Aspectos climáticos y Geográficos.....	37
4.2 Etapas del Estudio de Preliminar del Sistema Solar Fotovoltaico.....	37
4.2.1 Etapa I.....	37
4.2.2 Etapa II.....	38
4.2.3 Etapa III.....	47
4.2.4 Etapa IV.....	57
4.2.4.1 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).....	58
4.2.4.2 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).....	58
4.2.5 Etapa V.....	61
4.2.5 Cálculo de CO _{2E} Por Consumo Energético.....	61
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	63
GLOSARIO.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	68



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencia Pico de demanda en AC	19
Tabla 2. Radiación Mensual de Incidencia Promedia sobre una Superficie Inclinada	30
Tabla 3. Instrumentos y Equipos de Medición	34
Tabla 4. Valores de Potencia Máxima.....	37
Tabla 5. Consumos Energéticos	37
Tabla 6. Día Con más Alta Demanda Eléctrica(KW)	37
Tabla 7. Día Con más Alto Consumo Eléctrico (KWH)	37
Tabla 8. Voltajes Fase 1 y Fase 2 del Recinto de Informática.....	39
Tabla 9. Corriente Fase 1 y Fase 2 del Recinto de Informática	40
Tabla 10. Potencia Activa Fase 1 y Fase 2 del Recinto de Informática	41
Tabla 11. Potencia Aparente de la Fase 1 y 2 del Recinto de Informática	42
Tabla 12. Potencia Reactiva de la Fase 1 y 2 del Recinto de Informática.....	43
Tabla 13. Factor de Potencia de Fase 1 y 2 del Recinto de Informática	44
Tabla 14. Frecuencia de las Fase 1 y 2 del Recinto de Informática	45
Tabla 15. Valores de Consumo y Demanda por parte del Recinto de Informática de la UNAN-León	46
Tabla 16. Términos y Cálculos para conocer la Cantidad de Módulos Solares necesarios para el Dimensionado del Sistema SFV.....	47
Tabla 17. Cálculo de Números de Reguladores necesarios para el Dimensionado del Sistema SFV.....	48
Tabla 18. Términos y Cálculos para conocer la Cantidad de Baterías necesarias para el Dimensionado del Sistema SFV.....	49
Tabla 19. Capacidad de la Batería Con Descarga Nominal.....	49
Tabla 20. Energía Almacenada en el Banco de Baterías	49
Tabla 21. Características del Fabricante de las Baterías a utilizar en el Dimensionado del Sistema SFV	50
Tabla 22. Tiempo de Descarga Medial Real en (Horas)	50
Tabla 23. Cantidad de Baterías Necesarias para el Dimensionado del Sistema SFV	50
Tabla 24. Caídas de Tensiones (%) Permitidas.....	51
Tabla 25. Longitudes que se requieren para nuestro Dimensionado del Sistema SFV	52
Tabla 26. Sección del Conductor a Utilizar en el Dimensionado del Sistema SFV	52
Tabla 27. Estructura Coplanar para los Módulos Solares.....	53
Tabla 28. Clasificación de los Fusibles requeridos en el Dimensionado del Sistema SFV.....	53
Tabla 29. Equipos a Utilizar en el Sistema SFV	54
Tabla 30. Características Típicas del Panel Solar a utilizar en el sistema SFV	55
Tabla 31. Características del Peso del Sistema SFV	56
Tabla 32. Cálculo De toda la estructura del Sistema SFV (kg/ m ²).....	56
Tabla 33. Parámetros para el Estudio Financiero Parcial	56
Tabla 34. Depreciación de los Equipos que se utilizaran en el Dimensionado del Sistema SFV	57
Tabla 35. Valor Actual Neto (VAN)	58
Tabla 36. Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa de Interés para el proyecto del sistema SFV	59



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del Diseño Metodológico.....	29
Figura 2. Procedimiento para la obtención de Información.....	33
Figura 3. Histograma del Voltaje UNAN-León.....	39
Figura 4. Histograma de la Corriente UNAN-León.....	40
Figura 5. Regresión Lineal de Voltaje Vs Corriente de la UNAN-León	41
Figura 6. Histograma de la Potencia Activa de la UNAN-León.....	42
Figura 7. Histograma de la Potencia Aparente de la UNAN-León.....	43
Figura 8. Histograma de la Potencia Reactiva de la UNAN-León.....	44
Figura 9. Histograma Factor de Forma de la UNAN-León.....	45
Figura 10. Histograma de la Frecuencia de la UNAN-León	46
Figura 11. Diagrama de conexionado para el banco de batería del sistema SFV	51
Figura 12. Esquema Unifilar del SFV	54
Figura 13. Dimensionado del Sistema SFV para el Edificio Central de la UNAN-León	55



INTRODUCCIÓN

Actualmente existe en el mundo una gran preocupación por el uso irracional de los recursos fósiles y el uso indiscriminado de la energía proveniente de la combustión a través de ellos, el cual afecta de manera agresiva al medio ambiente, contaminando nuestro entorno, nuestro país y nuestro planeta el cual poco a poco se va incremento la tasa de contaminación por los gases de efecto invernadero los cuales son nocivos para todos los seres vivos y en especial para nuestro planeta tierra.

Es por ello que el uso de la energías alternativas como: Energía Solar, Eólica, Hidráulica, Biomasa y Geotérmica son denominadas también “Energías Limpias” como excelentes medidas que permiten aliviar el uso indiscriminado de las energías convencionales en el presente y el futuro, logrando con esto alcanzar una cierta independencia, las cuales tiene como finalidad enmendar los graves daños que ha causado el hombre al planeta a través de los años por el uso de los sistemas convencionales.

Por tal motivo este proyecto final del Máster en Energía Renovable y Medio Ambiente, tiene como objetivo realizar un Estudio de factibilidad Preliminar de un Sistema Solar Fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a los Equipos Tecnológicos de Gestión de la Conectividad a Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León en un periodo comprendido entre Agosto y Diciembre del 2013, llevándose a cabo cálculos matemáticos que ayudaran a diseñar el sistema SFV, y analizando todas las directrices que se corresponden a las variables técnicas, económicas, sociales y medio ambientales encontrando en ellas las ventajas y desventajas de instalar este nuevo sistema que tiene como finalidad traer cambios positivos para nuestro país y el planeta.

A medida que se avance en el trabajo se observaran conceptos, términos, fórmulas y tecnologías a utilizar para la implementación de sistema SFV. Sin embargo, se espera que quienes lean este documento tengan conocimiento y conceptos básicos previos de electricidad, electrónica y la teoría física de la generación fotovoltaica. Más sin embargo se tratará de llevar a cabo una orientación pedagógica y sencilla para poder entender cada parte del trabajo.

Es de esperar que este trabajo sea sólo el primer paso para progresivos estudios que se realicen en la UNAN-león, los cuales incluyan las energías renovables, para así apoyar y continuar promoviendo cambios en la matriz energética de Nicaragua, logrando crear conciencia colectiva en cuanto a la utilización de los recursos naturales disponibles que poseemos.



1.1 Antecedentes

Nicaragua tiene alto potencial en recursos naturales, por tal motivo persigue tres objetivos fundamentales que consta en la eficiencia energética, energía para todos y conversión de la matriz energética, la cual se denomina como la meta más rentable y factible, logrando así liberarnos de la pesada carga de las importaciones petroleras, es por ello que se ha conseguido una transformación adecuada y de alto porcentaje en el uso de “Energías Renovables”.

Hasta el 2012, la energía limpia representó el 47% de la producción nacional, y la meta es que en el 2014 sea del 50%. Por lo que la capacidad instalada en el campo Geotérmico es de 2000 MW, Solar 1,38 MW, Hidroeléctrico 1.500 MW y Eólico las 1.000 MW, respectivamente. (SmartGrid Costa Rica, 2013)

En el año 2009, se realizó un proyecto piloto de generación con sistema SFV (Sistema Solar Fotovoltaico) en las instalaciones del MEM (Ministerio de Energía y Minas), donde los paneles fotovoltaicos forman parte del techo del estacionamiento logrando tener una instalación de 90 kW, los cuales se encuentran interconectados a la red eléctrica. Esto se logró con el aporte del Gobierno De Corea Del Sur, a través de Korean Energy Management Corporation (KEMCO). (Radio La Primerísima, 2010)

Para el año 2013, se inaugura la planta de Energía Solar Fotovoltaica más grande del país y de Centroamérica, con una inversión de US\$11.4 millones donados por el gobierno de Japón y el restante por el Tesoro Nacional. Esta instalación ubicada en la zona rural de Diriamba, municipio Carazo, consta de 5880 paneles dispuestos a captar energía solar y con una capacidad instalada de 1,38 MW, logrando "En su máxima generación atender la demanda de 1.100 viviendas, con consumos aproximados de 150 kWh al mes". (Central América Data, 2013)

Por todos estos acontecimientos, la UNAN-León desea formar parte de estos cambios significativos de la matriz energética de la nación, sumándose a la tarea de trabajar con energías limpias, contribuyendo a la disminución del servicio tarifario eléctrico y la reducción del CO_2 evitando la combustión de los combustibles fósiles.

Los orígenes de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León, se remontan a los primeros años del siglo XIX. Está ubicada en la ciudad de León Santiago de los Caballeros, en la Costa del Pacífico de Nicaragua, a 90 Km de la capital.

La UNAN está reconocida como la primera universidad creada por los españoles en el país, y la segunda en Centroamérica, lo que la hace una universidad robusta en formación profesional para los jóvenes de Nicaragua y otros países. Es por ello que esta casa magna de estudio cuenta con varias sedes universitarias dentro de la ciudad de León “Casco Urbano” como periférico de la ciudad, donde se desarrollan las actividades académicas y administrativas de sus siete facultades, que son: Edificio Central, HEODRA (Biblioteca Central/Patología/Decanatura), Facultad de Ciencia y Tecnología, Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades, Campus Médico (Facultades de: Ciencias Químicas, Odontología, Ciencias Médicas, Económicas y Empresariales), Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Campus Agropecuario y Jardín Botánico.

En todas estas facultades es necesario tener un servicio fiable de resguardo de información y conectividad a internet, e incluyendo algunos servicios como: Hemeroteca, biblioteca virtual, capacitaciones a través de videoconferencias para estudios de grado y postgrados. En donde el



responsable de estas gestiones es la “División de Tecnología, Información y Comunicación de la UNAN-León”, ubicada en el Edificio Central del casco histórico de la ciudad.

Aunque dichas tareas no siempre son posibles, ya que se han presentado varios inconvenientes, como la pérdida de información valiosa, acceso fácil a la conectividad de internet y deterioro o pérdida total de equipos muy costosos. Por este motivo la UNAN-León decidió llevar a cabo un estudio sobre el comportamiento de la energía eléctrica comercial, ante la empresa SIEMENS-Nicaragua hace aproximadamente 2 años, para que realizaran un estudio diagnóstico, sobre el factor causante de estos eventos.

Por lo que se detectó que entre los meses de mayo y octubre surgen concurrentes fluctuaciones de carga, las cuales son las causantes de estos problemas. Debido a esto la empresa para contrarrestar estos acontecimientos, decidió colocar un sistema de puesta a tierra, el cual asegura la correcta conducción de las descargas eléctricas o rayos que afectan en este periodo lluvioso, y que provocan las alteraciones y fluctuaciones de carga. Logrando así reducir los daños de los equipos anualmente, y no mensualmente como ocurría en el pasado.

También se decidió colocar un supresor de picos de voltaje, el cual va a controlar sobretensiones transitorias en la corriente eléctrica que alimentan los equipos tecnológicos de acceso a internet y respaldo de información. Sin embargo, este equipo no ha ayudado a solucionar los inconvenientes, ya que varios equipos en este periodo lluvioso se inhabilitaron, debido a que se quemaron o dejaron de funcionar por los agresivos cambios en el suministro de energía eléctrica, fluctuaciones o los repentinos apagones eléctricos que ocurrían en la ciudad de León.

Considerando lo anteriormente expuesto, la Dirección de Informática tomó algunas medidas como la adquisición de un banco de baterías formada por 32 unidades de 100 A y 12 V cada una, para una duración de 5 horas de suministro energético cuando se carece de energía comercial nacional, un inversor cargador de potencia 6 KW marca Xantrex y el diagnóstico en los circuitos eléctricos, para lograr mejoras significativas en ellos, consiguiendo la protección necesaria de los equipos tecnológicos. Sin embargo, aun no se puede controlar el suministro eléctrico comercial, el cual presenta inestabilidad y variabilidad en voltaje y frecuencia.

Se puede apreciar que se han tomado medidas con finalidad de asegurar y prolongar la vida útil de los dispositivos tecnológicos que son muy sensibles a las variaciones y fluctuaciones eléctricas como: los servidores, computadoras de trabajo y respaldo información en un periodo largo, aunque todavía no es completamente fiable y seguro.

Por tal motivo y logrando solventar estos inconvenientes presentados anteriormente, nace este proyecto de tesis, un estudio de factibilidad para mejorar el suministro de energía eléctrica que solvente dicha crisis.

Es importante mencionar, también, que la UNAN-León goza de autonomía universitaria, por lo que los pagos de servicios básicos son subsidiados en su totalidad por el gobierno como por ejemplo: agua, luz y teléfono, no así, los gastos de conectividad a Internet deben ser contratados ante un proveedor privado que opera en Nicaragua, el cual es asumido por el presupuesto universitario. Por ello, la Universidad que forma parte del “Sector Universitario” de la nación, quiere sumarse a los planes estratégicos energéticos del país, persiguiendo los lineamientos de eficiencia y ahorro energético, que consistirán en el aprovechamiento óptimo de los recursos



naturales de la nación para la producción de energía, logrando abastecer los sectores más necesitados que requieran de un alto consumo energético de manera oportuna y eficiente.

1.2 Justificación

Este proyecto de tesis consiste en un Estudio de Factibilidad Preliminar de un Sistema Solar Fotovoltaico para el suministro de energía a través del recurso Solar, para los circuitos que alimentan la sala de conectividad a Internet y resguardo de información de la UNAN-León.

La institución no contaba con un estudio involucrando las energías limpias, por lo que con este trabajo de tesis se dará un primer paso para dar pautas a nuevos estudios con mayor profundidad, los cuales tengan un seguimiento riguroso y minucioso en las variables técnicas estudiadas de mantenimiento, medioambientales y financieras en una institución educativa, logrando así que la UNAN-León sea un patrón como ejemplo a seguir para otras instituciones de todo el país y así nuevas generaciones de estudiantes se entusiasmen en abordar estos temas.

Para ello, se llevaron a cabo ciertas actividades las cuales pretendieron estudiar la posibilidad de tener una generación eléctrica autónoma a partir de una fuente de energía renovable, lo que disminuirá los riesgos de fluctuaciones del sistema de energía eléctrica nacional, de forma que la vida útil de los equipos informáticos se verá incrementada notablemente.

También, se obtendrá un beneficio económico para el Gobierno Nacional, debido a que la universidad es exonerada de los servicios básicos, los cuales son cubiertos por el gobierno, por lo que sería considerada una inversión a largo plazo, tomando en cuanto que son equipos renovables de larga vida útil aproximadamente de 25 años. Todo esto hace que el proyecto sea rentable y sostenible, ya que disminuirá los elevados costos en las facturas por la adquisición de energía eléctrica proveniente de empresas privadas.

Este estudio promoverá el impulso de las energías renovables, nacional e institucionalmente apostando a una reducción de gases de efecto invernadero, a través del Diseño del Sistema Solar Fotovoltaico con sus respectivos estudios de costos de inversión, sostenibilidad económica, medioambiental y recomendaciones. Es por ello que la Ley N° 532, arto 3., impulsa a los proyectos de generación a través de los recursos naturales adyacentes en el país apostando por el abastecimiento energético permanente, y aportando al crecimiento en la demanda y consumo de energía de forma sostenible y rentable.



1.3 Planteamiento del Problema

Uno de los problemas en la sala de informática UNAN-León, es que cuenta con un sistema energético vulnerable en tiempo de lluvia, entre los meses de mayo y octubre de cada año, debido a las altas fluctuaciones eléctricas y pérdida eléctrica temporal, las cuales son muy recurrentes, lo que afecta de forma agresiva a los equipos ocasionando pérdidas y deterioros parciales o totales de estos los cuales son muy costosos. Estos problemas ocurren debido a lo obsoleto del sistema, falta de mantenimiento del conexionado nacional y local del sistema eléctrico. Por lo que se requiere buscar un sistema estable, permanente e independiente de la red eléctrica comercial a partir de fuente alterna fotovoltaica.

También se determina como un problema, el alto costo económico del servicio eléctrico que lo provee la empresa privada Unión Fenosa, a nivel nacional. La UNAN-León se ha caracterizado por ser un alto consumidor de energía, debido a la cantidad de equipos que contempla este servicio para su funcionamiento, logrando cubrir las necesidades del gremio estudiantil y de trabajadores que se encuentran en cada de unas de las sedes antes mencionadas.

Es necesario volver a mencionar que la UNAN-León goza de autonomía universitaria, por lo que este pago de servicio básico es subsidiado en su totalidad por el gobierno, sin embargo, es oportuno que se tomen las medidas correspondientes, para que estos costos disminuyan y el gobierno pueda aprovechar parte de este dinero para hacer inversiones en proyectos de desarrollo para la nación a mediano y largo plazo.

Otro problema es la contaminación indirecta por las emisiones de CO_2 proveniente de la quema de combustibles fósiles, como el petróleo, carbón y gas natural, para obtener energía eléctrica, ocasionando grandes problemas medioambientales. Para Nicaragua el 60% de esta energía es producto de la energía térmica (Fuel Oil, Diesel y Residuos Vegetales), por lo que es conveniente que la UNAN-León contribuya a la reducción de emisiones de efecto invernadero tal como lo estipula la Ley N° 532 en su arto 2, a través de sus consumos, los cuales deben ser a través de energías limpias aprovechando los recursos naturales del país.



1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Estudiar la factibilidad técnica, financiera y ambiental en forma preliminar para el mejoramiento del suministro de energía eléctrica a los equipos informáticos de la sala de gestión de la conectividad de internet y resguardo de información de la UNAN-León a partir de un Sistema Solar Fotovoltaico en el periodo comprendido de agosto-diciembre del 2013

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar el estado de los parámetros eléctricos del suministro de energía a los equipos informáticos de la sala de gestión de la conectividad de internet y resguardo de información de la UNAN-León.
- Calcular la potencia de un Sistema Solar Fotovoltaico para la alimentación eléctrica de los equipos informáticos de la sala de gestión de la conectividad de internet y resguardo de información de la UNAN-León.
- Dimensionar un Sistema Solar-Fotovoltaico para la alimentación eléctrica de los equipos informáticos de la sala de gestión de la conectividad de internet y resguardo de la información de la UNAN-León
- Realizar un estudio financiero preliminar del Sistema Solar Fotovoltaico para la sustitución de la energía comercial a los equipos informáticos de la sala de gestión de la conectividad de internet y resguardo de información de la UNAN-León.
- Estimar la reducción de CO_{2E} con la utilización del Sistema Solar Fotovoltaico con respecto al suministro eléctrico comercial.



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 ENERGÍA SOLAR

La Energía Solar, es conocida como la irradiancia solar disponible que recibe la tierra a través del Sol, la cual tiene como función satisfacer las necesidades del planeta anualmente.

2.1.1 Origen de la Radiación Solar Disponible

El sol es una esfera compuesta de una mezcla de gases, con predominio de hidrógeno, que convierte el hidrógeno en helio en una fusión termonuclear masiva, de manera que la masa del mismo se convierte en energía de acuerdo a la fórmula de Einstein $E=mc^2$ (TOUS ROMERO, 2010). Como resultado de esta reacción, la superficie del sol se mantiene a una temperatura de aproximadamente 5700 K. Esta energía se radia de manera uniforme en todas las direcciones y después de recorrer aproximadamente 150 millones de kilómetros llega con una densidad de 1367 W/m² al punto donde empieza la atmósfera terrestre, dato que es conocido como “constante solar”. Este valor es un promedio de la irradiancia extraterrestre a lo largo del año, la cual varía de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_e(n) = I_{CS} * \left[1 + 0,033 * \cos\left(\frac{360 * n}{365}\right) \right] \frac{W}{m^2}$$

Ecuación 1: (TOUS ROMERO, 2010)

La irradiancia solar alcanza su nivel mínimo en el solsticio de verano (21 de Junio), 1320 W/m² y su valor máximo, 1415 W/m² en el solsticio de invierno, (21 de Diciembre), (Ver Anexo N°1).

La luz solar forma parte del espectro electromagnético, el cual está compuesto por emisiones de diferente longitud de onda, visibles e invisibles al ojo humano, las cuales se desplazan por el espacio en todas las direcciones y alcanzan la Tierra. La luz visible es la parte del espectro cuya longitud de onda está entre 360 nm (color violeta) y 760 nm (color rojo); por lo que la energía que lleva posee gran influencia en los seres vivos. (Ver Anexo N°2)

La luz visible atraviesa con bastante eficacia la atmósfera limpia, pero cuando hay nubes o masas de polvo parte de ella es absorbida o reflejada. Esta luz visible se conoce como ondas electromagnéticas de mayor energía en el espectro solar en comparación con la banda infrarroja. Aproximadamente la mitad (48%) de la energía del Sol viene a través de las longitudes de onda de la luz visible, un 45% a través de la luz infrarroja y un 7% a través de la banda ultravioleta. Estas dos últimas no son visibles al ser humano y la ultravioleta es la responsable del bronceo y del quemado de nuestra piel al exponernos al sol aun en días muy nublados. La Radiación Ultravioleta es conocida como la radiación de menor longitud de onda 360 nm, la cual lleva mucha energía e interfiere con los enlaces moleculares. Estas ondas son absorbidas por la parte alta de la atmósfera especialmente por la capa de ozono, de lo contrario no sería posible la vida en la tierra. La radiación Infrarroja es la radiación de longitudes de ondas más largas, de más de 760 nm.

De lo anterior se puede concretar que la intensidad de radiación emitida sobre la tierra es constante, pero no así finalmente recibida en su superficie, ya que influye la época del año, la hora del día, la latitud y la meteorología, las cuales modifican enormemente los valores de recepción.



Por lo que se tendrá como finalidad evaluar módulos solares, formados con celdas que sean sensibles al espectro de irradiancia solar para convertir el máximo de energía solar en energía eléctrica y aumentar la eficiencia del sistema.

Es importante conocer que la Tierra gira alrededor del Sol con una declinación de 23.45° grados (LOPEZ DE LA FUENTE, 2010), y por ello la posición del Sol en cada momento hace un barrido a lo largo del año entre los trópicos de Cáncer, en el Norte, y de Capricornio, en el Sur, de la siguiente manera: el 21 de Diciembre se encuentra totalmente en el sur, pasando ese día a 90° grados sobre la zona que está aproximadamente a 60 kilómetros al sur de Río de Janeiro; va avanzando cada día hacia el norte tal si su recorrido fuera como la manilla con la que se enrolla un trompo de jugar hasta encontrarse el 21 de marzo a 90° grados sobre el ecuador, avanza hacia el norte pasando verticalmente sobre Nicaragua el 22 de Abril y el día 21 de Junio se encuentra en su posición más al norte pasando verticalmente sobre la zona entre Cuba y la Florida (40 kilómetros al norte de la Habana, Cuba). La distancia que separa ambos trópicos es de aproximadamente 2600 kilómetros. En ambos puntos máximo norte y máximo sur alcanza un ángulo con relación al ecuador de +23.45° grados y -23.45° grados respecto al producto del ángulo de declinación de la tierra en su giro alrededor del sol, usando la siguiente fórmula:

$$\delta \cong 23,45^{\circ} \times \sin \left[360 \times \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$$

Ecuación 2: (LOPEZ DE LA FUENTE, 2010)

Siendo (n) el día del año para el cual queremos calcular la declinación de la tierra, partiendo que el 1 de Enero n=1. Para un mejor aprovechamiento de la energía solar es necesario conocer la posición del Sol cada día y por ello debemos calcular la altitud del mismo y su ángulo de acimut para cualquier momento. Lo ideal sería que los paneles solares pudieran seguir el recorrido del sol durante el día y a lo largo del cambio del ángulo diario de declinación terrestre; sin embargo, tales mecanismos para instalaciones de pequeña escala no serían rentables. Por ello, para cada latitud terrestre es posible encontrar un ángulo o varios ángulos fijos que a lo largo del año permitan la mejor radiación promedio. En la latitud, 12.44 N, un ángulo de inclinación de 0° podría ser suficiente para el período en que el Sol recorre desde el ecuador hasta el Trópico de Cáncer y regresa al ecuador (21 de marzo al 21 de Septiembre) y un ángulo de 28° hacia el sur para el resto del año (LOPEZ DE LA FUENTE, 2010). Para evitar tantos gastos económicos se asume que para la zona de Nicaragua un ángulo entre 10,5 a 15,5° hacia el sur podría ser un ángulo conveniente para instalaciones fijas. Es conveniente señalar la importancia de que en arreglos de varias series de paneles conectados en paralelo al mismo inversor se debe asegurar que las mismas tengan el mismo ángulo, de lo contrario una serie podría actuar como generador y la otra serie como cargador del mismo pudiendo dañar de esta forma el arreglo solar.

La altitud solar es el ángulo entre el horizonte y el haz solar incidente y se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$\sin \alpha_s = \sin \phi \times \sin \delta + \cos \phi \times \cos \delta \times \cos \omega$$

Ecuación 3: (LOPEZ DE LA FUENTE, 2010)



De igual manera, para determinar la posición del Sol en cada momento se requiere calcular el acimut que es el ángulo que mide la posición del Sol hacia el este o el oeste con relación a la línea norte-sur. Al mediodía solar, el ángulo de acimut es igual a cero, si esta hacia el este es positivo (+) y si se encuentra al oeste es negativo (-), por lo que se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \times \sin \omega}{\cos \alpha_s}$$

Ecuación 4: (LOPEZ DE LA FUENTE, 2010)

Nicaragua es el país más grande de América Central, con una población de 6.038.652 millones de habitantes y una superficie de 129.494 kilómetros cuadrados, que cuenta entre sus recursos naturales con una alta irradiancia solar en comparación con los países desarrollados no tropicales. Estudios recientes en la Universidad Centroamericana en Managua (LOPEZ DE LA FUENTE, 2010) señalan un promedio de 5.4 horas solar pico y una nubosidad bastante baja (máximo de 6 octas en la estación lluviosa y de 2 a 4 octas en la estación seca), lo cual convierte a nuestro país en un sitio atractivo para inversiones en energía solar en gran escala.

León, la segunda ciudad más importante del país, cuenta los niveles más altos de irradiancia solar con un promedio aproximado 5.93 hsp (STACKHOUSE, WHITLOCK, 2008). Esta zona cuenta además con áreas de tierra no utilizadas y que podrían eventualmente resguardar sistemas fotovoltaicos conectados a la red o de forma independiente. Sin embargo, existe la desventaja en algunas zonas, debido a las frecuentes erupciones volcánicas que podrían poner en peligro tales instalaciones.

2.2 ENERGÍA SOLAR (CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA)

2.2.1 Historia

El efecto fotovoltaico fue descubierto por Alexandre-Edmond Becquerel en 1829 y Albert Einstein aporta en 1905, la denominada explicación teórica (KOMP, 2001). La primera célula solar con una eficiencia aprovechable se inventó en 1954 por los investigadores de los “Laboratorios Bell Telephone”, D.M Chaplin, C.S Fuller y G.L Pearson.

Para los años 70 apareció la industria fotovoltaica donde los ingenieros de todo el mundo se acercaron a esta nueva forma de generación de energía.

2.2.2 Energía Solar Fotovoltaica

La Energía solar fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua, por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones, mientras la luz incide sobre una célula solar, que genera potencia eléctrica. Cuando una luz se extingue, la electricidad desaparece.

Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio durante más de 30 años.

2.2.3 Proceso Físico de la Conversión Fotovoltaica

Para que la conversión fotovoltaica se lleve a cabo, se necesita de las células solares, que están hechas de materiales semiconductores, que poseen electrones débilmente ligados ocupando una banda de energía denominada “Banda de Valencia” (KOMP, 2001). Al aplicarse un cuanto de



energía por encima de un cierto valor a un electrón de valencia, el enlace se rompe y el electrón pasa a una nueva banda llamada “Banda de Conducción”. Estos electrones pueden ser llevados a un circuito externo y realizar un trabajo útil, perdiendo la energía captada y regresando por otro contacto a la banda de valencia con la energía inicial.

El flujo de electrones en el circuito exterior se llama “Corriente de la célula” y su producto por el voltaje con el que se liberan los electrones por los contactos selectivos determina la potencia generada. Todo esto ocurre a temperatura ambiente pues las células solares convierten en electricidad sólo una parte de la energía de los fotones absorbidos.

La estructura típica de una célula solar es una unión (p-n) similar a los diodos semiconductores, pero no necesariamente la única posible. Para las aplicaciones fotovoltaicas las células solares se interconectan y encapsulan en elementos llamados módulos fotovoltaicos, conocido como producto final vendido al usuario. Estos módulos producen corriente continua que suele transformarse en corriente alterna, mediante un dispositivo electrónico llamado inversor u ondulator; por otro lado, el sistema lo completan las baterías recargables para el almacenamiento de la energía, las estructuras sobre las que se montan y orientan los módulos así como otros elementos necesarios para la construcción de un sistema fotovoltaico.

2.3 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

2.3.1 Concepto y Función

Un (DGS, 2010) Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) es una fuente de potencia o de energía eléctrica, constituido por los paneles solares que transforman la energía electromagnética solar (irradiancia) a energía eléctrica a través de las celdas solares, en corriente continua o directa (DC), a alterna, a través de un dispositivo llamado inversor o convertidor, dependiendo de su utilidad para su consumo.

Para esta transformación se requiere de captación de luz solar, la cual entra sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es convertida en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares, después es conducida hasta un controlador de carga con la función de enviar toda la energía hasta el banco de baterías en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobredescarga. La energía almacenada se utilizará para abastecer las cargas durante la noche y en días de baja insolación ó cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí solo. Si las cargas a alimentar son de corriente directa, éstas pueden hacerse a través del arreglo fotovoltaico o desde la batería. En cambio cuando las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, son limitadas por el controlador, para luego ser enviadas a un inversor de corriente, en donde se encargara de convertirla en corriente alterna.

2.3.2 Componentes Generales de un Sistema Solar Fotovoltaico y su clasificación

Según (MESSENGER y VENTRE ,2003):

- 1) Paneles o Módulos Solares
- 2) Regulador de Carga
- 3) Baterías de almacenamiento
- 4) Inversor o Convertidor DC/AC



- 5) Cables Eléctricos
- 6) Breakers
- 7) Fusibles
- 8) Estructura o base que sostiene a los paneles o módulos solares
- 9) Estructura o recinto que resguarda el banco de baterías

- **Sistema de Generación**

Paneles ó Módulos Solares: Son aquellos dispositivos expuestos al sol que convierten esta energía bajo la forma de una corriente y tensión continua. Normalmente se instalan sobre tejados por lo que suelen ser estructuras de soporte fijas.

- **Sistema de Control**

Regulador: Es el encargado de regular la carga y la descarga de las baterías, que son el elemento más crítico del sistema. Es el "cerebro" de la instalación, que gestiona la alimentación de los módulos, cortando la conexión con los módulos una vez alcanzado el límite superior de tensión de la batería, y el consumo de los usuarios, desconectando a los estos en el caso de que la tensión de las baterías descienda por debajo de cierto nivel mínimo.

Es conveniente que este equipo sea colocado en un lugar adecuado, preferiblemente de forma vertical y completamente ventilado. No debe estar muy alejado del conjunto de acumuladores o baterías.

- **Sistema de Acumulación**

Baterías: A menudo la corriente no se usa al mismo tiempo que se genera, por lo que es útil el empleo de un sistema de acumulación para almacenar la energía. Las baterías son también una medida de prevención para aquellos días con condiciones meteorológicas desfavorables. La mayoría de las baterías suelen ser de plomo-ácido. Existen dos tipos básicos: Las monobloque y las estacionarias. En ocasiones es frecuente la instalación de un grupo electrógeno que en ausencia de irradiancia solar por condiciones meteorológicas adversas se encarga de generar electricidad. Es un elemento opcional como garantía de suministro eléctrico.

- **Sistema de Transformación**

Inversor: Es el dispositivo que transforma la corriente continua en corriente alterna utilizable para el consumo. En algunos casos no es necesario su uso porque los equipos que se emplean funcionan con corriente continua.

- **Sistema de Distribución y Diseño**

Cable Eléctrico: Cumple su trabajo eficiente y seguro, para transportar la corriente eléctrica sin ninguna dificultad, siendo el material más utilizado el Cobre.



Breakers: Conocidos como interruptores que protegen a los equipos que trabajan en corriente directa (DC) tales como inversores y controladores de carga. Toda instalación eléctrica debe estar protegida contra cortocircuitos y sobrecargas que pongan en riesgo la vida de las personas, así como, las instalaciones y equipos eléctricos.

Fusibles: Son aquellos utilizados para proteger las baterías, cables y demás componentes de sobrecargas de corriente, tales como cortocircuitos.

2.3.3 Tipos de Sistemas Solares Fotovoltaicos

Los sistemas solares fotovoltaicos operan de dos modos principales (LUQUE, HEGEDUS, 2011):

- 1) **Conectados a la Red:** Generación eléctrica obtenida, que se inyecta a la red eléctrica nacional para su venta a las compañías distribuidoras. Es cuando el generador fotovoltaico capta la irradiancia solar y la transforma en energía eléctrica, ésta en vez de ser almacenada en baterías, como en los sistemas aislados e híbridos, se puede utilizar directamente en el consumo o también entregarla a la red eléctrica de distribución.
- 2) **Aislados de la Red:** La producción eléctrica resultante se emplea para el autoconsumo. Este sistema debe ser calculado siempre en base a la demanda de energía de los usuarios y a la localidad de la instalación donde se planea realizar.

2.3.4 Ventajas de los Sistemas Solares Fotovoltaicos

- No consumen combustibles fósiles debido a que la fuente de energía es gratuita
- Son totalmente silenciosos
- No contaminan el medio ambiente
- Son modulares
- Requieren de un mínimo mantenimiento y fácil instalación
- Factibilidad de expansión del sistema
- Vida útil hasta 30 años

2.3.5 Aplicaciones de los Sistemas Solares Fotovoltaicos

El Sistema Solar Fotovoltaico puede ser utilizado como medio para surtir de energía a equipos de:

Telecomunicaciones:

- Estaciones repetidoras de telecomunicaciones o televisión
- Radio, Comunicación y Radiotelefonía
- Receptores vía satélite y Satélites espaciales
- Servidores, Switches, Router y Supervisión remota

Otros:

- Abastecimiento de electricidad para comunidades rurales y agropecuarias
- Casas de vacaciones
- Calculadoras y Relojes
- Bombeo de Agua



2.4. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y LAS TIC's

Hay dos sectores que marcan el proceso de desarrollo y el grado de bienestar de una sociedad, estos son la Energía Eléctrica y el de las Teconologías de la Información y de las Comunicaciones (TICs) (MELLADO G, 2007), denominados como indicadores del desarrollo humano y la brecha digital de los aspectos relevantes en la sociedad, para el desarrollo económico y poder en los países.

Por lo que la energía Solar Fotovoltaica integrada junto a las TICs favorece al desarrollo de los países más pobres. Así, es una forma de aminorar y acabar con la brecha digital dando acceso a internet en las regiones en vías de desarrollo, facilitando la presencia de fuentes de energía renovables mediante la Energía Solar Fotovoltaica. Las TICs facilitan la labor de universidades, gobiernos locales, entidades privadas, comunidades, ONGs, entre otros.

Cabe mencionar que para las TICs (sistema de telecomunicaciones, informática, señalización, redes) se debe prevenir potenciales fallos de suministro eléctrico, por lo que se emplean instalaciones de alimentación continua siendo módulos fotovoltaicos y baterías que garanticen el abastecimiento energético.

2.5 CRITERIOS DE UN DISEÑO SOLAR FOTOVOLTAICO

El propósito del dimensionado (ARMENTA D, DORIA R, 1995) de un Sistema Solar Fotovoltaico (SFV), es el cálculo del número de módulos y baterías necesarias para suministrar de modo fiable un determinado consumo durante un año típico. Esto involucra el balance entre máxima fiabilidad y mínimo coste. Básicamente este estudio se basará en un método sencillo y eficiente que persigue las siguientes recomendaciones.

2.5.1 Verificación de la Condiciones Técnicas del lugar que se requieren

- Presencia de sombras (vegetación, construcciones, alturas)
- Neblinas matutinas y Precipitaciones
- Estaciones del año (Primavera, verano, otoño e invierno)

Estas características determinan la ubicación del módulo solar fotovoltaico, su exposición respecto al Sur geográfico y la mayor inclinación sobre el plano horizontal, para lograr un aprovechamiento eficiente de la energía y también los equipos necesarios de resguardo y soporte para ellos como son las estructuras.

2.5.2 Cuantificación de la Necesidad Diaria de Energía

El parámetro a utilizar como punto de partida para el diseño de un sistema fotovoltaico es la energía requerida, entendida como:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Horas de Uso}$$

Ecuación 5: (MESSENGER, VENTRE, 2003)



Son los consumos de los usuarios aislados o conectados a la red que hay que alimentar con el sistema fotovoltaico que deben ser considerados como términos de energía diaria requerida (MESSENGER, VENTRE, 2003).

Ejemplo:

- 1 TV color 60W, utilizado 3 horas/día
- 2 Lámparas de 15 W, utilizándolas durante 5 horas/día

$$\text{Energía Diaria Total Necesaria} = \left[\left(1 \times 60W \times \frac{3 \text{ hora}}{\text{día}} \right) + \left(2 \times 15W \times 5 \frac{\text{hora}}{\text{día}} \right) \right] = 330 \frac{Wh}{\text{día}}$$

2.5.3 Elección de la Corriente y Ángulo de Inclinación de los Módulos

Para el dimensionado o diseño del sistema existe un mes determinante, que es el mes en que baja al mínimo la proporción de energía solar disponible y consumo. Con este criterio el (SFV) se dimensiona para satisfacer dicho consumo en el peor mes de un año promedio. Por ejemplo, si el consumo es constante durante todo el año, el peor mes será el de irradiancia mínima, pero si el consumo no es constante, es necesario realizar los cocientes para cada mes del año.

La inclinación normalmente tiene que ser **igual a la latitud del lugar**, lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan.

2.5.4 Selección del Voltaje del Sistema

En sistemas DC, los criterios principales son:

- Disponibilidad de aparatos de consumo y sus voltajes nominales
- Las corrientes máximas o corrientes pico
- Pérdidas en el cableado

La mayoría de los aparatos que operan en corriente continua lo hacen a 12 o 24V siendo más difícil encontrarlos a otras tensiones. Las pérdidas en los cables dependen de la corriente y la sección. Se recomienda que no sean superiores al 3% en cada sección del circuito, lo que representa unas pérdidas energéticas globales del 6%. Ahora, si hay una gran distancia entre el generador FV y las baterías, se prefieren voltajes mayores o secciones mayores en los conductores. Una desventaja de utilizar voltajes grandes es que resulta más caro al tener que ampliar el sistema.

En los sistemas AC la selección del voltaje de la batería depende principalmente de la potencia pico de demanda, como se muestra en la Tabla 1 mostrada a continuación:

Tabla 1. Potencia Pico de demanda en AC

Potencia Demandada (Kw) en AC	Voltaje de Entrada (V) Al Inversor
1,5	12
1,5 - 5	24 o 48
>5	48 o Mayores



2.5.5 Selección de los Equipos a utilizar en el Sistema Solar Fotovoltaico

Son aquellos que nos ayudaran a ejecutar un sistema SFV (ARMENTA D, DORIA R, 1995), adecuado, eficiente y seguro:

➤ **Panel Solar**

- a) El Panel Solar viene caracterizado por la potencia eléctrica que se mide en vatios y corresponde a la máxima potencia eléctrica que el panel pueda suministrar para el nivel máximo de irradiancia ($1000\text{W}/\text{m}^2$), pero si esta radiación solar baja, la potencia también disminuye proporcionalmente.

Ejemplo:

Si tengo una irradiancia solar de $1000\text{W}/\text{m}^2$ y un panel solar con potencia de 36W , pero por circunstancias meteorológicas disminuye la irradiancia a $750\text{W}/\text{m}^2$, la potencia entregada por el panel sería:

$$P(w) = \frac{750\text{W}/\text{m}^2}{1000\text{W}/\text{m}^2} \times 36\text{W} = 27\text{W}$$

- b) Los paneles solares producen su potencia nominal máxima cuando la temperatura es de 25°C ., por lo que cuando la temperatura ambiente es muy elevada trabajarán con un grado de eficiencia más reducido; por cada grado que va subiendo, significa que la potencia del panel es 0.5% menos. Entonces, se debe ajustar la temperatura del panel, con la siguiente fórmula:

$$\text{Temperatura de Aire } [^\circ\text{C}] + 15^\circ\text{C} = \text{Temperatura de Panel Solar}$$

Ecuación 6: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

Ejemplo:

- Se cuenta con una Temperatura ambiente = 30°C , utilizando la Ec.6 se conoce:

$$30^\circ\text{C} + 15^\circ\text{C} = 45^\circ\text{C} \text{ (Temperatura del Panel Solar)}$$

- La Temperatura del Panel Solar para eficiencia máxima según el fabricante es de 25°C (Conocida como una constante), es por ello que aparece esta fórmula:

$$\text{Temp. del Panel Solar} - \text{Temp. Ctt. Del Panel} = ^\circ\text{C Sobre el óptimo}$$

Ecuación 7: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

- Utilizando la Ec. 7 se obtiene:

$$45^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C} \text{ (Aumento de temperatura sobre el óptimo)}$$

- La nueva potencia del Panel se obtendrá con esta fórmula:

$$\text{Nueva Potencia del Panel} = ^\circ\text{C de Temp. Sobre el óptimo} \times 0,5\%$$

Ecuación 8: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)



- Utilizando la Ec.8 se obtiene siguiente: $20^{\circ}\text{C} \times 0,005 = 0,1^{\circ}\text{C}$

Respuesta: Esto indica que la eficiencia del panel es de un $0,1^{\circ}\text{C}$ que se transforma a un 10% menos de la potencia a la temperatura ambiente que es de 30°C .

➤ **Batería**

Existen varios tipos de baterías, pero las que comúnmente son utilizadas para los (SFV) son las de plomo-ácido, electrólito líquido (sistema inundado) y vaso sellado.

Generalmente en aplicaciones fotovoltaicas se utilizan las baterías de ciclo profundo, debido a que son las más óptimas entregando la energía en un tiempo relativamente largo y frecuentemente se descargan a niveles más bajos. Por lo que a continuación se presentaran más ventajas:

- 1) La descarga se logra entre el 50% al 80% de su capacidad, en función del tipo de aleación del electrodo, Pb-Ca o Pb-Sb, respectivamente.
- 2) Están diseñadas para recargarse a tiempo lento.
- 3) Son capaces de suministrar pequeñas cantidades de energía durante periodos largos de tiempo.
- 4) A prueba de derrames por ser de construcción sellada.
- 5) Posee gruesas placas positivas que proporcionan un rendimiento real
- 6) Poseen capas gruesas que además brindan la ventaja de prolongar su vida útil.

Ahora bien, una vez establecido el tipo de batería a utilizar, se debe conocer el “Voltaje de Funcionamiento” que debe ser compatible con el del panel solar, para no tener problemas eléctricos. Por otro lado, la capacidad de la batería es la cantidad de carga que puede almacenar en amperios-horas (Ah); Este dato es importante para poder conocer el número de horas que funcionará la instalación en momentos nublados, de poca irradiancia solar o falta de energía eléctrica por parte de la red.

Ejemplo

- Si el SFV consume 200 W (16 A) y la Batería tiene una capacidad de 320Ah se obtendrá :

$$\textit{T tiempo de Funcionamiento} = \frac{\textit{Capacidad Batería (Ah)}}{\textit{Consumo (A)}}$$

Ecuación 9: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

- Utilizando Ec. 9, se obtendrá para el tiempo de funcionamiento: $\frac{320 \text{ Ah}}{16 \text{ A}} = 20 \text{ h}$
- Por otro lado, la capacidad del banco de baterías (Ah) se determina por:



$$CB (Ah) = \frac{E_C \times A_U}{V_B \times F_U \times F_i \times \eta_{inv} \times \eta_{Batt}}$$

Ecuación 10: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

Las Baterías pueden presentar tres “Tipos de Descarga”:

- **Descargas Superficiales Diarias:** Es aquella en la cual se utiliza un 20% como máximo de la capacidad total de la batería cada día, reponiendo lo gastado al día siguiente, de forma que en la noche la batería vuelva a estar completamente cargada.
- **Descargas Superficiales Estacionales:** Consiste en que cada día se extrae un pequeño porcentaje de la carga de la batería, entre 15% a 20%, pero que no repone toda la carga utilizada al día siguiente, de manera que la batería queda con una carga inferior al día precedente, siendo efecto acumulativo y provocando que la batería se vaya descargando poco a poco. Esto ocurre en el periodo “Invernal”, meses de menor irradiancia (Enero-Hemisferio Norte) y (Julio-Hemisferio Sur).
- **Descargas Profundas:** Consiste en que cada día se descarga la batería al máximo de su capacidad, generalmente entre un 50% y 80%. El tamaño de la batería es menor que el de las otras baterías de los otros casos, pero su vida se acorta a la mitad.

La “Capacidad por el Tiempo de Descarga” (ARMENTA D, DORIA R, 1995), puede variar con la rapidez en que se descarga la batería, ya que no es lo mismo descargar una batería en 10 horas que en vez de 100. Este efecto del cambio de la capacidad con el tiempo de descarga se puede computar a partir de un algoritmo matemático del tipo que nos da el factor corrector de la capacidad

$$f = 0.6924 \left(\frac{C_n}{I_D} \right)^{0.1703}$$

Ecuación 11: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

donde C_n es la “Capacidad nominal de la batería” e I_D la “Intensidad de la descarga”. (Ver Anexo N°3) En este gráfico muestra la evolución del factor. Pero si ahora, queremos obtener el valor de la capacidad de una batería para un proceso con descarga en un tiempo diferente del estándar se procede a calcular la intensidad de dicho proceso utilizando la relación:

$$I_D = \frac{C_n}{T_D}$$

Ecuación 12: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

El valor de I_D se introduce, junto con el de C_n en la expresión anterior Ec.11, de manera que la nueva capacidad será:

$$C = f_c \times C_n$$

Ecuación 13: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)



➤ **Regulador de Carga**

Es el elemento fundamental para la protección de la batería, respecto a la corriente que puede generar el panel solar. Su voltaje de funcionamiento debe ser el mismo que el del módulo solar y el de la batería. La potencia máxima del regulador se obtiene de la siguiente Ec.14.

$$Potencia\ Máxima\ del\ Regulador = \sum Potencia\ Máxima\ de\ Todos\ los\ Paneles$$

Ecuación 14: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

➤ **Inversor**

Para un (SFV), el cual es independiente de la red eléctrica convencional, se necesita evaluar la “Potencia Total Máxima” que tendrá que conectarse al inversor, dicha potencia se obtiene así.

Ejemplo: Se cuenta con los siguientes equipos en una casa, los cuales son consumidores de energía:

1 TV color 60W, utilizado 3 horas/día

2 Lámparas de 15 W, que perduran encendidas durante 5 horas/día

- Estos poseen una potencia nominal, la cual es fundamental conocer para saber cuánta energía consumen en un tiempo determinado que denominamos “Consumo Energético Diario (CED)” o también conocido como “Energía Diaria Total (EDT)”.

$$CED = \left\{ \left[1 \times 60W \times 3 \left(\frac{horas}{dias} \right) \right] + \left[2 \times 15W \times 5 \left(\frac{horas}{dias} \right) \right] \right\} = 330 \left(\frac{Wh}{dia} \right)$$

- Ahora si estos equipos presentan simultaneidad de uso se debe usar:

$$Potencia\ Total = (1 \times 60W) + (2 \times 15W) = 90W$$

Respuesta: Lo que significa que hay que utilizar un inversor cuya potencia nominal sea superior a 90W. Es por ello que este equipo debe estar dimensionado para poder alimentar directamente la carga que se le quiere conectar.

➤ **Estructura de soporte para Módulos Solares y Puntos de Apoyo**

Los Módulos solares cuentan con varios tipos de localización estos son: Suelo, poste, pared o tejado. Para aprovechar de manera óptima la irradiancia solar del lugar es importante que tengan un soporte ó protección.

También una inclinación adecuada si así lo requieren, por lo que es necesario el uso de estas estructuras que pueden ser de diversos materiales como aluminio, acero inoxidable y hierro. También contamos con los Puntos de Apoyo, pues de ellos depende la solidez y robustez del conjunto, pudiendo dar fiabilidad al diseño.



2.6 CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR EN EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

2.6.1 Cálculo para conocer el Consumo Energético Diario

El parámetro a utilizar como punto de partida para el diseño de un sistema fotovoltaico es la energía requerida, entendida como:

$$\text{Energía} \left(\frac{Wh}{\text{Día}} \right) = \text{Potencia} \times \text{Horas de Uso} \left(\frac{\text{Horas}}{\text{Días}} \right)$$

Ecuación 15: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

2.6.2 Cálculo de la Energía de Radiación Solar

- 1) Se debe seleccionar el lugar donde se instalará el (SFV)
- 2) Se precisará por cuánto tiempo se utilizará el (SFV) en el año, en el caso de ser temporal, o si en cambio será un sistema de forma permanente.
- 3) Tipo de clima en el lugar (país, región, ciudad) en donde se implementará el (SFV)
- 4) Los datos de irradiancia de los que normalmente se disponen se pueden clasificar en: Irradiancia Mensual, Irradiancia Anual Máxima, Irradiancia Mensual Máxima y Irradiancia Diaria.

2.6.3 Cálculo para Conversión de la Radiación Solar en Horas-Picos (hsp)

El valor de la irradiancia solar no es constante durante el día, por lo que se necesita de un método, el cual es conocido como horas-sol-pico (hsp), que determina el número de horas de sol en las que el sol luce con su máxima intensidad, proporcionando la misma energía que a lo largo de todo el día considerado. Como se deduce el número de horas sol pico ó horas-pico, es menor que la duración del día.

$$HP = hsp = \frac{\text{Radiación Diaria Total} \left(\frac{Wh}{m^2 \text{ Día}} \right)}{1000 \frac{W}{m^2}} = \left(\frac{\text{Horas}}{\text{Días}} \right)$$

Ecuación 16: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

2.6.4 Cálculo para el Número de Módulos Solares necesarios

Necesitamos aplicar ciertas herramientas y actividades (ARMENTA D, DORIA R, 1995) como:

- a) Realizar un Censo de Carga.
- b) Determinar el consumo en el lugar que se va a implementar el (SFV) a través del censo de carga.
- c) Determinar la insolación del lugar a través de las (horas-solar-pico).
- d) Elegir el tipo de panel que queremos instalar para así saber su potencia, corriente y voltaje con los cuales trabaja.



- e) Establecer el margen de seguridad con el que se va a calcular el número de módulos solares, previniendo así pérdidas de energía, errores por utilizar valores promedios de la irradiancia, derivaciones de corriente, entre otros. Este factor de seguridad (sobredimensionamiento) será de 20% definido como rango típico de (1,2).
- f) Conocer la eficiencia del Inversor DC/AC donde el rango típico está entre (0,8 a 0,9).
- g) Eficiencia de la Carga de la Batería donde el rango típico está entre (0,87 a 0,9).

Conocidos estos parámetros se puede proceder a calcular el número de Módulos Solares necesarios para nuestro (SFV) con la siguiente ecuación:

$$M_{\# \text{ Módulos}} = \frac{E_c \times F_s}{I_m \times V_m \times HP \times \eta_{Batt} \times \eta_{Inv}}$$

Ecuación 17: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

2.6.5 Cálculo para el Regulador

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia del Regulador} = \frac{\# \text{ Módulos Solares} \times \text{Potencia del Panel}}{N^{\circ} \text{ de Reguladores}}$$

Ecuación 18: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

$$N^{\circ} \text{ de Reguladores} = \frac{\# \text{ Módulos Solares} \times \text{Intensidad de Corriente (Produce Panel)}}{\text{Intensidad Máxima que soporta el Regulador}}$$

Ecuación 19: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

2.6.5 Cálculo para el Número de Baterías necesarias

Se necesita conocer ciertos datos (ARMENTA D, DORIA R, 1995) importantes como:

- a) Consumo en el lugar que se va a implementar el (SFV) a través del censo de carga
- b) La autonomía en días, se refiere a cuantos días queremos que el sistema funcione sin Sol. Incluso en zonas muy soleadas, un día no es suficiente, por lo general, se utilizan **2 días** como una buena estimación. Entonces, para un tiempo de autonomía de 2 días seguidos sin Sol, con una demanda de 271 Wh/día, se necesitaría que la batería tenga una capacidad de almacenamiento de energía de:

$$\frac{271Wh}{\text{Día}} \times (1 \text{ Día} + 2 \text{ Días Autonomía}) = 813 Wh$$

- c) La mayoría de las baterías tiene un eficiencia de 87% a 90%. Esto significa que cuando la energía pasa por la batería, se pierde entre un 13% y 10% de la energía.



- d) Voltaje Nominal del Banco de Batería (VB), se refiere al voltaje del sistema solar fotovoltaico (SFV).

Voltaje Nominal del Banco = Voltaje del Sistema SFV

- e) La Fracción de Capacidad total de Baterías (Fu), se refiere a el tipo de Batería que se utiliza, siendo de **Placa Delgada= 0,5** y de **Placa Gruesa= 0,8**.
- f) El Factor de Incremento de Capacidad de Batería (Fi), es respecto a su valor nominal, en donde para la Batería de **Placa Delgada= 1,05** y Batería **Placa Gruesa=1,35**.
- g) Conocer la eficiencia del Inversor DC/AC donde el rango Típico esta entre (0,8 a 0,9)
- h) Eficiencia de la Carga de la Batería donde el rango Típico está entre (0,87 a 0.9)
- i) Conociendo estos parámetros se puede proceder a calcular la Capacidad del Banco de Baterías necesarios para nuestro (SFV) a través de la siguiente Fórmula:

→ “Capacidad del Banco de Baterías con Descarga Nominal Sin Autonomía”

$$CB_{(Ah)} = \frac{E_C}{V_B \times F_U \times F_i \times \eta_{inv} \times \eta_{Batt}}$$

Ecuación 20: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

→ “Capacidad del Banco de Baterías con Descarga Nominal Con Autonomía”

$$CB_{(Ah)} = \frac{E_C \times A_U}{V_B \times F_U \times F_i \times \eta_{inv} \times \eta_{Batt}}$$

Ecuación 21: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

→Promedio por Hora:

$$PPHora = \frac{E_C}{V_B \times 24}$$

Ecuación 22: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

- j) También es conveniente conocer el tiempo de descarga de las baterías.

→Tiempo de Descarga Media Real en horas:

$$Tiempo\ de\ Descarga = \frac{E_C \times A_U}{V_B \times F_U \times F_i \times \eta_{inv} \times \eta_{Batt}} \bigg/ \frac{E_C}{V_B \times 24}$$

Ecuación 23: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)



También se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{T tiempo de Descarga} = \frac{\text{Capacidad (Ah)} \times \text{Voltaje}}{\text{Potencia Máxima (W)}}$$

Ecuación 24: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

→Para conocer la cantidad de baterías requeridas en el sistema se utiliza la siguiente fórmula.

$$\frac{\text{Capacidad del B. Baterías con Descarga Nominal Sin Autonomía}}{\frac{\text{Tensión Nominal de cada Batería}}{\text{Capacidad de cada batería en (Ah) para 48h por fábrica}}}$$

Ecuación 25: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

2.6.7 Cálculo para la Potencia del Inversor

- Para un (SFV), el cual es independiente de la red eléctrica convencional, se necesita evaluar la potencia total máxima que tendrá que conectarse al inversor. Lo que significa que hay que utilizar un inversor cuya potencia nominal sea superior al “Consumo Energético Diario”, realizado por los equipos consumidores.
- Por lo general los inversores poseen un rendimiento de 90% para la zona donde va a trabajar, 60% de su capacidad máxima. Su objetivo es transformar corriente continua DC a corriente Alterna en AC.
- Como la transformación no se realiza con una eficacia al 100%, la potencia de entrada del inversor o convertidor, es aquella suministrada por la batería o los paneles solares. Esto se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia de Entrada} = \frac{\text{Potencia de Salida (W)}}{\text{Rendimiento del Inversor}}$$

Ecuación 26: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

2.6.8 Cálculo para la Sección de los Conductores

Es importante destacar que el cálculo de la sección de los conductores (ARMENTA D, DORIA R, 1995), se vuelve especialmente crítico en los sistemas fotovoltaicos, debido a que se trabaja con voltajes entre 12, y 48 Voltios, lo cual hace que las intensidades de corriente sean elevadas, aumentando así las pérdidas de manera considerable si los conductores no están bien dimensionados.

- Para calcular la sección del conductor se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Sección del Conductor} = \frac{\text{Longitud del Cable (Mts)} \times \text{Intensidad (A)}}{28 \times \text{Caída de Tensión Máxima Admisible (V)}}$$

Ecuación 27: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)



b) También podemos calcular la sección del conductor a través de los siguientes parámetros: (S) Sección del Conductor, (0,036) Constante, (I) Corriente en Amperios que pasara por el conductor, (L) longitud del conductor y (ΔV) Caída de tensión admisible en porcentaje (%).

$$S = \frac{0,036 \times I \times L}{\Delta V}$$

Ecuación 28: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

Donde la variación de voltaje viene dada por la diferencia entre el voltaje de salida del panel fotovoltaico y el voltaje de carga máxima de la batería (circuito panel-batería), y por la diferencia entre el voltaje de descarga de la batería y el voltaje de la carga de consumo (circuito batería-carga). Esta expresión sirve para calcular la sección del conductor tanto en la línea que va desde los paneles hasta el regulador y batería como desde la batería hasta el circuito de carga y el inversor.

La caída de tensión se mide experimentalmente, o se calcula en función del voltaje mínimo que admita el elemento de consumo, la intensidad de corriente y el tipo de conductor, de acuerdo con la relación:

$$\Delta V = I \times R = I \times \rho \frac{L}{S}$$

Ecuación 29: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

Siendo (I) la intensidad de corriente que transporta la línea, (ρ) la resistividad del hilo conductor, (L) su longitud y (S) la sección del conductor.

2.6.9 Cálculo para la estructura base de los Módulos Solares

Los Paneles Solares deben ir montados sobre una estructura que cumple una doble función, orientarlos adecuadamente por la inclinación si es necesario y dotar al conjunto de una rigidez mecánica que le permita soportar la fuerza del viento (Ver Anexo N° 4) que se puede conocer por la siguiente fórmula:

$$Fuerza (Kp) = 0,11 \times (Velocidad\ del\ Aire)^2 \times Superficie\ del\ Panel$$

Ecuación 30: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

También si se necesita una distancia mínima entre dos paneles adyacentes, donde se puede conocer a partir de la siguiente fórmula:

$$Distancia = K \times Altura\ Relativa\ del\ Panel$$

Ecuación 31: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

Siendo (K) un coeficiente de la latitud del lugar (Ver Anexo N°5).



DISEÑO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO

Para la llevar a cabo este estudio preliminar, se necesita realizar varias etapas las cuales se pueden apreciar en la Figura 1.

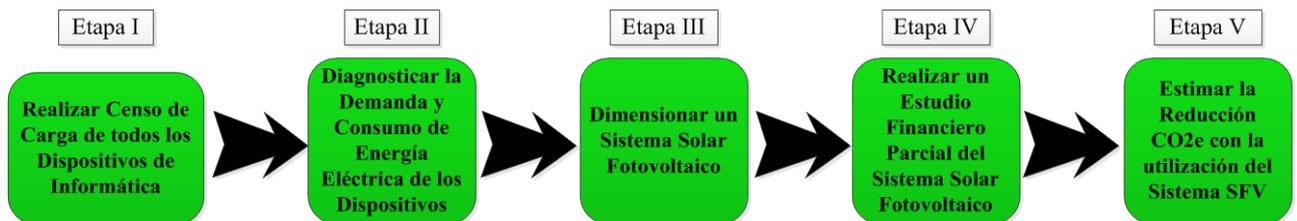


Figura 1. Etapas del Diseño Metodológico

3.1 Descripción de las Etapas

- **Etapa I**

Se realizó un *Censo de Carga* de todos los dispositivos que prestan el servicio de conectividad a internet y resguardo de la información en la Sala de Informática del Edificio Central de la UNAN-León, para conocer sus consumos nominales, potencia, voltaje y corriente de cada uno de ellos. Estos se pueden apreciar en la etiqueta de especificaciones ubicada por lo general en la parte de atrás o por debajo de cada uno de los equipos. Una vez obtenido estos datos, se procedió a calcular la energía consumida en Wh-Día, Wh-Mes y Wh-Año con la herramienta de Excel. Es de merecer mencionar que estos se conocen como valores referenciales “Teóricos” los cuales serán comparados más adelante con los valores prácticos obtenidos con el Analizador de Red.

- **Etapa II**

Para llevar a cabo este propósito, se identificó un panel eléctrico (Ver anexo N°7) en la sala de informática del Edificio Central de la UNAN-León. Fue preciso identificar cada uno de los switches correspondientes a los circuitos que alimentan los toma corrientes de toda la sala, ya que ellos son los que proveen de energía eléctrica a los equipos de informática. Para esta tarea se necesitó la ayuda de la pinza amperimétrica, (Ver anexo N°8).

Es también importante mencionar, que dichos equipos se encuentran resguardados en 5 racks, de dimensiones (2 x 0,70mtrs) permitiendo una mejor distribución e identificación de los mismos (Ver Anexo N°11). Una vez identificados los equipos tecnológicos, los toma corrientes y los switches por los que ellos son alimentados, se procedió a medir y registrar los valores de consumo y demanda de la energía eléctrica, a través de un analizador de red marca PCE-PA8000, donde se decidió por fines metodológicos, registrar valores durante 14 días, en un periodo de 5 minutos, comenzando el 7 de Agosto de 2013 y finalizando el 20 de Agosto del mismo año. Cabe resaltar que dichas mediciones fueron en un periodo laboral y de vacaciones trimestrales el cual se puede apreciar (UNAN, 2013). El analizador fue conectado a la fase de 3 cables del panel eléctrico (Ver anexo N° 9 y 10), para dicho conexionado se tuvieron que utilizar medidas de protección, como la utilización de dos pares guantes para prevenir contacto con cables de alta tensión y resguardar la integridad personal.



- **Etapa III**

Para realizar el Diseño Solar Fotovoltaico, se llevaron a cabo las medidas correspondientes del techo y cielo raso del edificio central, para conocer con cuanto espacio se cuenta para nuestro sistema y las dimensiones del cableado requerido. Para esto se necesitó de varios instrumentos como la cinta métrica, la brújula y el declinómetro. De esta manera se procedió a la utilización de fórmulas matemáticas extraídas de las bibliografías (MESSENGER y VENTRE,2003), (GREEN EMPOWERMENT,2005) y (ARMENTA D, DORIA R, 1995) correspondientes para el dimensionado del SFV. Para estos cálculos era de importancia conocer los valores de la irradiancia solar, cuyos datos meteorológicos fueron extraídos de la (STACKHOUSE, WHITLOCK, 2008) página de la NASA, que se pueden observar en la Tabla 2 ubicada más adelante, en donde a través de una serie de pasos bastante sencillos, se introdujo las coordenadas de latitud y longitud del lugar en donde instalaremos el sistema (SFV), obteniendo automáticamente los datos de irradiancia solar durante todo un año mes a mes. Para este proyecto, se ha tomado la decisión de trabajar con la “**Irradiancia Mensual**”, la cual se refiere a los valores de irradiancia para cada mes del año, en donde todos los días de ese mes se comportan de la misma manera, por lo que los valores deben estar promediados a lo largo de varios años, de modo que puedan ser utilizados de manera fiable. Este tipo de irradiancia se utiliza para instalaciones que se utilizarán durante varios meses o todo el año, es decir sin fecha fija.

La ciudad de León tiene las siguientes coordenadas exactas latitud: 12.433° y longitud: -86.887. Mas sin embargo la base de datos de la NASA no tiene la ubicación para estos registros exactos por lo que se tomó el punto más cercano al lugar del proyecto de tesis. Dando como resultado los siguientes parámetros latitud: 12.5° y longitud: -87.5, a continuación ver Tabla 2.

Tabla 2. Radiación Mensual de Incidencia Promedia sobre una Superficie Inclinada (STACKHOUSE, WHITLOCK, 2008)

Radiación Mensual de Incidencia Promediada sobre una Superficie Inclinada en las puntas del Ecuador (kWh/m² día)	
Latitud: 12.5°	Inclinación: 12°
Longitud: -87.5	
Enero	6,96
Febrero	7,30
Marzo	7,44
Abril	6,8
Mayo	6,17
Junio	5,98
Julio	6,50
Agosto	6,43
Septiembre	5,79
Octubre	6,13
Noviembre	6,36
Diciembre	6,61
Promedio Anual	6,54



Progresivamente se realizaron los cálculos con el valor de Irradiancia Solar del mes más bajo, en este caso “Septiembre”, logrando así obtener un nivel de holgamiento para asegurar una producción de energía eléctrica necesaria y oportuna.

Continuamente se procedió a calcular la cantidad de paneles solares necesarios, reguladores, capacidad del banco de baterías, potencia del Inversor, sección de los conductores y estructuras de soportes para este sistema (SFV).

Luego con la ayuda del software de diseño Autocad, simulamos en un “Plano” el techo del Edificio Central de la UNAN-León. Logrando localizar específicamente nuestro sistema, de tal forma que respete los lineamientos establecidos por la Alcaldía de León, el cual persigue el protocolo de la UNESCO, el cual declaró la ciudad de León como patrimonio de la humanidad, por mantener su infraestructura colonial al pasar de los años, mejor conocida como “Ciudad de Techos Rojos”.

Es importante resaltar que también se realizó un dimensionamiento de conexión eléctrico el cual tiene como objetivo establecer la ubicación y orden específico de los equipos que se instalaran en nuestro sistema solar fotovoltaico (SFV) respetando y tomando en cuenta todas las consideraciones necesarias, para preservar la vida útil de los equipos y en especial una producción de energía eficiente.

- **Etapas IV**

Progresivamente se procedió a realizar la evaluación financiera, para determinar la viabilidad económica, inversión, rentabilidad, ahorro y depreciación anual de este proyecto, logrando evaluar la posibilidad de implementar este sistema en la UNAN-León. Para comprobar esta viabilidad se determinarían los Índices del Valor Actual Neto (VAN) también llamado Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

- **Etapas V**

Así mismo se estimó a calcular las estimaciones de reducción de CO₂ Equivalente por el consumo energético de los equipos informáticos de la UNAN-León, proveniente de la combustión de recursos fósiles.

3.2 Tipo de Estudio y Alcance de la Investigación

Se efectuará un estudio de enfoque cuantitativo, analítico, de campo y no experimental, y alcance temporal transversal. Por lo que describe e interpreta sistemáticamente un conjunto de hechos relacionados con el fenómeno de estudio, para así poder desarrollar el estudio preliminar del sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica permanente. Es de corte transversal porque se estudian varias variables simultáneamente en periodos de tiempo relativamente cortos.

Se clasifica como investigación de campo ya que los datos se obtienen directamente en el lugar donde ocurren en este caso, el cuarto de servidores de la UNAN-León. Así mismo conforma una investigación no experimental ya que se observa el fenómeno tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlo.



3.2.1 Procedimiento para la obtención de la información

Para llevar a cabo el Diseño Solar Fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica permanente a los equipos de tecnológicos de gestión de la conectividad y resguardo de la información de la UNAN-León, se requiere realizar ciertos pasos los cuales deben ser ordenados y sistemáticos, para ellos observamos la figura 2.



Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento en el Suministro de Energía Eléctrica a los Equipos de Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León a partir de un Sistema Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013

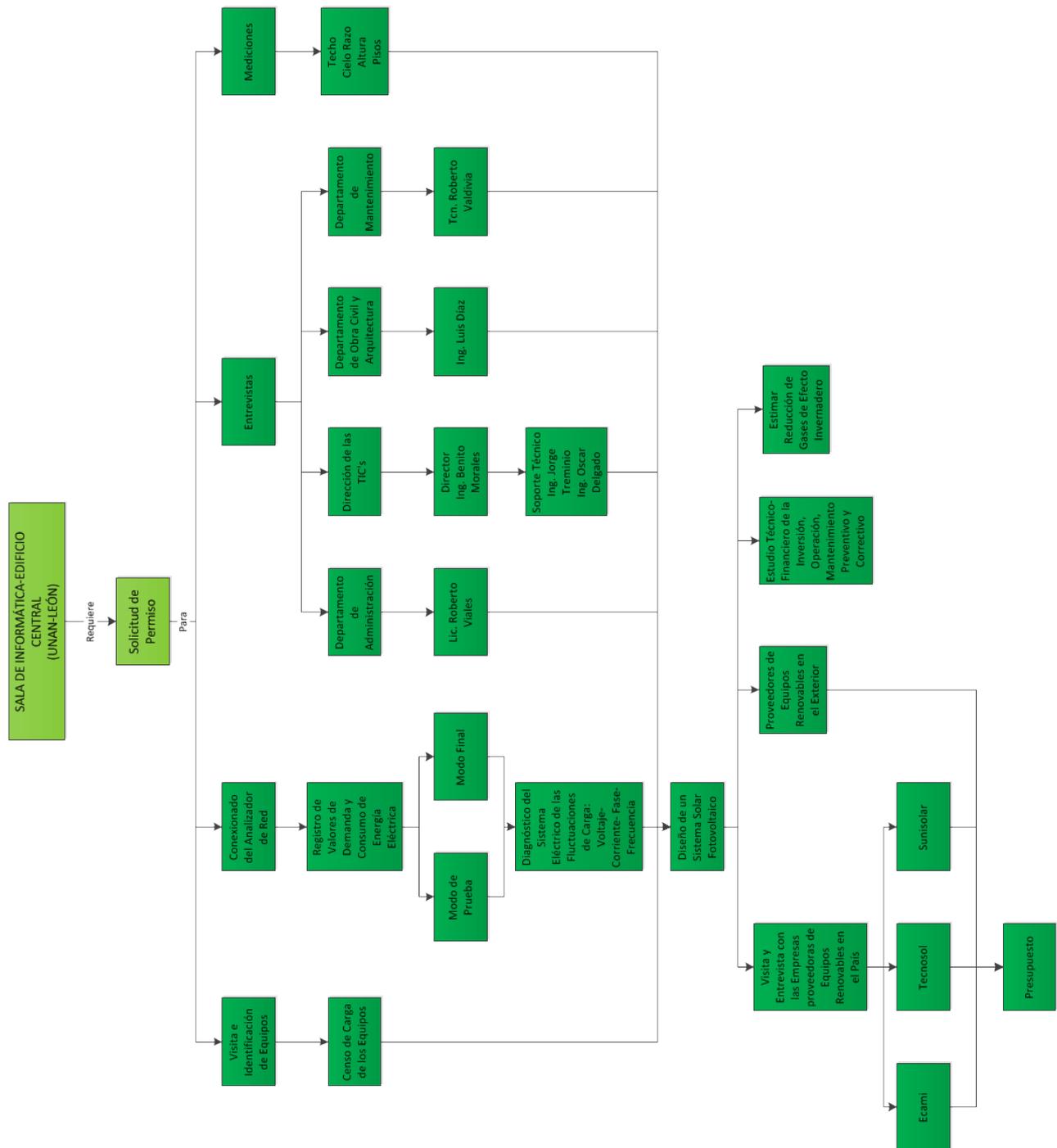


Figura 2. Procedimiento para la obtención de Información



3.2.3 Consideraciones Éticas

Las consideraciones éticas se toman en cuenta a lo largo de todo el trabajo, por lo que se les informa a las personas en qué consiste el trabajo investigativo de manera verbal y escrita, evitando así la distorsión de su ambiente de trabajo. Todos los datos son recopilados y utilizados únicamente para fines investigativos y en pro del desarrollo tecnológico.

3.2.4 Instrumentos y Equipos de Medición

Para conocer los instrumentos utilizados en la recaudación de datos veamos la tabla 3, que observamos a continuación:

Tabla 3. Instrumentos y Equipos de Medición

Equipo	Características	Función
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (1) Analizador de Red “Power Analyzer 3 Phase PCE-PA8000”.Con un rango de operación: <ul style="list-style-type: none"> -Power Measurement 1P2W-1P3W-3P3W-3P4W. -A1, A2, A3 Max Input 500mV/V1,V2,V3 Max Input 600V. 	<p>Se utilizó para la medición y registro de Consumo (Kwh) y Demanda Energética (Kw) de los equipos, ubicados en la sala de informática de la UNAN-León.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (2) Pinzas de corriente denominadas A1 Y A2, “1200A” PCE-PA8000. 	<p>Se utilizaron para la medición y registro de Consumo (Kwh) y Demanda Energética (Kw). Son conectadas a las fases del circuito eléctrico.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (3) Puntas con Caimanes, de color (Azul-Amarilla-Roja) que se conectan al analizador de red. 	<p>Conectados en las fases eléctricas, para registrar Consumo (Kwh) y Demanda de los equipos (Kw) de informática.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (1) Pinza Amperimétrica, PCE Group, PCE-DC2. ✓ (1) Pinza Amperimétrica, marca Trupper. 	<p>Se utiliza para registrar y confirmar la corriente (Amp) y voltaje (Volt) que pasa por cada una de las fases.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ (1) Par de Guantes, de Carnaza y Textil (GU-SOL), Marca Trupper, Color naranja. 	<p>Sirven de protector aislante para la manipulación de cables de alta y baja tensión, de los circuitos eléctricos.</p>



	<p>✓ (1) Par de Guantes, de Nylon y Nitrilo (GUX-NIT-L), Marca Trupper, Color negro.</p>	<p>Sirven de protector aislante para la manipulación de cables de alta y baja tensión, de los circuitos eléctricos.</p>
	<p>✓ (1) Cinta Métrica, 25' X 1''(7.5M x25 mm), marca Hunter.</p>	<p>Sirve para tomar las respectivas mediciones en (metros) de las dimensiones del Edificio Central, de la Unan-León.</p>
	<p>✓ (1) Declinómetro, 360° Cosine Desimals, marca Suunto.</p>	<p>Sirve para tomar y/o medir el ángulo de inclinación de superficies específicas.</p>
	<p>✓ (1) Brújula, MC-2, marca Suunto.</p>	<p>Instrumento que sirve para la orientación ó determinación del norte magnético de la Tierra, que es diferente para cada zona del planeta, y distinto del Norte geográfico.</p>



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Selección del Lugar por Aspectos climáticos y Geográficos

El promedio mensual de la precipitación durante este mes de Agosto (INETER, 2013), fue de 193.0 mm de lluvia, menor a la norma histórica que es de 234.8 mm. Se puede afirmar que el comportamiento de las precipitaciones durante este mes de Agosto fue irregular, debido a la incidencia del periodo canicular y poca incidencia de sistemas meteorológicos asociados a las bajas presiones. Por lo que se puede deducir que los valores registrados de voltaje, corriente, frecuencia y enfasamiento de potencia, por el analizador de red deben ser bastante uniformes y parecidos entre sí.

Para temperaturas medias del aire, las isotermas cuentan con valores altos entre 26°C a 28°C, para las Región Occidental del pacífico, Central y Autónoma del Atlántico y la menor para la Zona Norte.

Por lo que se decidió colocar los “Módulos Solares” en el tejado del edificio central, trayendo como ventaja que este tipo de instalación se adecua para cualquier tipo de tamaño de superficie y admitiendo cualquier tipo de orientación. (Ver Anexo N°6) la ciudad de León cuenta con un viento promedio de 1,9 (m/s) a 10 metros de altura, con dirección Este, durante el mes de Agosto del 2013. Es importante mencionar que el rango de velocidad de viento en los periodos (INETER, 2013) de sequía e invierno en León, oscilan entre (1,8 a 3,1 m/s).

Por lo que los Paneles Solares deben ir montados sobre una estructura que tenga como finalidad darle una rigidez mecánica que le permita soportar la fuerza del viento que se puede conocer por la Ec.32.

$$\text{Fuerza (Kp)} = 0,11 \times (\text{Velocidad del Aire en León})^2 \times \text{Superficie del Panel}$$

Ecuación 32: (ARMENTA D, DORIA R, 1995)

$$\text{Fuerza (Kp)} = 0,11 \times (1,9\text{m/s})^2 \times (1,66\text{m} \times 0,992\text{m})$$

$$\text{Fuerza (Kp)} = 0,653\text{m}^2/\text{s}^2$$

4.2 Etapas del Estudio de Preliminar del Sistema Solar Fotovoltaico

4.2.1 Etapa I

Se realizó el censo de carga de los equipos que están en la sala de informática de la UNAN-León (Ver anexo 14), asumiendo que trabajan a su máximo nivel y en un rango de 24 horas. Por lo que se obtuvieron los siguientes datos de potencia máxima conocida como la demanda energética y el consumo energético diario, mensual y anual (Tablas 4 y 5).



Tabla 4. Valores de Potencia Máxima

Potencia	Valor	Unidades
Máxima	9.078,33	W
Máxima	9,07833	KW
Máxima (W) con Factor de Simultaneidad (0,7)	6.354,831	--

Tabla 5. Consumos Energéticos

Nombre	Consumos de Energía	Unidades
Consumo Energía Diario	215.657,7	Wh-Día
Consumo de Energía Diario	215,6577	Kwh-Día
Consumo de Energía Mensual	6.469,731	Kwh-Mes
Consumo de Energía Anual	77.636,772	Kwh-Anual

4.2.2 Etapa II

Se procedió a diagnosticar la demanda y consumo de energía eléctrica (Ver Anexo N°15) que requieren los equipos informáticos, con el analizador de red, el cual se conectó de forma adecuado al panel eléctrico, donde se obtuvieron valores referenciales por un tiempo prudencial de 14 días de mediciones. Cabe resaltar que los días más relevantes fueron los que se presentan en las siguientes Tablas 6 y 7 que se encuentran a continuación.

Tabla 6. Día Con más Alta Demanda Eléctrica

Día	Alta Demanda Eléctrica	Unidad	Potencia
Miércoles 7/08/2013	4,32	KW	Activa (P)
Miércoles 7/08/2013	4,5	KVA	Aparente (S)

Tabla 7. Día Con más Alto Consumo Eléctrico

Día	Alto Consumo Eléctrico	Unidad
Jueves 8/08/2013	82,8	KWH
Jueves 8/08/2013	89,1	KVAH

(Ver Anexo N°15), “La Demanda Energética” viene dada por la cantidad de energía que se necesita en un momento determinado por el número de personas, el tipo de edificio, ubicación, orientación y características constructivas.



Se puede apreciar en la figura “Demanda Diaria de KW vs KVA” que la demanda durante los primeros tres días de mediciones (miércoles, jueves y viernes) reflejan valores de potencia activa entre 3,95 a 4,32KW, donde las actividades laborales son regulares, mientras que el fin de semana estamos en ausencia de estas, donde los valores de la demanda bajan a 3,47 a 3,5Kw, dicho rango se mantiene de la misma forma por toda la semana siguiente, esto se debe a que estamos en un periodo vacacional. Pero nos preguntamos qué ocurrió el día Martes 13 de agosto. Se presume que se realizó algún trabajo eléctrico en la red nacional en ese momento o también una demanda de energía por parte de los vecinos a la universidad en la red eléctrica nacional del sector, el cual afectó en las mediciones sin provocar grandes eventualidades. Progresivamente, vemos que nuevamente cambia este comportamiento el día martes 20 de agosto, que es cuando nuevamente la universidad vuelve a reactivar sus actividades regularmente y vemos como la potencia activa vuelve a los 4,03KW. Recordemos que la potencia activa y aparente van de la mano y sus valores son muy aproximados.

(Ver Anexo N°16), “El Consumo de Energía”, viene representado por el uso real del edificio, el cual dependerá de la actividad en el interior del edificio por parte de las instalaciones y/o equipos que requieren de energía. En nuestro caso son los equipos informáticos como: Servidores de conexión a internet y almacenamiento, computadoras, router’s, laptops, planta telefónica, etc. Se puede observar que el consumo energético en los tres primeros días están en el rango de los 81 a 82 kWh, debido a que existen personas laborando en la universidad, los cuales conectan cargas a la red eléctrica y el consumo se ve influenciado, en la sala de informática un ejemplo de ello es que se necesita utilizar las laptops para monitorear constantemente el servicio a internet y resguardo de información, obteniendo estos valores como resultado. Pero el fin de semana baja hasta 76,5 kWh.

Un dato interesante es que existe un rango entre 76,5 a 77,7 kWh que se mantiene así por toda la semana siguiente, y esto se debe a que por motivos de vacaciones, no había actividades laborales, por lo que el consumo energético era netamente de los equipos que están conectados las 24 horas, los 7 días de la semana, por 365 días. Continuamente este alineamiento permanece hasta el martes 20 de agosto en que se reactivan las actividades y el consumo volvió a ascender hasta los 80 kWh. Esto demuestra el gráfico de “Consumo Diario KWH vs KVAH”.

Para poder tener un aspecto más amplio sobre el comportamiento de la red eléctrica comercial que llega a los equipos de informática (Ver Anexo N°17 y 18), donde se concluyó que el comportamiento es bastante similar en ambas fases.

Se descubrió por los datos obtenidos a través de las mediciones realizadas con el analizador de red, **la Potencia y la Demanda más relevantes**, que serán usadas para cálculo del dimensionado del sistema SFV.

El comportamiento de manera parcial de la energía eléctrica ofrecida por la red comercial de Nicaragua (Tabla 8), donde se observa los valores máximos y mínimos de voltaje, promedio, la mediana y la desviación estándar entre ellos. Sin embargo, a pesar de todas estas características, los equipos siguen presentando inconvenientes con dicha energía eléctrica comercial, ya que muchas veces ocurren apagones repentinos y fluctuaciones altamente agresivas.



Tabla 8. Voltajes Fase 1 y Fase 2 del Recinto de Informática

	Volt (V1)/ Fase 1	Volt(V2) / Fase 2
Unidad	ACV	ACV
Cantidad	4160	4160
Mínimo	116,80	115,60
Máximo	124,60	124,30
Promedio	122,51	122,21
Mediana	122,80	122,60
Desviación Estándar	1,17	1,33

La Figura 3 que se presenta a continuación la variación del voltaje en el circuito estudiado.

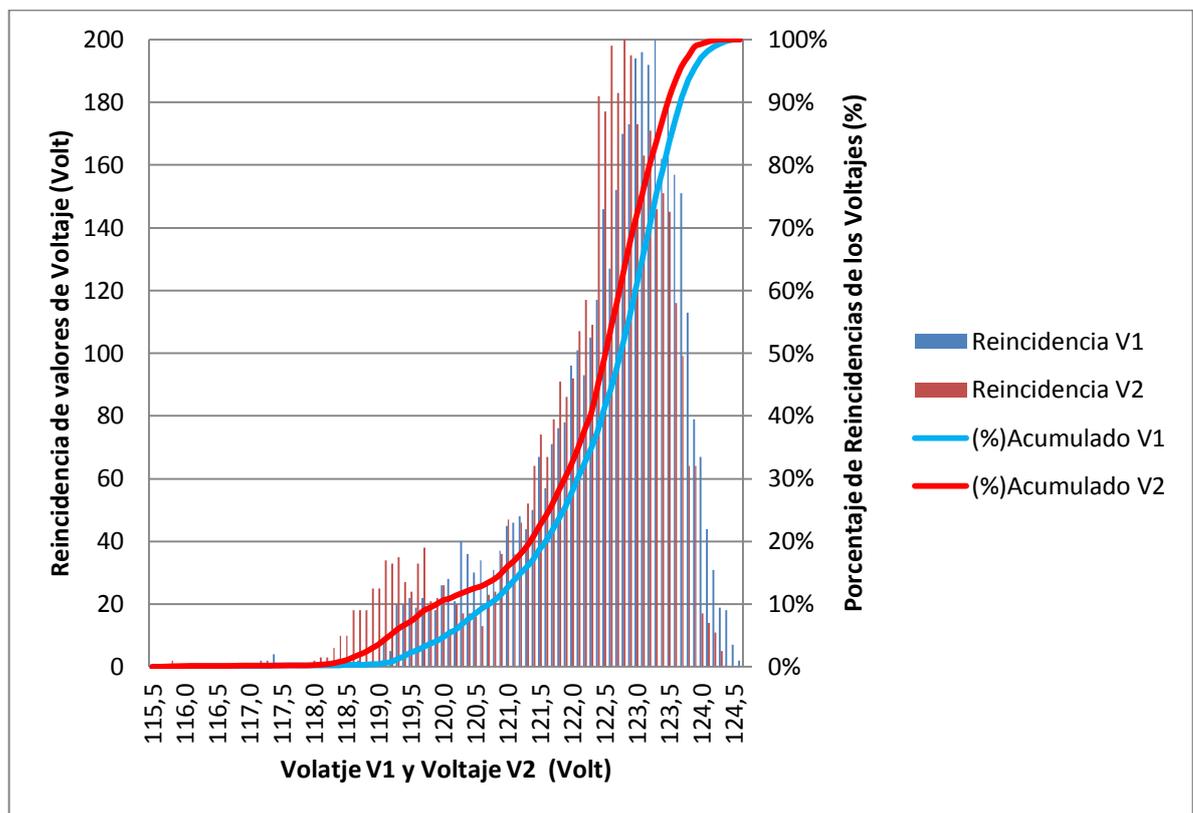


Figura 3. Histograma del Voltaje UNAN-León

Los Voltajes V1 y V2 tienen distribución similar, aunque V1 es 0.5 V más grande. Para V1: 95% de las mediciones son entre 119,6 y 124,1 hay fluctuación, pero poco. Para V2: El 95% de las mediciones son entre 118.8 V y 123.9V, hay fluctuación, pero también es poca. La Desviación estándar = 1.33, por lo que esto es más o menos 1% del promedio el cual no es muy relevante. Hay unos Valores atípicos con un mínimo de 115.6 para V1 por ejemplo. Esto es 5.71 menos el promedio o casi 5%.

Para conocer un poco sobre la corriente eléctrica que se presenta en ambas fases en el recinto de informática, observemos la Tabla 9 que se encuentra a continuación, de igual manera conoceremos



los valores máximos y mínimos de la corriente, su valor promedio, mediana y la desviación estándar entre ellos.

Tabla 9. Corriente Fase 1 y Fase 2 del Recinto de Informática

	Corriente (A1)/ Fase 1	Corriente(A2) / Fase 2
Unidad	ACA	ACA
Cantidad	4160	4160
Mínimo	13,25	14,99
Máximo	21,74	18,29
Promedio	14,06	15,88
Mediana	13,53	15,81
Desviación Estándar	1,15	0,47

El comportamiento de esta gráfica es similar al del voltaje, observemos la Figura 4, por lo que cuando existen altos valores de corriente significa que bajan los valores de voltaje y viceversa. Esto se debe a que son inversamente proporcionales.

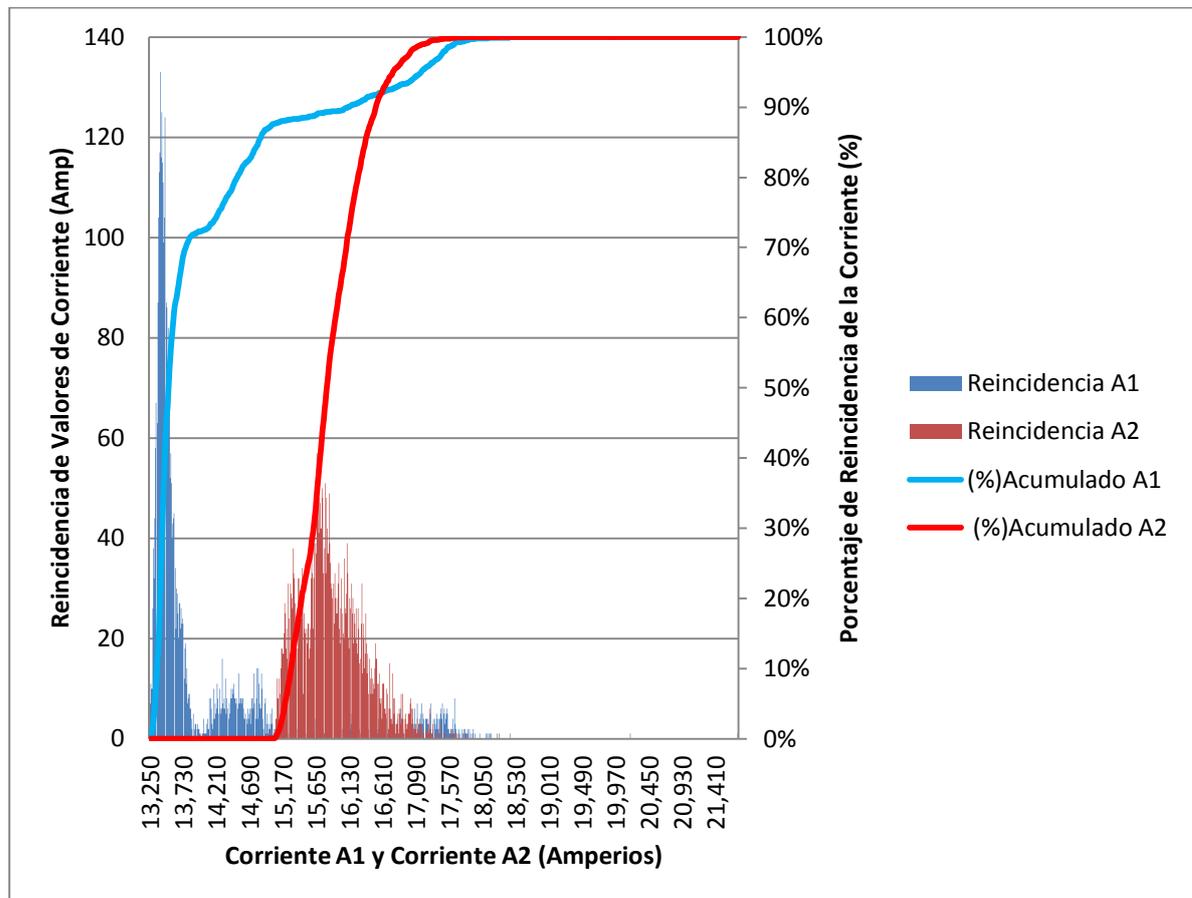


Figura 4. Histograma de la Corriente UNAN-León



Al realizar un ajuste mediante "Regresión Lineal" (Figura 5), lo que se quiere es medir la relación funcional entre las dos variables (Voltaje y Corriente) y su comportamiento. Se puede concluir que el Voltaje y la corriente para las fases 1 y 2 del circuito adscrito a la UNAN-León, tiene un comportamiento bastante similar.

El ajuste lineal, llevado a cabo para establecer la relación óhmica entre V e I nos muestra una elevada dispersión en los valores, resultado de las enormes fluctuaciones de voltaje encontradas en el sistema durante el período de medida, lo que justifica la necesidad de contar con un dispositivo que regularice el voltaje y evite esas fluctuaciones; este sistema será, como ya se ha mencionado, el SFV.

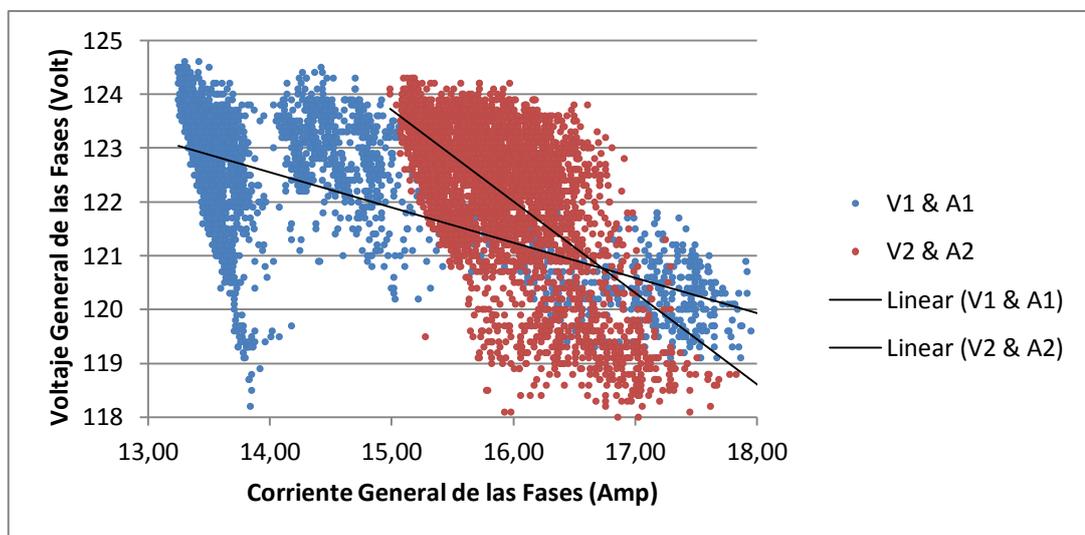


Figura 5. Regresión Lineal de Voltaje Vs Corriente de la UNAN-León

Ahora bien, se requiere conocer la potencia activa de las fases 1 y 2, logrando conocer los valores máximos y mínimos, también el valor promedio, la mediana y la desviación estándar. Para ello observemos la Tabla 10 que se encuentra a continuación.

Tabla 10. Potencia Activa Fase 1 y Fase 2 del Recinto de Informática

	Pot.Activa (P1)/ Fase 1	Pot.Activa(P2) / Fase 2
Unidad	KW	KW
Cantidad	4160	4160
Mínimo	1,562	1,671
Máximo	2,540	2,020
Promedio	1,639	1,763
Mediana	1,580	1,763
Desviación Estándar	0,118	0,049

La Potencia Activa es la capacidad que tiene la instalación eléctrica para transformar la energía eléctrica en trabajo útil.



Claramente se puede observar este comportamiento (Figura 6), donde se aprecia la reincidencia en los valores en ambas fases, predominando en la fase 1.

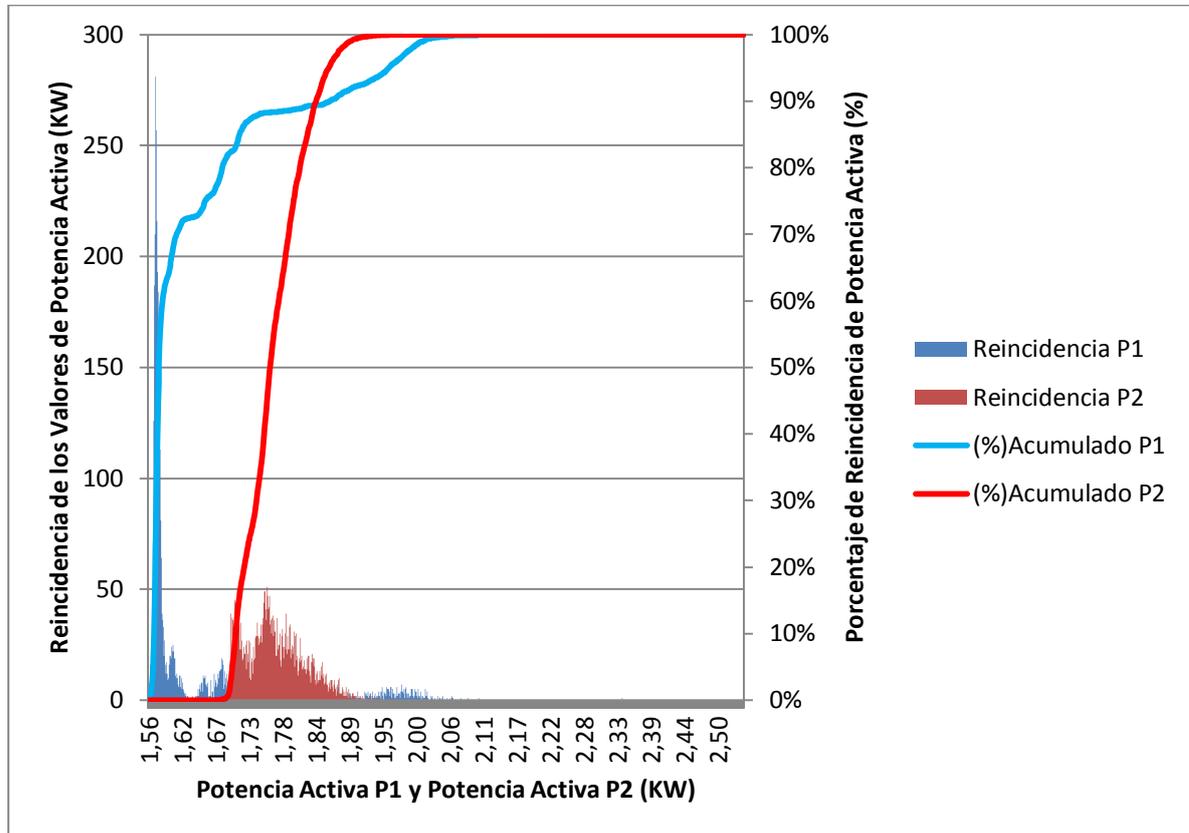


Figura 6. Histograma de la Potencia Activa de la UNAN-León

Paulatinamente se puede observar en la Tabla 11, la Potencia aparente en las fase 1 y 2, las cuales apreciaremos las unidades (KVA) en que se representan, los valores máximos y mínimos, al igual que el valor promedio, la mediana y la desviación estándar entre ellos.

Tabla 11. Potencia Aparente de la Fase 1 y 2 del Recinto de Informática

	Pot. Aparente (S1)/ Fase 1	Pot. Aparente (S2) / Fase 2
Unidad	KVA	KVA
Cantidad	4160	4160
Mínimo	1,637	1,821
Máximo	2,590	2,170
Promedio	1,723	1,941
Mediana	1,657	1,937
Desviación Estándar	0,129	0,048



La Potencia Aparente (S), es proporcional a la intensidad que circula por la instalación eléctrica. Teniendo como definición la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Al observar la figura 7, podemos apreciar como la medida de dispersión o valores respecto al promedio se encuentran en la fase 1.

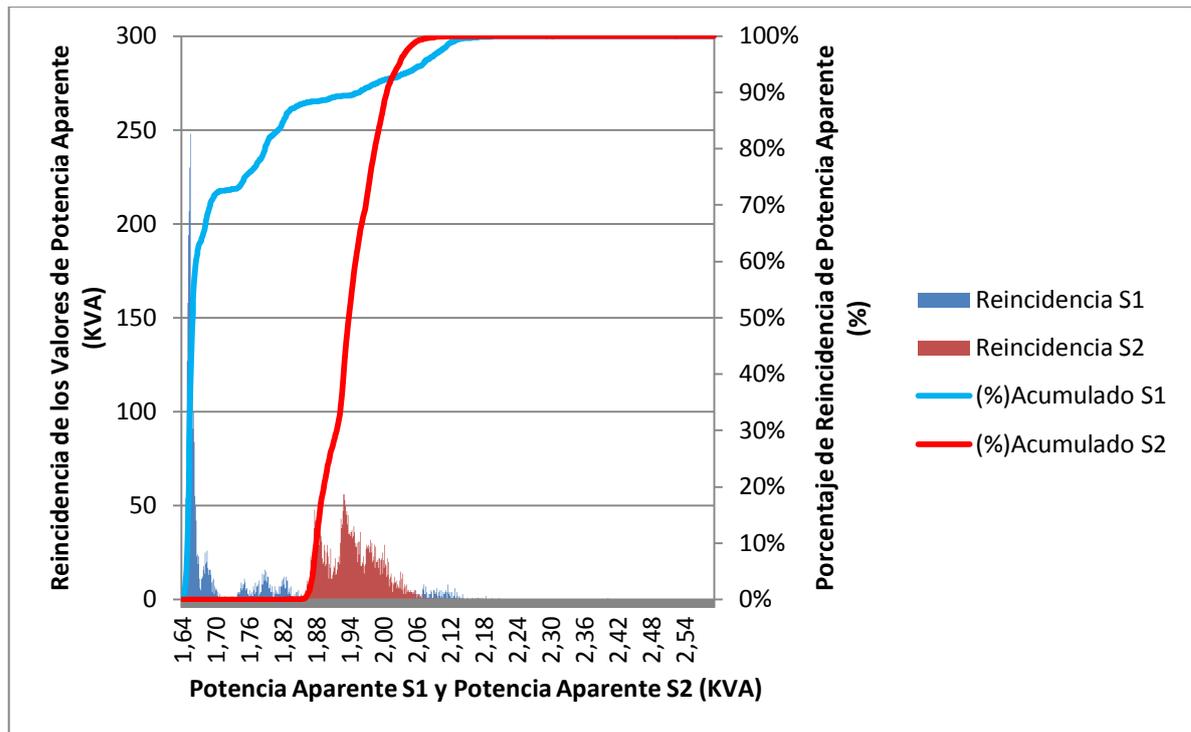


Figura 7. Histograma de la Potencia Aparente de la UNAN-León

Para la Potencia Reactiva (Q) de la Fase 1 y 2, se llevaron a cabo las mediciones y entre los valores que se obtuvieron fueron los máximos, los mínimos, los valores promedios, la mediana y la desviación estándar, en donde lo podemos apreciar en la Tabla 12, que se presenta a continuación.

Tabla 12. Potencia Reactiva de la Fase 1 y 2 del Recinto de Informática

	Pot. Reactiva (Q1)/ Fase 1	Pot. Reactiva(Q2) / Fase 2
Unidad	KVAR	KVAR
Cantidad	4160	4160
Mínimo	-0,530	-0,822
Máximo	0,709	0,846
Promedio	0,523	0,787
Mediana	0,495	0,793
Desviación Estándar	0,064	0,116



Para conocer un poco el comportamiento de esta Potencia Reactiva (Q) fue necesario realizar el histograma el cual se puede apreciar en la Figura 8. Esta potencia aparece cuando se está en presencia de bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Por lo que se puede apreciar que en nuestro circuito esta potencia no tiene mucho impacto. Sin embargo, se puede observar la reincidencia de algunos valores mínimos tomados por nuestro analizador de red en momentos cuando se conectaron a nuestro circuito.

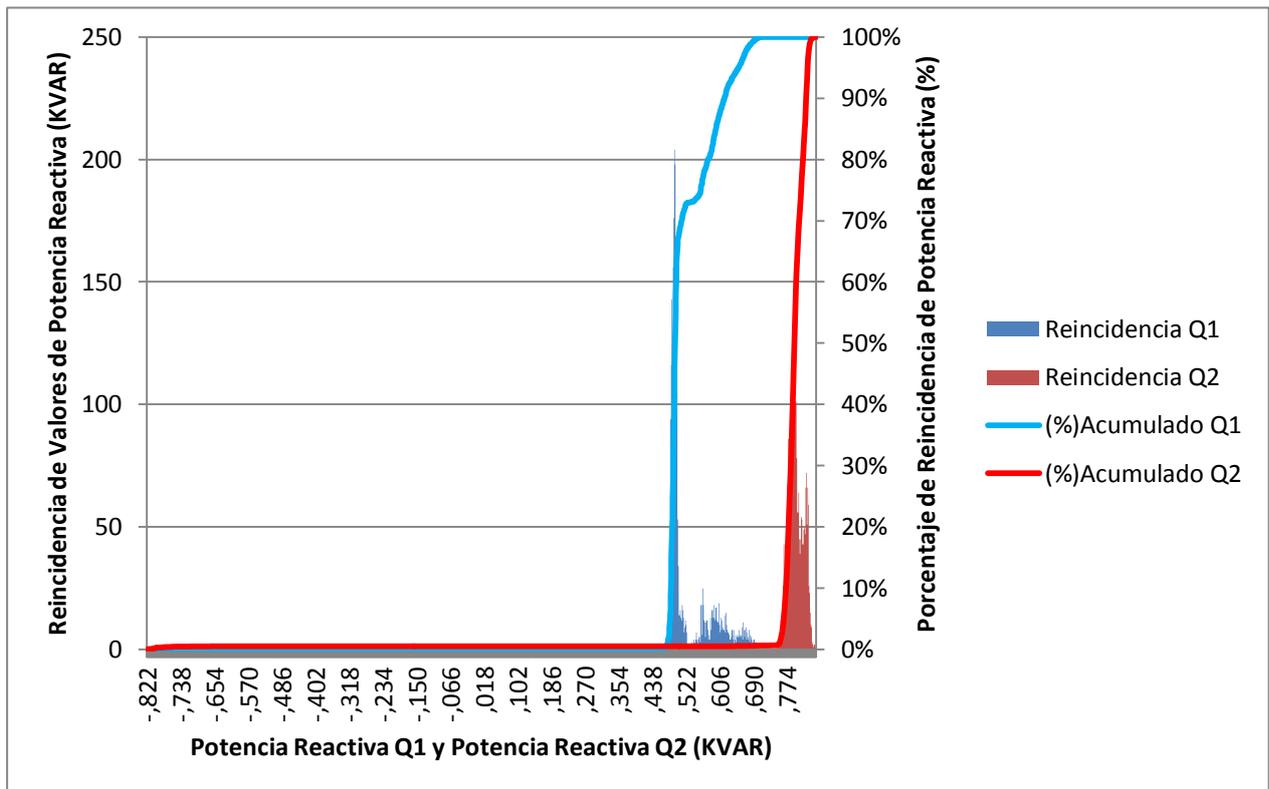


Figura 8. Histograma de la Potencia Reactiva de la UNAN-León

Continuamente, es recomendable conocer el factor de potencia, para ello se procedió a llevar a cabo las mediciones respectivas encontrando los valores máximos y mínimos que existen en ambas fases, al igual que el valor promedio, la mediana y la desviación estándar, para ello apreciemos la Tabla 13.

Tabla 13. Factor de Potencia de Fase 1 y 2 del Recinto de Informática

	Fact.Pot (1)/ Fase 1	Fact.Pot (2)/ Fase 2
Unidad	No Existe	No Existe
Cantidad	4160	4160
Mínimo	0,93	0,90
Máximo	0,98	0,93
Promedio	0,95	0,91
Mediana	0,95	0,91
Desviación Estándar	0,005	0,005



La siguiente Figura 9, muestra la relación entre la Potencia activa (P), y la Potencia Aparente(S) para cada fase. Lo ideal es que, para cargas puramente resistivas tengamos un Factor de Potencia $PF=1$ ó casi 1. Por lo que se puede concretar que para la fase 1 está más próxima a alcanzar dicha característica más sin embargo la fase 2 es también eficiente. La diferencia entre ambas no es significativa. Por lo que tenemos un buen rango óptimo.

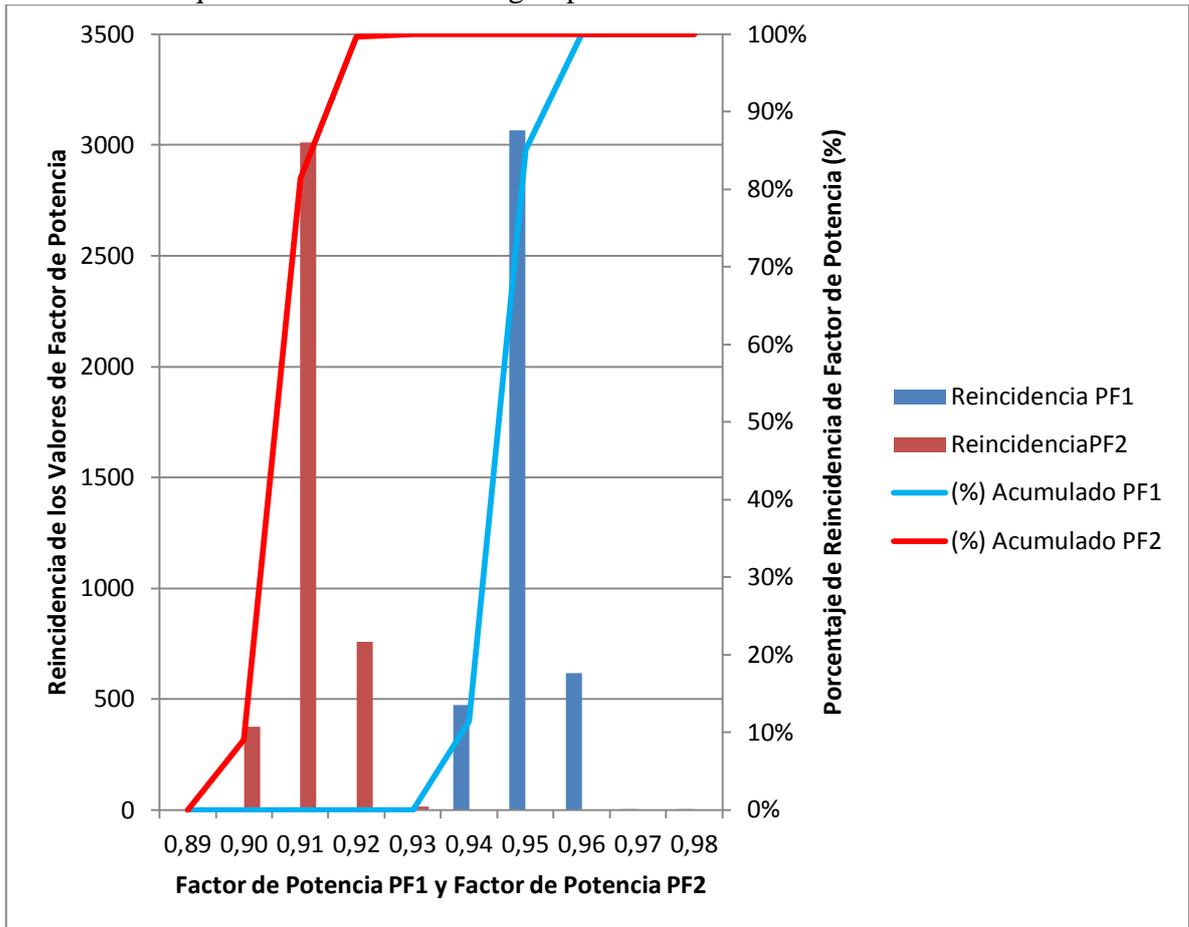


Figura 9. Histograma Factor de Forma de la UNAN-León

Por último caso, se debe evaluar el comportamiento de la frecuencia con que trabajan los equipos de informática de la UNAN-León, para ello seguimos con el mismo procedimiento, obteniendo los valores máximos y mínimos, el promedio, la mediana y la desviación estándar entre ambas fases, por lo que observemos la Tabla 14, que se encuentra a continuación.

Tabla 14. Frecuencia de las Fase 1 y 2 del Recinto de Informática

	Frecuencia
Unidad	Hz
Cantidad	4160
Mínimo	59,90
Máximo	60,20
Promedio	60,01
Mediana	60,00
Desviación Estándar	0,03



En la Figura 10, se puede observar la representación de la frecuencia en el recinto de los equipos de informática de la UNAN-León, la cual demuestra que tiene un comportamiento bastante homogéneo y similar en ambas fases predominando los 60Hz.

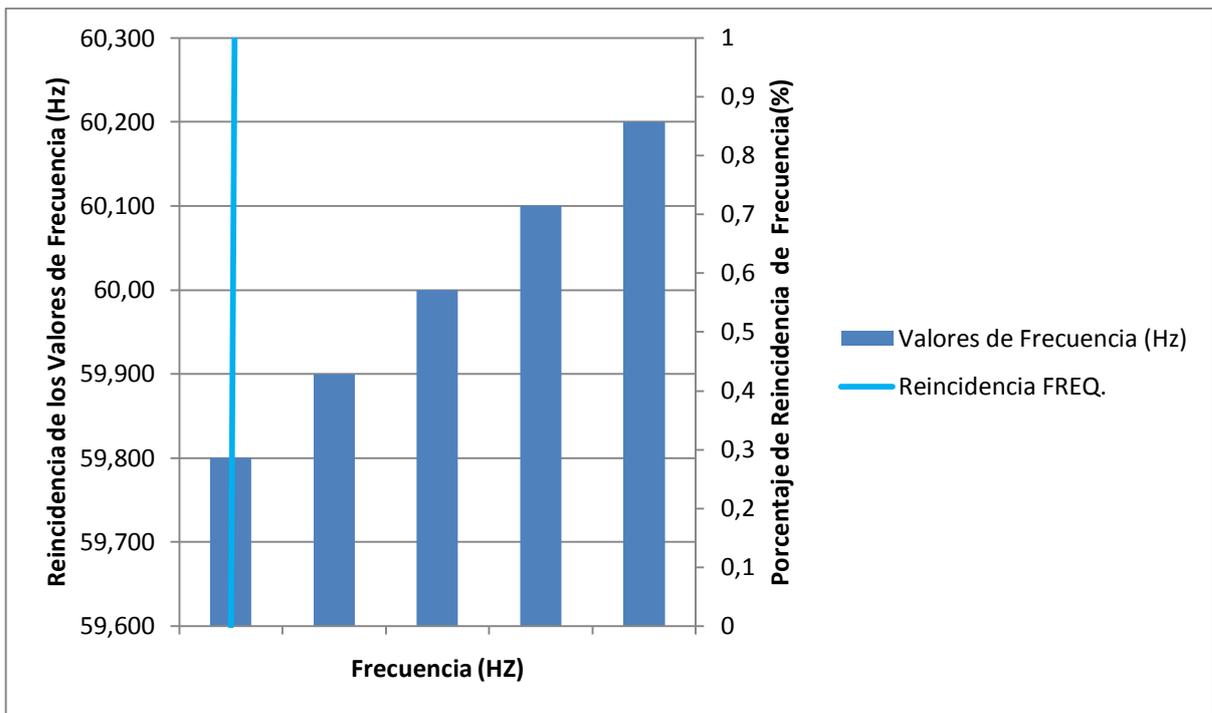


Figura 10. Histograma de la Frecuencia de la UNAN-León

4.2.3 Etapa III

Paso N°1

Para el dimensionado del Sistema Solar Fotovoltaico se requiere de los datos obtenidos que realizarán en la etapa anterior. Se resume los siguientes datos en la Tabla 15.

Tabla 15. Valores de Consumo y Demanda por parte del Recinto de Informática de la UNAN-León

Tipo	Denominación	Total	Ajuste para SFV Eficiente	Unidad	Fecha Alto Consumo	Día Alto Consumo
Potencia Activa Total (P)	Demanda	4,32	6	KW	07/08/2013	Miércoles
Potencia Aparente Activa (S)	Demanda	4,5	6	KVA	07/08/2013	Miércoles
Potencia Activa en Horas	Consumo	82,8	83	KWH	08/08/2013	Jueves
Potencia Aparente en Horas	Consumo	89,1	90	KVAH	08/08/2013	Jueves

Se consideró realizar un ajuste de holgamiento en los valores de consumo y demanda energética para el Diseño SFV logrando eficiencia y un margen de estabilidad.



Se requiere saber la cantidad de irradiancia solar con la que se cuenta en el lugar. La cual se obtuvo por (STACKHOUSE, WHITLOCK, 2008) en donde nos provee de este dato tan importante, la cual debemos convertirla a horas-sol pico (Hsp) a través de la **Ecuación.16** obteniendo el siguiente resultado $Hsp = 5,79 \frac{Horas}{Dias}$.

Paso N°2

También es relevante conocer el voltaje apropiado con que trabajará el sistema, para ello en el punto (2.5.4) del Marco teórico se puede apreciar los detalles. Por estas consideraciones lo más oportuno es trabajar con un voltaje apropiado de 24V.

Progresivamente se necesita conocer la cantidad de módulos solares a través de la **Ecuación.17**, la cual depende de términos que se demuestran en la Tabla 16, que quiere nuestro dimensionado del sistema SFV.

Tabla 16. Términos y Cálculos para conocer la Cantidad de Módulos Solares necesarios para el Dimensionado del Sistema SFV

Variables	Nombre	Sistema de 24 Voltios en Conexión Normal
M	Número de Paneles Solares	83,08838165
Ec	Energía Consumida Total (Wh/Día)	83.000
Fs	Factor Sobredimensionamiento de Seguridad	1,2
Im	Corriente Nominal del Panel Solar (Amp)	8,31
Vm	Voltaje de Operación Nominal Panel (Volt)	30,1
Hp(hsp)	Insolación en Horas Picos (hsp)	0,93
η Inversor	Eficiencia del Inversor	0,93
η Batería	Eficiencia de la carga de Batería	0,89

Resultado

Variable (M) conocida como número de paneles solares, al no ser un número exacto, se redondea con un valor de holgamiento a “84”.

(Ver Anexo N°19) donde se podrá apreciar sus características técnicas dadas por el fabricante.

Es importante conocer la eficiencia del panel respecto a su temperatura ambiente, por lo que se realiza de la siguiente manera:

- Para Nicaragua León, se cuenta con una Temperatura ambiente = 60 °C, utilizando la **Ecuación. 6** se conoce:

$$60^{\circ}C + 15^{\circ}C = 75^{\circ}C \text{ (Temperatura del Panel Solar al Mediodía)}$$

- La Temperatura del **Panel Solar Renasola de 250W**, monocristalino tiene una eficiencia máxima según el fabricante es de 25°C. Al utilizar la **Ecuación.7** se obtiene el aumento de la temperatura sobre el óptimo.



$$75^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C} \text{ (Aumento de temperatura sobre el óptimo)}$$

- La nueva potencia del Panel se obtendrá con la **Ecuación. 8:**

$$50^{\circ}\text{C} * 0,005 = 0,25^{\circ}\text{C}$$

Resultado: Esto indica que la eficiencia del panel es 25% inferior a su máximo valor de temperatura ambiente de 60 °C. Cabe mencionar que este efecto solo es para el mediodía y no es uniforme. Por lo que este efecto esta tomado en cuenta en el factor de seguridad de (1,2). Expuesto en la Tabla 16.

Paso N°3

Una vez que se tienen los módulos solares, se necesita conocer cuántos reguladores utilizaremos para nuestro sistema SFV. Para ello utilizamos la **Ecuación.19**, expuesta anteriormente, para calcular el número necesario de estos equipos (Tabla 17),.

Tabla 17. Cálculo de Números de Reguladores necesarios para el Dimensionado del Sistema SFV

Variables	Sistema de 24V Referencial	Sistema de 48V	Sistema de 96V utilizando MPPT	Unidades
N° de Reguladores Calculado	11,63	5,82	2,91	Unidades
Corriente Máxima del Regulador en (Amp)	60	60	60	Amp
Corriente del sistema Batería a Regulador	698,04	349,02	174,51	Amp
N° de Reguladores con "Factor de Seguridad =1,09"	12,68	6,341	3,17	Unidades
N° de Reguladores Escogidos con "Factor de Seguridad"	13	7	4	Unidades

Resultado:

Para el dimensionamiento del (SFV) se trabajara con un voltaje de 96V, por lo que utilizarán cuatros reguladores MPPT de alta eficiencia. Para conocer el tipo de regulador seleccionado es recomendable (Ver AnexoN°19).

Paso N°4

Para calcular la cantidad de baterías necesarias, se debe conocer ciertos términos y parámetros, es recomendable observar Tabla 18, entre ellos los días de autonomía con los que se quieren trabajar, por lo que se estimó (1+ 1 Día de Autonomía = 2).

Entre sus características técnicas (Ver AnexoN°19) posee una estimación de eficiencia del 89% y placas gruesas. También, se requiere calcular la eficiencia del inversor, que se obtiene fácilmente por la tabla del fabricante.



Tabla 18. Términos y Cálculos para conocer la Cantidad de Baterías necesarias para el Dimensionado del Sistema SFV

Variables	Nombre	Valor
CB	Capacidad del Banco de Baterías (Amp-hora)	3.868,745311
EC	Energía Consumida Total (Wh/día)	83.000
Au	Autonomía en Días(Días sin sol +1)	2
VB	Voltaje Nominal del Banco de Baterías (Sistema)	48
Fu	Fracción de Capacidad Total de Baterías	0,8
Fi	Factor de Incremento de Capacidad de Batería	1,35
η_{inv}	Eficiencia del Inversor (Manual de Fabricante)	0,93
$\eta_{bateria}$	Eficiencia de Carga de la Batería	0,89

Para obtener la capacidad de la batería con descarga nominal sin días de autonomía se implementó la **Ecuación. 20**, mientras que la capacidad de la batería con días de autonomía se utilizó la **Ecuación. 21**, obteniendo como resultado los datos de la Tabla 19.

Tabla 19.Capacidad de la Batería Con Descarga Nominal

Variables	Nombre	Valor (Ah)
CB	Capacidad del Banco Baterías con Descarga Nominal Sin Autonomía	1.934,372655
CB	Capacidad del Banco Baterías con Descarga Nominal Con Autonomía	3.868,74531

Energía que almacena el banco de baterías se conoce como (Wh), que la obtenemos por la multiplicación de $Ah * V_{Sistema}$, obteniendo como resultado los valores que tenemos en la Tabla 20, que se presenta a continuación.

Tabla 20.Energía Almacenada en el Banco de Baterías

Variables	Nombre	Valor (Wh)
CB	Capacidad del Banco Baterías con Descarga Nominal Sin Autonomía	92.849,9
CB	Capacidad del Banco Baterías con Descarga Nominal Con Autonomía	185.699,8

Se requiere eventualmente las características del fabricante, por lo que se hace de vital importancia conocer los siguientes parámetros, que se muestran en la Tabla 21 que esta a continuación:

Tabla 21.Características del Fabricante de las Baterías a utilizar en el Dimensionado del Sistema SFV

Nombre	Valor	Unidad
Capacidad de Cada batería en (Ah) para C100	1.235	Ah
Capacidad de Cada Batería en (Ah) para 48h Aprox. Por fábrica	1.182	Ah
Tensión Nominal de Cada Batería	2	v



Una vez que se tienen dichos parámetros, se puede calcular de manera prudencial el tiempo de descarga media real en horas a través de la **Ecuación. 23**, donde se puede apreciar los datos en la siguiente Tabla 22.

Tabla 22. Tiempo de Descarga Medial Real en (Horas)

Nombre	Cantidad	Unidad
Promedio por Hora	72,048611111	A
Tiempo de Descarga Media Real en (horas)	53,69632046	horas

Para calcular el número de baterías necesarias se requiere utilizar la **Ecuación.25**, obteniendo como resultado lo siguientes valores expuestos en la Tabla 23.

Tabla 23. Cantidad de Baterías Necesarias para el Dimensionado del Sistema SFV

Nombre	Valor	Clasificación
Cantidad de Baterías	78,553	Unidades
Cantidad de Baterías elegido	96	Unidades
Baterías en Serie para llegar a 48V	24	Unidades
Número de Paralelo para llegar a la capacidad requerida	4	Número Paralelos
Redondeando en paralelo para llegar a la capacidad requerida	4	Número Paralelos
Capacidad en Ah real	4.728	Ah
Capacidad en Wh real	226.944	Wh

A continuación en la Figura 11. Se puede observar el diagrama de conexionado del banco de batería para el SFV, donde podemos observar las 24 baterías de 2 voltios cada una, las cuales fueron conectadas en serie para obtener un voltaje deseado de 48V y a su vez se necesito realizar un conexionado de 4 paralelos para alcanzar una capacidad de 4.728 Ah real.

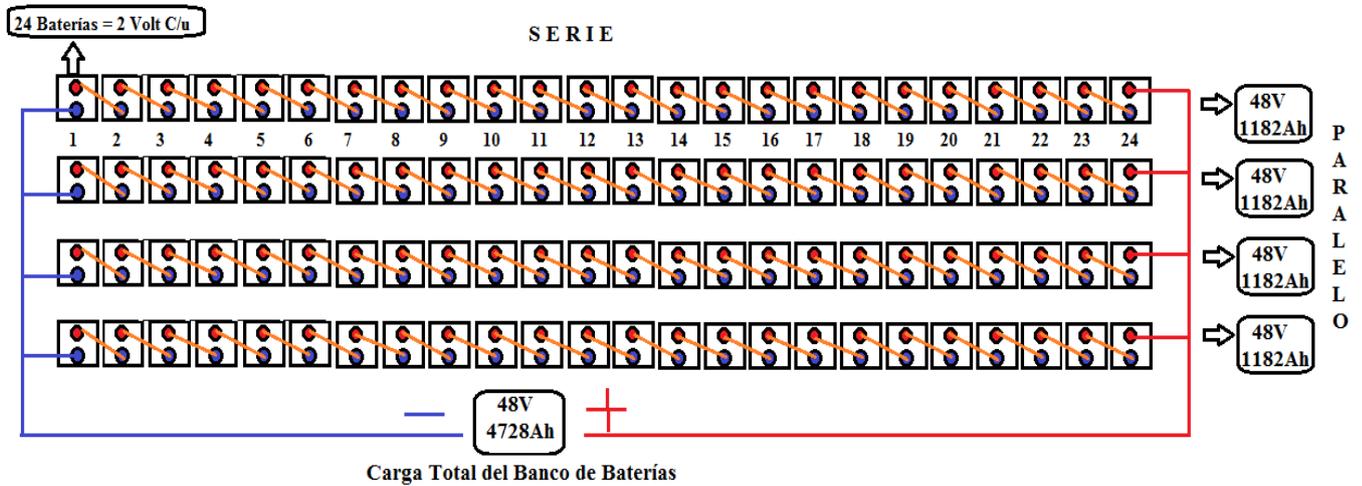


Figura 11. Diagrama de conexión para el banco de batería del sistema SFV

Paso N°5

Conociendo la potencia demandada de 4,3KW por los equipos informáticos en la sala de la UNAN-León, se recomienda para utilizar el inversor Xantrex XW6048, se puede conocer su rendimiento a través del manual del fabricante, en donde esto se logra al observar e interpretar su curva. Una vez realizada esta actividad se identificó que tiene un rendimiento del 93%. (Ver Anexo N°19) para conocer las características detalladas de este inversor y (Ver Anexo N°20) para conocer la curva del fabricante.

Paso N°6

Para calcular la sección de los conductores, se necesita aplicar la **Ecuación.27**, en donde se deben tomar en cuenta la caída de tensión entre los equipos, como muestra observar la Tabla 24, extraída de la referencia (COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN, 2002).

Tabla 24. Caídas de Tensiones (%) Permitidas

Elementos	$V = I \times R$ Caída de Tensión (%)
Panel – Regulador	3%
Regulador – Batería	1%
Batería – Inversor	1%
Regulador – Inversor	1%
Línea Principal (Inversor-Cargas)	3%

También se toman en cuenta las distancias o longitudes entre cada uno de los equipos que formaran parte de nuestro sistema, observemos la Tabla 25 en donde las medidas son las siguientes, para el proyecto de la UNAN-León.



Tabla 25. Longitudes que se requieren para nuestro Dimensionado del Sistema SFV

DATOS MEDIDOS		
Equipos	Longitud	Unidad
Techo	22	metros
Cielo Raso	2,5	metros
2° Piso	3,7	metros
Entre Piso	0,5	metros
1° Piso a Canaleta	0,5	metros
Salida de Tubo 1° Piso a Regulador	11	metros
Panel a Regulador	40,2	metros
Regulador a Batería	4	metros
Batería a Inversor	4	metros
Inversor a Panel Informática (110-120V)	10	metros

El instituto (ANSI) "American National Standards Institute" nombre antiguo de la "American Standards Association" (ASA). Forma parte de "International Organization for Standardization" ISO 13297 que se utiliza para llevar a cabo "Las instalaciones de Corrientes Alternas".

Para conocer las dimensiones de la sección del cable conductor en nuestro sistema SFV tomaremos las referencias de las Normas Ansa, las cuales son ideales para aplicaciones de arreglos eléctricos. Cabe resaltar que estas normas las utilizaremos, ya que el estudio propuesto es en Nicaragua y este país utiliza el sistema americano (NORMA ASA, "NOM001", 2005). Por consiguiente la Tabla 26, muestra los tipos de cables que se requieren para el dimensionado del SFV, según el sistema (AWG) dotando al sistema de protección y un adecuado transporte de energía.

Tabla 26. Sección del Conductor a Utilizar en el Dimensionado del Sistema SFV

Variables	Panel Fotovoltaico a Regulador	Regulador a Batería	Batería a Inversor	Inversor a Panel Eléctrico
S (Caída de tensión en mm ²)	87,691275	104,706	37,5	1,527
0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
I	174,51	349,02	125	28
L	40,2		4	10
Caída de Tensión en Voltios	2,88	0,48	0,48	6,6
Cable por sistema AWG	"Cable 4/0"	"Cable 4/0"	(2) "Cables de 4" o (1) "Cable de 1"	Alambre 10 awg
Cable Escogido por Calentamiento en Sistema AWG	(2) "Cables de 1/0 en paralelo"	(3) "Cables de 1/0 en paralelo"	(1) "Cable de 1/0"	(1) "Cable de 10"



Paso N°7

El proceso de selección de las estructuras de soporte para los módulos solares, donde se escogieron las “Coplanares” debido a su forma, estilo, confort, y ergonomía brindándole al sistema seguridad y eficiencia (Ver Anexo N°19). Cabe mencionar que estas estructuras estarán conectadas al techo del Edificio Central de la UNAN-León, las cuales tendrán una inclinación idéntica a la del techo, el cual a su vez corresponde con la misma latitud del lugar, por los que los puntos referenciales son: Latitud: 12.5°, longitud -87.5 e Inclinación: 12°.

Para el dimensionado del Sistema solar fotovoltaico, se requiere 8 estructuras para 4 módulos solares y 1 estructura de 10 Módulos (Tabla 27).

Tabla 27. Estructura Coplanar para los Módulos Solares

Estructura Coplanar (Inclinación 12 Grados)	Módulos	Estructura (Unidades)
	4	8
	10	1

Paso N°8

Para todo sistema SFV, se requiere la incorporación de fusibles, las características de estos las podremos apreciar en la Tabla 28, donde su función será cortar el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse".

Por tal motivo se decidió colocar cuatro fusibles cada 4 paneles solares preservando su integridad, en total 22 fusibles por los 84 paneles, los cuales debe soportar hasta 15Amp, progresivamente entre el regulador y la batería se colocara un fusible para trabajar hasta los 400Amp, y en las baterías y el inversor utilizaremos un fusible con rango de trabajo hasta los 110Amp. (Ver Anexo N°19).

Tabla 28. Clasificación de los Fusibles requeridos en el Dimensionado del Sistema SFV

Clasificación	Unidades
Fusible Xantrex Clase “T” Corriente Máxima= 400Amp Voltaje Máximo= 160 VDC	1
Fusible Xantrex Clase “T” Corriente Máxima= 110Amp Voltaje Máximo= 160 VDC	1
Fusible MC4	22



Paso N°9

Observaremos en la siguiente Tabla 29, todos los dispositivos que utilizaremos para el dimensionado del Sistema Solar Fotovoltaico.

Tabla 29. Equipos a Utilizar en el Sistema SFV

Equipos a Utilizar	Cantidad	Metros
Paneles Solares	84	--
Reguladores	4	--
Baterías	96	--
Inversores	1	--
Cableado (1/0)	6	160,8
Cableado (10)	1	24
Fusibles 400 A	1	8
Fusibles 110 A	1	20
Fusibles 15 A	22	--
Estructuras Coplanares	9	--

Paso N°10

Una vez obtenido todos los nombres, especificaciones y cantidades de los equipos necesarios para nuestro SFV conectado a la red, se realizó un esquema unifilar representado en la Figura 12, el cual nos orientara como debe ser la posición adecuada para la instalación y conexionado de cada uno de ellos. También se logró distinguir las diferentes etapas y/o sistemas que se van presentando: Generación, control y regulación, almacenamiento y transformación.

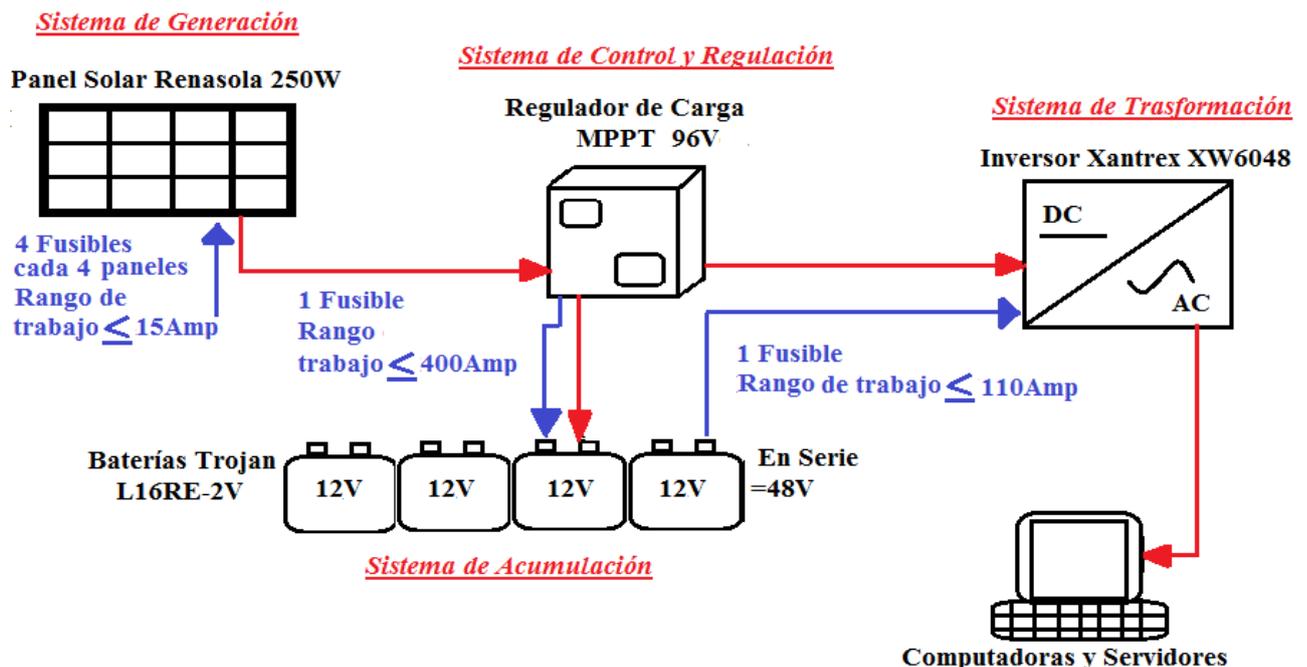


Figura 12. Esquema Unifilar del SFV



A continuación con la ayuda del Software Autocad y Sketchup, se procedió a la simulación y dimensionamiento del “Sistema Fotovoltaico Solar”, para el Edificio Central de la UNAN-León, representada en la Figura 13, respetando los lineamientos la oficina de Urbanismo de la Alcaldía de la ciudad de León, los cuales buscan preservar la fachada colonial que contempla esta magna casa de estudio (Ver Anexo N°23).

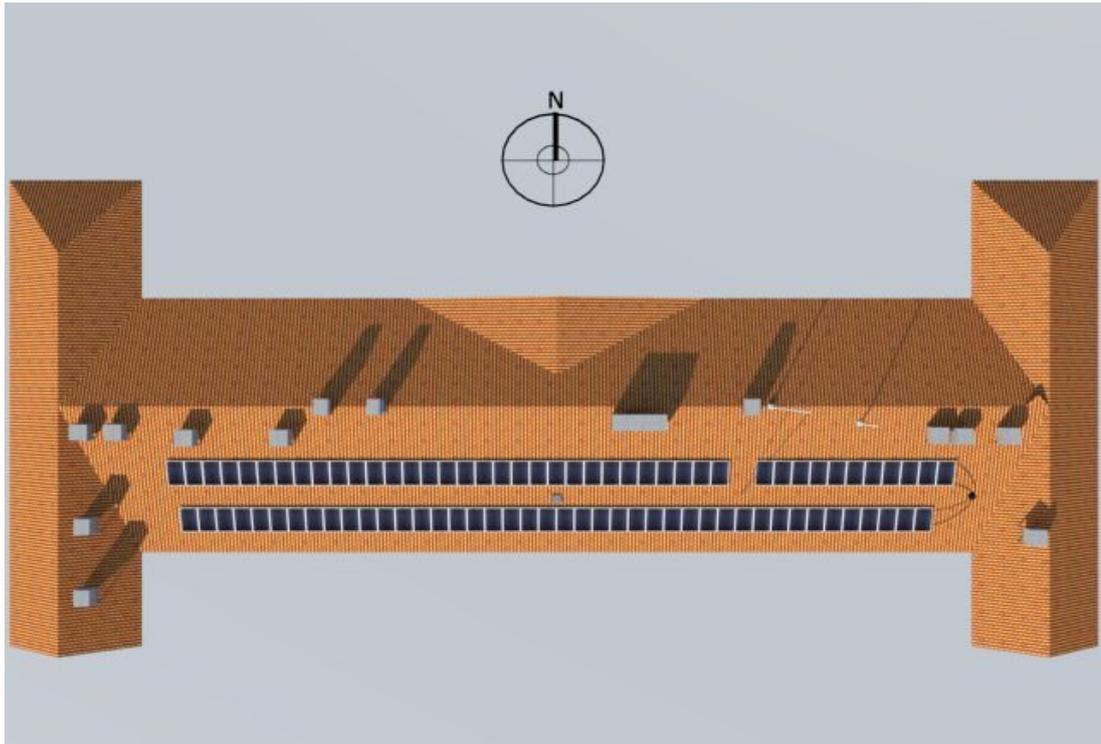


Figura 13. Dimensionado del Sistema SFV para el Edificio Central de la UNAN-León

Paso N°11

Para llevar a cabo este procedimiento, se necesitan conocer las características físicas de los equipos a utilizar, en nuestro SFV en este caso trabajaremos con los módulos solares, estructura coplanares y accesorios para su instalación.

- ➔ Se requerirán **84 Unidades de Paneles Solares**, para todo el sistema generador de energía eléctrica, a continuación observemos la Tabla 30 y Tabla 31 para conocer sus características:

Tabla 30. Características Típicas del Panel Solar a utilizar en el SFV

Panel Solar Renasola 250W	Dimensiones	Unidad
Largo	1,64	metros
Ancho	0,992	metros
Área (Largo x Ancho)	1,63	m ²
Área Total de los 84 Paneles en (m ²)	136,66	m ²



Tabla 31. Características del Peso del SFV

Nombre	Peso	Unidad
Panel Solar	18,5	kg/panel
Estructura Coplanar	1,26	kg/panel
Panel Solar + Estructura Coplanar	19,76	kg/panel
84 Paneles Solares + Estructuras Coplanares	1659,82	kg
Accesorios (5%) (Fusibles + Conectores)	83	kg
Peso Total del SFV (Paneles + Estructura Coplanar + Accesorios)	1.743	kg

→ Conociendo las características de los componentes que conforman el “Sistema Generador” de energía eléctrica calcularemos el área que se necesita para nuestros SFV y el peso que debe soportar el techo de la UNAN-León (Tabla 32).

Tabla 32. Cálculo de toda la estructura del Sistema SFV (kg/ m²)

Nombre	Valor	Unidad
Área total del SFV	136,66	m ²
Peso total del SFV	1.743	kg
Peso entre el Área de todo el SFV	12,75	Kg/ m ²

→ Por lo que se pudo conocer que se requiere de 136,66 m² de área en el techo del Paraninfo de la UNAN-León para la construcción de este SFV, soportando un peso de 1.743Kg. Especificando que por cada m² hay 12,75 kg.

4.2.4 Etapa IV

Para el estudio financiero parcial se tomaron en cuenta ciertos parámetros que (Tabla 33).

Tabla 33. Parámetros para el Estudio Financiero Parcial

Actividad	Valor	Unidad
Consumo Diario de la UNAN	82,80	KWH
Costo Estimado (KWH) en \$	0,2	\$
Ahorro Diario	16,56	\$
Ahorro por Año	6.044,40	\$
Tiempo de uso para cubrir inversión en años sin interés y costo de mantenimiento	13,82	Años



Lo primordial era conocer la cantidad de equipos y sus características técnicas que necesitaríamos para nuestro sistema SFV. Entre estas características se requería conocer la vida útil, y el valor económico de cada uno de ellos. Para este aspecto se necesitó visitar varias casas comerciales en la ciudad de Managua-Nicaragua, proveedoras de equipos renovables, donde se les solicito cotizaciones sobre dichos equipos. Algunas de ellas fueron: Ecami, Tecnosol, Sunisolar. Resultados del cálculo de depreciación de los equipos del SFV diseñado en Tabla 34,.

Tabla 34. Depreciación Anual de los Equipos que se utilizaran en el Dimensionado del Sistema SFV

Nombre	Equipos	Cantidad	Valor Dólares (C/u)	Metros del Cableado	Total (\$)	Vida Útil (Años)	Depreciación Cada Año	Depreciación 20 Años
Renasola (250W)	Panel Solar	84	350	--	29.400	20	1.470	29.400
MPPT (XW60-150)	Regulador	4	480	--	1.920	5	384	7.680
Trojan (L16RE-2V)	Batería	96	310	--	29.760	5	5.952	119.040
Xantrex (XW60-40)	Inversor	1	3.000	--	3.000	10	300	6.000
400 A	Fusible	1	43	--	43	10	4,30	86
100 A	Fusible	1	41	--	41	10	4,10	82
15 A	Fusible	22	28	--	616	10	61,60	1.232
Panel-Regulador	Cable 1/0	2	39,04	160,8	12.555,26	20	627,76	12.555,36
Regulador-Batería	Cable 1/0	3	39,04	24	2.811,02	20	140,55	2.811,32
Batería-Inversor	Cable 1/0	1	39,04	8	312,34	20	15,62	312,34
Inversor-Panel Elect.	Cable 10	1	4,48	20	89,50	20	4,48	89,50
Bancada o Estructura Trojan 2V	Baterías (Sistema de 48V)	4	389,40	--	1.557,60	20	77,88	1.557,60
Estructura Coplanar (12°)	4 Módulos Solares	8	145,74	--	1.165,92	20	58,296	1.165,92
Estructura Coplanar (12°)	10 Módulos Solares	1	288,01	--	288,01	20	14,400	288,01
Mano de Obra	(1) Ingeniero (4) Técnicos	5	4.500	--	22.500	20	1125	22.500
					83.559,65		10.239,98	204.799,65

Total	Valor
Inversión de Equipos en \$ (Dólares)	83.559,65
Depreciación Anual de los Equipos	10.239,98

De esta Tabla 34, se logró calcular el valor inicial de la inversión por el SFV que es de (\$83.559,65). También se calculó la Depreciación que en cada año es de (\$ -10.239,98), esto se considera como el **gasto** que debo realizar anualmente para mantener mi sistema en perfecto



estado. Esto consiste en mantenimiento, reemplazamiento de algún equipo que este en mal funcionamiento o que haya perdido su vida útil. Si se calcula el gasto durante los 20 años del SFV este sería de (\$204.799,15).

4.2.4.1 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Progresivamente se decidió tomar un rango de 20 años para este estudio, permitiendo así calcular el **Índice VAN**, que demuestra si una inversión es rentable comparada a otra inversión, o si es rentable respecto a la tasa de interés (x) que ofrece un banco suponiendo que hay que tomar un crédito para financiar este proyecto. Por lo que será rentable si el resultado del VAN > 0. Dando como resultado que algunos proyectos no tienen buena tasa de interés pero si rentabilidad o viceversa.

Luego se procede a conocer el valor de la inversión inicial que es de (\$83.559,65), el ahorro o ganancia por cada año a través de este proyecto que es de (\$6.044,40), luego el Ahorro-Depreciación que es de (\$ -4.195,58) definiéndose como el ahorro a lo que no tengo que pagar por energía eléctrica comercial y la depreciación los gastos, que viene dado por:

A) Devaluación si no se hace nada. Por ejemplo: Los paneles pierden 1/20 de su valor cada año y después de 20 años no tienen ningún valor.

B) Es el costo necesario para asegurar que están en buen estado cada año. Ahora bien si después de 20 años los paneles están roto, pero he ahorrado cada año 1/20 de su valor, después de este tiempo puedo comprar unos nuevo.

Continuamente se procedió a calcular 4 tasas de interés diferentes (5, 10, 15 y 20%) para un periodo de 20 años. Obteniéndose los siguientes valores que se reflejan en la Tabla 35:

Tabla 35. Valor Actual Neto (VAN)

Nombre	5% A Valor Actual (t=0)	10% A Valor Actual (t=0)	15% A Valor Actual (t=0)	20% A Valor Actual (t=0)
Inversión Inicial	-83.559,65	-83.559,65	-83.559,65	-83.559,65
Total VAN	-104.353,13	-106.858,40	-104.715,68	-101,810,80

4.2.4.2 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de interés que se necesita para hacer el valor actual neto igual a cero (VAN = 0). Por lo que se puede concluir que para conseguir esto se necesita una tasa de interés de (-5,02%) donde lo podremos apreciar en la Tabla 36 y se puede analizar de la siguiente manera:

A) si tienes dinero disponible para invertir, tienes que compararlo con las TIR's de otros inversiones, y vas a invertirlo en el proyecto con la tasa más alta. La verdad es que el (-5.02%) es muy poco, por lo que es mejor dejarlo en tu cuenta y no invertir.

B) Ahora bien, el otro supuesto es si no se cuenta con dinero significa que hay que realizar un crédito, por lo que se considera la tasa de interés que ofrece el banco, lo ideal sería que fuera



menor que TIR, pero probablemente este no sería el caso, entonces perdería el dinero si tomo el crédito para invertir en este proyecto. Por lo que es mejor no invertir en este proyecto con estas condiciones.

Tabla 36. Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa de Interés para el Proyecto del Sistema SFV

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Año (t)	Depreciación		Ahorro - Depreciación	VAN				
	Gastos (A Valor t)	Ahorro (A Valor t)	0% Ahorro – Gastos	5% A Valor Actual (t=0)	10% A Valor Actual (t=0)	15% A Valor Actual (t=0)	20% A Valor Actual (t=0)	TIR= -5,02% A Valor Actual (t=0)
0	-83.559,65		-83.559,65	-83.559,65	-83.559,65	-83.559,65	-83.559,65	-83.559,65
1	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-3.995,79	-3.814,17	-3.648,33	-3.496,32	-4.417,38
2	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-3.805,52	-3.467,42	-3.172,46	-2.913,60	-4.650,91
3	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-3.624,30	-3.152,20	-2.758,66	-2.428	-4.896,78
4	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-3.451,72	-2.865,64	-2.398,84	-2.023,33	-5.155,65
5	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-3.287,35	-2.605,13	-2.085,95	-1.686,11	-5.428,20
6	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-3.130,81	-2.368,30	-1.813,87	-1.405,09	-5.715,16
7	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.981,72	-2.153	-1.577,27	-1.170,91	-6.017,29
8	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.839,74	-1.957,27	-1.371,54	-975,76	-6.335,40
9	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.704,51	-1.779,34	-1.192,65	-813,13	-6.670,32
10	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.575,72	-1.617,58	-1.037,08	-677,61	-7.022,94
11	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.453,07	-1.470,53	-901,81	-564,68	-7.394,21
12	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.336,26	-1.336,84	-784,18	-470,56	-7.785,11
13	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.225,01	-1.215,31	-681,90	-392,14	-8.196,67
14	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.119,05	-1.104,83	-592,96	-326,78	-8.629,98
15	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-2.018,15	-1.004,39	-515,61	-272,32	-9.086,21
16	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-1.922,04	-913,08	-448,36	-226,93	-9.566,55
17	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-1.830,52	-830,07	-389,88	-189,11	-10.072,29
18	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-1.743,35	-754,61	-339,02	-157,59	-10.604,76
19	-10.239,98	6.044,40	-4.195,58	-1.660,33	-686,01	-294,80	-131,33	-11.165,38
20	-10.239,98	89.604,05	79.364,07	29.911,48	11.796,96	4.849,17	2.070,14	222.370,83
TOTAL			-83.911,65	-104.353,13	-106.858,40	-104.715,68	-101.810,80	0

TASA DE INTERÉS PARA EL PROYECTO DEL SISTEMA (SFV)

Tasa de Interés
5%
10%
15%
20%
-5,02%



4.2.5 Etapa V

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) se producen a partir de la oxidación del carbono durante la combustión de los combustibles. El contenido total de carbono debe ser convertido a CO₂. Sin embargo, los procesos de combustión reales no son perfectos y producen pequeñas cantidades de carbono parcialmente oxidado que permanece como hollín y ceniza. Por tanto para estimar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por la utilización de este Sistema, debemos seguir el siguiente método el cual es específico para cada país.

4.2.5.1 Cálculo de CO_{2E} Por Consumo Energético

Por último, se llevó a cabo el estudio y cálculo del impacto ambiental determinando la cantidad de gases de efecto invernadero. Según la (**International Energy Agency – IEA, 2011**) las emisiones de CO₂ por kWh de energía eléctrica consumida en Nicaragua para el año 2009 son de 0.506kg/kWh en producción mixta, si bien este valor seguramente bajará en los próximos años por la incorporación de las plantas geotérmicas, eólicas e hidráulicas.

Para dicho cálculo se necesita conocer el valor del consumo en kWh por día, y los 365 días del año, de esta manera se obtendrán el consumo aproximado en kWh por año. Continuamente este valor se multiplica por la emisión de CO₂ dato promedio por kWh, obtenido a través del IEA (Agencia Internacional de la Energía) para el país Nicaragua, dato referido en (Anexo N°24).

Se realiza de esta manera debido a que actualmente la UNAN-León esta interconectada a la red eléctrica comercial, por lo que la energía surge de varias plantas, por ende no puede usarse un valor especial para una planta específica.

$$82,8\text{kWh por Día} \times 365 \text{ Días} = 30.222 \text{ kWh por año}$$

Kwh por año $\times 0.506 \text{ CO}_2 = 15.292,33 \text{ kg}$ o **15.30 toneladas** aproximadamente de CO_{2E}, será ahorrado por un año.



CONCLUSIONES

La generación de energía limpia y de calidad es uno de los tópicos más importantes hoy en día para la investigación y el mundo. Por lo que esta tesis persiguió como objetivo principal realizar un estudio de factibilidad preliminar de un SFV para el suministro de energía eléctrica a los equipos tecnológicos de la gestión de la conectividad a internet y resguardo de la información de la UNAN-León, teniendo como ubicación geográfica Nicaragua específicamente en la ciudad de León. Dicho estudio se realizó entre el periodo Agosto a Diciembre del 2013. El cual consistió en identificar el estado de los parámetros eléctricos del suministro de energía a los equipos informáticos. Para ello se llevo a cabo un censo de carga de forma manual que junto con la ayuda de la herramienta de Excel, se conocieron los primeros valores de la demanda energética en el recinto de informática que fue de 9.07833KW y el consumo diario 215,6577KWh..Se evidencian fluctuaciones en la red comercial que afectan los equipos y no siempre los equipos están conectados las 24 horas.

Se concluyó, en cuanto al comportamiento de la energía proveniente de la red comercial que poseen un voltaje y una corriente similares entre ambas. La relación óhmica entre el voltaje y la corriente entre sí, muestra una elevada dispersión, lo que da como resultado considerables fluctuaciones de voltaje encontradas en el sistema durante el período de medida. Para el diseño de este sistema se tomaron en cuenta los valores más altos del consumo y la demanda son: 6 KW y 83KWh respectivamente.

El sistema SFV diseñado trabajará bajo un voltaje principal de 24 V, con 84 paneles solares marca Renasola de 250W monocristalinos, módulos capaces de trabajar eficazmente respecto a la irradiación solar de León. Cuenta con un sistema de control con 4 reguladores de alta eficiencia MPPT, y 96 baterías marca Trojan L16RE-2V, de estas 24 conectadas en serie para alcanzar el voltaje deseado de 48V y a su vez se requiere un conexionado de 4 paralelos para lograr una capacidad real de 4.728Ah; este arreglo es para dos días de autonomía, con una descarga máxima del 80% y eficiencia del 89%. Además, de un inversor Xantrex XW6048 que posee un rendimiento del 93% según la curva del fabricante. Se cuenta con 4 fusibles por cada 4 paneles para un total de 22 capaces de soportar hasta 15A, progresivamente entre el regulador y la batería se colocara un fusible para trabajar hasta los 400 A, y entre la baterías y el inversor se utilizará un fusible con rango de trabajo hasta los 110 A.

El sistema diseñado requiere una estructura de modelo coplanar de aluminio y acero inoxidable, las cuales se corresponden a 8 estructuras para 4 módulos solares y 1 estructura de 10 Módulos, suficiente para los 84 módulos solares. La inclinación que deben tener estas estructuras con sus módulos serán de 12° grados, logrando proveer confort y ergonomía brindándole al sistema seguridad y eficiencia.

Continuamente se logro dimensionar el sistema SFV con las aplicaciones Autocad y Sketchup, por lo que fue bastante interesante ubicar este sistema de generación sobre el techo del paraninfo UNAN-León ocupando un área total de 136,66m² y un peso de 1.743kg.

Respecto al estudio financiero se pudo concluir que la inversión inicial es bastante alta, tratándose de \$83.559,65, con un ahorro anual de \$6.044,40 con una depreciación de \$-10.239,98. Con una pérdida de \$ -4.195,58. En esta etapa se trabajó a una tasa de interés de 0%, por lo que nuestra depreciación anualmente fue de \$-10.239,98 y a lo largo de 20 años correspondería a \$-204.799,65. Ahora bien, si tomamos el supuesto de vender nuestro sistema al cabo de los 20 años, sabiendo que estará en buen estado y con piezas reemplazadas, se obtendría por su venta de \$89.604,05 donde es la suma de la inversión inicial más el ahorro anual de \$6.044,40. Desde el punto de vista del valor actual neto (VAN), se realizaron los cálculos para 4 tasas de interés correspondientes a 5, 10 15 y 20% en un



periodo de 20 años. Esta tasa de interés vienen dadas por el banco al que se solicita un préstamo o al ser comparada con otra inversión y de esta forma conocer que tan rentable y óptimo sería invertir en nuestro sistema SFV, lamentablemente al conocer el VAN y que los resultados son por debajo de cero, se asumen como perdidas, por lo que este proyecto no es para nada rentable y mucho menos viable.

Respecto a la tasa interna de retorno (TIR), al calcularla se obtuvo que para hacer el $VAN=0$ se requería una $TIR=-5,02\%$. Esta tasa de interés es imposible encontrar en cualquier entidad bancaria a la hora de solicitar un préstamo.

El SFV diseñado presenta una ventaja ambiental con una reducción anual de 15,30 toneladas anuales de CO_{2E} .

RECOMENDACIONES

- Al analizar el estudio financiero del sistema SFV, se recomienda no implementarlo actualmente en la UNAN-León, debido a que no es un proyecto rentable. Debido a que el valor de la inversión inicial es alto, pero además lo que anualmente ahorro es muy por debajo de mis gastos anuales de mantenimiento para dicho sistema. Por lo que generaría pérdidas en vez de ganancia y esto no conviene.
- La cantidad de equipos que requiere este sistema son numerosos por lo que lo hace económicamente costoso. Una recomendación es hacer este proyecto a una escala menor, y así abastecer el recinto de informática de la UNAN-León con energía convencional un 50% y con energía alternativa el otro 50%.
- A medida que pasa el tiempo van surgiendo nuevas tecnologías e innovaciones en los equipos, por lo que se recomienda sustituir los equipos más costosos y los de mayor cantidad por otros que sean más eficientes, reduciendo así la cantidad y logrando los mismos resultados. Estos equipos son: las baterías y los paneles solares.
- Si al pasar el tiempo va incrementando el valor de la energía eléctrica comercial, es recomendable pensar en hacer esta inversión del sistema SFV. Debido a que el gobierno subsidia UNAN-León con los costos de la energía por lo que le saldría más rentable hacer esta inversión que estar pagando facturas con altos precios anualmente. Cabe resaltar que en estos momentos Venezuela es el país que abastece de combustibles fósiles a Nicaragua y actualmente la economía de ese país no es la mejor por lo que de un momento a otro pueden elevarse los precios, siendo afectada la venta de energía eléctrica.



GLOSARIO

AWG: Es el calibre del Alambre Estadounidense

ANSI: Instituto Nacional Americano de Estándares

ASA: Asociación Americana de Estándares

Ah: Amperios Horas

C_{te}: Constante

CB: Capacidad por el Banco de Batería

C_n :capacidad nominal de la batería

Combustibles Fósiles:

C:Capacidad por el Tiempo de Descarga

CED: Consumo Energético Diario

CO₂:Dióxido de Carbono

Depreciación: Devaluación de un inmueble o dispositivo cada año.

HP = hsp: Horas de Sol Pico

I_D :la intensidad de la descarga

I_e(n) :Irradiancia extraterrestre

ISO: Organización Internacional de Estandarización

KW: Potencia demandada

L: Longitud

mm= Milímetro

ONGs: Una organización integradas por personas no gubernamental (ONG), como su nombre lo indica, es una organización que es independiente de las decisiones o políticas implementadas por gobiernos.

P(w): Potencia Entregada por el Panel

Q: Potencia Reactiva (KVAR)

SFV: Sistema Solar Fotovoltaico

S: Sección del Conductor



S:Potencia Aparente(KVA)

$\sin \alpha_s$:Altitud Solar

$\sin \gamma_s$:Acimut Solar

TIC's: Tecnologías de la información y la comunicación

TIR= Tasa Interna de Retorno

VAN= Valor Actual Neto

VPN= Valor Presente Neto

V=Voltaje (Volt)

ΔV : Variación del Voltaje

ρ : Densidad del Tipo de Cable

''=Pulgadas

δ : Declinación de la tierra

\$: Moneda Dólar Americano



BIBLIOGRAFÍA

- 1) **TOUS ROMERO, Marcelo** (2010) Energía Solar Fotovoltaica. Ediciones CEAC. Barcelona-España.
- 2) **LOPEZ DE LA FUENTE, J.** (2010) Registros, análisis y correlaciones climático-solar tropicales 1983-2008. UCA Publicaciones. Managua-Nicaragua.
- 3) **KOMP, Richard** (2001) Practical Photovoltaics and Electricity from Solar Cells. 3ª Edición, Michigan: Aatec Publications. Michigan.
- 4) **Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie – DGS** (2010) Planning and Installing Photovoltaic Systems. 2ª Edición de Ediciones. Earthscan. Londres.
- 5) **MESSENGER, Roger, VENTRE, Jerry** (2003) Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press. Florida.
- 6) **LUQUE, Antonio, HEGEDUS, Steven.** (2011) Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. 2ª Edición, Ediciones John Wiley and Sons, United Kingdom.
- 7) **MELLADO GARCÍA, Francisco** (2007) Energía Solar Fotovoltaica. 1º Edición, Editorial Colegio Oficial de Ingeniero de Telecomunicación. Madrid.
- 8) **ARMENTA DÉU, Carlos, DORIA RICO, J.** (1995) Manual para Diseño y Dimensionado de Instalaciones Fotovoltaicas. Ediciones CYTED. Madrid.
- 9) **GREEN EMPOWERMENT** (2005) Manual de Capacitación “Sistemas Fotovoltaicos”. Cajamarca-Perú.
- 10) **UNAN-León** (2013) Calendario Académico 2013. https://web.archive.org/web/20131130135117/http://www.unanleon.edu.ni/calendario_academico2013.html. Fecha de Revisión: 17 Agosto 2013
- 11) **STACKHOUSE, Paul W., WHITLOCK Charles H.** (2008) NASA's Earth Science Enterprise Program: Valores de Irradiancia. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>. Fecha de Revisión: 5 Agosto 2013
- 12) **Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales – INETER** (2013) Boletín Climático Mensual Agosto del 2013. <http://webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Boletines/Boletin%20Climatico/boletines%20climaticos%202013/AGOSTO%20-%202013/Bolclim%20Agosto%2013.pdf>. Fecha de Revisión: 12 Agosto 2013
- 13) **Instituto Nacional de Estadística – INE** (2013) Generación Neta por tipo de Planta. https://web.archive.org/web/20131205220130/http://www.ine.gob.ni/DGE/estadisticas/serieHistorica/Generacion_Neta_91-2012_actMay13.pdf. Fecha de Revisión: 22 Agosto 2013
- 14) **Ley de Incentivos Energías Renovables (Ley 532)** Nicaragua. Fecha de Revisión: 24 Septiembre 2013

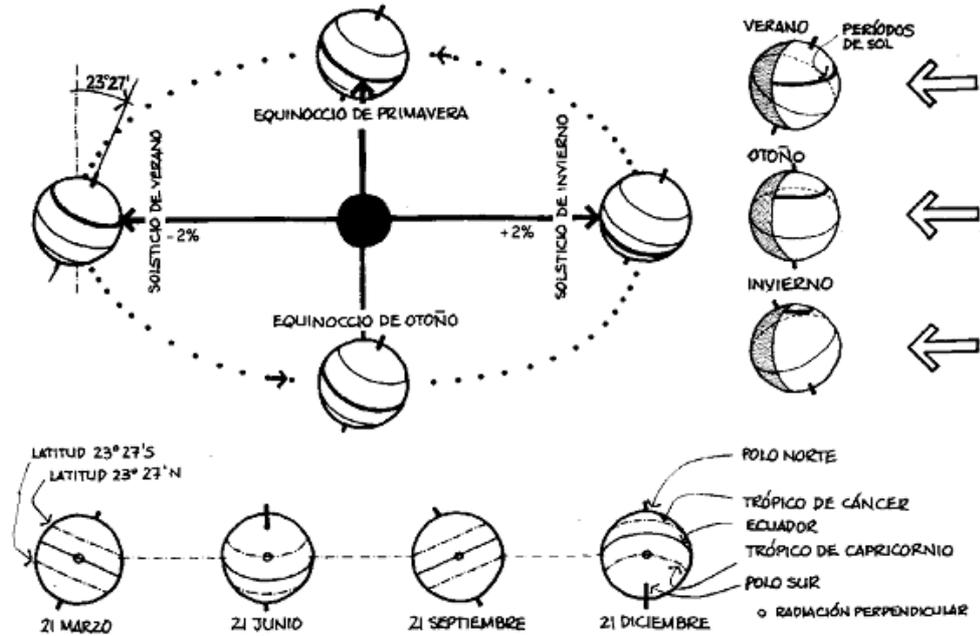


- 15) **MASSIELL L E.** (2013) Nicaragua con 40% de energía limpia. El Nuevo Diario. <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/273522-nicaragua-40-de-energia-limpia>. Fecha de Revisión: 8 Octubre 2013
- 16) **ALONSO M, José I et. al.** (2002) Energía Solar Fotovoltaica. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid. <http://www.coit.es/descargar.php?idfichero=2705>. Fecha de Revisión: 14 Octubre 2013
- 17) **ISO 10133** (2000) Small craft - Electrical systems - Extra-low-voltage d.c. installations. <http://www.erikdeman.de/manuals/ISO10133.pdf>. Fecha de Revisión: 5 Noviembre 2013
- 18) **NORMA Oficial Mexicana - NOM-001-SEDE-2005** (2006) Instalaciones Eléctricas (utilización). http://www.energia.gob.mx/webSener/res/Acerca_de/NOM001-SEDE-2005.pdf. Fecha de Revisión: 7 Noviembre 2013
- 19) **SAMPIERI H, Roberto** (1991) Metodología de la Investigación. 1º Edición, Editorial Mc Graw Hill. Naucalpan de Juárez-México.
- 20) **International Energy Agency – IEA** (2011) CO2 Emissions from fuel Combustion Highlights. Edición Agencia Internacional de la Energía, Paris-France.
- 21) **SmartGrid Costa Rica** (2013) Nicaragua inaugura parque solar de 1.38 MW para 1,100 familias. <http://www.smartgridcostarica.com/2013/02/20/nicaragua-inaugura-parque-solar-de-138-mw-para-1100-familias/>. Fecha de Revisión: 18 Noviembre 2013
- 22) **Radio La Primerísima** (2000) Miembros del Ejército conocen cambio de matriz energética y perspectivas futuras. Managua. <http://m.rlp.com.ni/noticias/80385/miembros-del-ejercito-conocen-cambio-de-matriz-energetica-y-perspectivas-futuras>. Fecha de Revisión: 19 Noviembre 2013
- 23) **Central América Data** (2013) En operaciones primera planta solar en Nicaragua. http://www.centralamericadata.com/es/article/home/En_operaciones_primera_planta_solar_en_Nicaragua. Fecha de Revisión: 23 Noviembre 2013
- 24) **Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación** (2002) Tablas de las Caídas de Tensión % permitidas. <http://www.coit.es/descargar.php?idfichero=2705>. Fecha de Revisión: 27 Noviembre 2013
- 25) **NORMA ASA, “NOM001”** (2005) Aplicación de arreglos eléctricos en Nicaragua, Sistema AWG “NOM001-TABLA310-13”. <http://es.scribd.com/doc/51555668/Tabla-310-16>. Fecha de Revisión: 28 Noviembre 2013.

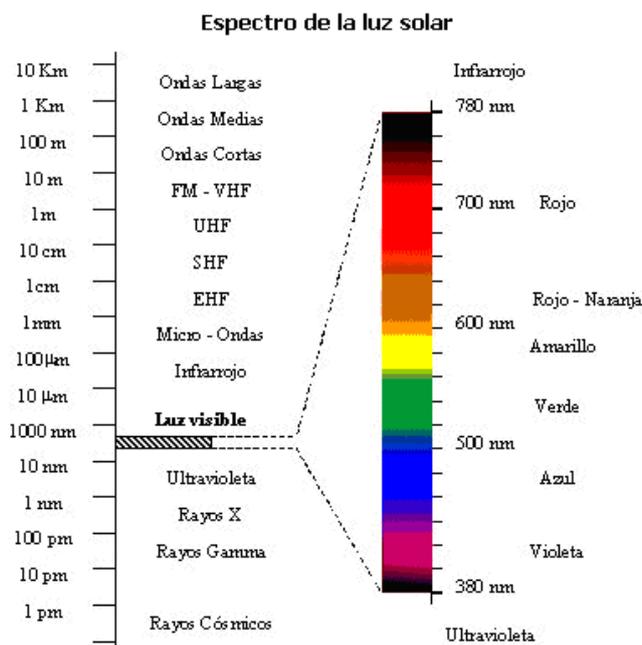


ANEXOS

➤ Anexo N°1 (Estaciones del Año)

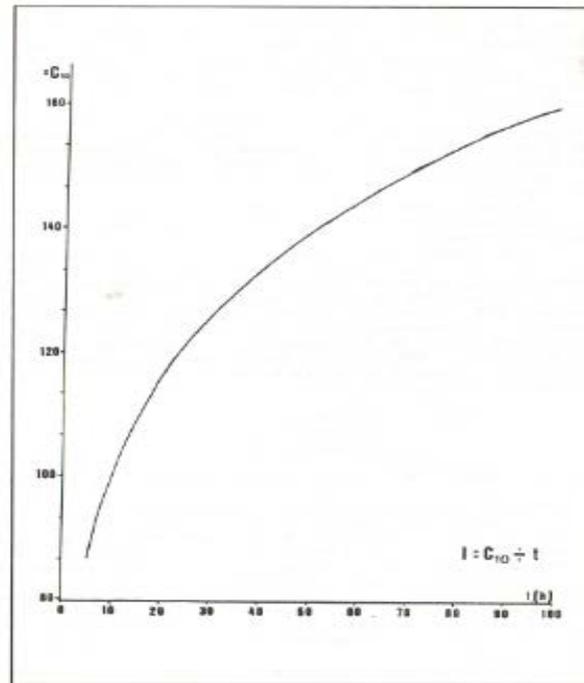


➤ Anexo N°2 (Espectro de la luz Solar)

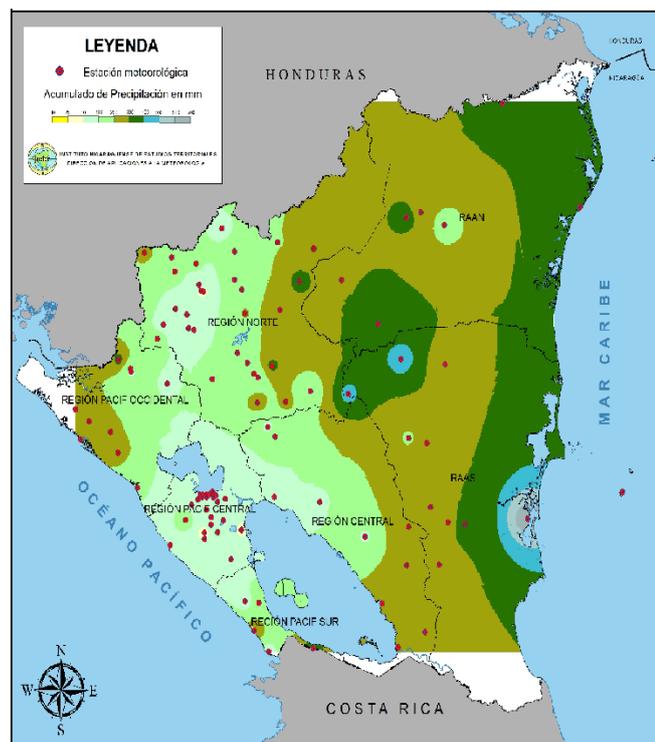




- Anexo N°3 (Variación de la Capacidad de una Batería respecto al tiempo de Descarga)



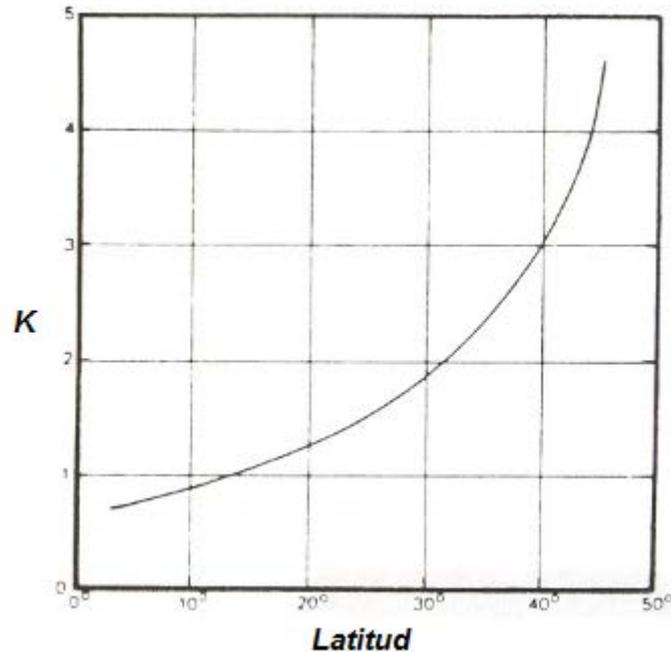
- Anexo N° 4 (Características Climáticas del lugar “León-Nicaragua”)



Mapa de Acumulado de Precipitación, Mes de Agosto 2013



- Anexo N°5 (Latitud del lugar “León-Nicaragua” para Estudio Preliminar del Sistema SFV)



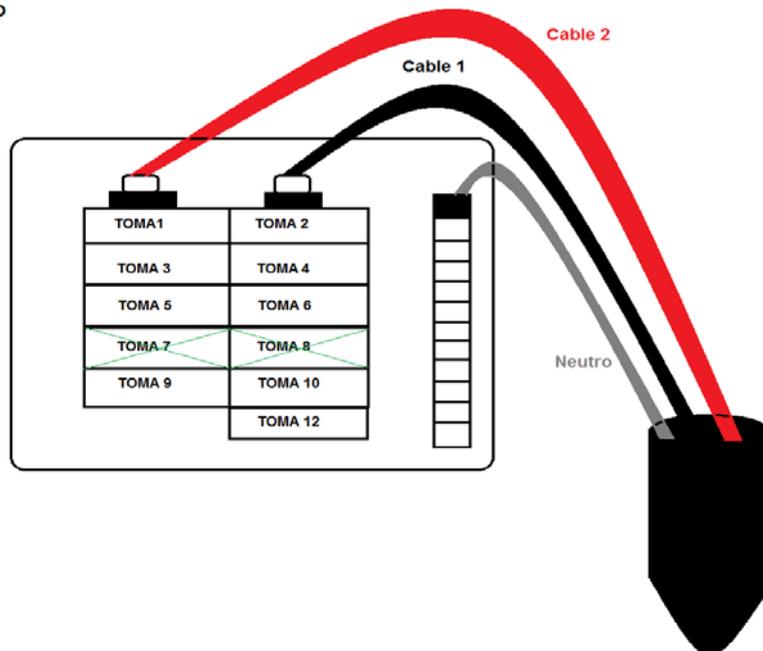
- Anexo N° 6 (Características de Viento en “León-Nicaragua”)

TABLA CLIMÁTICA III / AGOSTO 2013									
VELOCIDAD (M/S) Y DIRECCIÓN (RUMBO) DEL VIENTO A 10 METROS DE ALTURA									
ESTACIONES		NORMA	ANOMALÍA	ANOMALÍA	MÁX.ABS	RÉCORD	MÍN.ABS	RÉCORD	DIRECCIÓN
	MEDIA	HISTÓRICA	(m/seg)	(%)	m/seg	HISTÓRICO	m/seg	HISTÓRICO	VIENTO
Corinto	2.3	2.4	-0.1	-4.2	6.0	12.0	2.0	1.0	S
Chinandega	1.7	1.3	0.4	30.8	6.0	20.0	1.0	1.0	N
León	1.9	2.0	-0.1	-5.0	6.0	14.0	1.0	1.0	E
Aeropuerto Intern. Augusto C.Sandino (Managua)	2.2	2.0	0.2	10.0	10.2	18.0	2.0	1.0	E
Campos Azules (Masatepe)	3.7	3.3	0.4	12.1	8.0	15.0	1.0	1.0	NE
Ingenio Javier Guerra Báez	3.6	3.5	0.1	2.9	8.0	12.0	2.0	1.0	E
Rivas	2.1	2.6	-0.5	-19.2	5.0	18.0	1.0	1.0	E
Ocotal	2.4	2.5	-0.1	-4.0	6.0	12.0	1.0	1.0	E
Condega	3.9	2.3	1.6	69.6	9.0	12.0	2.0	1.0	E
Jinotega	0.4	2.2	-1.8	-81.8	6.0	8.0	1.0	1.0	C
Raúl González (San Isidro)	2.2	2.2	0.0	0.0	6.0	20.0	1.0	1.0	SE
Muy Muy	0.5	0.8	-0.3	-37.5	25.0	12.0	1.0	1.0	NE
Juigalpa	2.1	2.3	-0.2	-8.7	7.0	12.5	1.0	1.0	E
San Carlos	1.4	1.7	-0.3	-17.6	6.0	15.0	1.0	2.0	E
Puerto Cabezas	3.9	4.8	-0.9	-18.8	9.0	18.0	2.0	2.0	E
Bluefields	2.1	4.2	-2.1	-50.0	7.0	18.0	1.0	1.0	E

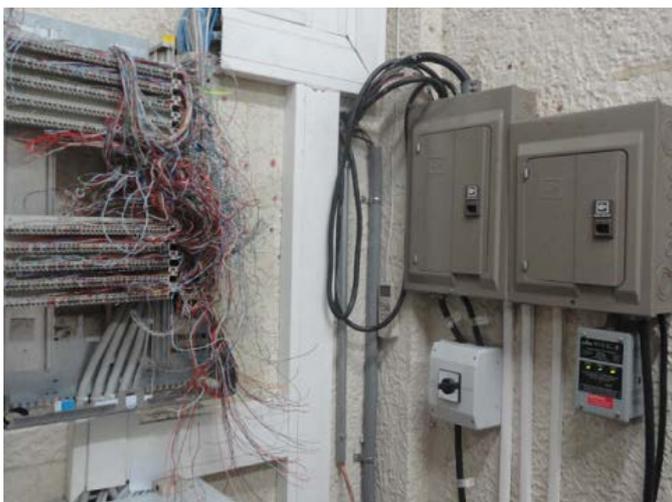


➤ Anexo N°7 (Panel Eléctrico de la Sala de informática UNAN-León)

PANEL ELÉCTRICO
1 Fase 3 Cables



➤ Anexo N° 8 (Proceso de Identificación de los Circuitos que alimentan los equipos de Informática)





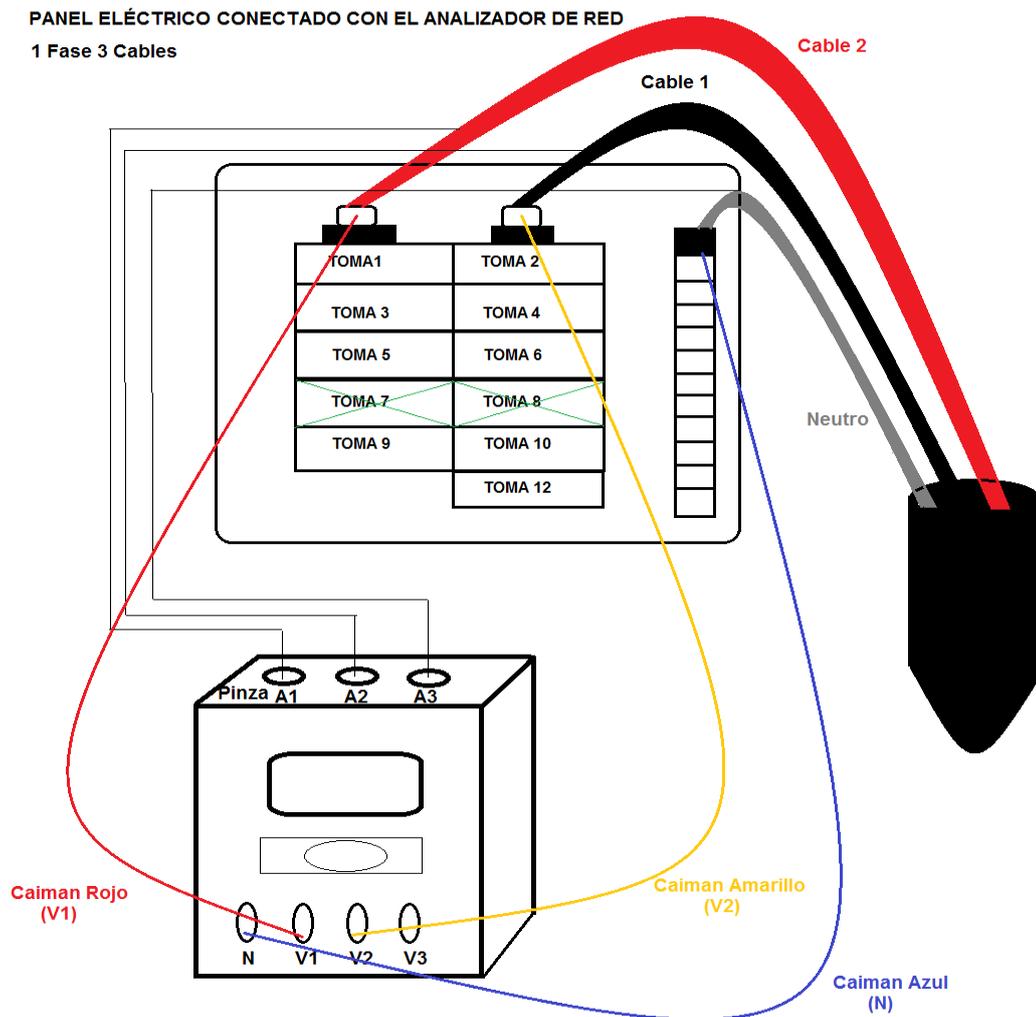
➤ Anexo N° 9 (Conexionado del Analizador de Red PCE-PA8000 al Panel Eléctrico)







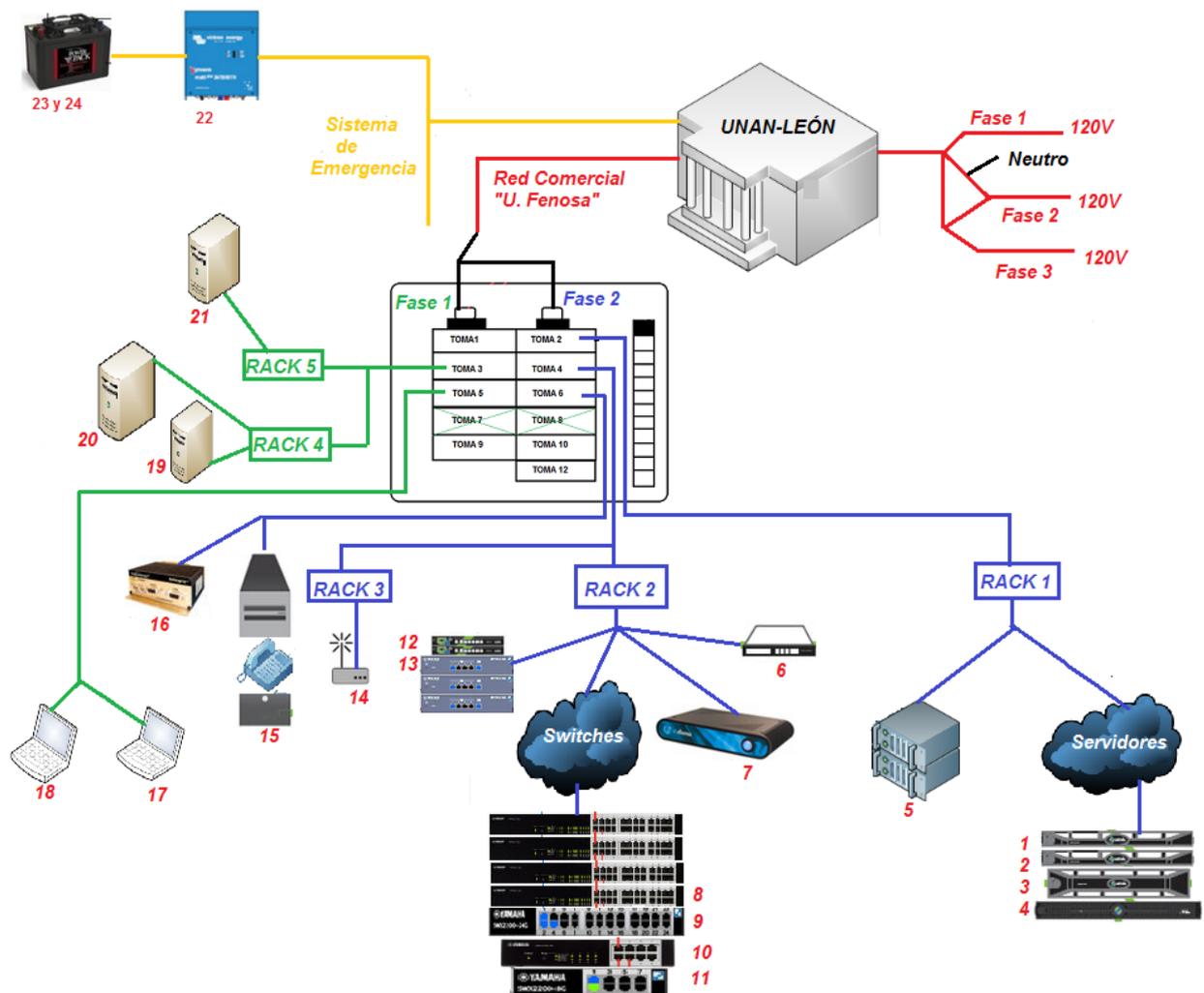
- Anexo N° 10 (Diagrama de Conexión del Analizador de Red PCE-PA8000 al Panel Eléctrico)





➤ Anexo N°11(Esquema Unifilar del Circuito Eléctrico de la Oficina de Informática)

"ESQUEMA UNIFILAR DEL CIRCUITO ELECTRICO DE LA OFICINA DE INFORMÁTICA (UNAN-LEÓN)"





Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento en el Suministro de Energía Eléctrica a los Equipos de Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León a partir de un Sistema Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013

LEYENDA DEL ESQUEMA UNIFILAR

FASE 2			
Rack 1			
	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
1	Servidor	Hp -Proliant DL360G5	1
2	Servidor	Dell- Power Edge R710	2
3	Servidor	Dell- Power Edge 2950	2
4	Servidor	Dell -Power Edge 1950	2
5	Baterías	Smart Ups 1500	2

Rack 2			
	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
6	Router	Cisco-(Disco 2821)Series 2800	1
7	Gestor Ancho Banda	Net Enforcer (Ac-402)	1
8	Switch	Dlink- Des1024D 10/100 Fast Ethernet	9
9	Switch	Dell-Power Connect 5424	1
10	Switch	Cisco- Catalyst 3550 series	1
11	Switch	Dell-Power Connect 6224	1
12	Converter Fiber-UTP	NewLink- Fiber Converter	2
13	Converter Media	NewLink- Fiber to ethernet	3

Rack 3			
	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
14	Radio Modem	RAD HCD-4 (Servicio que brinda HDSL)	1

	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
15	Telefonía	Siemens-Hipath	2
16	Telefonía	Grandstream-Gateway Telefónico (Gxw4008)	1

FASE 1			
Oficina Sr.Jorge Treminio /Sr.Oscar Cuadra			
	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
17	Laptop	Dell-Inspiron 1520	1
18	Laptop	Imac	1

Rack 4			
	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
19	PC	CLON (Sol/Marte)	2
20	PC	Dell-Power Edge SC420(Omega)	1

Rack 5			
	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
21	PC	Dell- Power Edge T110	1

Sistema de Emergencia			
	EQUIPO	MARCA Y MODELO	Nº
22	Inversor	Xantrex XW6048	1
23	Baterías	SMF5559 (DC/12V/100A)	4
24	Baterías	Desconocido (DC/12V/100A)	28

Rack#1



Rack#2



Rack#3



Rack#4





Rack#5



- Anexo N°12 (Mediciones correspondientes para el diagnóstico de espacio con el que se cuenta para el sistema SFV)







Parte interna del techo Paraninfo UNAN-LEÓN





➤ Anexo N°13(Realización del Censo de Carga)

Para el Censo de Carga se tuvieron que discriminar varios equipos del recinto de informática, ya que no era técnica ni económicamente viable incluir iluminación, y refrigeración (aires acondicionados) en el proyecto, por lo que el censo de carga cuenta solo con los dispositivos informáticos. Los dispositivos que están marcados con asterico (*) trabajan con un transformador pero en el censo de carga la potencia no será influenciada, por esto el equipo consumirá lo mínimo que necesita para trabajar, si no se quemaría o recalentaría. Su objetivo es cambiar el voltaje alterno de red adaptándolo al voltaje que necesita estos equipos.

- * Converter Fiber a UTP (Trabaja con Transformador Switch Power Supply)
Modelo-WN0805-C
- ** Converter Media Fiber to ethernet (Trabaja con transformador DVE)
Modelo DSA-15P-12US
- *** Transformador de la Laptop Dell-Inspiron 1520



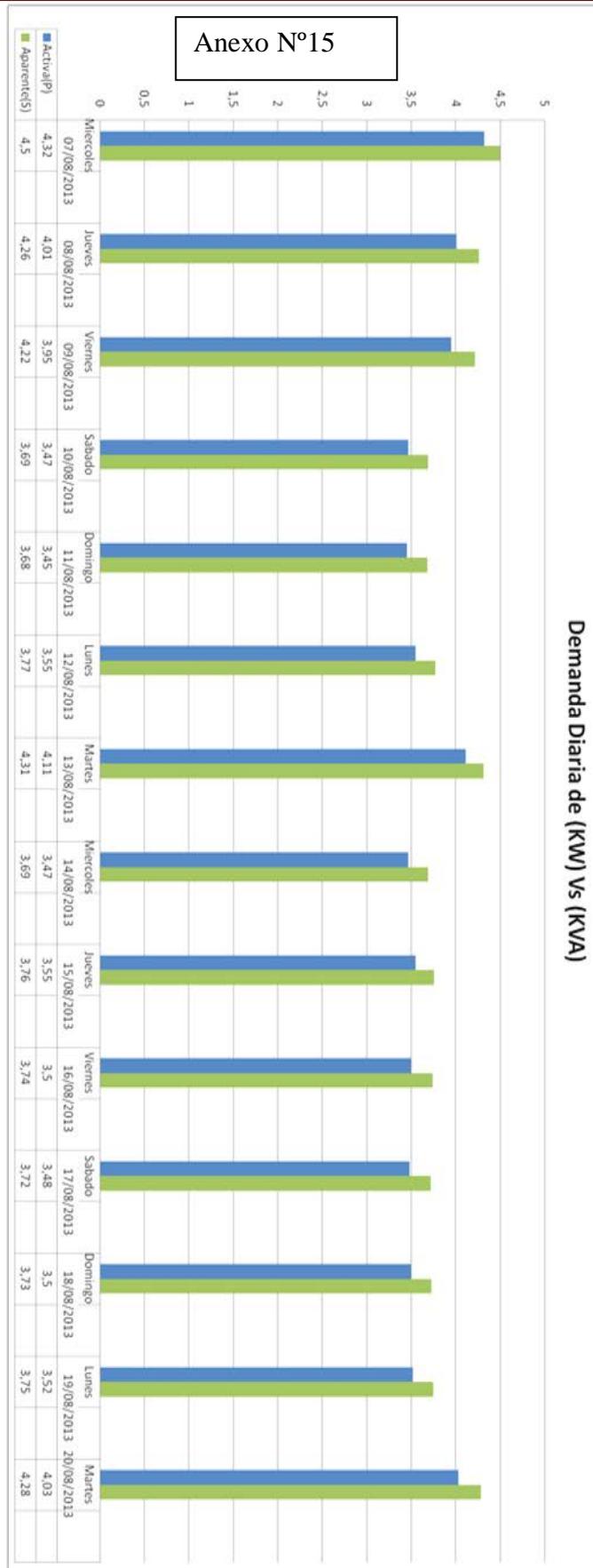
Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento en el Suministro de Energía Eléctrica a los Equipos de Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León a partir de un Sistema Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013

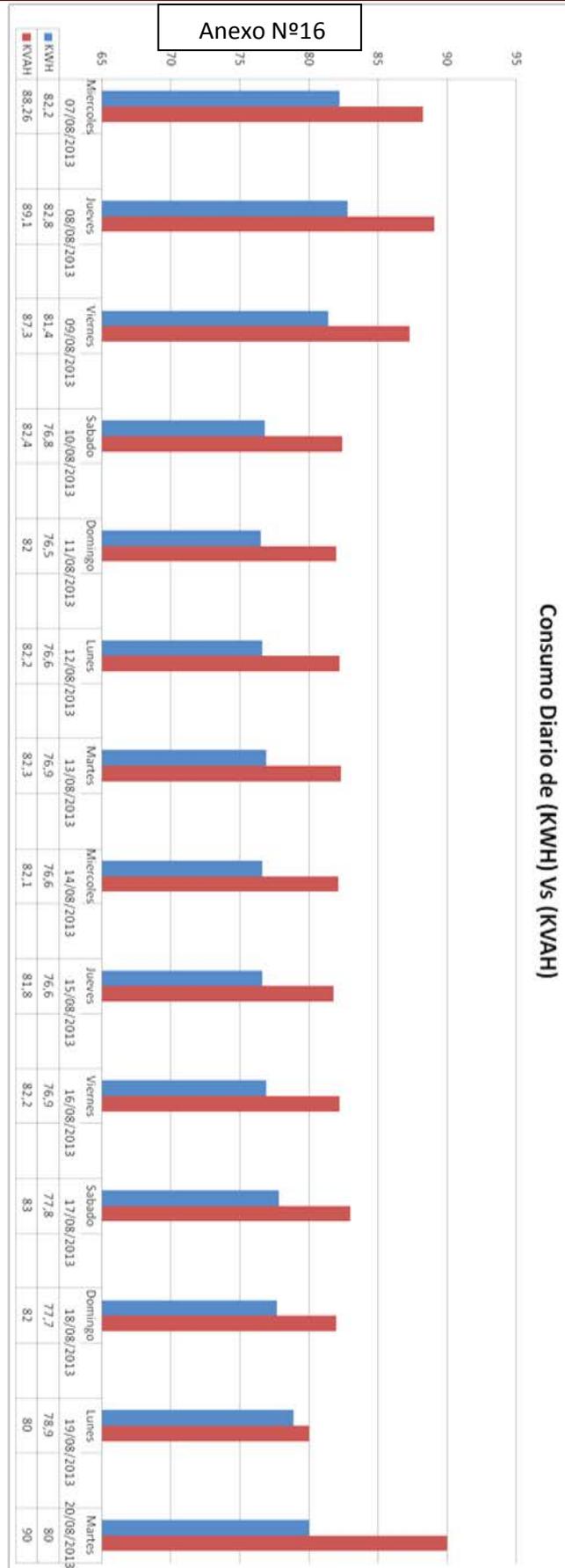
EQUIPO	MARCA Y MODELO	CANTIDAD	FRECUENCIA (Hz)	CORRIENTE (A)	Rango de (V)	Voltaje Utilizado	Potencia Nominal (W)	HORAS DE USO (Hra)	ENERGÍA (Wh)
*1	Converter Fiber a UTP	2	50-60	0,6	100-240	120	3	24	72
**2	Converter Media	3	50-61	0,4	100-240	120	3,6	24	86,4
3	Gestor Ancho de Banda	1	50-60	5	100-240	120	600	24	14400
***4	Laptop	1	50-60	3,34	100-240	120	65,13	10	651,3
5	Laptop	1	50-60	0,78	100-240	120	99,6	10	936
6	PC	1	50-60	3	100-120	120	360	24	8640
7	PC	1	50-60	9	110-130	127	1143	24	27432
8	PC	2	50-60	7	100-120	120	840	24	20160
9	Radio Modem	1	50-60	0,5	100-240	120	60	24	1440
10	Router	1	50-60	3	100-240	120	360	24	8640
11	Servidor	2	50-60	8	100-120	120	960	24	23040
12	Servidor	1	50-60	9	100-120	120	1080	24	25920
13	Servidor	2	50-60	9	100-120	120	1080	24	25920
14	Servidor	2	50-60	7	100-120	120	840	24	20160
15	Switch	9	50-60	0,3	100-240	120	36	24	864
16	Switch	1	50-60	3	100-240	120	360	24	8640
17	Switch	1	50-60	1,8	100-240	120	216	24	5184
18	Switch	1	50-60	2	100-120	120	240	24	5760
19	Telefonía	2	50-60	6,00	110-240	120	720	24	17280
20	Telefonía	1	50-60	0,55	100-240	120	18	24	432



➤ Anexo N°14(Diagnostico del Consumo y la Demanda en el recinto de Informática)

		Potencia Activa(P)	Unidad KW	Potencia Aparente(S)	Unidad KVA	Potencia Reactiva(Q)	Unidad KVAR	Factor de Potencia (PF)	KWH	Unidad	KVAH	Unidad	QH	Unidad
07/08/2013	Miercoles	4,32	KW	4,5	KVA	1,49	KVAR	0,93	82,2	KWH	88,26	KVAH	32	KVARH
08/08/2013	Jueves	4,01	KW	4,26	KVA	1,5	KVAR	0,93	82,8	KWH	89,1	KVAH	33	KVARH
09/08/2013	Viernes	3,95	KW	4,22	KVA	1,53	KVAR	0,93	81,4	KWH	87,3	KVAH	32	KVARH
10/08/2013	Sabado	3,47	KW	3,69	KVA	1,35	KVAR	0,93	76,8	KWH	82,4	KVAH	30	KVARH
11/08/2013	Domingo	3,45	KW	3,68	KVA	1,3	KVAR	0,93	76,5	KWH	82	KVAH	30	KVARH
12/08/2013	Lunes	3,55	KW	3,77	KVA	1,31	KVAR	0,92	76,6	KWH	82,2	KVAH	30	KVARH
13/08/2013	Martes	4,11	KW	4,31	KVA	1,41	KVAR	0,93	76,9	KWH	82,3	KVAH	30	KVARH
14/08/2013	Miercoles	3,47	KW	3,69	KVA	1,32	KVAR	0,93	76,6	KWH	82,1	KVAH	29	KVARH
15/08/2013	Jueves	3,55	KW	3,76	KVA	1,31	KVAR	0,93	76,6	KWH	81,8	KVAH	29	KVARH
16/08/2013	Viernes	3,5	KW	3,74	KVA	1,33	KVAR	0,93	76,9	KWH	82,2	KVAH	30	KVARH
17/08/2013	Sabado	3,48	KW	3,72	KVA	1,33	KVAR	0,93	77,8	KWH	83	KVAH	30	KVARH
18/08/2013	Domingo	3,5	KW	3,73	KVA	1,34	KVAR	0,93	77,7	KWH	82	KVAH	30	KVARH
19/08/2013	Lunes	3,52	KW	3,75	KVA	1,33	KVAR	0,91	78,9	KWH	80	KVAH	30	KVARH
20/08/2013	Martes	4,03	KW	4,28	KVA	1,53	KVAR	0,92	80	KWH	90	KVAH	32	KVARH



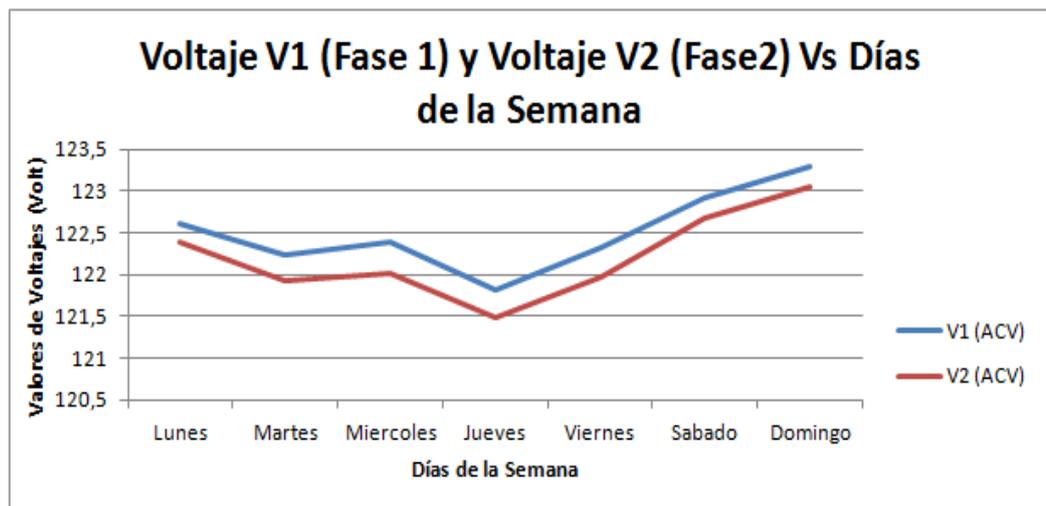




➤ Anexo N°17(Análisis de los Datos registrados por el Analizador de Red)

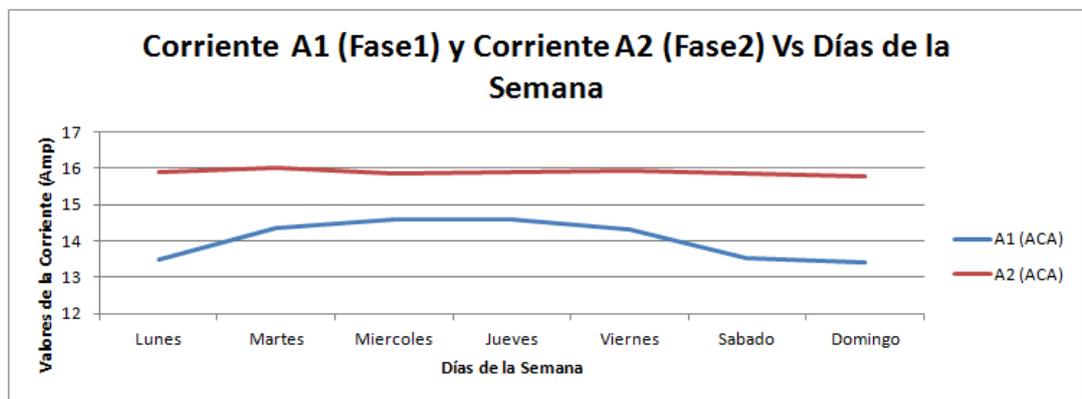
Se ejecutó realizar el análisis de los datos adquiridos por el analizador de red, entre los días Lunes a Domingo, durante los 14 días que se realizaron las mediciones. Por lo se puede conocer de esta manera el comportamiento de la red eléctrica nacional. A través de un patrón entre [0 a 6] para los días de la semana Luego se procedió a realizar gráficos comparativas entre las fases 1 y 2, teniendo como resultado los siguientes desfases: Voltajes que van entre 122,5 a 123V, Corriente 13,5 a 16 A, Potencia Activa entre 1,58 a 18 Kw, Potencia Aparente 1,65 a 1,8KVA, Potencia Reactiva 0,5 a 0,58KVAR, también el desfase entre ambas líneas que va entre 17 a 18, grados, mientras que el factor de potencia se mantiene en 0,91 a 0,95 y una frecuencia que se mantiene casi constante de 60Hz. Por lo que se obtuvo lo siguiente:

Nº	Día	Volt.1 Fase 1 V1 (ACV)	Volt.2 Fase 2 V2 (ACV)
0	Lunes	122,5986111	122,3932292
1	Martes	122,2440767	121,9212544
2	Miercoles	122,3988669	122,0141643
3	Jueves	121,8157986	121,4895833
4	Viernes	122,3232639	121,9744792
5	Sabado	122,9097222	122,6741319
6	Domingo	123,2980903	123,0510417

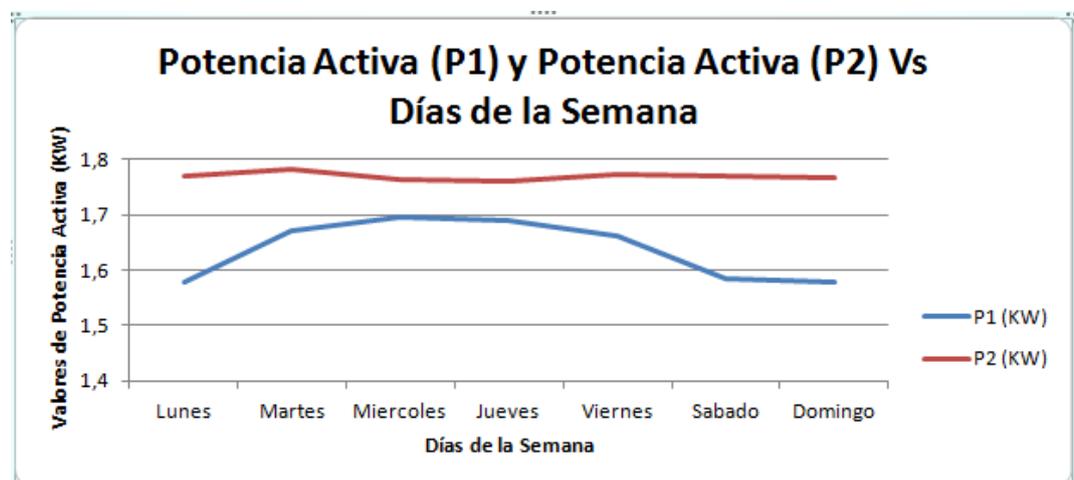




Nº	Dia	Corrient. 1 Fase1	Corrient.2 Fase2
		A1 (ACA)	A2 (ACA)
0	Lunes	13,49762153	15,88097222
1	Martes	14,37069686	16,03008711
2	Miercoles	14,59552408	15,85505666
3	Jueves	14,60723958	15,89234375
4	Viernes	14,30347222	15,93043403
5	Sabado	13,52890625	15,83637153
6	Domingo	13,42423611	15,77522569



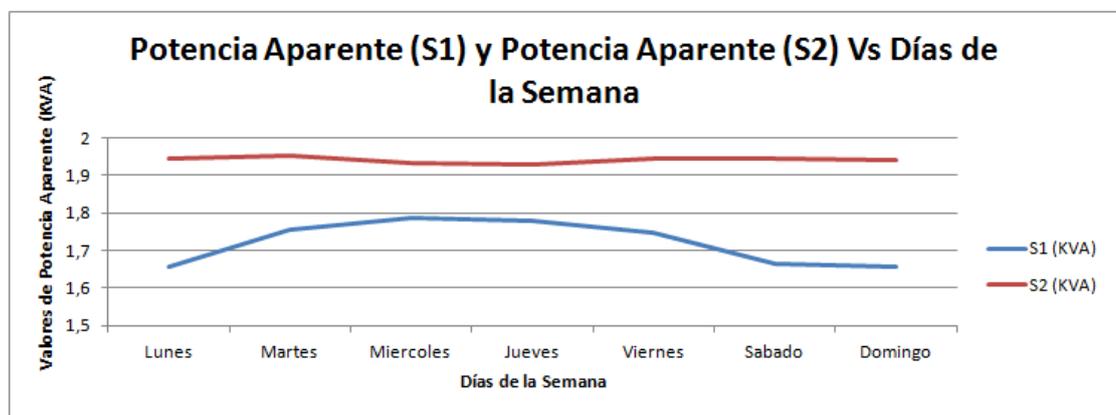
Nº	Dia	Pot Activa1, Fase1	Pot Activa2, Fase2	Pot Activa. (Suma)
		P1 (KW)	P2 (KW)	P(SUM) (KW)
0	Lunes	1,578927083	1,769069444	3,348324653
1	Martes	1,670385017	1,781010453	3,452233449
2	Miercoles	1,694635977	1,763620397	3,458866856
3	Jueves	1,688236111	1,761918403	3,450192708
4	Viernes	1,663201389	1,771595486	3,435067708
5	Sabado	1,585598958	1,770817708	3,357241319
6	Domingo	1,578477431	1,767491319	3,346369792



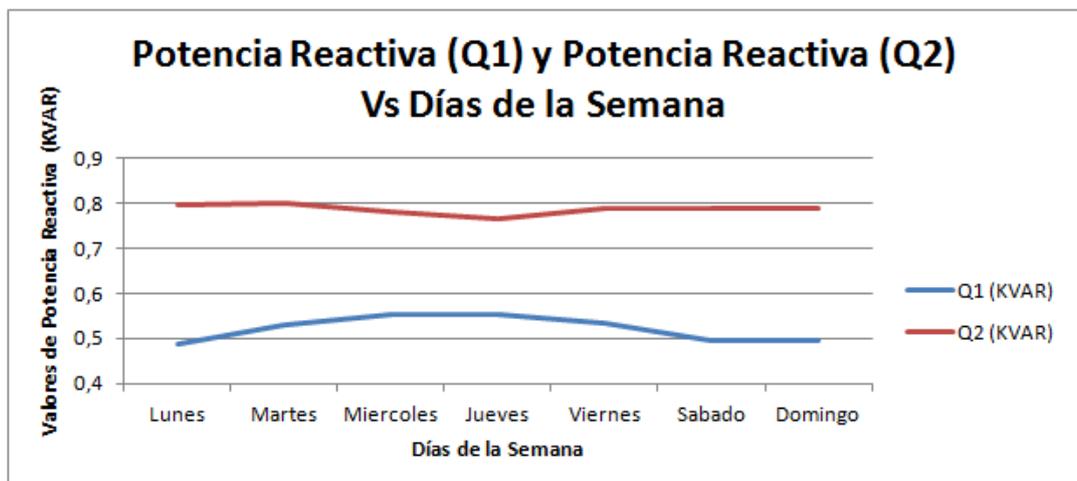


Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento en el Suministro de Energía Eléctrica a los Equipos de Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León a partir de un Sistema Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013

Nº	Dia	Pot.Aparente (S1)	Pot.Aparente (S2)	Pot.Aparente(Suma)
		S1 (KVA)	S2 (KVA)	S(SUM) (KVA)
0	Lunes	1,655293403	1,944107639	3,589642361
1	Martes	1,755590592	1,954090592	3,701327526
2	Miercoles	1,785835694	1,934609065	3,712439093
3	Jueves	1,779362847	1,930586806	3,7018125
4	Viernes	1,749335069	1,942987847	3,683661458
5	Sabado	1,663378472	1,942777778	3,597817708
6	Domingo	1,655685764	1,941475694	3,587944444

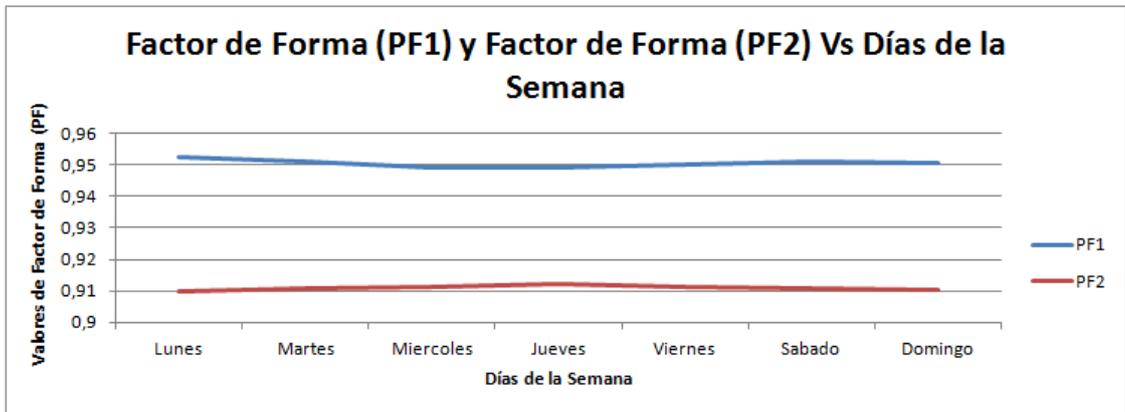


Nº	Dia	Pot.Reactiva (Q1)	Pot.Reactiva (Q2)	Pot.Reactiva (QSuma)
		Q1 (KVAR)	Q2 (KVAR)	Q(SUM) (KVAR)
0	Lunes	0,489458333	0,796045139	1,293328125
1	Martes	0,53204007	0,799674216	1,334050523
2	Miercoles	0,553706799	0,781570822	1,347389518
3	Jueves	0,554949653	0,766505208	1,340409722
4	Viernes	0,5355	0,788053819	1,329378472
5	Sabado	0,496993056	0,787166667	1,292975694
6	Domingo	0,494100694	0,787958333	1,293666667

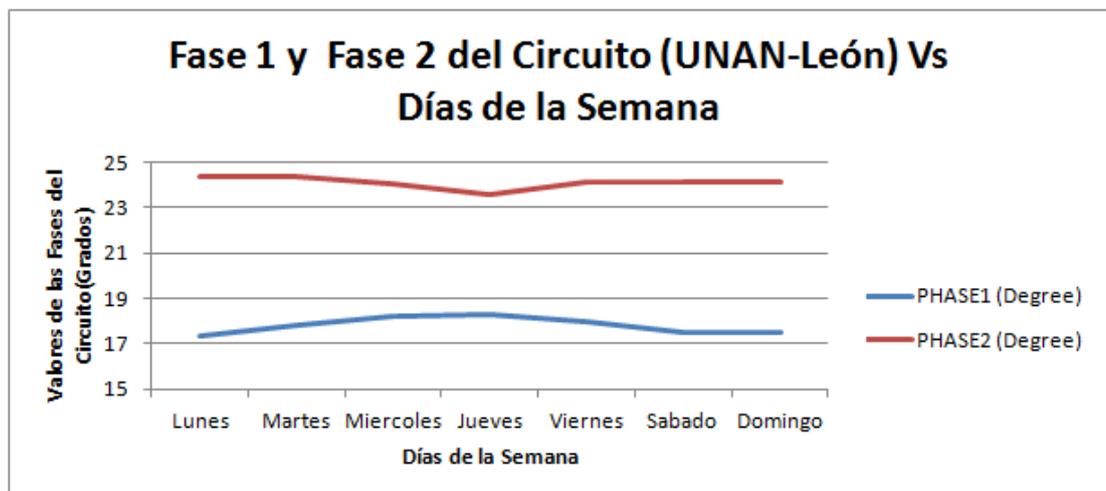




Nº	Dia	Factor Pot.(PF1)	Factor Pot.(PF2)	Factor Pot. (PFSuma)
		PF1	PF2	PF(SUM)
0	Lunes	0,952204861	0,909930556	0,929097222
1	Martes	0,950940767	0,910923345	0,928188153
2	Miercoles	0,949135977	0,91121813	0,926657224
3	Jueves	0,9490625	0,912170139	0,927256944
4	Viernes	0,949878472	0,911440972	0,92796875
5	Sabado	0,951041667	0,9109375	0,928958333
6	Domingo	0,950451389	0,910295139	0,929010417

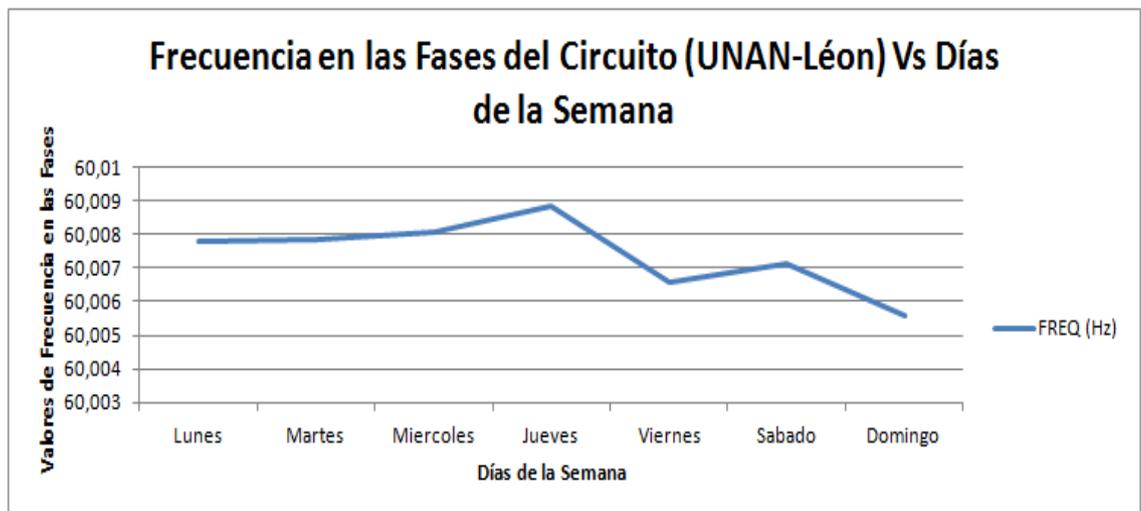


Nº	Dia	Fase1 (Grados)	Fase2 (Grados)
		PHASE1 (Degree)	PHASE2 (Degree)
0	Lunes	17,36336806	24,36493056
1	Martes	17,79059233	24,33344948
2	Miercoles	18,19645892	24,02195467
3	Jueves	18,27708333	23,60347222
4	Viernes	17,95277778	24,1328125
5	Sabado	17,53958333	24,10520833
6	Domingo	17,52222222	24,15833333





Nº	Día	Frecuencia FREQ (Hz)
0	Lunes	60,0078125
1	Martes	60,00783972
2	Miercoles	60,00807365
3	Jueves	60,00885417
4	Viernes	60,00659722
5	Sabado	60,00711806
6	Domingo	60,00555556



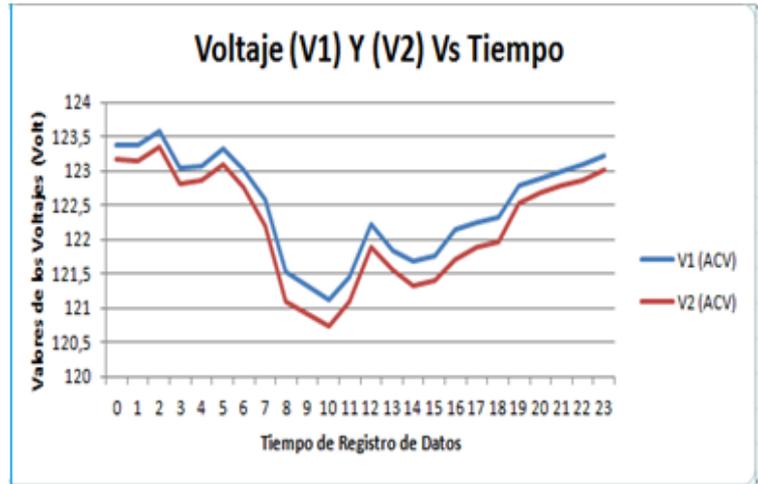
➤ Anexo N°18 (Análisis de los Datos registrados por el Analizador de Red)

También se realizó el análisis de los datos respecto al tiempo de mediciones, que fue en intervalos de 5 minutos. Por lo que se utilizó un patrón entre [0 a 23]. En forma general se puede observar que los desfases entre los voltajes de la fase 1 y 2, son bastante pequeños, ya que están en un rango entre 120,5 a 123,5V. El de la Corriente va entre 13,70 a 12,70A, mientras que la Potencia activa va desde 1,6 hasta 1,8 KW, Potencia aparente 1,7 a 1,95KVA, Potencia reactiva entre 0,5 a 0,8 KVAR. El desfase entre ambas líneas va entre 17 a 18, grados, mientras que el factor de potencia se mantiene en 0,95 y una frecuencia que se mantiene casi constante de 60Hz.

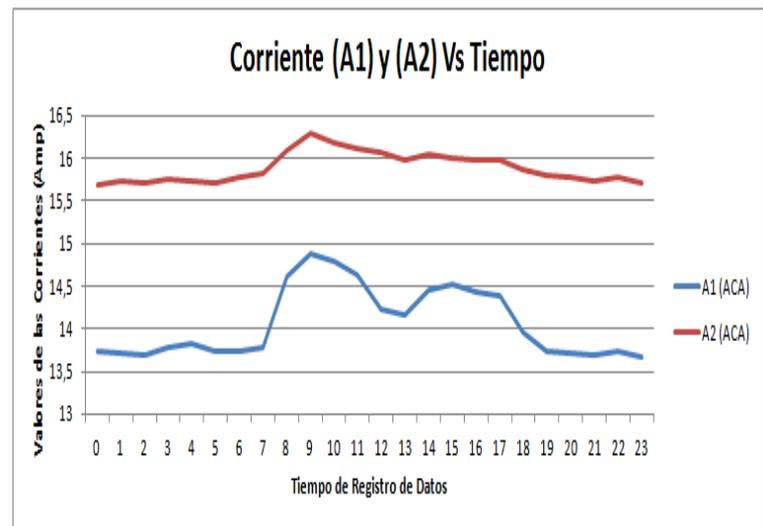


Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento en el Suministro de Energía Eléctrica a los Equipos de Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León a partir de un Sistema Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013

Hora	Volt.1 ,Fase 1 V1 (ACV)	Volt.2, Fase 2 V2 (ACV)
0	123,3733333	123,1677778
1	123,3666667	123,15
2	123,5922222	123,3616667
3	123,0355556	122,8177778
4	123,0622222	122,8744444
5	123,3272222	123,085
6	123,0211111	122,7555556
7	122,5861111	122,1961111
8	121,5382022	121,1089888
9	121,3338889	120,905
10	121,1106742	120,7494382
11	121,4577381	121,089881
12	122,2321429	121,8958333
13	121,85	121,5666667
14	121,6922619	121,3315476
15	121,775	121,3988095
16	122,1494048	121,7053571
17	122,2488095	121,8827381
18	122,3202381	121,9666667
19	122,7785714	122,5238095
20	122,897619	122,6732143
21	123,0017857	122,7934524
22	123,085119	122,875
23	123,2321429	123,0178571

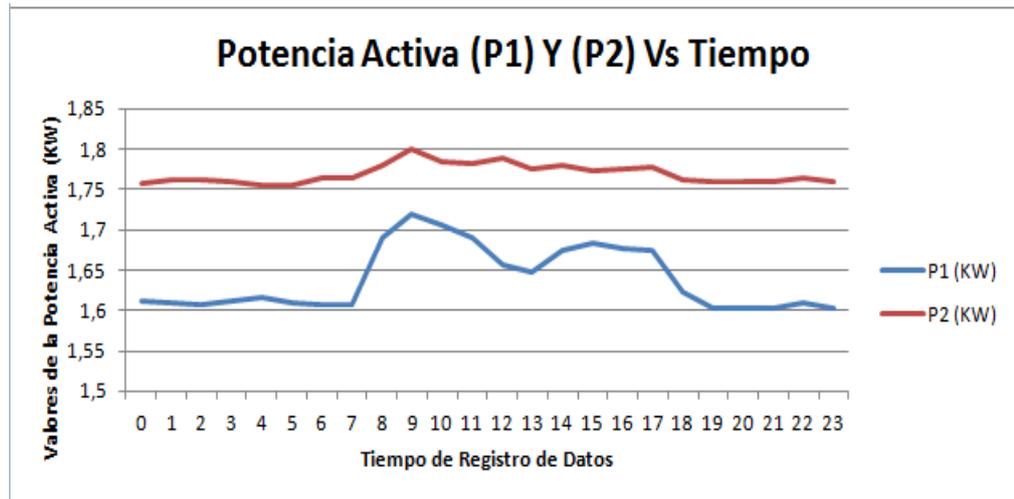


Hora	Corrient. 1, Fase1 A1 (ACA)	Corrient.2, Fase2 A2 (ACA)
0	13,73677778	15,6855
1	13,72216667	15,73377778
2	13,68633333	15,70611111
3	13,79111111	15,75605556
4	13,81544444	15,73322222
5	13,72883333	15,70277778
6	13,73277778	15,77355556
7	13,77616667	15,81594444
8	14,61898876	16,08179775
9	14,87277778	16,28444444
10	14,79696629	16,18129213
11	14,62839286	16,11422619
12	14,21857143	16,055
13	14,17202381	15,97803571
14	14,44845238	16,0425
15	14,52065476	15,99517857
16	14,42339286	15,97833333
17	14,38238095	15,97970238
18	13,94892857	15,87345238
19	13,73619048	15,79589286
20	13,71791667	15,77297619
21	13,6914881	15,74
22	13,74255952	15,76375
23	13,66761905	15,71630952





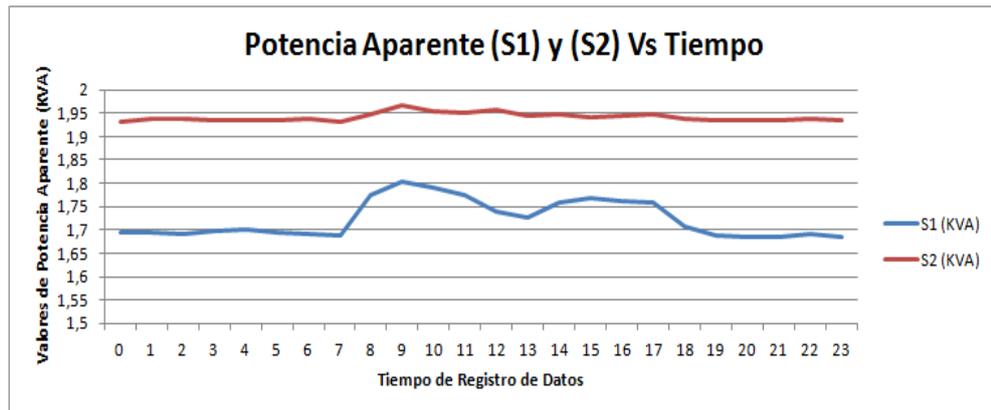
Hora	Pot Activa1, Fase1 P1 (KW)	Pot Activa2, Fase2 P2 (KW)	Pot Activa. (Suma) P(SUM) (KW)
0	1,610788889	1,756605556	3,368055556
1	1,608316667	1,762166667	3,370327778
2	1,606644444	1,760711111	3,367916667
3	1,612194444	1,759344444	3,371827778
4	1,616016667	1,755911111	3,372072222
5	1,608422222	1,756	3,364922222
6	1,606683333	1,7645	3,372072222
7	1,606811111	1,764383333	3,371727778
8	1,690061798	1,780280899	3,471455056
9	1,718094444	1,799933333	3,518511111
10	1,704966292	1,78452809	3,490460674
11	1,690934524	1,782255952	3,473761905
12	1,656172619	1,7885	3,44475
13	1,647309524	1,776184524	3,424392857
14	1,674964286	1,779988095	3,455875
15	1,683410714	1,77339881	3,45660119
16	1,677375	1,775916667	3,454410714
17	1,673833333	1,778333333	3,452202381
18	1,622452381	1,761940476	3,384791667
19	1,60352381	1,759309524	3,363339286
20	1,603434524	1,759642857	3,363125
21	1,602238095	1,758744048	3,361303571
22	1,609946429	1,763928571	3,374505952
23	1,601916667	1,759202381	3,36122619





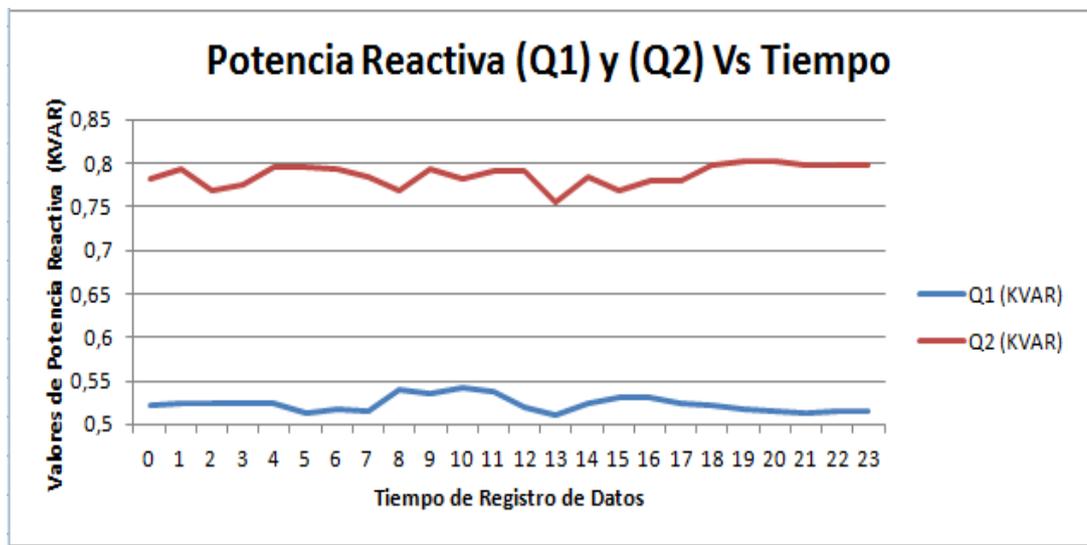
Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento en el Suministro de Energía Eléctrica a los Equipos de Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León a partir de un Sistema Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013

Hora	Pot.Apaprente (S1) S1 (KVA)	Pot.Apaprente (S2) S2 (KVA)	Pot.Apaprente(Suma) S(SUM) (KVA)
0	1,695288889	1,931722222	3,61895
1	1,693377778	1,938038889	3,622111111
2	1,691994444	1,937777778	3,62135
3	1,697122222	1,935311111	3,623561111
4	1,700705556	1,933344444	3,624822222
5	1,693655556	1,933255556	3,617883333
6	1,689961111	1,936572222	3,618477778
7	1,689161111	1,932933333	3,614022222
8	1,776089888	1,947320225	3,716337079
9	1,803294444	1,968205556	3,763283333
10	1,791061798	1,952820225	3,736606742
11	1,776077381	1,951220238	3,718839286
12	1,737916667	1,957154762	3,68602381
13	1,726803571	1,942982143	3,661238095
14	1,757291667	1,946630952	3,695892857
15	1,767345238	1,942654762	3,699869048
16	1,76114881	1,944291667	3,69785119
17	1,757690476	1,947690476	3,696113095
18	1,706434524	1,936386905	3,633827381
19	1,687011905	1,935785714	3,613761905
20	1,686404762	1,935404762	3,612440476
21	1,684535714	1,933202381	3,608684524
22	1,692047619	1,937333333	3,620642857
23	1,684857143	1,933803571	3,60947619



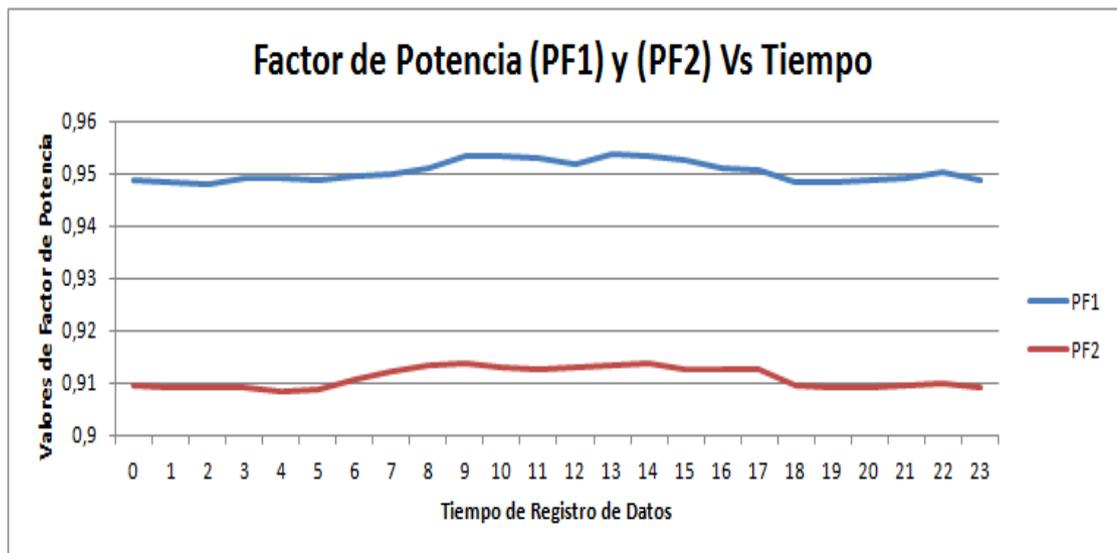


Hora	Pot.Reactiva (Q1) Q1 (KVAR)	Pot.Reactiva (Q2) Q2 (KVAR)	Pot.Reactiva (QSuma) Q(SUM) (KVAR)
0	0,522166667	0,782688889	1,32335
1	0,523544444	0,793527778	1,325944444
2	0,524288889	0,769527778	1,330194444
3	0,523761111	0,7757	1,326033333
4	0,523577778	0,796327778	1,329094444
5	0,513	0,795105556	1,328427778
6	0,517661111	0,793505556	1,311677778
7	0,514716667	0,785122222	1,30035
8	0,539342697	0,769134831	1,325797753
9	0,535305556	0,792361111	1,334294444
10	0,542106742	0,781730337	1,333247191
11	0,536833333	0,789952381	1,32725
12	0,520541667	0,790392857	1,31136905
13	0,511708333	0,755244048	1,294916667
14	0,525309524	0,783744048	1,309702381
15	0,531785714	0,768035714	1,318690476
16	0,530440476	0,778738095	1,319059524
17	0,52377381	0,780625	1,31939881
18	0,522196429	0,798684524	1,32139881
19	0,517636905	0,803083333	1,320988095
20	0,516077381	0,801321429	1,317964286
21	0,513761905	0,798154762	1,312357143
22	0,51425	0,796732143	1,311470238
23	0,515821429	0,798577381	1,314821429





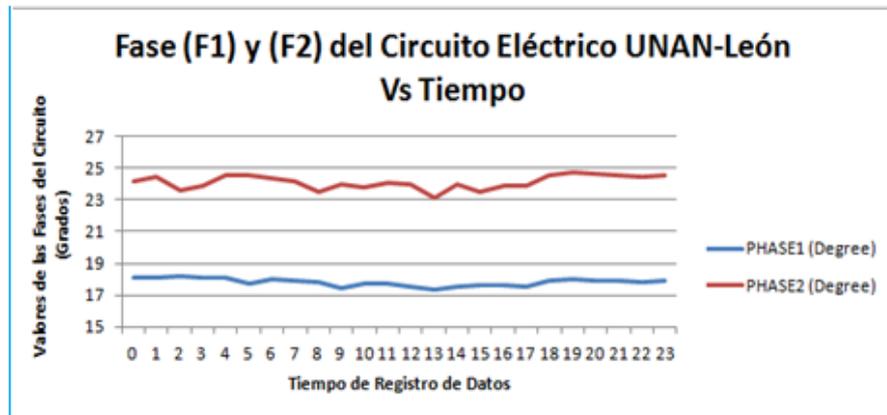
Hora	Factor Pot.(PF1) PF1	Factor Pot.(PF2) PF2	Factor Pot. (PFSuma) PF(SUM)
0	0,948833333	0,909722222	0,926611111
1	0,948333333	0,909333333	0,926166667
2	0,948	0,909055556	0,926388889
3	0,949111111	0,909166667	0,925888889
4	0,949055556	0,908388889	0,926166667
5	0,948722222	0,908611111	0,925888889
6	0,9495	0,910611111	0,927277778
7	0,949944444	0,912055556	0,928388889
8	0,951179775	0,913426966	0,929550562
9	0,953222222	0,913833333	0,930166667
10	0,953483146	0,912808989	0,929719101
11	0,953035714	0,912440476	0,929821429
12	0,951785714	0,913095238	0,929583333
13	0,953869048	0,91327381	0,93
14	0,953154762	0,913928571	0,930059524
15	0,952678571	0,912738095	0,93
16	0,950952381	0,912619048	0,929940476
17	0,950714286	0,912619048	0,930059524
18	0,948333333	0,909642857	0,927380952
19	0,948392857	0,909107143	0,926904762
20	0,948690476	0,909285714	0,926904762
21	0,949047619	0,909583333	0,927380952
22	0,950119048	0,909761905	0,927797619
23	0,948571429	0,909107143	0,927261905



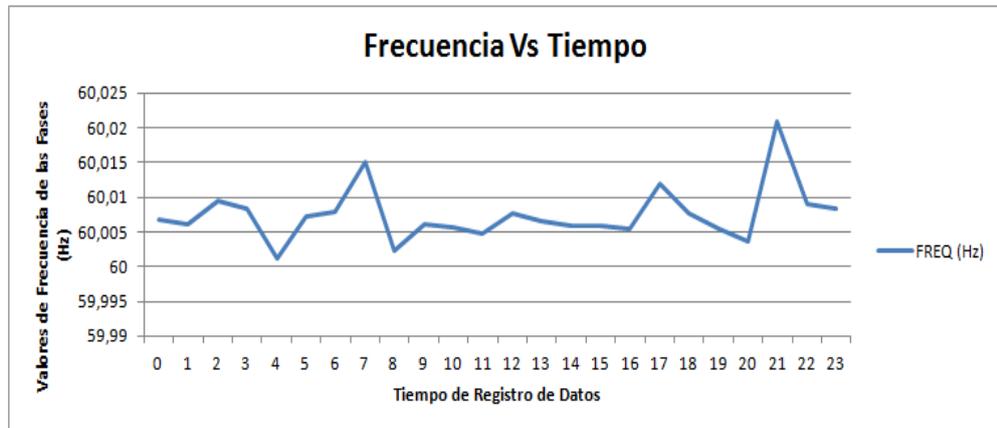


Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento en el Suministro de Energía Eléctrica a los Equipos de Internet y Resguardo de Información de la UNAN-León a partir de un Sistema Fotovoltaico en el periodo de Agosto-Diciembre del 2013

Hora	Fase1 (Grados) PHASE1 (Degree)	Fase2 (Grados) PHASE2 (Degree)
0	18,06888889	24,11888889
1	18,14166667	24,41388889
2	18,17722222	23,62333333
3	18,10722222	23,84333333
4	18,065	24,51611111
5	17,75944444	24,49611111
6	17,96444444	24,385
7	17,87055556	24,15555556
8	17,78707865	23,46460674
9	17,44444444	23,93944444
10	17,71123596	23,78876404
11	17,69702381	24,0702381
12	17,56547619	23,99464286
13	17,38511905	23,08571429
14	17,51071429	23,92380952
15	17,6047619	23,49583333
16	17,63452381	23,82559524
17	17,50297619	23,83452381
18	17,93333333	24,54047619
19	17,99345238	24,67916667
20	17,95297619	24,62857143
21	17,89285714	24,56190476
22	17,8297619	24,46845238
23	17,95714286	24,56607143



Hora	Frecuencia FREQ (Hz)
0	60,00667
1	60,00611
2	60,00944
3	60,00833
4	60,00111
5	60,00722
6	60,00778
7	60,015
8	60,00225
9	60,00611
10	60,00562
11	60,00476
12	60,00774
13	60,00655
14	60,00595
15	60,00595
16	60,00536
17	60,0119
18	60,00774
19	60,00536
20	60,00357
21	60,02083
22	60,00893
23	60,00833



- Anexo N°19 (Tabla de Características Técnicas de los equipos a utilizar en el Sistema SFV)

Características Técnicas	Equipos
Panel Solar	
Marca: Renasola Modelo: JC250S-24/Bb-b Monocristalino Pot. Máxima (PMPP) =250W Tolerancia de Pot. =-0/+5W Pot. Máx. Voltaje(V _{pm})=30,1 V Pot. Máx. Corriente(I _{pm})=8,31A Volt. Circuito. Abierto(V _{oc})=37,6V Corrient. Corto Circuito(I _{sc})=8,83 A Eficiencia del Módulo=15,4% Volt. Máx. del Sistema= 1000V Valores Standares Condiciones STC: Irradiancia= 1000 W/m ² , Temp. Células= 25°C Dimensiones: 1640x992x40mm Peso: 18,5Kg Garantía: 5 Años Vida Útil: 20 Años Costo (\$) =207,50 \$/W=0,9	



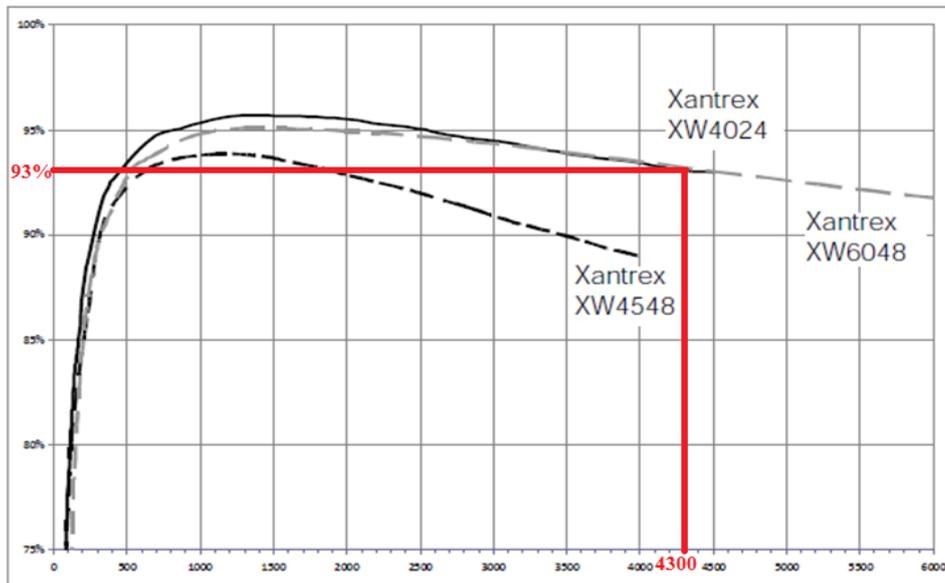
<p style="text-align: center;">Regulador MPPT</p> <p>Marca: Xantrex Modelo: MPPTXW60-150 Tensión N. de la batería (Vn)= 12, 24, 36, 48, 60V Tensión máxima del campo (Fv)=140VCC Tensión. Máx. Circuito abierto(Fv)=150VCC Intensidad de Cortocircuito (Isc)= 60ACC Tamaño Mín. y Máx. de cables= entre 2,5 y 10mm Método Regulación Cargador: -Tres etapas (en bruto (bulk), absorción, flotación) - Dos etapas (en bruto (bulk), absorción) Dimensiones: 368x146x138mm Peso: 4,8Kg Garantía: 5 Años Vida Útil:15 Costo (\$) = 497</p>	
<p style="text-align: center;">Baterías</p> <p>Marca: Trojan Modelo: L16RE-2V Voltaje= 2V Capacidad Hora de Descarga(Ah): 2 Horas=722 / 5 Horas=909 /10 Horas=1021 20 Horas=1110 / 48 Horas=1182 /72 Horas=1210 100 Horas=1235 Kwh (100horas) =2,47Kwh Dimensiones: 295x178x450 Peso: 54Kg Garantía: 2 Años Vida Útil:5 Años Costo (\$) =360</p>	
<p style="text-align: center;">Inversor</p> <p>Marca: Xantrex Schneider Modelo: XW6048(120_240_60Hz) Voltaje Máximo= 48V Potencia (W)=6000W Factor de Potencia(Fp)= 0,98 Corriente Máxima DC= 125A Dimensiones: 580x410x230 Peso: 57Kg Garantía: 5 Años Vida Útil:10 Años Costo (\$) =3249</p>	



<p style="text-align: center;">Fusible</p> <p>Modelo: Clase T Utilizado para sistemas de hasta 160VDC. Son usados para inversores de alta velocidad de respuesta a cortocircuitos. Corriente Maxima=400A Voltaje Maximo= 160VDC Dimensiones: 0,063x0,050x0,17mtrs Peso: 0,68Kg Garantía: 1 Años Vida Útil:10Años Costo (\$) =43</p>	
<p style="text-align: center;">Fusible</p> <p>Modelo: Clase T Corriente Maxima=110A Voltaje Maximo= 160VDC Dimensiones: 0,063x0,050x0,17mtrs Peso: 0,68Kg Garantía: 1 Años Vida Útil:10Años Costo (\$) =41</p>	
<p style="text-align: center;">Fusible</p> <p>Modelo: MC4 Reduce número de cajas de conexiones en instalaciones FV Posee soporte de fusible IP-67 Corriente Maxima=15A Voltaje Maximo= 1000VDC Dimensiones: 0,063x0,050x0,17mtrs Peso: 0,68Kg Garantía: 1 Años Vida Útil:10Años Costo (\$) =28</p>	
<p style="text-align: center;">Estructuras Coplanares para Módulos Solares</p> <p>Serie: EA Materiales: Acero inoxidable y Aluminio Dimensiones: 1640x992x40mm Peso 1,261 kg/m Garantía: 20 Años Vida Útil: 20 Años Costo (\$) = 145,74 → Estructura para 4 Módulos Costo (\$) = 288,01 → Estructura para 10 Módulos</p>	



- Anexo N°20 (Curva Características provista por el fabricante sobre el Xantrex XW6048)



- Anexo N°21 (Tabla de la Sección transversal del conductor mm², NORMA ISO)

Cross-sectional area mm ²	Maximum continuous current-carrying capacity, in amperes, for single conductors at insulation temperature ratings						Minimum number of strands	
	60 °C	70 °C	85 °C to 90 °C	105 °C	125 °C	200 °C	Type A	Type B
0,75	6	10	12	16	20	25	16	—
1	8	14	18	20	25	35	16	—
1,5	12	18	21	25	30	40	19	26
2,5	17	25	30	35	40	45	19	41
4	22	35	40	45	50	55	19	65
6	29	45	50	60	70	75	19	105
10	40	65	70	90	100	120	19	168
16	54	90	100	130	150	170	37	266
25	71	120	140	170	185	200	49	420
35	87	160	185	210	225	240	127	665
50	105	210	230	270	300	325	127	1 064
70	135	265	285	330	360	375	127	1 323
95	165	310	330	390	410	430	259	1 666
120	190	360	400	450	480	520	418	2 107
150	220	380	430	475	520	560	418	2 107

Conductors with at least Type A stranding shall be used for general wiring of the craft. Conductors with Type B stranding shall be used for any wiring where frequent flexing is involved during use.

NOTE Conductor current ratings may be interpolated for cross-sectional areas between those shown above.



➤ Anexo N°22 (Tabla NORMA 001-TABLA310-13) Calibre Conductor AWG

Norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2005

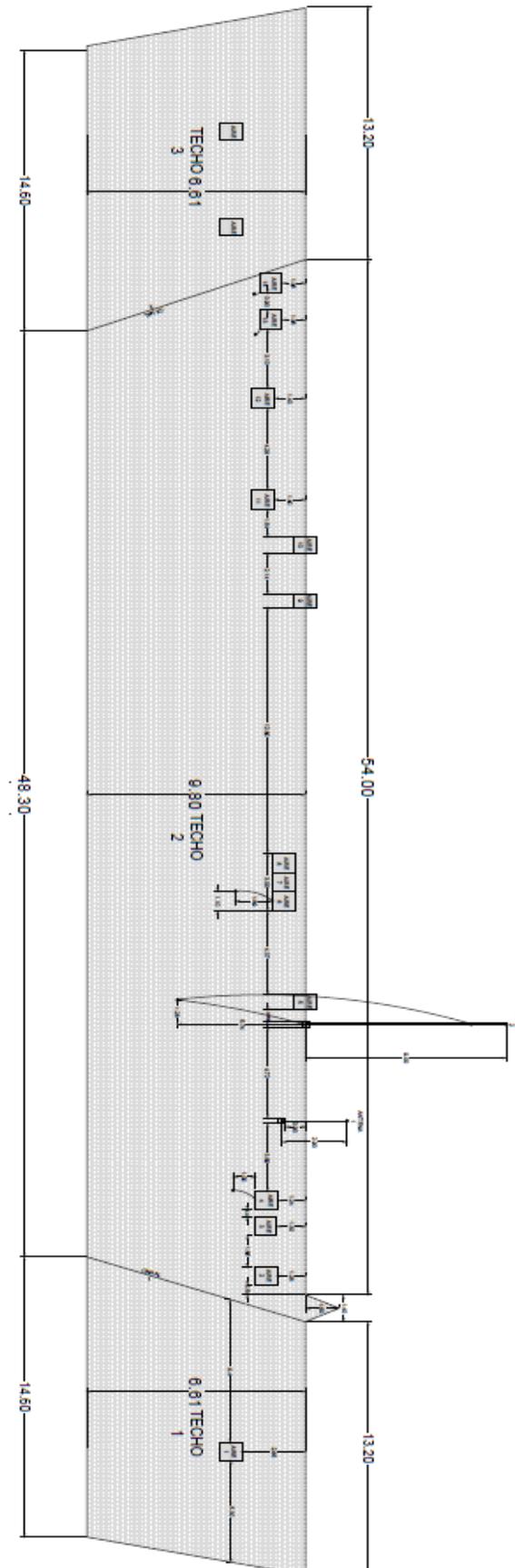
Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 200v nominales y 60°C a 90°C. No más de 3 conductores activos en una canalización cable o directamente enterrados para 30°C

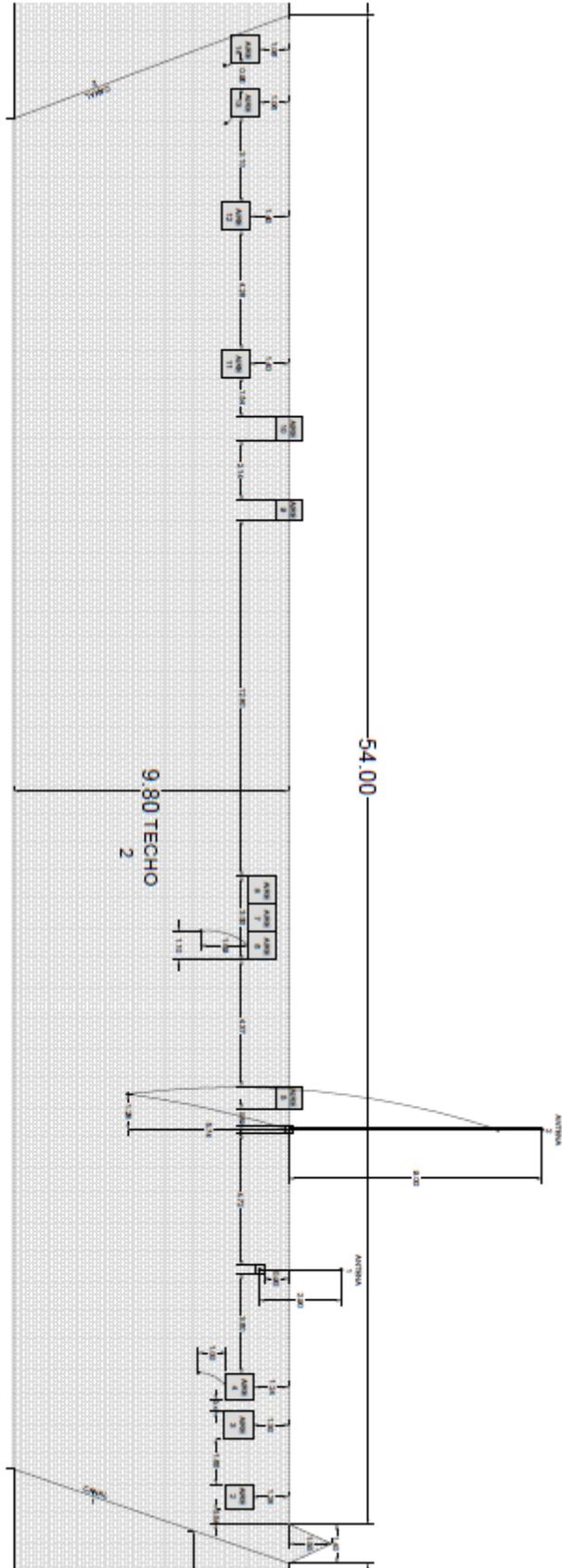
TAMAÑO NOMINAL	Temperatura nominal del conductor (véase tabla 310-13)						TAMAÑO NOMINAL
	60°	75°	90°	60°	75°	90°	
AWG Kcmil	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	TIPOS	mm ²
	Tw*	RHW*	RHH*	UF*	RHW*	RHW-2,	
	TWD*	THHW*	RHW-2		XHHW*	XHHW,	
	CCE	THW-LS,	THHN*		BM-AL	XHHW-2,	
	THWN*,	THHW*			DRS		
	XHHW*,	THHW-LS,					
	TT	THW-2*					
		XHHW*,					
		XHHW-2					
	cobre			aluminio			
18	-----	-----	14	-----	-----	-----	0,8235
16	-----	-----	18	-----	-----	-----	1,307
14	20*	20*	25*	-----	-----	-----	2,082
12	25*	25*	30*	-----	-----	-----	3,307
10	30	35*	40*	-----	-----	-----	5,26
8	40	50	55	-----	-----	-----	8,367
6	55	65	75	40	50	60	13,3
4	70	85	95	55	65	75	21,15
3	85	100	100	65	75	85	26,67
2	95	115	130	75	90	100	33,62
1	110	130	150	85	100	115	42,41
1/0	125	150	170	100	120	135	53,48
2/0	145	175	195	115	135	150	67,43
3/0	165	200	225	130	155	175	85,01
4/0	195	230	260	150	180	205	107,2

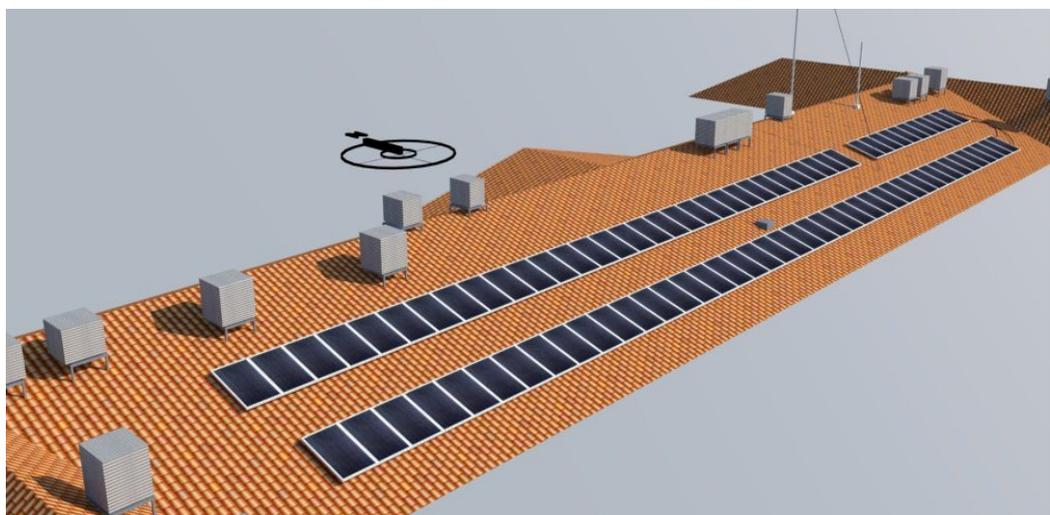
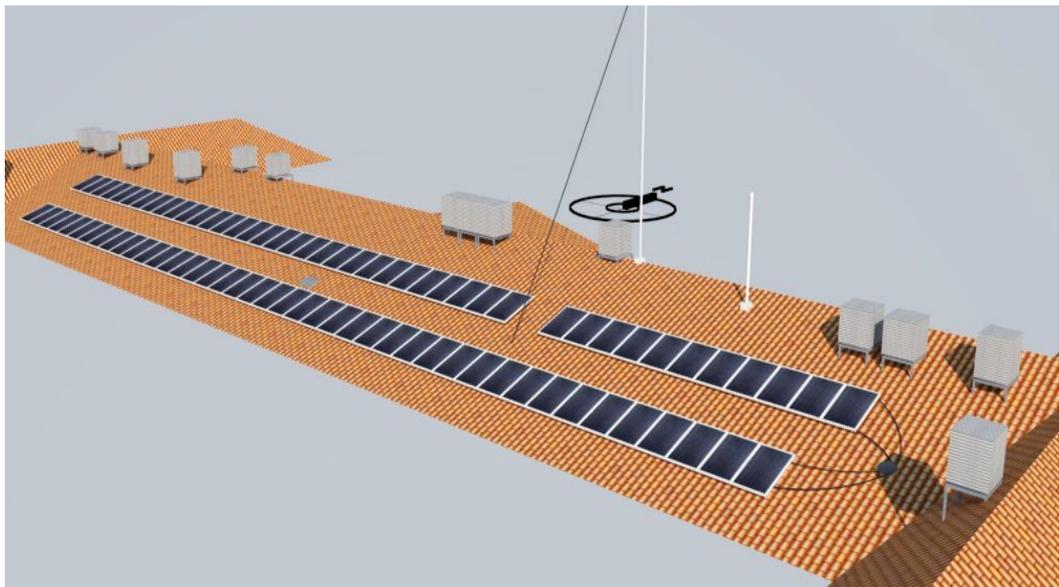
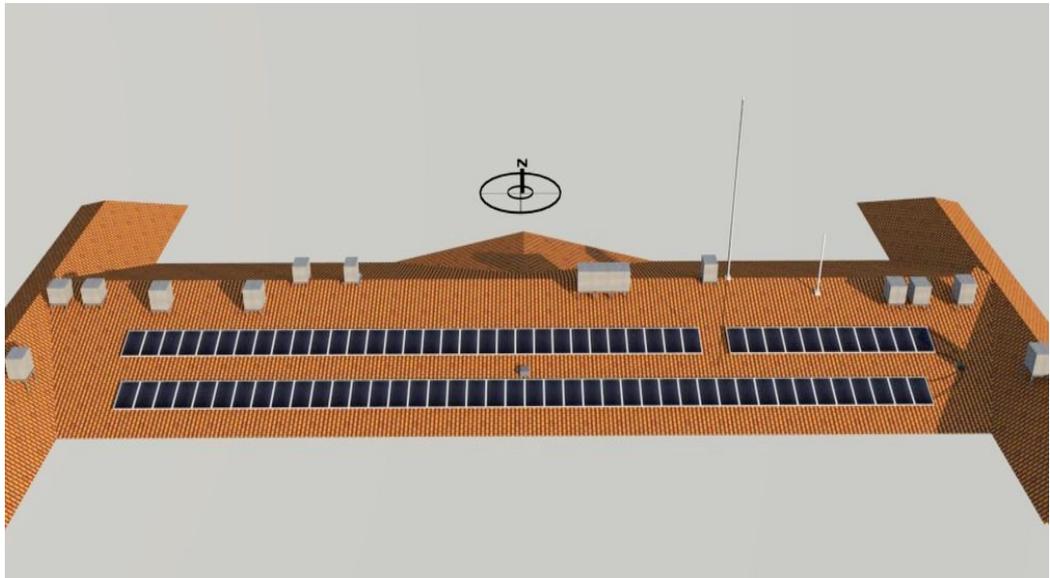
Factores de corrección para temperaturas ambientes distintas a 30°

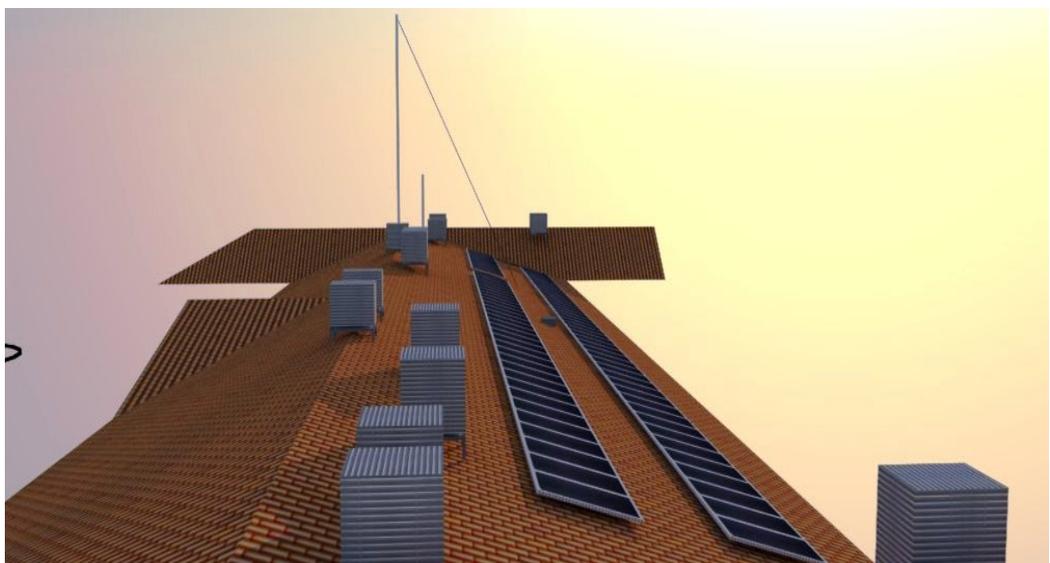
➤ Anexo N°23 (Ubicación de la UNAN-León y Dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico)













➤ Anexo N°24 Emisiones de CO_2 por *KWH*

CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION *Highlights* (2011 Edition) - 111

CO₂ emissions per kWh from electricity and heat generation

grammes CO₂ / kilowatt hour

	1990	1995	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Average 07-09
Argentina	..	273	338	258	275	308	313	311	352	366	355	358
Bolivia	..	400	314	259	318	295	329	326	334	375	393	368
Brazil	..	55	88	85	79	85	84	81	73	89	64	75
Colombia	..	205	160	154	152	117	131	127	127	107	175	136
Costa Rica	..	155	8	15	19	7	26	47	72	63	40	58
Cuba	..	870	678	772	794	800	813	752	734	719	752	735
Dominican Republic	..	876	759	675	700	704	649	668	675	634	591	633
Ecuador	..	314	215	281	299	313	391	455	345	267	290	301
El Salvador	..	391	324	356	340	316	362	361	319	274	319	304
Guatemala	..	306	392	484	435	323	299	345	369	343	349	354
Haiti	..	327	346	399	320	301	307	305	511	480	547	513
Honduras	..	326	281	287	352	452	412	267	418	409	344	391
Jamaica	..	888	824	806	822	618	572	400	400	491	544	478
Netherlands Antilles	..	714	714	714	714	713	711	710	708	707	707	707
Nicaragua	..	508	614	568	543	536	481	522	533	480	506	506
Panama	..	317	231	270	356	266	275	310	317	273	302	297
Paraguay	..	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peru	..	186	154	146	152	212	209	183	199	240	236	225
Trinidad and Tobago	..	711	685	767	753	751	759	753	753	704	719	725
Uruguay	..	53	57	4	2	151	103	296	104	307	253	221
Venezuela	..	219	191	266	265	222	208	222	207	203	199	203
Other Latin America	..	213	207	221	224	215	214	222	226	250	249	242
Latin America	..	167	173	179	180	178	178	178	176	184	175	178