Liceo Científico Dr. Miguel Canela Lázaro.

Provincia Hermanas Mirabal, República Dominicana.

Enseñando a pensar, enseñando a innovar.

Proyecto:

Paneles solares en el liceo científico

Objetivo general:

Determinar la viabilidad de un sistema de paneles solares de cualquier línea comercial en el Liceo Científico

Objetivos específicos:

Analizar el consumo energético del Liceo Científico

Disminuir el costo monetario de la instalación dentro de lo que sea posible

Traer beneficios medioambientales

Profesor guía:

Ing. Alexander Cabrera

Miembros del equipo:

Josnel Martínez

Félix Monegro

Pedro de Jesús

Provincia Hermanas Mirabal, Salcedo
25 de enero del 2018

Índice general.

1. Introducción 3

1.1. Descripción del proyecto 3

1.2. Problemática 3

2. Antecedentes 4

2.1 Funcionamiento 4

3. Resultados 9

3.1. Consumo de energía 9

3.2. Calculo del sistema aislado 12

3.3. Calculo del sistema conectado a la red 23

4. Financiamiento 31

5. Análisis y conclusiones 31

5.1. Defectos o problemas en nuestros métodos 32

5.2. Aporte a futuras investigaciones 33

6. Referencias 34

Índice de tablas e imágenes.

1. Figura I: Junta N-P en equilibrio 5

2. Figura II: Célula fotovoltaica sencilla 6

3. Figura III: Esquema de instalación fotovoltaica aislada 8

4. Tabla I: Consumo, nave 1 10

5. Tabla II: Consumo, nave 3 11

6. Tabla III: Radiación solar disponible 12

7. Figura IV: Vista General del sistema 24

8. Figura V: Datos de los Inversores de la planta 1 25

9. Figura VI: Datos de los inversores de la planta 2 26

10. Figura VII: Datos del inversor de la planta 3 27

11. Figura VIII: Dimensionamiento y perdidas en el cableado 28

12. Figura IX: Rendimiento energético de la instalación 29

13. Figura X: Ubicación de la instalación fotovoltaica 30

1. Introducción

1.2. Descripción del proyecto

En este proyecto nos dispondremos a analizar el consumo energético del Liceo Científico para determinar si es viable el uso activo de paneles solares, para ser una institución en parte independiente de cualquier empresa energética, de esta manera se disminuirá el costo monetario de dicho servicio, también este nuevo plan aportará al medio ambiente utilizando energía limpia y renovable. Esperamos que en un futuro este plan se pueda adaptar a otras instituciones o industrias para así generar una tendencia por esta vieja y novedosa manera de generar electricidad.

1.3. Problemática

En nuestra institución requiere una alta cantidad de energía eléctrica la cual se suma al monto total necesario para mantener funcionando el centro con normalidad, lo que significa que en parte nuestra fluidez y nuestro desempeño depende de dicho servicio, algunas asignaturas se ven afectadas por fallos en este sistema entre todas esta la Arquitectura digital que requiere de la constancia de este servicio eléctrico, pero como todo sistema tiene sus fallos, fallos que cuestan horas y horas perdidas de trabajo, parte de esos fallos provienen de explosiones que sufren los transformadores trayendo la posibilidad de que un estudiante salga lastimado.

La implementación de paneles solares trae diversas ventajas a las infraestructuras a las que se aplica, entre ellas podemos destacar que: no emite gases que puedan contribuir con el efecto invernadero, puede facilitar la obtención de electricidad en zonas donde no se disponga de energía eléctrica, sistemas de riego, iluminación de invernaderos etc. señalización y comunicaciones, navegación aérea entre otros usos.

En el caso del liceo científico la aplicación de paneles solares traería los siguientes beneficios a nuestra institución: Evitar perdida de horas lectivas que son impartidas en los laboratorios informáticos, beneficios económicos a futuro, fin de la dependencia eléctrica entre nuestra institución y edenorte entre otras.

La realización de este proyecto consto de varias fases, la primera, **Estimación del consumo**, en esta etapa nos dispusimos a calcular el consumo de los equipos electrónicos del liceo (todo esto debido a que no poseíamos facturas que nos proporcionarán dicho dato), a partir de ella creamos dos tablas de consumos (una de la nave 1 y otra de la nave 3 respectivamente) que nos presentaría de manera resumida los datos recopilados.

2. Antecedentes

En un futuro no muy lejano las fuentes convencionales que se utilizan para producir energía eléctrica como son el petróleo, carbón y el gas natural clasificados como: **combustibles fósiles no renovables,** estarán completamente agotadas debido a que el ser humano se acostumbró a explotar este medio ya que ofrecía una producción de grandes cantidades de energía a cambio de un producto fácil de extraer (que además trae consigo grandes emisiones de gases tóxicos para el ambiente, más en específico para la atmósfera), en ese entonces el ser humano tendrá que recurrir a otros medios para sustituir y satisfacer la baja o mínima producción de energía, como la energía solar, eólica e hidráulica, estas conforman el grupo de las **energías renovables** que a diferencia de las otras no crean emisiones tóxicas al medio ambiente (Espinales et al, 2006). En este proyecto nos enfocaremos en la energía solar.

Cuando se habla de energía solar, de inmediato se piensa en los paneles solares ya que es la única manera de producir electricidad aprovechando la luz solar, parte importante de esta investigación, es comprender el funcionamiento de los paneles solares y que tipo usaremos como solución a nuestro problema. Existen varios tipos de paneles solares tales como: paneles con celdas fotovoltaicas, paneles con celdas de silicio (estos son los más comunes), paneles con celdas flexibles, también están los paneles térmicos. Obviamente estos no son los únicos que existen, pero si los más usados comúnmente. Pero ¿cómo funciona un panel solar?

2.1 Funcionamiento

Las energías renovables solucionarán muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica.

Según Santamarta, (2006) en 2003 el consumo mundial de energía superó los 10.500 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep): 2.400 Mtep de carbón, 3.600 Mtep de petróleo, 2.300 Mtep de gas natural, 610 Mtep de nuclear, 590 Mtep de hidroeléctrica y cerca de 950 Mtep de biomasa, fundamentalmente leña, y cantidades aún pequeñas de geotermia, solar y eólica. La producción, transformación y consumo final de tal cantidad de energía es la causa principal de la degradación ambiental. El consumo está muy desigualmente repartido, pues los países de la OCDE, con el 15% de la población mundial, consumen el 60% de la energía, factor este último a tener en cuenta a la hora de repartir responsabilidades de la crisis ambiental.

En respuesta a una forma de obtener energía de fuentes renovables, a través de los años se han ido desarrollando diversos aparatos capaces de transformar dicha energía en electricidad. En el caso de la energía solar una de las principales formas de transformar dicha energía es a través de los paneles solares, unos de los primeros instrumentos en desarrollarse fueron las células fotovoltaicas, estos aprovechan la radiación trasmitida por el sol convirtiéndola en electricidad gracias al efecto fotovoltaico.

La palabra fotovoltaica es una unión de dos palabras griegas, foto que significa luz y voltaico que significa electricidad. Con este dato se puede deducir que la palabra en sí se refiere en la transformar la energía luminosa en energía eléctrica.

Para la elaboración de paneles solares, el material más utilizado suele ser el silicio, por su estructura química que permite que sea un semiconductor con pocas cargas libres dentro de él; además de que es un material con mucha resistencia. Usando la difusión se le puede agregar otros elementos químicos para disminuir su resistividad, al mismo tiempo se crean zonas con distintos tipos de cargas. La célula fotovoltaica utiliza dos tipos de materiales semiconductores; el tipo N y el tipo P.

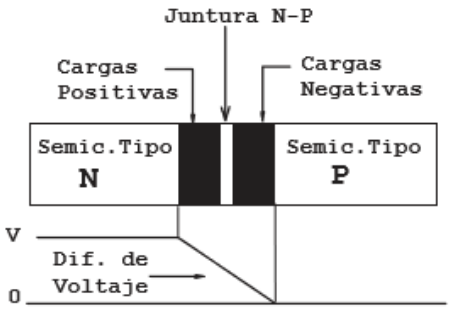
Materiales tipo N, los cuales se originan cuando al agregar la sustancia difusa cede demasiado fácil los electrones, se crea dentro del material semiconductor una zona con exceso de cargas negativas. Materiales tipo P, este ocurre cuando la sustancia difusa atrapa todos los electrones libres y los átomos quedan cargados de forma positiva; por lo tanto, predominan las cargas positivas. Durante la creación de paneles solares, en algunos casos se

suelen utilizar una mezcla entre materiales del tipo N y del tipo P, cuando están juntas generan un movimiento de transición.

Cuando se está en el proceso de unión las cargas actúan de una manera algo extraña pues se desplazan hacia la zona con más baja densidad del lado opuesto, durante todo el desplazamiento de las cargas positivas y negativas hay un punto de donde estas se unen, formando de esta manera una zona libre de cargas. En las zonas adyacentes, las cargas están en rose continuo, es decir, donde están las cargas positivas hay también cargas negativas; esto genera una diferencia de voltaje que impide la continuación del desplazamiento. En ese momento se puede decir que la unión entre el material tipo N y tipo P está en equilibrio.

Figura I: Junta N-P en equilibrio

(Espinales et al. 2006)



Cuando la luz entra en el semiconductor de este tipo, los fotones entran en acción bombardeando los átomos que se encuentran en la sustancia, eso provoca que los electrones en los átomos de silicio se liberen generando dos cargas, una positiva y otra negativa. El equilibrio que antes existía desaparece por las nuevas cargas libres que se encuentran en la sustancia, en ese momento si se le conectan dos cables en las zonas se podría descubrir el voltaje que esta posee y si se le conecta a una carga eléctrica, empieza a circular la electricidad. El voltaje en una célula fotovoltaica es continuo, por lo tanto, hay un lado positivo y otro negativo. El voltaje en las células de silicio, es alrededor de 0.5v.

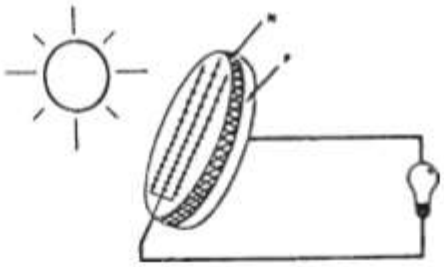
Como se expone en Damiasolar.com. (2018), para entender como sucede hay que saber que la luz solar está compuesta de diferentes tipos de partículas llamadas fotones, los

cuales están compuestos por diferentes tipos de energía, desde luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja, rayos gamma y rayos x.

Por su parte, el silicio es un elemento semiconductor que se encuentra en abundancia en la arena de la Tierra, en el cual mediante un proceso de depuración se obtiene silicio puro. El mismo tiene características aislantes a baja temperatura y conductoras cuando reciben mucha energía. Este silicio por un lado se dopará con fósforo para obtener material de carga negativa (Capa N), y por el otro lado, se hará lo mismo, pero con boro para obtener material de carga positiva (Capa P). Estas 2 capas se mantendrán separadas por una fina junta para que se mantengan como capas neutras.

Cuando un fotón choque contra la célula solar con suficiente energía provocará que los electrones de la capa N absorban dicha energía y se conviertan en conductores, creándose un campo eléctrico. Los campos positivos y negativos de la célula solar se conectarán entre ellos mediante un cable eléctrico creándose así un circuito de corriente eléctrica que estará en funcionamiento durante el tiempo que se reciba la radiación solar. La existencia de este fenómeno fue puesta de manifiesto por el físico Alexandre-Edmond Becquerel en el año 1839 (Solar, E. 2007).

Figura II: Celula fotovoltaica sencilla



(Solar, E. 2007)

Con esto se crea el primer panel fotovoltaico a manos de Charles Fritts en 1885 el cual construyó el primer módulo fotoeléctrico, extendiendo una capa de selenio sobre un soporte metálico y cubriéndola con una fina película transparente de oro.

Posteriormente la primera célula fotovoltaica de silicio fue descrita por R. S. Olh en el año 1941. Pero los primeros dispositivos fotovoltaicos no se empezaron a fabricar hasta la

década posterior. Fueron otras investigaciones las que hicieron posible que se abandonara el selenio y se empezara a utilizar el silicio como material básico para las células. En los Bell Laboratories, a comienzos de los años 50, Calvin Fuller y Gerald Pearson trabajaban en la materialización de la teoría del transistor construido a base de silicio (Cruz, R. M. 2016).

A partir de este momento, las células solares fotovoltaicas entraban de lleno en el campo de acción de la industria. Primero fue Western Electric, que las utilizó para alimentar líneas telefónicas en las zonas rurales de Georgia. En 1955, National Fabricated Products compró la licencia para la fabricación de celdas solares a Western Electric, para intentar mejorar su eficiencia. La primera empresa que intentó su comercialización fue la Californiana Hoffman Electronics, en 1956, para introducirlas en campos de aplicación específicos, por ejemplo, para la alimentación de lugares remotos alejados de la red eléctrica (Álvarez, L. Á. M).

Conociendo como funciona podremos concluir mencionando que objetos utilizan los paneles solares para suplir la electricidad que producen al establecimiento, estos serán mencionados a continuación:

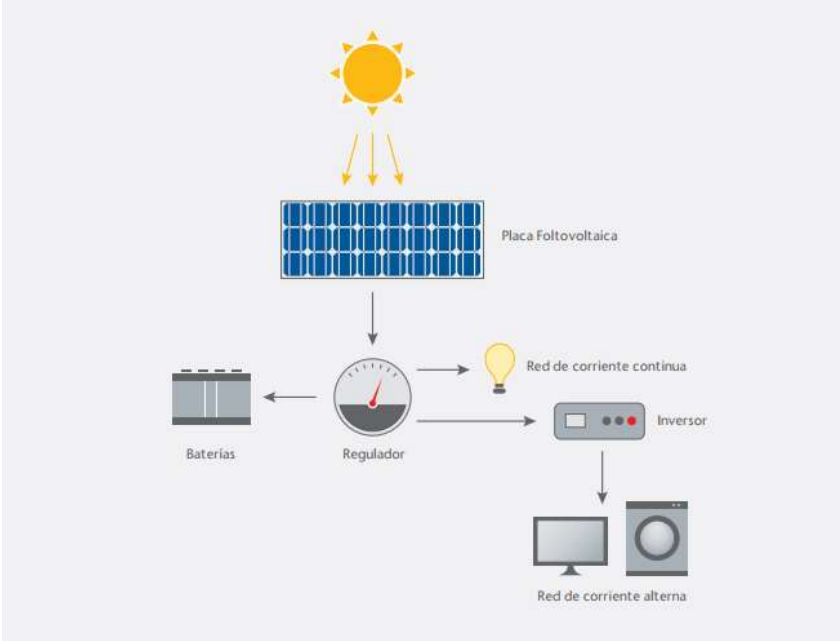
Un inversor se encarga de transformar la corriente continua del sistema en corriente alternativa. Es decir que transforma la energía que capta el panel de CC a CA (siglas de corriente continua y corriente alterna).

Utiliza una batería la cual solo está presente en instalaciones autónomas, esta batería se encarga de proporcionar la energía cuando la luz solar no esté presente, como en días nublados o en la noche y al mismo tiempo acumula energía.

También utiliza un regulador este dispositivo se encarga de controlar constantemente el estado de carga de las baterías, así como de regular la intensidad de carga con el fin de alargar la vida útil de las baterías.

También usa un medidor bidireccional el cual se encarga de medir la cantidad de energía usada en un mes que utiliza la edificación y mide la energía que proporciona la central energética de la cual depende el edificio, en algunos casos se usa para medir la cantidad de energía que la central energética usa y pagarle a su proveedor. En otros casos protege a los acumuladores de sobrecargas.

Figura III: Esquema de instalación fotovoltaica aislada



(Damiasolar.com.2018)

Cabe mencionar que cuando la instalación no es aislada (o sea, que el lugar donde se realiza la instalación está conectada a la red) el número de componentes necesarios se reduce a los siguientes: Los módulos fotovoltaicos y los inversores.

3. Resultados

3.1 Consumo de energía

A continuación, se muestran las tablas elaboradas a partir del consumo de los aparatos electrónicos de los edificios 1 y 2, ambos cruciales para las etapas posteriores de este proyecto.

Tabla I: Consumo, nave 1

Nombre de dispositivos	Cantidad	Potencia (W)	Potencial total	Consumo (KW/h)	Horas de uso	Consumo (diario)	Consumo (mensual)	Consumo (anual)
Ventiladores	24	82,5	1980	1,98	8	15,84	475,2	5,781,6
Abanicos	7	66,2	463,4	0,4634	8	3,7072	111,216	1353,128
Monitores	20	14,98	299,6	0,2996	8	2,3968	71,904	874,832
CPU	20	506	10120	10,12	8	80,96	2428,8	29550,4
Lamparas	51	120	6120	6,12	8	48,96	1468,8	17870,4
Bombillas pequeñas	12	30	360	0,36	16	5,76	172,8	2102,4
Bombillas grandes	5	160	800	0,8	10	8	240	2920
Impresora	3	2200	6600	6,6	0,5	3,3	99	1204,5
Modem	2	5	10	0,01	24	0,24	7,2	87,6
Nevera	1	300	300	0,3	5	1,5	45	547,5
Bebedero	2	148,5	297	0,297	24	7,128	213,84	2601,72
Aire acondicionado	3	2645	7935	7,935	9	71,415	2142,45	26066,475
Freezer	1	448,5	448,5	0,4485	8	3,588	107,64	1309,62
Freezer	1	258	258	0,258	8	2,064	61,92	753,36
Foto copiadora	3	795	2385	2,385	2	4,77	143,1	1741,05
Multiserver	1	22,2	22,2	0,0222	8	0,1776	5,328	64,824
Nevera	1	145	145	0,145	5	0,725	21,75	264,625
microscopio 1	11	15	165	0,165	0,1	0,0165	0,495	6,0225
microscopio 2	14	30	420	0,42	0,1	0,042	1,26	15,33
Freezer	1	180	180	0,18	8	1,44	43,2	525,6
Teléfono	2	2,75	5,5	0,0055	24	0,132	3,96	48,18
Proyector	4	319	1276	1,276	6,5	8,294	248,82	3027,31
Amplificador	4	50	200	0,2	2	0,4	12	146
Abanico Pared	7	66,2	463,4	0,4634	9	4,1706	125,118	1522,269
Microondas	1	1600	1600	1,6	0,1	0,16	4,8	58,4
Cafetera	1	900	900	0,9	0,58	0,522	15,66	190,53
Ups	20	650	13000	13	8	104	3120	37960
Portátiles	5	17	85	0,085	4	0,34	10,2	124,1
Total			56838,6			380,0487	11401,461	138717,7755
Sub-total			47006,6			293,4257	9040,371	

Tabla II: Consumo, nave 3

Nombre de dispositivos	Cantidad	Potencia (Watts)	Potencia total	Consumo (KWh)	Horas de uso	Consumo (día)	Consumo (mensual)	Consumo (anual)	
Ventiladores	36	82,5	2970	2,97	8	23,76	712,8	8672,4	
Abanicos	3	66,2	198,6	0,1986	5	0,993	29,79	362,445	
Monitores	33	13	429	0,429	4,5	1,9305	57,915	704,6325	
Proyectores	4	319	1276	1,276	6,5	8,294	248,82	3027,31	
Bomba de agua	1	1491,4	1491,4	1,4914	4	5,9656	178,968	2177,444	
Materiales de Física	1	325	325	0,325	2	0,65	19,5	237,25	
Materiales de Ingeniería	1	238,5	238,5	0,2385	2	0,477	14,31	174,105	
Cafetera	6	240	1440	1,44	0,2	0,288	8,64	105,12	
Multi-Server	30	22,2	666	0,666	8	5,328	159,84	1944,72	
Lamparas	62	120	7440	7,44	9	66,96	2008,8	24440,4	
Bombillas pequeñas	19	30	570	0,57	8	4,56	136,8	1664,4	
Bombillas grandes	3	160	480	0,48	8	3,84	115,2	1401,6	
Impresora	3	2200	6600	6,6	0,4	2,64	79,2	963,6	
Impresora 3D	1	509,6	509,6	0,5096	0,03	0,015288	0,45864	5,58012	
Modem	3	5	15	0,015	9	0,135	4,05	49,275	
Bebedero	1	143	143	0,143	9	1,287	38,61	469,755	
Aire acondicionado	3	2645	7935	7,935	8	63,48	1904,4	23170,2	0
Total			32727,1			190,60	5718,10	69570,23662	
Sub-total			22699,5			125,53	3765,99		

En las tablas que mostraremos a continuación se puede observar la cantidad de equipos electrónicos que contiene el edificio 1 y 2, los datos van desde la cantidad detallada de los equipos, horas de uso estimada, potencia nominal de los aparatos, potencia total (dato que se usaría posteriormente para identificar los consumos diarios, mensuales y anuales) así como los consumos. Estos datos en conjunto con los de la nave 3 se utilizaron en la tabla 3 para estimar la energía total del liceo.

3.2 Calculo del sistema aislado

En esta tercera tabla se nos presenta los datos de radiación disponible en el lugar de radiación del lugar, dichos datos son obtenidos de la página NASA Surface meteorology and Solar Energy (NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data, 2018), datos muy importantes puesto que para el dimensionamiento del sistema se usó el método del peor mes, el cual consiste en diseñar un sistema que satisfaga la demanda de energía cuando la radiación solar es la menor, entonces si el sistema es capaz de funcionar en el peor mes funcionara también en los meses como más radiación.

Tabla III: Radiación Solar disponible

Mes	Radiación (kWh/m2)	Energía consumida (kW/h)	Dias	Energía (kW)	Factor de energía
Enero	5.41	17120	31	552.2580645	0.009796145
Febrero	6.34	17120	28	611.4285714	0.010369159
Marzo	7.16	17120	31	552.2580645	0.012964953
Abril	7.46	17120	30	570.6666667	0.01307243
Mayo	7.44	17120	31	552.2580645	0.013471963
Junio	5.91	17120	30	570.6666667	0.010356308
Julio	5.11	17120	31	552.2580645	0.009252921
Agosto	5.2	17120	31	552.2580645	0.009415888
Septiembre	5.9	17120	30	570.6666667	0.010338785
Octubre	5.99	17120	31	552.2580645	0.010846379
Noviembre	5.43	17120	30	570.6666667	0.009515187
Diciembre	5.07	17120	31	552.2580645	0.009180491
				552,258.06W	

La segunda etapa o fase **Datos de radiación solar disponible,** consistió una serie de cálculos necesarios para determinar la radiación solar disponible en la zona que comprendía nuestro liceo, las fórmulas que se presentaran a continuación fueron las que se utilizaron en proceso de cálculo de estos datos:

Declinación solar

$$\delta = 23.45\ sen\left(360 \cdot \frac{284+d_n}{365}\right)$$

$$\delta = 23.45\ sen\left(360 \cdot \frac{284+350}{365}\right)$$

$$\boldsymbol{\delta = -23.37}$$

d_n=total de dias hasta mediana del mes de $d_n = 350$

Angulo de Salida del sol

$$w_s = -\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\emptyset))$$

$$w_s = -\arccos(-\tan(-23.37) \cdot \tan(19.204))$$

$$\boldsymbol{w_s = -81.34°}$$

$\delta = -23.37$

$\emptyset = 19.204$

$\delta = Declinacion\ solar$

$\emptyset = Latitud\ del\ lugar$

Factor de excentricidad

$$E = 1 + 0.033 \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{d_n}{265}\right)$$

$$E = 1 + 0.033 \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{350}{265}\right)$$

$$\boldsymbol{E = 1.032}$$

d=total de dias hasta mediana del mes de octubre

n=mitad de los días del mes de octubre

$d_n = 350$

Radiación solar sobre plano horizontal

$$H_{d,m(0)} = \left(\frac{t}{\pi}\right) I_0 \cdot E_0 \cdot [-\left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot \left(w_s \cdot sen(\emptyset) \cdot sen(\delta)\right) - (\cos(\emptyset) \cdot \cos(\delta) \cdot sen(w_s)]$$

$$H_{d,m(0)} = \left(\frac{24}{\pi}\right) 1367 \cdot 1.032 \cdot [-(\frac{\pi}{180}) \cdot (-81.34 \cdot sen(19.204) \cdot sen(-23.37) - (\cos(19.204) \cdot \cos(23.37) \cdot sen(-81.34)]$$

$$\boldsymbol{H_{d,m(0)} = 7226.58\ Wh/m^2}$$

$W_{ss} = Angulo\ de\ salida\ del\ sobre\ un\ plano\ inclinado$

$I_0 = constante\ solar$

$E_0 = Factor\ de\ excentricidad$

T=longitud del día

$\delta = Declinacion\ solar$

$\emptyset = Latitud\ del\ lugar$

$I_0 = 1367\ w/m^2$

$E_0 = 1.032$

$w_s = -81.34$

$\emptyset = 19.204$

$\delta = -23.37$

T=24h

Índice de claridad

$$K_{Tm} = \left(\frac{G_{d,n(0)}}{H_{d,m(0)}}\right)$$

$$K_{Tm} = (\frac{5070}{7226.58})$$

$$\boldsymbol{K_{Tm} = 0.7}$$

$G_{d,n(0)} = Radiacion\ solar\ global$

$H_{d,m(0)}$=Radiacion solar horizontal

$G_{d,n(0)} = 5070$

$H_{d,m(0)} = 7226.58$

Fracción difusa de la radiación

$$F_{dm} = 1 - 1.13(K_{tm})$$

$$F_{dm} = 1 - 1.13(0.7)$$

$$\boldsymbol{F_{dm} = 0.209}$$

$K_{tm} = Indice\ de\ claridad$
$K_{tm} = 0.7$

Radiación difusa (plano horizontal)

$$D_{d,m(0)} = G_{d,m(0)} \cdot F_{d,m(0)}$$

$$D_{d,m(0)} = 5070 \cdot 0.209$$

$$\boldsymbol{D_{d,m(0)} = 1059.6\ Wh/m^2}$$

$G_{d,m(0)} = Radiacion\ solar\ global$

$F_{d,m(0)} = Fraccion\ difusa$

$G_{d,m(0)}$=5070

$F_{d,m(0)} = 0.209$

Angulo de salida del sol sobre plano inclinado

$$w_{ss} = \max\{w_s, -\arccos(-\tan(\delta) \cdot (\tan(\emptyset - \beta))\}$$

$$w_{ss} = \max\{-81.34,\ -\arccos(-\tan(-23.37) \cdot (\tan(19.04 - 19))\}$$

$$\boldsymbol{w_{ss} = -81.34}$$

$W_s = Angulo\ de\ salida\ del\ sol$

$\delta = Declinacion\ solar$

$\emptyset = Latitud\ del\ lugar$

$\beta = Angulo\ de\ inclinacion\ de\ los\ paneles$

$W_s = -81.34$

$\delta = -23.37$

$\emptyset = 19.04$

$\beta = 19$

Factor de corrección

$$k = \left(\frac{W_{SS}\left(\frac{\pi}{180}\right)\ sen(\delta)\cdot sen(\emptyset-\beta)+\left(\cos(\delta)\cdot\cos(\emptyset+\beta)\cdot sen(w_{ss})\right)}{W_S\left(\frac{\pi}{180}\right)\cdot sen(\delta)\cdot sen(\emptyset)+\left(\cos(\delta)\cdot\cos(\emptyset)\cdot sen(w_s)\right)}\right)$$

$$k = \left(\frac{-81.34°\left(\frac{\pi}{180}\right)sen(-23.37°)\cdot sen(19.04° - 19°) + \left(\cos(-23.37°)\cdot\cos(19.204° + 19°)\cdot sen(-81.34°)\right)}{-81.34°\left(\frac{\pi}{180}\right)sen(-23.37°)\cdot sen(19.04°) + (\cos(-23.37°)\cdot\cos(19.04°)\cdot sen(-81.34°))}\right)$$

$$\boldsymbol{k = 0.82°}$$

$W_{ss} = Angulo\ de\ salida\ del\ sol\ sobre\ un\ plano\ inclinado$

$W_s = Angulo\ de\ salida\ del\ sol$

$\delta = Declinacion\ solar$

$\emptyset = Latitud\ del\ lugar$

$\beta = Inclinacion\ del\ panel$

$W_{ss} = -81.34$

$W_s = -81.34$

$\delta = -23.37$

$\emptyset = 19.204$

$\beta = 19$

Radiación directa sobre panel inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{d,m(0)} \cdot k$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 7226.58\, Wh/m^2 \cdot 0.82°$$

$$\boldsymbol{H_{(\beta,\alpha)} = 5925.8\, Wh/m^2}$$

k=Factor de corrección

$k = 0.82°$

Radiación que llega al plano inclinado

$$H = G_{d,m(0)} - D_{d,m(0)}$$

$$H = 5070\, kWh/m^2 \ - 1059\, Wh/m^2$$

$$\boldsymbol{H = 4010.4}$$

$G_{d,m(0)} = Radiacion\ solar\ global$

$D_{d,m(0)} = Radiacion\ difusa\ del\ plano\ horizontal$

$G_{d,m(0)} = 5070\, kWh/m^2$

$D_{d,m(0)} = 1059\, Wh/m^2$

Radiación difusa sobre panel inclinado

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_{d,m(0)}\left(\frac{1+\cos(\beta)}{2}\right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 1059.6 \cdot \left(\frac{1+\cos(19°)}{2}\right)$$

$$\boldsymbol{D_{(\beta,\alpha)} = 1030.74}$$

$D_{d,m(0)} = Radiacion\ difusa\ del\ plano\ \mathrm{h}orizontal$

$\beta = Inclinacion\ del\ panel$

$D_{d,m(0)} = 1059.6$

$\beta = 19°$

Radiación albedo del panel inclinado

$$AL = \frac{\rho \cdot G_{d,m(0)} \cdot (1-\cos(\beta)}{2}$$

$$AL = \frac{0.2 \cdot 5070 \cdot (1-\cos(19)}{2}$$

$$\boldsymbol{AL = 27.62\ Wh/m^2}$$

$\beta = inclinacion\ del\ panel\ solar$

$\rho = Reflectividad\ del\ suelo$

$G_{d,m(0)} = Radiacion\ solar\ global$

p=0.2

$G_{d,m(0)} = 5070$

$\beta = 19$

Radiación total sobre el panel inclinado

$$G_{(\beta,\alpha)} = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

$$G_{(\beta,\alpha)} = 4010.4 + 1030.74 + 27.62$$

$$\boldsymbol{G_{(\beta,\alpha)} = 5068.76\ Wh/m^2}$$

$H_{(\beta,\alpha)} = Radiacion\ que\ llega\ al\ plano\ inclinado$

$D_{(\beta,\alpha)} = Radiacion\ difusa\ en\ el\ plano\ inclinado$

$AL_{(\beta,\alpha)} = Radiacion\ albedo\ del\ panel\ inclinado$

$H_{(\beta,\alpha)} = 4010.4$

$D_{(\beta,\alpha)} = 1030.74$

$AL_{(\beta,\alpha)} = 27.62$

Horas Pico solares

$$HPS(\mathrm{h}) = \frac{G_{(\beta,\alpha)}\ kW\mathrm{h}/m^2 \cdot dia}{1\ kW/m^2 \cdot dia}$$

$$HPS(\mathrm{h}) = \frac{5068.76\ kW\mathrm{h}/m^2 \cdot dia}{1\ kW/m^2 \cdot dia}$$

$$\boldsymbol{HPS(h) = 5.06\ h}$$

$G_{(\beta,\alpha)} = Radiacion\ total\ sobre\ plano\ inclinado$

$G_{(\beta,\alpha)} = 5068.76$

Luego en la tercera fase **Dimensionamiento de generadores fotovoltaicos,** nos concentramos en determinar la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios, para ello nos basamos en las siguientes expresiones:

Rendimiento de la instalación

$$R = 1 - \left[(1 - b - c - v)a \cdot \frac{N}{Pd}\right] - b - c - v$$

$$R = 1 - \left[(1 - 0.05 - 0.2 - 0.05)0.005 \cdot \frac{3}{0.8}\right] - 0.1 - 0.2 - 0.15$$

$$\boldsymbol{R = 0.687}$$

b=Coeficiente de perdida por rendimiento en las baterías.	*b=0.05*
c=Coeficiente de pérdidas por el inversor	*c=0.2*
v=Coeficiente de otras perdidas	*v=0.05*
a=Coeficiente de descarga	*a=0.005*
N=Días de autonomía	*N=3*
Pd=Profundidad de descarga	$Pd = 0.3$

Energía necesaria

$$E_N = \frac{E_t}{R}$$

$$E_N = \frac{552300}{0.687}$$

$$\boldsymbol{E_N = 803869 \;\; Wh/dia}$$

$E_t = Energia\ total\ del\ peor\ mes$

R=Rendimiento de la instalación

$E_t = 552300\ W$

R=0.68

Potencia Pico

$$P_p = \frac{E_N}{HPS}$$

$$P_p = \frac{850354.43\ W\text{h}}{5.06}$$

$$\boldsymbol{P_p = 158867\ W}$$

$E_N = Energia\ necesaria$

$HPS = Horas\ pico\ solares$

$E_N = 850354.43$

HPS=5.06

$HPS = Horas\ pico\ solares$

$E_N = 850354.43$

HPS=5.06

Numero de paneles solares

$$N_p = \frac{P_p}{0.9 \cdot P_{modulo}}$$

$$N_p = \frac{158867\ W}{0.9 \cdot 365\ W}$$

$$\boldsymbol{N_p = 484}$$

$P_p = Potencia\ pico$

$P_{modulo} = Potencia\ del\ modulo\ fotovoltaico$

$P_p = 158867\ \text{W}$

$P_{modulo} = 365\ W$

Para nuestra cuarta etapa **Dimensionando los acumuladores solares,** precisamos de unas formulas explicadas a continuación que fueron las que indicaron los datos necesarios para determinar la cantidad de baterías necesarias para cubrir con los requisitos que demanda nuestra instalación.

Capacidad del banco de baterías

$$Q_T(A\text{h}) = \frac{Energia(W\text{h}/dia) \cdot dias\ de\ autonomia}{(Voltaje\ de\ la\ Bat.) \cdot (Pd) \cdot (Eficiencia\ de\ las\ Bat)}$$

$$Q_T(A\text{h}) = \frac{570000\ W\text{h}/dia\ \cdot 3}{24\ v \cdot 0.8 \cdot 0.8}$$

$$\boldsymbol{Q_T(A\text{h}) = 111,328\ A\text{h}}$$

$Pd = Profundidad\ de\ descarga$
$Pd = 0.8$

Número Total de baterías

$$T_{Bat} = \frac{C_t}{C_{Bat}}$$

$$T_{Bat} = \frac{111{,}328}{4600}$$

$$\boldsymbol{T_{Bat} = 24\ baterias}$$

$C_t = Capacidad\ total$
$C_{Bat} = Capacidad\ de\ la\ bateria$

$C_t = 111{,}328 A\text{h}$

$C_{Bat} = 4600\ A\text{h}$

Dentro de que es la quinta etapa **Dimensionando el regulador,** nos enfocamos en determinar la potencia que deben de manejar el regulador de voltaje, así como también la cantidad de los mismos. Para ello nos enfocamos en las siguientes expresiones:

Potencia de los reguladores

Para determinar la potencia de los reguladores nos asentamos en la alta potencia de todos los equipos consumidores, basándonos es estos elegimos el regulador más potente que encontramos en el mercado, el mismo fue de 140 A.

Numero de reguladores

$$r = \frac{P_{modulo}}{V_f}$$

$$r = \frac{365}{27.6}$$

$$r = 14\ reguladores\ de\ 140\ A$$

$$P_{modulo} = Potencia\ del\ modulo\ fotovoltaico$$

$$V_f = Voltaje\ de\ flotacion\ de\ la\ bateria$$

$$P_{modulo} = 365\ W$$

$$V_f = 27.6\ V$$

Para nuestra fase final **Dimensionando el inversor,** en esta última parte nos decidimos a calcular el elemento más importante de la instalación, para ello nos centramos en la siguiente fórmula:

Potencia del inversor

$$P_{inv.} = 1.002 \cdot P_{AC}$$

$$P_{inv.} = 1.002 \cdot 89565$$

$$P_{inv.} = 90117\ W$$

$$P_{AC} = Potencia\ de\ las\ cargas\ en\ alterna$$

$$P_{AC} = 89565\ W$$

Número total de inversores

$$T_{inv.} = \frac{P_{inv}}{P_{invu.}}$$

$$T_{inv.} = \frac{90{,}117}{10000}$$

$$\boldsymbol{T_{inv.} = 10\ inversores}$$

$P_{AC} = Potencia\ de\ las\ cargas\ en\ alterna$

$P_{inv.} = Potencia\ de\ un\ inversor$

$P_{inv} = 90117\ W$

$P_{invu.} = 10000\ W$

3.3 Calculo del sistema conectado a la red

Basándonos en la fase 1, 2 y 3 podemos proseguir a diseñar un sistema fotovoltaico que esté conectado a la red, para ello utilizamos un programa de diseño de sistemas fotovoltaico llamado Sunny design 3 facilitado por el antiguo estudiante del Liceo Científico Wilson de Jesús. El programa en cuestión se especializa en diseñar sistemas de paneles solares ya sean: conectados a la red (sistema, aislado), desconectado (red sin autoconsumo) o una combinación de ambos casos (sistema hibrido) desde los datos meteorológicos de la zona de instalación hasta el financiamiento de los equipos. Se decidió utilizar este programa porque el método de diceño que emplea es similar al que nosotros utilizamos para diseñar la instalación de los paneles. A continuación, mostraremos la información proveniente de dicho programa:

Figura IV: Vista General del sistema

Nombre del proyecto:	**Liceo sin autoconsumo**	**Emplazamiento: Dominican Republic / Villa Tapia**
Número del proyecto:	---	
		Tensión de red: 240V (120V / 240V)

Vista general del sistema

161 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017) (Generador FV 1)
Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre, Potencia pico: 58,77 kWp

161 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017) (Generador FV 2)
Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre, Potencia pico: 58,77 kWp

162 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017) (Generador FV 3)
Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre, Potencia pico: 59,13 kWp

5 x SB 10000TLUS-12 - 240VAC

13 x SB 7700TL-US-22 - 240VAC

1 x SB 7.0-1SP-US-40 - 240V

Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	484	Rendimiento energético anual*:	303,64 MWh
Potencia pico:	176,66 kWp	Factor de aprovecham. de energía:	99,7 %
Número de inversores fotovoltaicos:	19	Coeficiente de rendimiento*:	85,4 %
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	156,84 kW	Rendimiento energético específico*:	1719 kWh/kWp
		Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia activa de CA:	157,34 kW	Carga desequilibrada:	156,84 kVA
Relación de la potencia activa:	89,1 %		
Relación de la potencia activa:	89,1 %		

En esta parte se nos presta un resumen detallado del sistema, indicando la cantidad de módulos fotovoltaicos (divididos en tres en este caso para distribuir la potencia entre los inversores de una forma más eficiente), el número total de inversores fotovoltaicos, así como datos técnicos del sistema como, por ejemplo: Potencia pico, rendimiento energético anual, potencia de los inversores etc.

Figura V: Datos de los Inversores de la planta 1

Evaluación del diseño

5 x SB 10000TLUS-12 - 240VAC (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	54,75 kWp
Cantidad total de módulos:	150
Número de inversores fotovoltaicos:	5
Potencia de CC máx.:	10,40 kW
Potencia máxima de CA:	10,10 kW
Tensión de red:	240V (120V / 240V)
Ratio de potencia nominal:	95 %
Factor de dimensionamiento:	108,4 %

SB 10000TLUS-12 - 240VAC

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1

30 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017), Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre

	Entrada A:
Número de strings:	3
Módulos fotovoltaicos por string:	10
Potencia pico (de entrada):	10,95 kWp
Tensión FV normal:	364 V
Tensión mín.:	351 V
Tensión de CC mín. (Tensión de red 240 V):	344 V
Máx. tensión:	485 V
Tensión de CC máx.	600 V
Corriente máx. del generador:	27,8 A
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación	30,2 A

La siguiente figura hace mención de los datos técnicos del tercer grupo de inversores (en este caso llamado planta), se nos muestra el esquema de conexión de este inversor a los paneles, así como datos de su voltaje y corriente de entrada y salida.

Figura VI: Datos de los inversores de la planta 2

13 x SB 7700TL-US-22 - 240VAC (Parte de la planta 2)

Potencia pico:	113,88 kWp
Cantidad total de módulos:	312
Número de inversores fotovoltaicos:	13
Potencia de CC máx.:	8,00 kW
Potencia máxima de CA:	7,68 kW
Tensión de red:	240V (120V / 240V)
Ratio de potencia nominal:	91 %
Factor de dimensionamiento:	114,1 %

SB 7700TL-US-22 - 240VAC

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 2
12 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017), Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre

Entrada B: Generador FV 3
12 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017), Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre

	Entrada A:	Entrada B:
Número de strings:	1	1
Módulos fotovoltaicos por string:	12	12
Potencia pico (de entrada):	4,38 kWp	4,38 kWp
Tensión FV normal:	436 V	436 V
Tensión mín.:	421 V	421 V
Tensión de CC mín. (Tensión de red 240 V):	125 V	125 V
Máx. tensión:	582 V	582 V
Tensión de CC: máx.	600 V	600 V
Corriente máx. del generador:	9,3 A	9,3 A
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación	18 A	18 A

Nuevamente la figura anterior expone los datos del segundo grupo de inversores, los mismos (como os anteriores) van desde los datos técnicos de los inversores hasta la corriente de entrada y salida

Figura VII: Datos del inversor de la planta 3

1 x SB 7.0-1SP-US-40 - 240V (Parte de la planta 3)

Potencia pico:	8,03 kWp
Cantidad total de módulos:	22
Número de inversores fotovoltaicos:	1
Potencia de CC máx.:	7,35 kW
Potencia máxima de CA:	7,00 kW
Tensión de red:	240V (120V / 240V)
Ratio de potencia nominal:	92 %
Factor de dimensionamiento:	114,7 %

SB 7.0-1SP-US-40 - 240V

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1
11 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017), Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre

Entrada B: Generador FV 2
5 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017), Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre

Entrada C: Generador FV 3
6 x CS Wismar GmbH Excellent 365PERC72 smart (02/2017), Acimut: Orientación automática, Inclinación: 19 °, Tipo de montaje: Montaje libre

	Entrada A:	**Entrada B:**	**Entrada C:**
Número de strings:	1	1	1
Módulos fotovoltaicos por string:	11	5	6
Potencia pico (de entrada):	4,02 kWp	1,83 kWp	2,19 kWp
Tensión FV normal:	✓ 400 V	✓ 182 V	✓ 218 V
Tensión mín.:	386 V	175 V	210 V
Tensión de CC mín. (Tensión de red 240 V):	100 V	100 V	100 V
Máx. tensión:	✓ 533 V	✓ 243 V	✓ 291 V
Tensión de CC: máx.	600 V	600 V	600 V
Corriente máx. del generador:	✓ 9,3 A	✓ 9,3 A	✓ 9,3 A
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación	10 A	10 A	10 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de	18 A	18 A	18 A
Corriente máx. de cortocircuito (planta fotovoltaica):	✓ 9,9 A	✓ 9,9 A	✓ 9,9 A

La siguiente figura hace mención de los datos técnicos del tercer grupo de inversores (como en los casos anteriores), se nos muestra el esquema de conexión de este inversor a los paneles, así como datos de su voltaje y corriente de entrada y salida.

Figura VIII: Dimensionamiento y perdidas en el cableado

Dimensionado del cableado

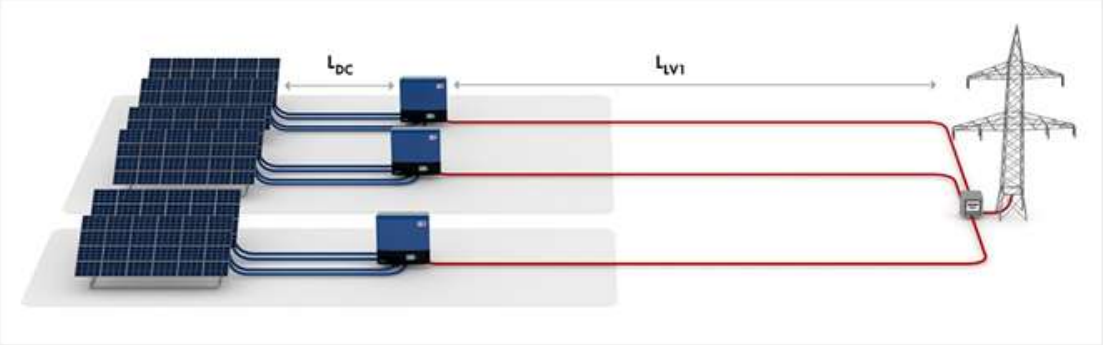
Nombre del proyecto: Liceo sin autoconsumo **Emplazamiento: Dominican Republic / Villa Tapia**

Número del proyecto:

Vista general

	CC	BT	Total
Pérdida de potencia en funcionamiento nominal	166,58 W	791,81 W	958,39 W
Pérdida relativa de potencia en funcionamiento nominal	0,09 %	0,50 %	0,59 %
Longitud total del cable	880,00 m	190,00 m	1070,00 m
Secciones de cable	10 mm²	10 mm²	10 mm²

Gráfico



Cables de CC

		Material de los cables	Longitud simple	Sección	Caída de tensión	Pérdida relativa de potencia
Subproyecto 1						
5 x SB 10000TLUS-12 - 240VAC Parte de la planta 1	A	Cobre	10,00 m	10 mm²	322,8 mV	0,09 %
13 x SB 7700TL-US-22 - 240VAC Parte de la planta 2	A	Cobre	10,00 m	10 mm²	379,1 mV	0,09 %
	B	Cobre	10,00 m	10 mm²	379,1 mV	0,09 %
1 x SB 7.0-1SP-US-40 - 240V Parte de la planta 3	A	Cobre	10,00 m	10 mm²	379,1 mV	0,09 %
	B	Cobre	10,00 m	10 mm²	379,1 mV	0,21 %
	C	Cobre	10,00 m	10 mm²	379,1 mV	0,17 %

Cables LV1

	Material de los cables	Longitud simple	Sección	Resistencia de línea	Pérdida relativa de potencia
Subproyecto 1					
5 x SB 10000TLUS-12 - 240VAC Parte de la planta 1	Cobre	10,00 m	10 mm²	R: 34,400 mΩ XL: 1,500 mΩ	0,60 %
13 x SB 7700TL-US-22 - 240VAC Parte de la planta 2	Cobre	10,00 m	10 mm²	R: 34,400 mΩ XL: 1,500 mΩ	0,46 %
1 x SB 7.0-1SP-US-40 - 240V Parte de la planta 3	Cobre	10,00 m	10 mm²	R: 34,400 mΩ XL: 1,500 mΩ	0,42 %

En este caso la figura nos indica en qué medida la potencia decaerá por la resistencia de los cables eléctricos, así como también nos proporciona datos de los mismos.

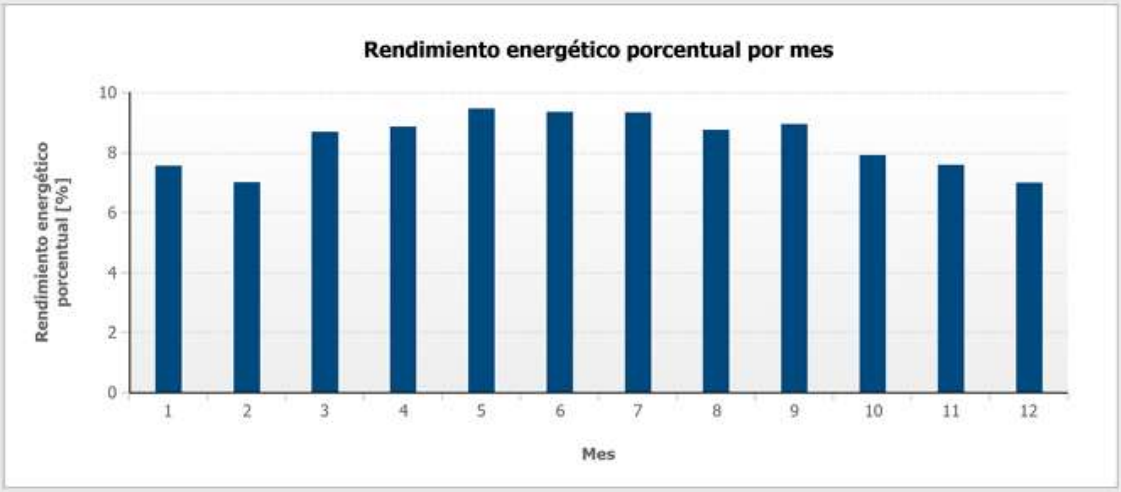
Figura IX: Rendimiento energético de la instalación

Valores mensuales

Nombre del proyecto: Liceo sin autoconsumo **Emplazamiento: Dominican Republic / Villa Tapia**

Número del proyecto:

Diagrama

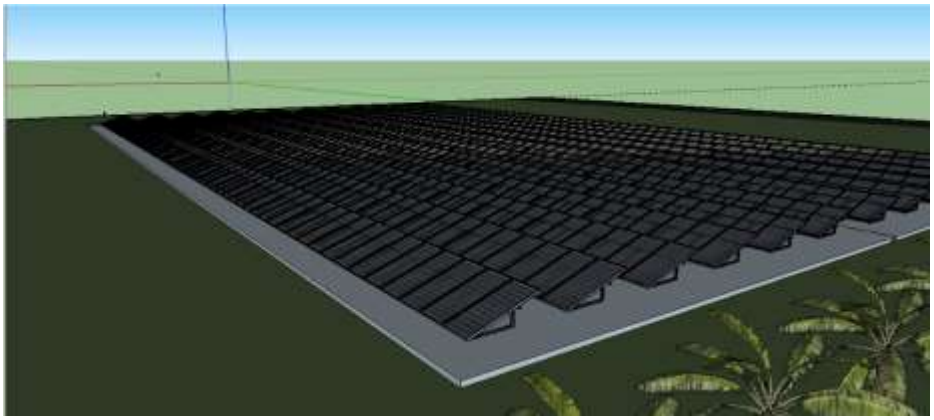


Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Coeficiente de rendimiento
1	22822 (7,5 %)	86 %
2	21155 (7,0 %)	86 %
3	26273 (8,7 %)	85 %
4	26796 (8,8 %)	85 %
5	28597 (9,4 %)	85 %
6	28274 (9,3 %)	86 %
7	28227 (9,3 %)	85 %
8	26477 (8,7 %)	85 %
9	27065 (8,9 %)	85 %
10	23912 (7,9 %)	85 %
11	22906 (7,5 %)	86 %
12	21132 (7,0 %)	85 %

En esta figura se recopila el rendimiento energético que tendrá la instalación por mes, considerando las perdidas por días desfavorables y el rendimiento neto de los equipos.

Figura X: Ubicación de la instalación fotovoltaica



Los paneles solares se ubicarán en la parte oeste del liceo, exactamente donde hay un solar, se colocarán en esa parte, debido a que la cantidad necesaria de paneles para suplir al liceo eran en total 484, de modo que no fue posible colocarlos en el techo, pero hacer esto nos trajo unos cuantos beneficios como, por ejemplo: Dar el ángulo más optimo según nuestras condiciones y no limitarse a la inclinación del techo, también nos trajo un mayor tiempo de exposición de los paneles al sol.

4. Financiamiento

A continuación, mostraremos una lista con el costó monetario necesario para mantener los sistemas que pensamos instalar para la institución y de paso haremos una comparación rápida entre dos sistemas.

-Paneles solares 365W: 484 unid. * Precio por unid.: US$ 300= US$ 145,200.40

-Inversores 5000W: 10 unid. * Precio por unid.: US$1,026.72 = US$ 10,264.20

-Reguladores 140A (sistema aislado): 14 unid.: US$ 1,739.80 = US$ 24,346.20

-Batería 24v 4600Ah (sistema aislado): 24 unid.: US$ 19,999.38 = US$ 479,985.00

La siguiente comparación monetaria será en base a 20 años de utilidad:

Línea comercial: US$ 982,668 dólares ≠ Aislado: US$ 659,795.6

Línea comercial: US$ 982,668 pesos ≠ Conectado a la red y paneles: US$ 190,970.85

5. Análisis y conclusiones

Tras finalizar todos los cálculos concluimos que el consumo mensual de electricidad en el liceo científico es de 17,120 kW estimamos que serían US$ 4,095 mensualmente lo que anualmente serian US$ 49,134. Por lo que usar el sistema de paneles solares conectados a la red para disminuir este coste es la mejor opción ya que en comparación cada 20 años se pagarían US$ 190,970.85 (como ventaja de este sistema el excedente será enviado a la compañía de electricidad afiliada la cual le pagara a la institución por producir electricidad para ellos, este pago dependerá de que compañía se trate) envés de US$ 49,134 anualmente que en 20 años seria US$ 982,668. De modo que surgió la siguiente pregunta ¿Por qué no un sistema de paneles aislado de la línea comercial? Luego de hacernos esta pregunta hicimos el cálculo de las baterías, reguladores e inversores necesarios para poder almacenar energía en el caso de días nublados o lluviosos y al final la rentabilidad de dicho sistema no era la

más optima por una razón, el costo monetario a largo plazo, estimamos un total de más de treinta millones de pesos (alrededor de US$ 659,795 millones) para renovar el sistema según el tiempo de vida útil de los materiales que en este caso es de 20 años, cuando este tiempo pasa se tiene que remplazar dichos materiales dentro de este intervalo serían necesarios más de veinte millones de pesos para renovar el sistema haciendo resaltar la baterías que serían las más afectadas ya que la cantidad necesaria es inmensa lo que significa que gran parte de tal precio se debe a eso.

5.1 Defectos o problemas en nuestros métodos

En el proceso de esta investigación lidiamos con 3 grandes problemas los cuales fueron los siguientes; algo que fue de vital importancia para esta investigación fue la factura eléctrica que en el caso de haber tenido acceso desde un principio nos hubiésemos ahorrado mucho tiempo del cual nos pasamos calculando el consumo total de las instalaciones. El acceso a esta herramienta se nos hizo imposible ya que el personal administrativo nos informó que no tenían dichos documentos. Por otro lado, para obtener un resultado que fuera coherente probamos más de una fórmula para calcular materiales como, el número de baterías y la cantidad de reguladores. Pero con cada fórmula que probamos los resultados cambian para mal o para bien esto nos restó más tiempo de lo que estimamos y por último a la hora de hacer los cálculos nos damos cuenta de varios errores ya que eran formulas muy extensas que necesitaban de muchas variables y ya que somos humanos siempre se nos escapaba alguna.

5.2 Aportes a futuras investigaciones

Al finalizar esta investigación fuimos capaces de obtener resultados como el número de paneles, cantidad de baterías, inversores y reguladores además hacer uso de un programa especializado en él tema. Dejamos tras nosotros una buena base que servirá de punto de apoyo a cualquier grupo o persona que desee replicar este proceso no solo en el liceo científico si no en cualquier otra institución que quiera bajar el costo de la factura eléctrica y adentrarse al mundo de la energía renovable.

6. Referencias

Aguilar Espinales, O. E., Sandoval, G., de los Santos, M., Romero, G., & Danilio, O. (2006). *Viabilidad de la implementación de proyectos de energía alternativa (energía solar) e importación de equipos para la transformación de energía solar para el sector agropecuario en Occidente de Nicaragua* (Doctoral dissertation).

Álvarez, L. Á. M. *OPTIMIZACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO ASOCIADO A LA ENERGÍA SOLAR FV MEDIANTE EL CONCEPTO DE CENTRO DE SERVICIOS COMPARTIDOS*.

Cruz, R. M. (2016). *Calibración de técnicas de deposición de películas finas para la fabricación de celdas solares orgánicas nanoestructuradas* (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones.).

Damiasolar.com. (2018). *Como funciona el efecto fotovoltaico*

NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data. (2018). *Eosweb.larc.nasa.gov*. Retrieved 12 January 2018, from https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/

Santamarta, J. (2006). *Las energías renovables son el futuro.*

Simulatons, P. I. *El Efecto Fotoeléctrico. University of Colorado Boulder*.

Solar, E. (2007). *Energía solar fotovoltaica.* Página consultada en la web el, 12/1/2018.