



Diseño de un sistema fotovoltaico para energizar una torre de telecomunicaciones en Quintana Roo, México

Juan Daniel Rivas Martínez, Martin Darío Castillo Sánchez*

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se calculó y selecciono un sistema fotovoltaico para suministrar de energía eléctrica a los circuitos de una torre de telecomunicaciones que está ubicada en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto en el estado de Quintana Roo. Se calculó la demanda total de energía eléctrica requerida por la torre de telecomunicaciones, se realizó un análisis de la geografía del lugar, así como el nivel de insolación promedio mensual y anual de la zona, para determinar los parámetros del sistema de captación, acumulación, conversión, distribución y gasto de la energía eléctrica obtenida del sistema fotovoltaico, se investigó y proporciono información relacionada con los diferentes componentes de un sistema fotovoltaico, así como la descripción de su instalación. Los cálculos financieros demuestran que el proyecto es viable y puede generar un mayor desarrollo económico en la zona, ya que se pueden transmitir mensajes de forma inmediata, permitiendo estar informados de cualquier tipo de noticia o acontecimiento que esté ocurriendo en cualquier parte del mundo.

ABSTRACT

In the present research work, a photovoltaic system was calculated and selected to supply electricity to the circuits of a telecommunications tower that is located in the Municipality of Felipe Carrillo Puerto in the state of Quintana Roo. The total demand for electrical energy required by the telecommunications tower was calculated, an analysis of the geography of the place was carried out, as well as the average monthly and annual insolation level of the area, to determine the parameters of the collection, accumulation, conversion, distribution and expense of the electrical energy obtained from the photovoltaic system, information related to the different components of a photovoltaic system was investigated and provided, as well as the description of its installation. Financial calculations show that the project is viable and can generate greater economic development in the area, since messages can be transmitted immediately, allowing them to be informed of any type of news or event that is occurring anywhere in the world.

Palabras claves: Panel solar, Inversor, Controlador de carga. Torre de Telecomunicaciones.

INTRODUCCIÓN

El origen de las ondas electromagnéticas se basa en el hecho de que toda carga eléctrica en movimiento emite energía en forma de onda electromagnética, siendo la frecuencia de esta onda la misma que la del movimiento de la carga. Un campo electromagnético se caracteriza por su frecuencia o longitud de onda y su intensidad (potencia), así como por la polarización (variación con el tiempo de la dirección de la intensidad de campo en un punto determinado del espacio) y la modulación empleada.

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia/desde el espacio libre.

Las antenas sirven para enfocar la energía en una determinada dirección, enfocando la energía en esa dirección se logra aumentar la intensidad de la señal desde y hacia dicha dirección. El grado de intensidad logrado por la antena se conoce como su ganancia. Entre mayor sea la ganancia de la antena, menor será el ángulo en la cual emite la señal, es por esto por lo que las antenas de alta ganancia son muy directivas. Además, al tener mayor direccionalidad se aumenta la aislación del ruido proveniente de otras direcciones, permitiendo así un doble efecto: mejor señal y menos ruido. En un entorno donde la información a tiempo real es imprescindible para la correcta toma de decisiones, las antenas juegan un papel determinante. Gracias a ellas somos capaces de comunicarnos sin necesidad de cables, tenemos acceso a todo tipo de información en cualquier lugar y en cualquier momento. En la actualidad la telefonía ha facilitado el estilo de vida de todas las personas, pues de esta forma se pueden transmitir mensajes de forma inmediata, Para tener una comunicación telefónica se requiere de una red de torres de telecomunicaciones comunicadas entre ellas para poder expandir la señal telefónica, en ocasiones se necesita torres de enlace, ubicadas en lugares de difícil acceso donde la línea de Media Tensión y Baja Tensión de CFE no están presentes por tal motivo, nos encontramos con la dificultad de realizar obras, conseguir permisos ante municipios y ejidatarios y esperar a que el trámite ante CFE sea autorizado. Méndez (2011).

* Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco, Ingeniería eléctrica, Academia de Mecánica, drivas-sigmatron@hotmail.com, Unidad profesional "Adolfo López Mateos", colonia: Lindavista. C.P: 07738, Alcaldía: Gustavo A. Madero. CDMX. M. en C. Juan Daniel Rivas Martínez. Dr. Martin Darío Castillo Sánchez.





ANTECEDENTES

De acuerdo con un estudio realizado por el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), para dar un servicio de telecomunicaciones móviles de calidad que cubriese a la totalidad de los mexicanos implicaría un parque de poco más de 80 mil Torres de telecomunicaciones. Cuando los servicios de telefonía celular comenzaron en México hacia finales de la década de 1980, las empresas pioneras construían sus propias torres para dar servicio a sus clientes. Con el tiempo cada operador de telecomunicaciones móviles (y a principios de este siglo existían casi una decena de compañías) construyó su propia red. Esto creó problemas como la redundancia: los mejores lugares para construir una red de telecomunicaciones son limitados por factores como la propagación de señal y por ende los competidores solían involucrarse en agrias disputas para tener derecho de construir sobre la misma azotea una torre de telecomunicaciones. Las empresas empleaban buena parte de sus recursos en la construcción y mantenimiento de su infraestructura convirtiéndola en los hechos en una empresa inmobiliaria y constructora. Cada operador destinaba cientos y quizá miles de millones de pesos anualmente para comprar terrenos, tramitar licencias, construir las torres, proveerlas de servicio eléctrico y seguridad, además de mantener cuadrillas masivas de trabajadores recorriendo el país para darle mantenimiento a las torres. No era raro que las compañías tuvieran plantillas de miles de trabajadores dedicados exclusivamente a dar mantenimiento a las torres en lugar de darle servicio al cliente final. Hacia inicios de la presente década ocurrieron cambios interesantes. El primero fue que las empresas de telecomunicaciones comenzaron a vender sus torres a empresas especializadas, lo que les permitió concentrarse en el servicio al cliente, dejando en manos de estas compañías la gestión de su infraestructura. En 2015 el Agente Económico Preponderante (AEP) creó una empresa hacia la que transfirió la totalidad de sus torres de telecomunicaciones, entonces unas 12 mil, bajo el argumento oficial de mejorar la rentabilidad de la infraestructura a su cargo, pero muy probablemente para evadir la regulación asimétrica impuesta a este Agente Económico Preponderante (AEP), un par de años atrás. Al mismo tiempo llegaron competidores extranjeros y aparecieron nuevas empresas que en menos de media década se han hecho con alrededor de la mitad del mercado de torres, alrededor de 11 mil. Algunas de estas empresas han logrado expandirse al punto de tener un portafolio de torres que suma varios miles, algo antes impensable. Para llegar al objetivo de las 80 mil torres o una cifra que pueda cubrir una mayor cantidad de mexicanos con redes de telecomunicaciones de calidad será preciso impulsar la competencia en el sector, promoviendo las inversiones de quienes ya están en este negocio como la llegada de nuevos competidores. IDET (2022).

En un entorno donde la información a tiempo real es imprescindible para la correcta toma de decisiones, las antenas juegan un papel determinante. Gracias a ellas somos capaces de comunicarnos sin necesidad de cables, tenemos acceso a todo tipo de información en cualquier lugar y en cualquier momento. En la actualidad la telefonía ha facilitado el estilo de vida de todas las

personas, pues de esta forma se pueden transmitir mensajes de forma inmediata, Para tener una comunicación telefónica se requiere de una red de torres de telecomunicaciones comunicadas entre ellas para poder expandir la señal telefónica, en ocasiones se necesita torres de enlace, ubicada en lugares de difícil acceso donde la línea de Media Tensión y Baja Tensión de CFE no están presentes por tal motivo, nos encontramos con la dificultad de realizar obras, conseguir permisos ante municipios y ejidatarios y esperar a que el trámite ante CFE sea autorizado. Méndez (2011). En el presente trabajo de investigación se propuso diseñar un sistema eléctrico con paneles solares que suministren la energía necesaria para los circuitos de la torre de telecomunicaciones que se localizara en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, en el Estado de Quintana Roo.

DESARROLLO

Selección del lugar de emplazamiento para el sistema Fotovoltaico.

Para poder seleccionar adecuadamente el lugar de emplazamiento se deben tomar en cuenta diversos factores como son; un estudio económico del lugar, la demanda eléctrica, la ubicación geográfica.

Ubicación geográfica: El municipio de Felipe Carrillo Puerto, en el estado de Quintana Roo Entre los paralelos 19°03' y 20°25' de latitud norte; los meridianos 87°25' y 88°43' de longitud oeste; altitud entre 0 y 100 m. INEGI (2017)

Colindancias: Colinda al norte con el estado de Yucatán y el municipio de Tulum; al este con el municipio de Tulum y el Mar Caribe (Mar de las Antillas); al sur con el Mar Caribe (Mar de las Antillas) y con el municipio de Othón P. Blanco y al oeste con los municipios de Othón P. Blanco y José María Morelos y con el estado de Yucatán.

Clima: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (60.90%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (37.40%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (1.70%).

Rango de temperatura: 24 - 28°C

Rango de precipitación: 1 100 – 1 500 mm

Superficie: Ocupa el 29.36% de la superficie del estado. Cuenta con 383 localidades y una población total de 75 026 habitantes. <http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/>; resultado del Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI (2017).

Cálculo de los equipos para el sistema fotovoltaico.

Para poder calcular el número total de paneles solares que se necesitara, primero tiene que conocer algunos datos, como lo son, el consumo total de energía, ver tabla 1. También la potencia pico



del panel en condiciones estándar y la radiación solar del mes más crítico durante el año.

Tabla 1. Consumo eléctrico diario del módulo

Cantidad	Equipo	Horas de uso (H)	Potencia (W)	Consumo WH/día
1	Antena repetidora	24	8	192

Una vez que se tiene el consumo de la antena, se realizara el cálculo para un mes, teniendo en cuenta los días de utilización con la Ecuación 1.

$$Ea = E * 365 \quad (1)$$

Ea : Energía anual que demanda la carga (kWh/año)

E : consumo diario total (kWh/día)

Sustituyendo valores tenemos:

$$Ea = 192 * 365 = 70,080 \text{ kWh/año}$$

Obtención de la radiación solar disponible en la ubicación.

Para el diseño de instalaciones fotovoltaicas, y con el fin de poder evaluar la energía que puede producir la instalación en cada mes de año, se define el concepto de número de horas de sol pico (HSP) del lugar en cuestión, y que representa las horas de sol disponibles a una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m².

De la información obtenida de la NASA para la radiación solar se encontró que el periodo más bajo de radiación solar fue de 4.62 kW/m²/día, el cual es reportado durante el mes de Diciembre, mientras que el promedio del año fue de 5.18 kW/m²/día, por lo que para calcular la cantidad mínima de paneles fotovoltaicos necesarios para satisfacer la demanda de energía eléctrica de 192 kW/día, se recurrirá al uso en la Ecuación 2, donde el valor de HPS a utilizar será el del mes más bajo, en este caso fue el mes de Diciembre, con esto se garantiza que si existe una baja radiación solar no se comprometa el sistema de alimentación fotovoltaica. Harper (2010) y Abella (2004)

$$\text{HSP} = \text{radiación solar tablas} / 1\text{kW/m}^2 \quad (2)$$

$$\text{HSP} = 4.62 \text{ kW/m}^2 / 1 \text{ kW/m}^2$$

$$\text{HSP} = \frac{\text{radiación solar de la zona}}{1\text{kW/m}^2}$$

$$\text{HSP} = \frac{4.62 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}}{1 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2}}$$

$$\text{HSP} = 4.62$$

Cálculo del número de paneles requeridos.

Para calcular el número de paneles solares necesarios para satisfacer la demanda eléctrica prevista de 192 kW/día, se empleará la Ecuación 3, en función del emplazamiento y tipo de panel solar que se vaya a instalar:

$$M = \frac{E_c * F_s}{I_M * V_M * \text{HSP} * N_{\text{BAT}} * N_{\text{INV}}} \quad (3)$$

Donde:

M = Numero de módulos solares

E_c = Energía Consumida diariamente por la antena (W/día)

F_s = Factor de sobredimensionamiento del Sistema (se sobre dimensiona 10% a 20%)

F_s = 1.1 a 1.2

I_M = Corriente del módulo solar 8.63 Amperes. (Máxima insolación 1 kW/m²)

V_M = Voltaje promedio de operación del módulo solar 31.87 Volts (No confundirlo con el voltaje de baterías).

HSP = Radiación de la localidad en el mes de menor insolación expresada en horas máximas de insolación 4.62 kW/m²)

N_{inv} = Eficiencia del inversor CD/CA en caso de que el equipo opere en:

C.A.= valores típicos 0.8 a 0.9

C.D. = valor de 1

N_{BAT} = Eficiencia de carga de la batería 0.87 a 0.9.

$$M = \frac{(192 \text{ W})(1.2)}{(31.87 \text{ V})(8.63 \text{ A})(4.62)(1)(0.87)}$$

$$M = 0.208 \approx 1 \text{ panel}$$

Por lo tanto, se seleccionó el panel solar de 275 Watts, 60 células policristalino, con una tensión de 31.87 Volts y una corriente 8.63 amperes, con una eficiencia del módulo de 16.9%. Fabricado por ERA SOLAR. Modelo BSP275P.

Cálculo del número de baterías.

Para calcular la capacidad de las baterías de acumulación, primero se establece la autonomía deseada en caso de tener días desfavorables sin insolación por abundante nubosidad se utiliza la Ecuación 4. Harper (2010) y Abella (2004)

$$C_B = \frac{A_U * E_c}{V_B * F_U * N_{\text{INV}}} \quad (4)$$



Donde:

C_B = Capacidad del banco de baterías.
 E_C = Energía consumida por día.
 A_U = Autonomía deseada en el banco de baterías (días) varía entre 4 días con Buena insolación y hasta 10 días para lugares nublados.
 F_U = Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar autonomía de diseño del Sistema evitando que la batería se descargue totalmente. Voltaje nominal al cual trabajara el banco de baterías.
 $F_U = 0.5$ para baterías de placa delgada.
 $F_U = 0.8$ para baterías de placa gruesa.
 F_I = Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor nominal comercial como resultado de una razón (tiempo) de descarga.
 Este valor varía desde 1.05 en baterías de placa delgada hasta 1.35 en baterías de placa gruesa tipo tubular.

$$C_B = \frac{(10) \cdot (192)}{(12) \cdot (0.8) \cdot (1)} = \frac{1920}{9.6} = 200 \text{ Ah}$$

Numero de baterías: Corresponde al cálculo para identificar el número total de acumuladores o baterías que deben de usar para soportar la corriente del Sistema de acuerdo con el cálculo realizado previamente, Ecuación 5. Harper (2010) y Abella (2004)

$$N_B = \frac{C_B}{C_R} \quad (5)$$

Donde:

N_B = Numero de baterías que se necesitan
 C_R = Capacidad de energía requerida para funcionar en días nublados (Ah).
 C_B = Capacidad de la batería (Ah)

$$N_B = 200 \text{ Ah} / 260 \text{ Ah} = 0.8 \approx 1 \text{ Batería.}$$

De acuerdo con las especificaciones requeridas. Se utilizará la **Batería Sellada Blue 260Ah 12V. Marca Tensite. Modelo EFB HEAVY 12-260.**

Controlador de carga.

Es el que limita la energía que se le suministra a la batería ya que cuando la batería ya está cargada, si se le sigue suministrando energía, se calienta y se podría generar una situación peligrosa, Ecuación 6. Harper (2010) y Abella (2004)

$$I_{MAX} = I_{SC} \cdot N_P \quad (6)$$

Donde:

I_{MAX} = Corriente máxima
 I_{SC} = Corriente de corto circuito del panel
 N_P = Numero de paneles a usar.
 $I_{MAX} = I_{SC} \cdot N_P$
 $I_{MAX} = 9.2 \text{ A} \cdot 1 \text{ panel}$

$$I_{MAX} = 9.2 \text{ A.}$$

Por lo tanto, se selecciona un Controlador Solar de Carga y Descarga, con un Voltaje de trabajo de 12 a 24V con Auto detección, y Corriente de carga de 10A y 20A.
 Marca: Auto Solar. Modelo: PC1500B-10-20.
 Este controlador permite mantener las baterías en un estado óptimo de carga evitando que estas lleguen a la descarga completa.

Cálculo del Angulo de inclinación y del Angulo de orientación.

Para determinar el Angulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, se debe utilizar el valor de la latitud del lugar donde se encuentra localizada la antena a la cual se le sumaran 5°. Ecuación 7. Harper (2010) y Abella (2004)

$$\angle INC + \angle LAT = 20^\circ 25' + 5^\circ = 25^\circ 25' \text{ al sur} \quad (7)$$

Cálculo del área del arreglo fotovoltaico.

Para el dimensionamiento del área total del arreglo fotovoltaico primeramente se debe calcular el espaciamiento entre paneles para evitar que existan sombras causados por los paneles adyacentes, para esto se hacen las consideraciones siguientes, Figura 1.

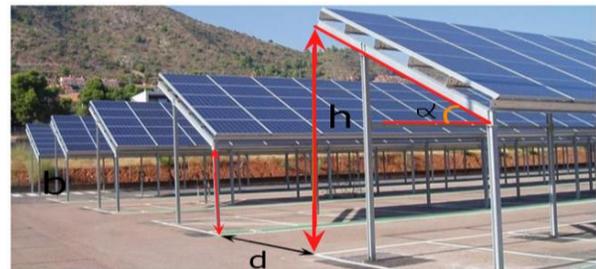


Figura 1. Separación entre paneles.

El diseño de la instalación se considera para el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, en el estado de Quintana Roo. (Latitud 20° 25' de latitud norte).



Es necesario determinar la separación entre paneles para evitar sombras entre los arreglos, para esto es necesario realizar los siguientes cálculos. Figura 2.

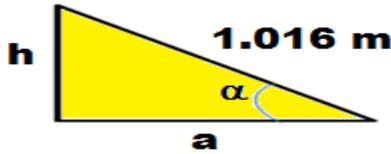


Figura 2. Representación de la inclinación de paneles.

Realizando los cálculos de h se obtiene para el municipio de Felipe Carrillo Puerto, en el estado de Quintana Roo.

$$h = 1.016 * \text{sen}(25.417) = 0.436 \text{ m}$$

Posteriormente se debe determinar un factor k en función de la latitud del lugar de instalación, para esto se ocupa la Ecuación 8.

$$k = \frac{1}{\tan(61 - \text{latitud})} \quad (8)$$

Sustituyendo valores se obtiene:

$$k = \frac{1}{\tan(61 - 25.417)} = 1.4$$

Finalmente, el espaciamiento entre paneles será el producto del factor k por la distancia h obteniendo como resultado. Ecuación 9.

$$d = k (h) \quad (9)$$

$$d = 1.4 * 0.436 = 0.610 \text{ m}$$

Una vez calculada la distancia de separación entre paneles es necesario calcular la distancia mínima entre aristas de paneles para evitar sombra (d_{\min}) añadiendo la porción restante del panel inferior a la arista superior del mismo respecto a la horizontal en metros.

Donde:

d_{\min} : Distancia mínima entre aristas de paneles para evitar sombras en metros

L: longitud del panel en metros

h: altura solar al medio día en metros.

α : Grado de inclinación del panel con respecto a la horizontal en grados ($^{\circ}$).

θ : Ángulo de la sombra respecto a la horizontal en $^{\circ}$.

a: distancia de la arista

d: distancia de la arista inferior del panel a la arista inferior del otro en metros.

Por lo tanto, la distancia mínima de separación entre paneles corresponde a:

$$d_{\min} = (1.016)(\cos(25.417)) + d = 0.918 + 0.610 = 1.528 \text{ m}$$

Cálculo del inversor.

De acuerdo con el cálculo realizado se considera la capacidad que deberá de tener el inversor para el Sistema y convertir la energía de corriente directa a alterna. Ecuación 10. Harper (2010) y Abella (2004)

$$\text{INV} = W_1 + W_2 + \dots + W_N \quad (10)$$

Donde:

INV = Potencia del inversor (Watts)

W = Potencia de cada una de las cargas (Watts)

INV = 1000 Watts

Se seleccionó, el Inversor Marca: MUST SOLAR. Modelo: 600W, 12V rango 12V a 220V. Ideal para transformar la corriente continua que genera la instalación solar en corriente alterna 220V, 50 a 60Hz.

1.10 Cálculo de corriente para la selección de las protecciones.

Los valores utilizados, fueron tomados de la potencia de salida que proporciona cada inversor; las protecciones seleccionadas serán localizadas del lado de salida del inversor, lado de corriente alterna.

Se calcula la corriente eléctrica nominal, con la utilización de la ley de Watt con la Ecuación 11.

$$P = V \times I \quad (11)$$

Dónde:

P=Potencia (W)

V= Tensión (Volt)

I= Corriente (Ampere)

Despejando "I" se obtiene la Ecuación 12.

$$I = \frac{P}{V} \quad (12)$$

Corriente nominal resultante para una potencia de 1kW

$$I = \frac{1 \times 10^3}{220} = 7.874 \text{ A}$$



De acuerdo con el artículo 690-1 de la Norma Oficial Mexicana el primer elemento de protección es el fusible o elemento de protección contra sobre corriente y debe ser dimensionado a un valor no menor al 125% de la corriente Aplicando el sobredimensionamiento de la protección, Ecuación 13.

$$I_R = 125\% \times I \quad (13)$$

$$I = 1.25 \times 7.874 = 9.842 \text{ A}$$

Dada la corriente resultante se selecciona una protección eléctrica tipo fusible, normalizado a una corriente de 10 A.

Cálculo del calibre entre el panel y el controlador de carga. Ecuación (14).

$$A = \frac{2 \cdot \rho \cdot I \cdot L}{\Delta E} \quad (14)$$

Donde:

A = Área del conductor.

ρ = Resistividad del cobre $0.01785 \Omega\text{mm}^2/\text{m}^2$.

I = Corriente del conductor.

L = Longitud del conductor.

ΔE = Caída de tensión (V).

e% = Caída de tensión no mayor a 3%

V = Tensión (V).

0.85 Factor de ajuste para conductor expuesto a la radiación solar

1.12 Cálculo de la caída de tensión ΔE . Ecuación 15. Harper (2010).

$$\Delta E = \frac{V \cdot e\%}{100} \quad (15)$$

$$\Delta E = \frac{31.87 \text{ V} \cdot 3\%}{100}$$

$$\Delta E = 0.956 \text{ V.}$$

$$A = \frac{2 \cdot 0.01786 \cdot 8.63 \cdot 10}{0.956}$$

$$A = 3.22 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, de acuerdo con las tablas 310 – 15 de la Norma Mexicana 001-SEDE-2012, (anexo 5) el calibre del conductor AWG que le corresponde es el calibre 12.

Cálculo del calibre entre el controlador de carga y la batería.

$$A = \frac{(2) \cdot (0.01785) \cdot (8.63) \cdot (15)}{0.956}$$

$$A = 4.83 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 001-SEDE-2012 (anexo 5) el calibre del conductor AWG que le corresponde es el calibre 10.

Cálculo del calibre entre el controlador de carga y el inversor.

$$A = \frac{2 \cdot 0.01786 \cdot 8.63 \cdot 30}{0.956}$$

$$A = 9.67 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 001-SEDE-2012 (anexo 5) el calibre del conductor AWG que le corresponde es el calibre 8.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo con los cálculos obtenidos para la transmisión de datos situado aproximadamente a 50 kilómetros en línea recta de la base en el municipio de Felipe Carrillo Puerto a Tres Reyes, en el estado de Quintana Roo. Se seleccionó la Antena Rocket M5. Debido al bajo consumo de energía y por su alto rendimiento, cumple con las características requeridas para este proyecto inalámbrico punto a punto, en la tabla 2. Están las Especificaciones técnicas de la Antena.

Tabla 2. Especificaciones técnicas Antena Rocket M5

Dimensiones	160x80x44mm (6.30x3.15x1.73)
Peso	350g (12.35 oz.)
Características de recubrimiento	Aluminio fundido a presión
Procesador	MIPS 74kc
Memoria	128 SDRAM, 8MB Flash
Interfaces de red	(1) 10/100/1000 Mbps 10/100 Mbps
Conexiones RF	(2) RP-SMA (Impermeable), 1 SMA, (GPS)
Leds	3) Encendido, 2 (Ethernet), 6 Intensidad de señal, GPS
Consumo máximo de energía	(4) 8W
Suministro de energía	(5) 48 V, 0.5 A Adaptador PoE
Método de suministro de energía	Pasivo PoE (Pares 4,5+;7,8 Regreso) (6) 802.3af pasivo
Protección ESD/EMP	$\pm 30 \text{ KV}$ aire
Temperatura de operación	-30 a 75° C (-22 a 167° F)
Humedad de operación	5 a 95% sin condensación
Vibración	ETS1300-019-1.4



Para el diseño de la instalación de la Antena de Telecomunicaciones Se seleccionaron los siguientes equipos, de acuerdo con los cálculos obtenidos anteriormente ver tabla 3.

1euro = \$19.5725 (15/05/2023).

Tabla 3. Costos de Equipos para la instalación de la antena.

Descripción	Modelo	Cantidad	Precio Unitario MXN	Total, MXN
Panel solar 275W 60 células	BSP2 5P	1	2843.7	2843.7
Regulador de Carga 14 VCD	PC150 0B-10-20	1	870.9	870.9
Inversor cargador 600W 12 Vcd	EP20-500	1	4321.6	4321.6
Batería Blue 260 Ah 12 V tensión	Tensite EFB Heavy 12-260	1	5952.8	11905.7
Montaje panel solar para 2 módulo prose-8512 en poste y 1 módulo prose-8512 en torre.	SSPB LV5	1	1122.1	1122.1
Rocket Dish.		2	3296.8	6593.7
2 antena Rocket M5	M5	2	2049.1	4098.1
Gabinete Metálico De Seguridad Para 2 Baterías Y/o Equipo		1	3017	3017
TOTAL				34,772.8

Tabla 4. Costo total proyecto Equipo y mano de obra.

Concepto	Costo total M.N.
Equipo	34,772.8
Mano de Obra	67,500.0
TOTAL	102,272.8

ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación, se desarrolla el análisis económico del proyecto, el cual es un estado de resultados y un costo beneficio. Para determinar si el proyecto será viable o no.

Para poder realizar el siguiente análisis primero se tiene que conocer el total de la inversión del proyecto ver tabla 3 y 4.

La inversión sería de \$102,272.8, tomando en cuenta que el precio por minuto utilizando un teléfono celular es de \$ 0.852 por minuto.

La población económicamente activa del municipio de Felipe Carrillo Puerto, en el estado de Quintana Roo es de aproximadamente 19,128 Habitantes, considerando que únicamente el 25% de la población utilizara un celular por 10 minutos al día.

10 min p/habitante x \$ 0.98 p/min x 4782 habitantes = \$ 46,863.6
La inversión se estaría recuperando aproximadamente en tan solo dos días, y si tomamos en cuenta que los equipos tienen un tiempo de vida útil de más de 20 años, este es un proyecto viable.

CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de este proyecto fue diseñar un sistema de paneles solares para energizar una torre de telecomunicaciones ubicada en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, en el estado de Quintana Roo. Con esta propuesta se puede acelerar la energización de la torre, en comparación con los trámites que se requieren para realizar la instalación en baja y media tensión por medio de CFE. Así mismo el costo de la instalación por medio de CFE, sería mayor debido a que se tendría que desviar líneas de transmisión y distribución hacia el municipio de Felipe Carrillo Puerto, y para evitar caídas y pérdidas de tensión debido a las grandes distancias existentes entre el Sistema Eléctrico y el municipio sería necesario construir subestaciones para poder regular la potencia requerida.

El proyecto es viable, ya que la inversión de los \$102,272.8, se estaría recuperando en tan solo dos días de operación de la antena.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

- [1]. Méndez María, Cuervo Rafael, “Energía Solar Fotovoltaica”, Editorial, Fundación Confemetal Madrid ,2011.
- [2]. Vega de Kuiper Juan, Santiago Morales, “Fuentes de energía renovables y no renovables, aplicaciones”, editorial, Alfaomega grupo editorial, Colombia, 2014.
- [3]. Madrid Vicente, “Curso de energía solar Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica”, Editorial, Mundi-Prensa Libros, S.A, España, 2009,
- [4]. Harper Enríquez, “Instalaciones eléctricas domesticas Convencionales y solares fotovoltaicos”, Ed, Limusa, México, 2010.
- [5]. Lorenzo Eduardo, “ Electricidad Solar, Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos”, Editorial Progresa, Sevilla, 1994.



- [6]. Alonso Abella, M.” Sistemas Fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionamiento de instalaciones de energía solar Fotovoltaica”, Ed. SAPT. Madrid, 2004.
- [7] Pérez M, “Prácticas de energía solar para estudiantes” Ciencias e Ingeniería”, Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería. Almería, 2001.
- [8] INEGI, Información por entidad estado de Quintana Roo (2020) Disponible en:
https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/col/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=0
- [9] IDET, Torres de telecomunicaciones, competencia para funcionar mejor, (2020), Disponible en:
<https://www.idet.org.mx/consumidores/torres-telecomunicaciones-competencia-funcionar-mejor/>

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Juan Daniel Rivas Martínez: Ingeniero Mecánico, egresado de ESIME, IPN. Maestro en Mecánica, Profesor de tiempo completo y exclusivo, especialista en Celdas de Manufactura y Robótica Industrial.

Martín Darío Castillo Sánchez: Ingeniero Mecánico, egresado de ESIME, IPN. Doctor en Ingeniería mecánica, Profesor Investigador de tiempo completo y exclusivo.

