

## *Instalación de sistemas de paneles solares en escuelas*

Luis A. Vázquez Carrasquillo, BSME  
Programa de Maestría en Ingeniería Gerencial  
Dr. Héctor J. Cruzado  
Escuela Graduada  
Universidad Politécnica de Puerto Rico

---

**Resumen** — *Integrated Solar Operations obtuvo un contrato para la instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica con baterías para oficinas, bibliotecas y cocina en tres escuelas de Puerto Rico. Estas escuelas son María C. Santiago en Comerío y Julián Marrero en Corozal. Se desarrolló un plan de trabajo para diseñar e instalar los paneles solares y baterías para cada escuela, con el propósito de mejorar el sistema eléctrico para cualquier necesidad que se presente. Se comprobó que el sistema produce 62,540 kwh de energía solar y se planificó como se planteó con el presupuesto adecuado. La energía renovable ofrece una alternativa de lograr un desarrollo social que tienda a lo ecológico y que en un futuro se obtenga un beneficio económico también.*

**Términos clave** – *sistemas fotovoltaicos, paneles solares, energía renovable, gestión de proyecto*

### **INTRODUCCIÓN**

Integrated Solar Operations (ISO) ofrece servicios de diseño, instalación y gerencia de proyecto. Comisionan alrededor de la isla, pero con oficina y almacén en Hato Rey. Esta compañía lleva alrededor de 10 años en Puerto Rico llevándole a los clientes el servicio en energía renovable. ISO es como un eslabón valioso en la cadena de suministro de sistemas fotovoltaicos para desarrolladores y clientes. Logra la independencia energética a través de fuentes limpias y renovables.

ISO recibió un proyecto de Rocky Mountain Institute, que es la agencia que está a cargo de los proyectos en las escuelas públicas de Puerto Rico. El proyecto consiste en instalar paneles solares con batería para oficinas, biblioteca y cocina a dos escuelas diferentes. Estas escuelas son María C. Santiago en Comerío y Julián Marrero en Corozal.

La meta de este proyecto era tener el sistema solar instalado y con batería en marzo del 2023. También se cuenta con un respaldo económico de \$207,834 para el proyecto completo. Este documento resume la gerencia de proyecto en esta planificación.

### **DESARROLLO**

La primera fase del proyecto fue la planificación. El contratista tuvo que preparar una lista de valores utilizando MS Excel como herramienta de software para hacer una propuesta a Rocky Mountain Institute con el precio total y un desglose de los elementos necesarios en este proyecto. Para poder proporcionar esa lista de valores, el gerente de proyecto tuvo que solicitar cotizaciones a los proveedores de los equipos y sistemas especificados para este proyecto. El contratista eligió al más bajo para usar sus precios en la propuesta. Además, el gerente de proyecto tuvo que utilizar MS Project como herramienta de software para programar el proyecto que cumpliera con el tiempo específico determinado en la propuesta. El gerente del proyecto realizó un análisis de las horas necesarias para ejecutar el trabajo en el tiempo propuesto.

El contratista tuvo la alternativa de utilizar sus recursos para realizar la fase de diseño del proyecto y proporcionar el alcance del trabajo o subcontratar una firma para realizar el diseño del proyecto siguiendo los estándares y requisitos establecidos por el contratista y cliente. En este caso, Integrated Solar Operations optó por realizar el diseño e instalar el sistema solar con batería. Luego de que los ingenieros eléctricos diseñaran el plano de cada escuela del proyecto, se le envió al cliente para su aprobación. Una vez aprobado, el gerente del proyecto preparó y envió varias presentaciones para la aprobación del cliente antes de realizar los pedidos

de los materiales y subcontratista para trabajos que se utilizarían en el proyecto.

El gerente del proyecto se tomó un tiempo para contratar al personal necesario y solicitó unas cotizaciones de los subcontratistas para algunos trabajos necesario en el proyecto.

Después de completar el proceso de planificación y contratación, se comenzó el proceso de realizar el sellado de techo con una compañía subcontratada para evitar filtración en un futuro. Luego de realizar el sellado de techo, se comenzó la instalación del sistema solar con los racks y las tuberías para conducir la conexión eléctrica del sistema.

El gerente del proyecto subcontrató una grúa para realizar la entrega de placas solares al proyecto y colocar la caja de placas en el techo. Al finalizar la instalación de racks, se instalaron las placas solares con los torques indicado en las expansiones, como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1**  
**Placas instaladas en la escuela Julián Marrero**

Luego se comenzó con la instalación de tubería y cablería para el sistema, donde se contrató un subcontratista para hacer la excavación para conducir la tubería en unos tramos vía soterrado en la escuela Julián Marrero. En la escuela María C. Santiago no se necesitó hacer una excavación. Al mismo tiempo que se estaban realizando esos trabajos, había una compañía subcontratada

realizando una pared en “gypsum board” para no utilizar el salón completo, como muestra la Figura 2.



**Figura 2**  
**Pared de tablero en la escuela Julián Marrero**

Luego se comenzó con la instalación de inversores y batería en el cuarto propuesto en ambas escuelas. En la Figura 3 se muestra los inversores instalados. El gerente del proyecto contactó al personal certificado de los inversores y batería para hacer la conexión de la manera más eficiente, ya que es un sistema nuevo para los instaladores. Esto fue porque el cliente optó por la compañía Schneider Electric para sus inversores y Blue Ion para sus baterías.

El gerente del proyecto subcontrató a una compañía para realizar la pintura de las tuberías que conducía en las afuera de los edificios como especifica el cliente. Al mismo tiempo se realizaba la orden de las etiquetas del sistema. La Figura 4 muestra las tuberías pintadas de blanco. Luego se instalaron las etiquetas a las tuberías, inversores, baterías, breakers, etc.

Después de completar toda la instalación mecánica, eléctrica y misceláneas como las etiquetas, ISO trabajó con la compañía Flúor para que inspeccionara el trabajo realizado antes de encender el sistema por completo. Flúor verificó y

certificó para encender el sistema, como se muestra en la Figura 5. Luego se realizó el “start up” y se realizó pruebas de todo el sistema instalado.



Figura 3

Inversores instalados en la escuela Julián Marrero



Figura 4

Tubería pintada en la escuela Julián Marrero



Figura 5

Paneles solares en la escuela Julián Marrero

### CONCLUSIÓN

Después de terminar la instalación mecánica y eléctrica del sistema y poder encender el sistema completo, el contratista solicitó al cliente las facturas de energía de los próximos meses para compararlas con la factura de energía de los meses anteriores al inicio del proyecto y observar cómo funcionaba el sistema instalado. Después de realizar esa comparación, se demostró que el sistema instalado estaba produciendo lo indicado en la propuesta y diseño que se realizó. La escuela Julián Marrero produce 34,140kph, mientras que la escuela María C. Santiago produce 28,400kph, para un total de 62,540kph. Se completó el proyecto con el presupuesto indicado y con dentro del tiempo planificado.

**Commented [HC1]:** Esta Conclusión no la entiendo. Según la sección anterior, solamente una escuela se ha completado. Y la que se completó, se terminó hace poco. ¿Como es posible que vean facturas de varios meses y que se compruebe que las tres escuelas están produciendo los diseñados?

**Commented [LVC2R1]:** Saludos,  
Lo escribí de esa manera porque en el anuncio que enviaste, leí que el artículo tiene que estar en pasado y haber terminado el proyecto.