

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenieras Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica



**ELECTRIFICACIÓN PARCIAL DEL COLEGIO MAX UHLE POR MEDIO DE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED**

Tesis presentada por el bachiller:

Fernández Barreda, Rafael Juan

Para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico Eléctrico

Asesor:

Mg. Gordillo Andía, Carlos

Arequipa- Perú

2019



Universidad Católica de Santa María

☎ (51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350

AREQUIPA - PERÚ

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“ELECTRIFICACION PARCIAL DEL COLEGIO MAX
UHLE POR MEDIO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED
”**

Presentado por el Bachiller:

FERNANDEZ BARREDA RAFAEL JUAN

Nuestro **DICTAMEN** es:

Ceprubado

OBSERVACIONES:

Absuelta

Arequipa, 29 de Abril 2019


ING. CARLOS GORDILLO ANDIA


ING. CAMILO FERNANDEZ BARRIGA

Dedicatorias

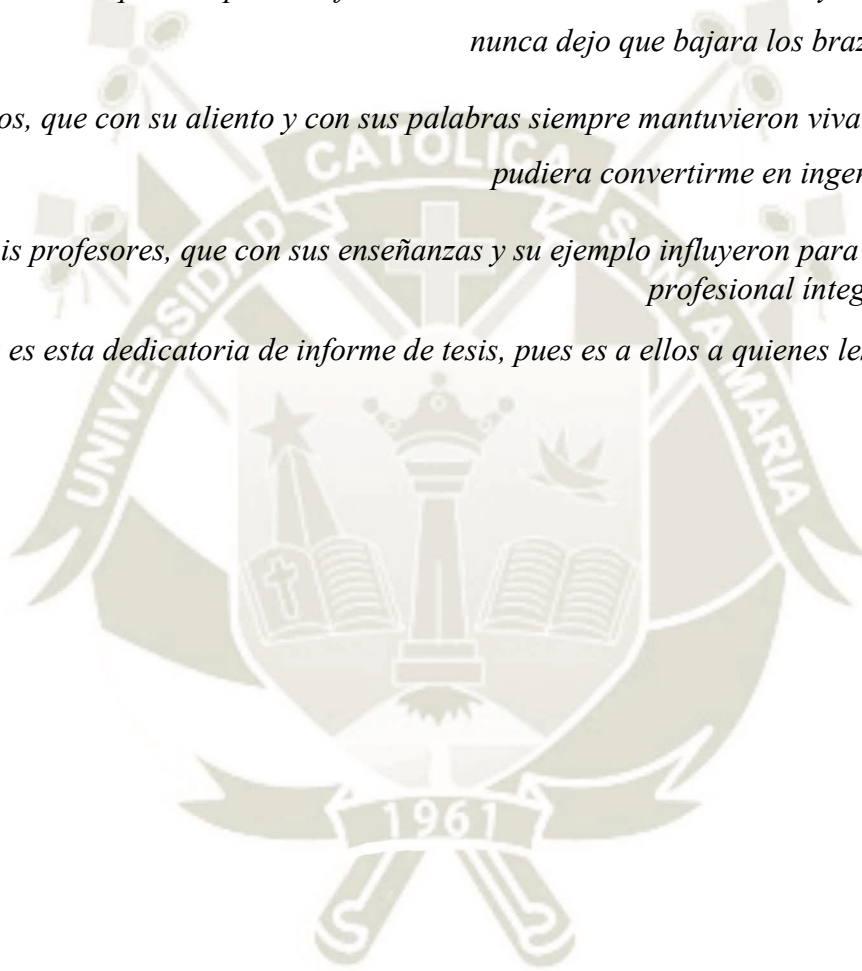
Dedico esta tesis a mi madre que siempre tuvo fe en mí y tuvo palabras de aliento ante los momentos difíciles que atravesé durante el transcurso de mi carrera.

A mi hermano, que siempre tuvo fe en mis habilidades incluso cuando yo dudaba de ellas y nunca dejo que bajara los brazos ante los retos.

A mis amigos, que con su aliento y con sus palabras siempre mantuvieron viva la esperanza que pudiera convertirme en ingeniero sin dudarlo.

A mis profesores, que con sus enseñanzas y su ejemplo influyeron para que pueda ser un profesional íntegro y responsable.

Para ellos es esta dedicatoria de informe de tesis, pues es a ellos a quienes les debo este apoyo incondicional.



Agradecimientos



Mis más puros agradecimientos a la Universidad Católica de Santa María y a todos los ingenieros y profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica por los conocimientos adquiridos.

INTRODUCCIÓN

Señores del jurado, presento ante ustedes mi tesis titulada “Electrificación parcial del colegio Max Uhle por medio de un sistema fotovoltaico conectado a red”, en cumplimiento con el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Santa María para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico, el cual consta de:

Capítulo uno, se presenta el desarrollo del campo energético en el país, donde podemos apreciar las energías que actualmente se desarrollan en la región y su impacto en el cambio climático, esto permite dar una base del desarrollo de la investigación.

Capítulo dos, se da una introducción a la energía solar y las bases que se han desarrollado a través de los años. También se introducen las técnicas de captación solar fotovoltaica y los diferentes componentes que son usados actualmente.

Capítulo tres, se desarrolla el proyecto propiamente dicho, desarrollando el cálculo de radiación, el dimensionamiento del sistema que se instalara en el colegio, así como establecer los conductores y la ubicación de los equipos para el correcto funcionamiento del sistema.

Capítulo cuatro, se demostrará que el retorno de la inversión que contemplan esta instalación y el tiempo de vida del equipo que se instalara en el colegio.

RESUMEN

En estos tiempos el tema de generación por medio de energías renovables ha dejado de ser únicamente experimental y teórico, hoy en día se aplica cada vez en más partes del mundo, volviéndose una estrategia para combatir el cambio climático que cada vez es más notable.

Con este objetivo se desarrolló la siguiente tesis por petición del Colegio Max Uhle, que al ser un Colegio Alemán vio la importancia del desarrollo de las tecnologías renovables para la generación de energía eléctrica de manera más sostenible.

Se implementará un sistema conectado a red en el cual se usará un inversor de 15 kW que, junto a 54 paneles de 280 Wp, proporcionará parte de la energía necesaria para el correcto funcionamiento del colegio.

También se desarrollará un cuadro de retorno de inversión para ver la viabilidad de la implementación del sistema. En ese caso será de casi 9 años, esto está dentro de los márgenes aceptables de retorno de inversión para un sistema de estas características.

Palabras Clave:

Fotovoltaico

Conectado

Red

Colegio

Paneles

Watts

ABSTRACT

In these times the issue of generation through renewable energy is no longer just experimental and theoretical, nowadays it is applied in more and more parts of the world, becoming a strategy to combat climate change that is becoming more and more noticeable.

With this objective, the following thesis was developed at the request of the Max Uhle School, which, being a German School, saw the importance of the development of renewable technologies for the generation of electrical energy in a more sustainable manner.

A grid-connected system will be implemented in which a 15 kW inverter will be used, which, together with 54 panels of 280 Wp, will provide part of the energy necessary for the proper functioning of the school.

An investment return chart will also be developed to see the feasibility of implementing the system. In that case it will be almost 9 years, this is within the acceptable margins of return of investment for a system of these characteristics.

Keywords:

Photovoltaic
Connected
Grid
School
Panels
Watts

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| INTRODUCCIÓN | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1. IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... | 1 |
| a. El cambio climático y sus consecuencias..... | 1 |
| b. Perspectivas energéticas para el futuro | 1 |
| 1.2. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SU ESTADO | 5 |
| 1.2.1. Evolución del consumo energético (Histórico)..... | 7 |
| 1.3. TIPOS DE ENERGÍA..... | 9 |
| 1.3.1. Energía basada en Combustibles Fósiles | 9 |
| 1.4. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL..... | 13 |
| 1.5. TIPOS DE GENERACIÓN RENOVABLE | 15 |
| 1.5.1. Energía hidráulica | 15 |
| 1.5.2. Energía Eólica..... | 18 |
| 1.5.3. Energía geotérmica | 21 |
| CAPITULO 2 ENERGÍA SOLAR | 25 |
| 2.1. CONCEPTO | 25 |
| 2.2. FUERZA DEL SOL..... | 25 |
| 2.3. HISTORIA DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR..... | 26 |
| 2.3.1. El sol y las civilizaciones antiguas..... | 26 |
| 2.3.2. Energía solar pasiva | 26 |
| 2.3.3. Primer colector solar térmico | 28 |
| 2.3.4. Primera célula fotovoltaica | 28 |
| 2.4. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CONTRA ENERGÍA TERMOSOLAR..... | 29 |
| 2.4.1. Energía termosolar | 30 |
| 2.4.2. Energía solar fotovoltaica | 30 |
| 2.4.3. Diferencias entre energía solar fotovoltaica y energía termosolar | 31 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.5. | PRINCIPALES PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 31 |
| 2.5.1. | Principal planta solar fotovoltaica en el mundo | 32 |
| 2.5.2. | Principal planta solar fotovoltaica en el Perú..... | 34 |
| 2.6. | FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA | 38 |
| 2.6.1. | Componentes de una central fotovoltaica | 38 |
| 2.6.2. | Generación de electricidad mediante los paneles fotovoltaicos | 44 |
| 2.6.3. | Transformación de AC/DC y elevación de corriente y voltaje | 45 |
| 2.7. | Ventajas | 45 |
| 2.8. | Desventajas | 46 |
| 2.9. | REQUISITOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS | 46 |
| 2.9.1. | Identificar el consumo de energía actual..... | 46 |
| 2.9.2. | Validar la ubicación | 47 |
| 2.9.3. | Seleccionar el tipo de instalación..... | 47 |
| CAPITULO 3 MÉTODO DE CÁLCULO Y DISEÑO | | 48 |
| 3.1. | CÁLCULO DE RADIACIÓN EL SITIO | 49 |
| 3.1.1. | Radiación proporcionada por los alumnos | 52 |
| 3.2. | Cálculo de cargas | 55 |
| 3.2.1. | Cuadro de cargas..... | 56 |
| 3.2.2. | Cuadro de cargas (cuadros de proporcionados por los alumnos) | 57 |
| 3.2.3. | Cuadro de cargas..... | 61 |
| 3.3. | Cálculo de paneles fotovoltaicos..... | 64 |
| 3.4. | Cálculo de ángulo de inclinación de paneles y estructura..... | 66 |
| 3.5. | Cálculo de inversor fotovoltaico | 74 |
| 3.5.1. | Como opera un inversor | 75 |
| 3.5.2. | Como opera un inversor conectado a red | 75 |
| 3.5.3. | Problema de la conexión actual..... | 76 |
| CAPITULO 4 RETORNO DE INVERSIÓN | | 77 |
| CONCLUSIONES | | 80 |
| RECOMENDACIONES..... | | 80 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 82 |
| ANEXOS | | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. 1 – Máxima demanda a la fecha..... | 3 |
| Tabla 1. 2 – Clasificación del petróleo..... | 11 |
| Tabla 2. 1 – Clasificación del petróleo..... | 31 |
| Tabla 3. 1 – Radiación Solar..... | 54 |
| Tabla 3. 2 – Consumos de los meses agosto 2017 a agosto 2018..... | 56 |
| Tabla 3. 3 – Equipos en Auditorio..... | 57 |
| Tabla 3. 4 – Equipos en tienda..... | 58 |
| Tabla 3. 5 – Equipos en Baños..... | 58 |
| Tabla 3. 6 – Equipos en salones de clases..... | 58 |
| Tabla 3. 7– Equipos en salas de computo..... | 58 |
| Tabla 3. 8 – Equipos en laboratorios..... | 59 |
| Tabla 3. 9 – Equipos en Kindergarten..... | 59 |
| Tabla 3. 10 – Equipos en salas de arte..... | 59 |
| Tabla 3. 11 – Equipos en sala de música..... | 59 |
| Tabla 3. 12 – Equipos en secretaria..... | 60 |
| Tabla 3. 13 – Equipos en sala de profesores..... | 60 |
| Tabla 3. 14 – Equipos en enfermería..... | 60 |
| Tabla 3. 15 – Equipos en fotocopiadora..... | 60 |
| Tabla 3. 16 – Equipos en tesorería..... | 61 |
| Tabla 3. 17 – Equipos en biblioteca..... | 61 |
| Tabla 3. 18 – Cuadro de cargas 1..... | 62 |
| Tabla 3. 19 – Cuadro de cargas 2..... | 62 |
| Tabla 3. 20 – Cuadro de cargas 3..... | 63 |
| Tabla 3. 21 – Cuadro de cargas 4..... | 63 |
| Tabla 4. 1 – Vida útil de los equipos..... | 77 |
| Tabla 4. 2 – Costo de equipos..... | 77 |
| Tabla 4. 3 – Retorno de inversión..... | 79 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. 1 – Producción energética en el SEIN – 2018..... | 2 |
| Gráfico 1. 2 – Ingreso de fuentes renovables al SEIN | 3 |
| Gráfico 1. 3 – Producción fiscalizada promedio de Gas Natural | 4 |
| Gráfico 1. 4 – Demanda Nacional de Energía Final por Sector | 5 |
| Gráfico 1. 5 – Evaluación del PBI de los últimos años..... | 6 |
| Gráfico 1. 6 – Consumo de energía eléctrica kWh – Cápita..... | 6 |
| Gráfico 1. 7 – Evolución del Consumo de Energía por Habitantes en Latino América..... | 8 |
| Gráfico 1. 8 – Distribución del consumo energético por sector y por combustible | 9 |
| Gráfico 1. 9 – Clasificación de carbón..... | 13 |
| Gráfico 1. 10 – Producción de gas de invernadero según el combustible..... | 14 |
| Gráfico 1. 11 – Top 10 de emisores de gas de Efecto Invernadero..... | 15 |
| Gráfico 1. 12 – Centrales Hidráulicas..... | 17 |
| Gráfico 1. 13 – Esquema básico de una central Hidráulica | 18 |
| Gráfico 1. 14 – Molino de viento holandés..... | 19 |
| Gráfico 1. 15 – Turbinas de viento..... | 20 |
| Gráfico 1. 16 – Turbinas eólicas instaladas en el mar..... | 21 |
| Gráfico 1. 17 – Energía geotérmica (Bomba de Calor)..... | 22 |
| Gráfico 1. 18 – Energía geotérmica de alta entalpia | 22 |
| Gráfico 1. 19 – Ciclo de la biomasa..... | 23 |
| Gráfico 1. 20 – Grafico del proceso de generación eléctrica por biomasa..... | 24 |
| | |
| Gráfico 2. 1 – Descripción de la introducción de la radiación al planeta..... | 25 |
| Gráfico 2. 2 – Rayo de calor de Arquímedes..... | 27 |
| Gráfico 2. 3 – Maquina solar de vapor de Auguste Mouchout | 28 |
| Gráfico 2. 4 – Paneles solares de silicio..... | 29 |
| Gráfico 2. 5 – Energía Termosolar..... | 30 |
| Gráfico 2. 6 – Energía Fotovoltaica..... | 31 |
| Gráfico 2. 7 - Parque Solar del Desierto de Tengger, China..... | 32 |
| Gráfico 2. 8 - Kurnool Ultra Mega Solar Park, India..... | 33 |
| Gráfico 2. 9 – Parque solar Datong, China | 34 |
| Gráfico 2. 10 – Central solar fotovoltaica Rubí | 34 |
| Gráfico 2. 11 – Central solar fotovoltaica Intipampa..... | 35 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 2. 12 – Central solar fotovoltaica Tacna Solar..... | 36 |
| Gráfico 2. 13 – Central solar fotovoltaica Panamericana Solar | 36 |
| Gráfico 2. 14 – Central solar fotovoltaica Majes Solar..... | 37 |
| Gráfico 2. 15 – Central solar fotovoltaica Majes Solar..... | 37 |
| Gráfico 2. 16 – Central solar fotovoltaica Repartición 20T..... | 38 |
| Gráfico 2. 17 – Panel Monocristalino | 39 |
| Gráfico 2. 18 – Panel Policristalino | 40 |
| Gráfico 2. 19 – Panel de capa fina | 40 |
| Gráfico 2. 20 – Ondas producidas por un inversor | 41 |
| Gráfico 2. 21 – Conexión sistema aislado..... | 42 |
| Gráfico 2. 22 – Conexión sistema mixto..... | 42 |
| Gráfico 2. 23 – Conexión sistema conectado a red..... | 43 |
| Gráfico 2. 24 – Fenómeno Fotoeléctrico..... | 44 |
| | |
| Gráfico 3. 1– Escalada índice radiación..... | 49 |
| Gráfico 3. 2 – Mapa de radiación en la ciudad de Arequipa..... | 49 |
| Gráfico 3. 3 – Cuadro de radiación | 50 |
| Gráfico 3. 4 – Gráfico histórico de radiación..... | 51 |
| Gráfico 3. 5 – Energía solar incidente diaria departamento de Arequipa | 52 |
| Gráfico 3. 6 – Medidor de radiación utilizado | 53 |
| Gráfico 3. 7 – Alumnas usando el medidor de radiación..... | 53 |
| Gráfico 3. 8 – Grafico de radiación solar..... | 54 |
| Gráfico 3. 9 – Diapositivas expuestas por los estudiantes | 55 |
| Gráfico 3. 10 – Estudiantes realizando investigación en clase..... | 55 |
| Gráfico 3. 11 – Promedio de temperatura anal para Arequipa..... | 65 |
| Gráfico 3. 12 – Mapa de Arequipa con coordenadas | 67 |
| Gráfico 3. 13 – Riel ranurado de aluminio..... | 68 |
| Gráfico 3. 14 – Riel Strut..... | 69 |
| Gráfico 3. 15 – Estructura de paneles | 70 |
| Gráfico 3. 16 – Estructura de paneles | 70 |
| Gráfico 3. 17 – Plano de pabellón A Colegio Max Uhle | 71 |
| Gráfico 3. 18 – Datos de entrada del inversor..... | 72 |
| Gráfico 3. 19 – Selección de cable GPT para conexión entre paneles..... | 73 |
| Gráfico 3. 20 – Conector MC4 para paneles solares..... | 73 |

Gráfico 3. 21 – Fusibles para paneles (Rojo: String doble y Azul: String Simple).....74

Gráfico 3. 22 – Llave termomagnética para conexión a red75

Gráfico 4. 1 – Plagio tarifario para clientes finales.....78



I. OBJETIVOS

Los objetivos principales que se tratarán en este proyecto de tesis son:

I.1. OBJETIVO GENERAL

Demostrar que es viable la implementación de un sistema solar conectado a red en el Colegio Max Uhle, visto desde el punto técnico. Así mismo, resaltar las ventajas que el colegio obtendrá con la implementación de estos equipos.

I.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Toma de datos de radiación, así como de consumos específicos dentro del colegio Max Uhle.
- Determinará el área que se utilizara para la ubicación de los paneles y ver si esta es óptima para instalación de los mismos.
- Seleccionar equipos adecuados para la necesidad del colegio.
- Evaluar los costos beneficios del sistema solar fotovoltaico.
- Mediante la selección de equipos establecer un tiempo de retorno de inversión para estos equipos.

II. ALCANCES

- Se pondrá principal énfasis en el dimensionamiento de la central fotovoltaica conectada a red que se realizará con la utilización de algunas herramientas, así como de la incorporación de los alumnos para la recolección de datos.
- Se hará uso de la infraestructura que ya tiene el colegio, no se realizaran obras civiles de ningún tipo.
- Se evaluará las condiciones mediante dos métodos de cálculo, se realizará de la forma manual y por medio de software proporcionados por las empresas que se dedican al rubro de la energía fotovoltaica. Estos métodos deben coincidir para que los resultados sean considerados válidos para el dimensionamiento.

- Se pondrá como referencia algún artefacto que sea usado constantemente en el colegio para representar el costo del consumo electricidad que se tendría si no se tendría el sistema solar. De esta forma poder conocer el dato de costo anual de energía y poder usarlo en nuestro retorno de la inversión.

III. METODOLOGÍA DE TESIS

El nombre de la tesis propuesta es “ELECTRIFICACIÓN PARCIAL DEL COLEGIO MAX UHLE POR MEDIO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED”

Para la realización de esta tesis se requirió la implementación de los siguientes pasos para su finalización.

Primeramente, se revisará la bibliografía necesaria para conocer el marco energético del país y el desarrollo de la tecnología solar en la región sur del país. Mucha de esta bibliografía será útil al momento de realizar el marco teórico, de forma que indicaremos la bibliografía que se utilizó para el desarrollo de la tesis.

En el capítulo primero se verá la actual situación energética del país y la crisis que ésta conlleva. También se apreciará el impacto climático que actualmente tiene repercusiones en el planeta, los métodos de los en los que se está implementado las tecnologías renovables a lo largo del mundo. Por otra parte, se verá un poco de historia de la implementación de las energías renovables alrededor del mundo.

También se conocerá algunos conocimientos básicos de los sistemas fotovoltaicos, como los componentes y los tipos de conexión, ya que esta información es necesaria para poder establecer un cálculo y un dimensionamiento correcto del sistema.

Segunda etapa, con los conocimientos adquiridos en la primera etapa podemos comenzar con la tesis, propiamente dicha, comenzado con los cálculos necesarios para el dimensionamiento del sistema, además se establecerá la radiación necesaria para el funcionamiento correcto del sistema. Es necesario establecer la carga que se puede cubrir con el sistema fotovoltaico y de esta manera poder seleccionar el tipo de equipos que se podrán implementar en este tipo de instalación.

Se utilizarán métodos de cálculo tradicional y también por software para establecer el sistema más apropiado y el tipo de equipos que se instalaran en el Colegio Max Uhle. También se determinará el espacio necesario para la cantidad de paneles necesaria para el sistema. También se verá el tipo de conexión requerida para que se pueda establecer una conexión con el sistema existente.

Finalizando con la tercera etapa, podremos ver la rentabilidad del sistema y el retorno de la inversión del sistema, de esta manera poder establecer el beneficio que tendrá el colegio y establecer la cantidad de años que el colegio contara con energía gratis con los equipos, ya que cuentan con un largo tiempo de vida.

Se acabará teniendo conclusiones sobre el sistema y algunas que se pudieron establecer con el desarrollo de la tesis. También se aportará algunas recomendaciones necesarias para desarrollar proyectos similares.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

a. El cambio climático y sus consecuencias

En el mundo se ven los efectos del cambio climático. Los casquetes polares se derriten subiendo el nivel del mar. Fenómenos de sequías e inundaciones en diversas regiones, además de golpes de calor extremos y congelamiento en otras regiones.

- **Deshielo y aumento del nivel del mar¹**

Este fenómeno genera que los casquetes de hielo se derritan incrementando las cantidades de agua dulce que se vierten en el mar cambiando la fauna. Además, los cambios generados por el aumento de los niveles del mar generan erosión en zonas costeras de baja altitud, además de inundaciones

- **Condiciones meteorológicas aumento de las precipitaciones²**

Aumento de las inundaciones y deterioro de la calidad del agua, por otro lado, también se registran sequias en lugares donde el agua no era un problema e incluso se usaba para la generación eléctrica.

- **En países en desarrollo³**

En países como el nuestro que necesitan de recursos hídricos y de climas constantes para el cultivo y generación de energía, estos cambios dramáticos ocasionan escasez de alimentos y la necesidad de usar generadores basados en combustibles fósiles los que empeoran el problema.

b. Perspectivas energéticas para el futuro

¹ Este se contempla en intervalos de 10 años.

² Se determina según la temperatura global promedio va en aumento desde los años 50.

³ Comisión Europea - Consecuencias del cambio climático

El Ministerio de Energía y Minas en el Informe Anual nos muestra la demanda de energía en el Perú, así como su perspectiva para los próximos años. El SEIN experimentó un crecimiento exponencial en los últimos años debido a la introducción de malls en el sur del país y también con la explotación de yacimientos mineros existentes y la implementación de otros nuevos.

Dentro de la generación eléctrica del país tenemos tanto generación tradicional como no tradicional, dentro de las cuales encontramos las renovables.

Como veremos en el siguiente gráfico podemos apreciar que en los años pasados nuestro desarrollo en tecnologías renovables ha aumentado progresivamente gracias a que nuestro país reconoce el efecto del calentamiento global y que este está afectado a nuestro planeta, también esto se debe a que contamos con una rico y diverso ecosistema que nos permite impulsar estas tecnologías. Pero aun nuestra generación es en gran parte por energía térmica, con combustibles fósiles.

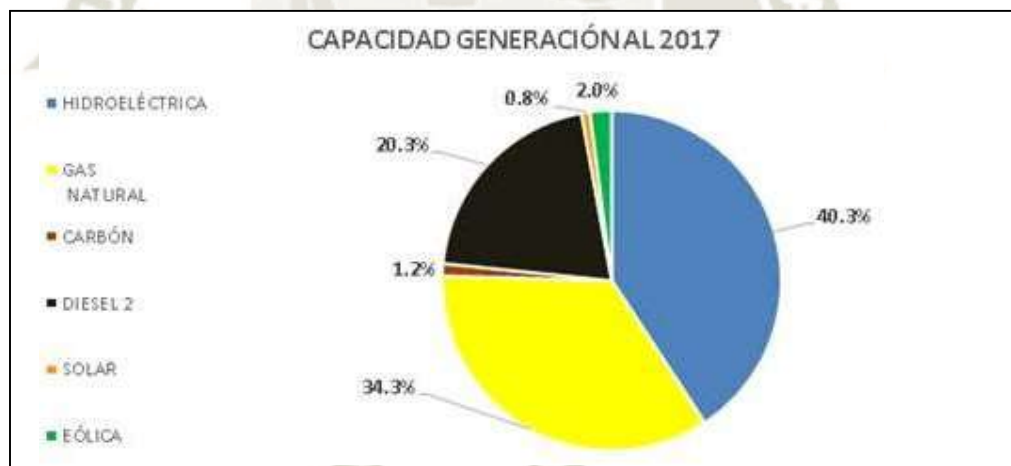


Gráfico 1.1 – Producción energética en el SEIN – 2018

Fuente: OSINERGMIN

Como podemos apreciar el incremento de la producción de energía solar se está popularizando en nuestro medio lo que es apropiado ya que la producción de energía por medio de hidrocarburos resulta ser costosa, ya que la mayoría del petróleo que se utiliza es importado.

A continuación, veremos el desarrollo de las nuevas tecnologías implementadas en el Perú y su aporte al sistema interconectado visto en potencia.

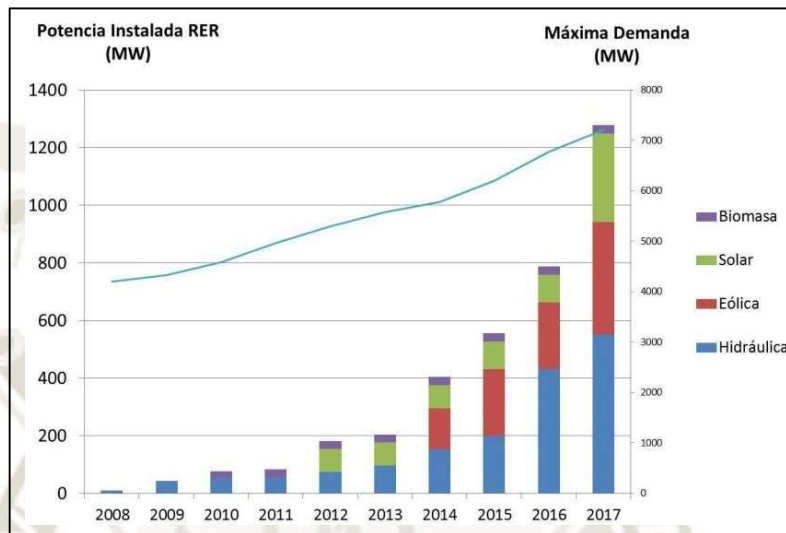


Gráfico 1. 2 – Ingreso de fuentes renovables al SEIN

Fuente: COES

El último reporte de máxima demanda suministrado por el COES nos da un consumo de hora pico de 6657.624MW, para el horario normal es de 6505.696MW y como una mínima de 5214.971MW. También nos indica que hemos no hemos importado ni exportado nada con la conexión que se tiene con el país vecino de Ecuador con la línea que se tiene.⁴

Fecha de Consulta: 2018-11-26 13:15:50

| Bloque Horario | Fecha | Hora | Interconexión | | SEIN MW |
|----------------|------------|-------|---------------------------|---------------------------|------------|
| | | | PER-ECU Exportación MW | ECU-PER Importación MW | |
| MÁXIMA | 17/10/2018 | 19:00 | 0,000 | 0,000 | 6 657,624 |
| MEDIA | 17/10/2018 | 12:00 | 0,000 | 0,000 | 6 505,956 |
| MÍNIMA | 17/10/2018 | 03:15 | 0,000 | 0,000 | 5 214,971 |

Tabla 1. 1 – Máxima demanda a la fecha

Fuente: COES

⁴ Línea que se tiene para la exportación con los países vecinos que permitiría en un futuro crear un sistema interconectado a nivel Latinoamérica

La posición más reciente que se tiene en el país es que se platea tener un crecimiento exponencial del consumo eléctrico de más generación y más plantas eléctricas, las cuales están previstas que sean basadas en gas natural, sin tener la cuenta el agotamiento acelerado de este recurso y, en especial para el sur del país, se ve entrampado por el constate retraso del desarrollo del gaseoducto sur andino.

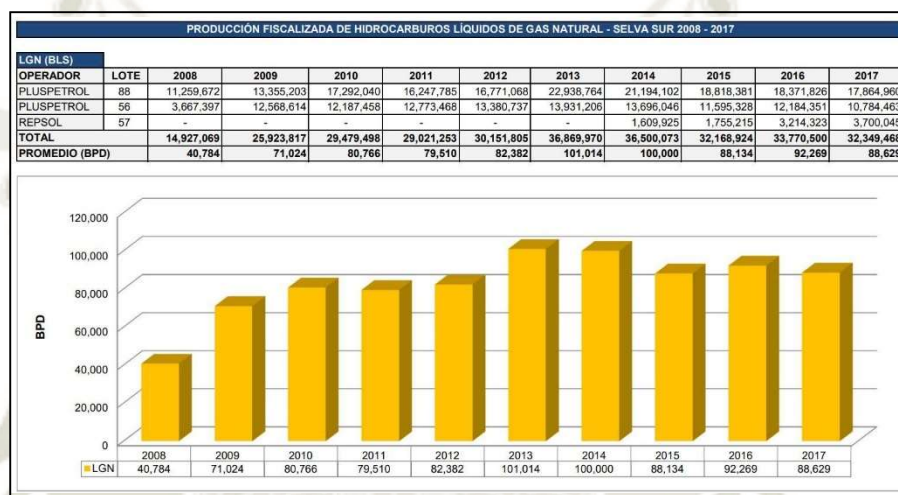


Gráfico 1.3 – Producción fiscalizada promedio de Gas Natural

Fuente: Perú Petro

Podemos asumir que las reservas probadas de gas son de 15.38 TCF, y el consumo actual de gas esta por los 0.54 TCF, el yacimiento de Camisea durará aproximadamente 25 años más, es decir hasta el año 2043. Si bien esta puede ampliarse, modificarse o corregirse, estos datos son proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas

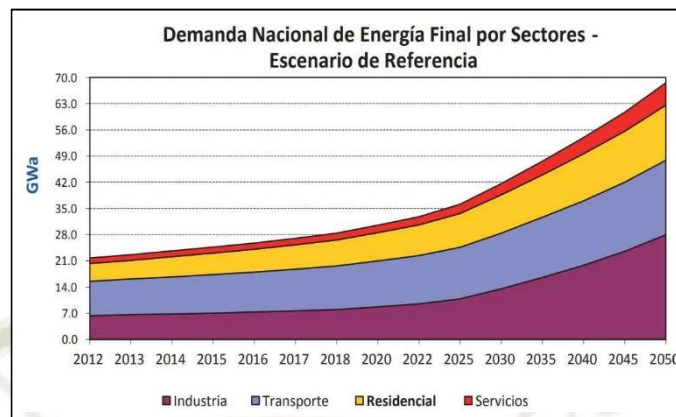


Gráfico 1.4 – Demanda Nacional de Energía Final por Sector

Fuente: OSINERG

Por este motivo la generación por energías no convencionales está en auge en esta región, no solo por la necesidad sino por el gran recurso que se tiene disponible. En esta tesis se verá que por medio de la implementación de energía solar se puede satisfacer demandas regularmente grandes para el consumo privado y de la misma forma poner como justificación la implementación de estas a través de la región sur del Perú.

1.2. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y SU ESTADO

El Perú en el año 2017 cuenta con aproximadamente 32.17 millones de personas⁵ y según algunos estudios tenemos un crecimiento anual poblacional de 1.2%⁶, eso daría una cantidad de 325 mil habitantes más cada año, con los que viene un incremento en el consumo energético visto desde varias perspectivas.

Durante el año 2018 se registró un crecimiento del 4.83% en el producto bruto interno (PBI) para el primer semestre y para el segundo será de un 4%⁷ el cual es uno de los mayores en la región. Como se puede apreciar tenemos un mayor crecimiento económico, lo que nos indica un crecimiento también en la industria y mayor desarrollo

⁵ Este valor es estimado según el último censo nacional

⁶ Tendencia de crecimiento que disminuye comparada con los de los años 90

⁷ El Perú cuenta con uno de los crecimientos más grandes en la región.

de las ciudades, todo esto indica una necesidad de energía la cual debe ser proporcionada por el SEIN.

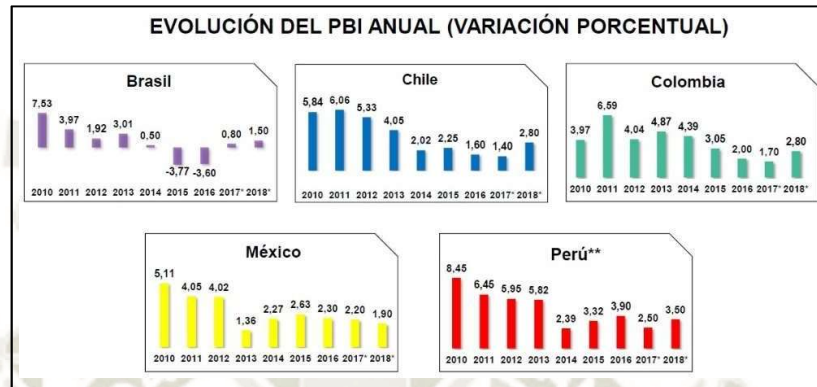


Gráfico 1.5 – Evaluación del PBI de los últimos años

Fuente: PUCP

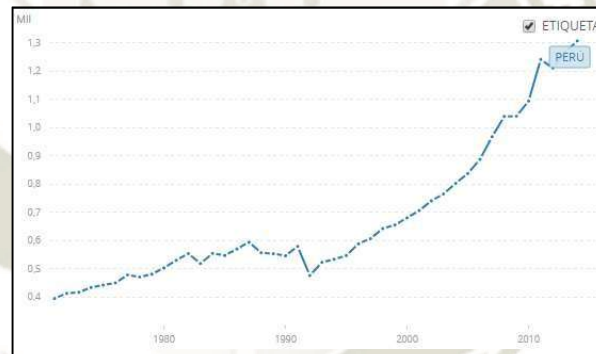


Gráfico 1.6 – Consumo de energía eléctrica kWh – Cápita

Fuente: Banco Mundial

En el gráfico 1.7 podemos observar que la tendencia del consumo energético siempre es ascendente, lo que enfatiza, una vez más, la necesidad energética que se tiene.

Viendo estos resultados creemos que el tema de esta tesis se encuentra justificado ya que al plantear una fuente de energía limpia y viable para la región y con el crecimiento de la población a sectores cada vez más remotos el desarrollo de la energía solar cada vez se ve más atractiva, no solo como fuente energética para conectarse al SEIN, sino también como para usarse aisladamente para consumo propio.

Por estas fechas se habla de una tan aclamada "Seguridad energética" la cual nos permitiría contar con los recursos energéticos ante el riesgo de quedar desabastecidos de hidrocarburos, como vimos anteriormente los recursos fósiles no son lo nuestro y que nuestro Gas Natural en Camisea no cubre la demanda creciente que tiene nuestro país y contando con la gran cantidad de energía solar con la que contamos, podemos utilizarla y tener una seguridad de energía propia virtualmente ilimitada.

La "Independencia Energética", también es otro tema bastante comentado que nos liberaría de la necesidad de importaciones de petróleo, por ejemplo, que cada vez tiene precios más elevados y contribuyen al aumento de los costos en las tarifas eléctricas.

1.2.1. Evolución del consumo energético (Histórico)

El conocimiento del consumo energético es importante al momento de poner cualquier tipo de energía eléctrica y de manera saber qué tipo de impacto se está planteando poder hacer en este caso.

La energía al principio de nuestra historia era solo utilizada para alimento y para de calentarnos, con algunas implementaciones rudimentarias en trabajos mecánicos. Posteriormente, aproximadamente hace unos 7000 años, se empezó a utilizar energía para la cosecha junto a los animales. Con el desarrollo comenzó a crecer la necesidad de nuevas tecnologías por lo que hace 600 años se comenzó con el uso del carbón para la calefacción e incluso en algunos lugares para limpiar carreteras y la energía hidráulica y eólica era usada para moler grano y otras aplicaciones en la agricultura. A mediados del siglo XIX en Inglaterra se realizó la revolución industrial la cual comenzó con el uso de energía como del carbón para la generación de vapor y el movimiento de las máquinas y la producción en masa. Actualmente se usan motores alternativos los cuales son implementados en las turbinas de gas, vapor e hidráulicas. Esto nos revela que la persona promedio ha aumentado la necesidad de 2Mcal/día a 230Mcal/día⁸.

⁸ Determinación de requerimientos de energía – Universidad Autónoma de Nuevo León

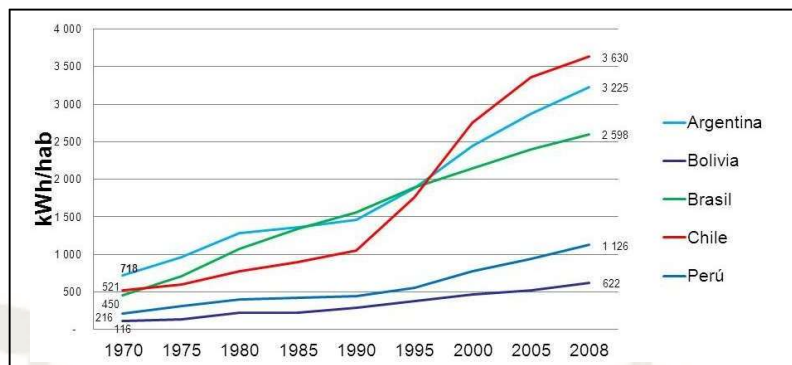


Gráfico 1. 7 – Evolución del Consumo de Energía por Habitantes en Latino América

Fuente: CER

Parecería que estamos cubiertos en una gran parte, pero según la ONU, 2500 Millones de personas no tienen acceso confiable a la electricidad y en el 2010, más de 1500 Millones de personas no tenían ningún tipo de acceso a la electricidad, considerando que 3000 Millones todavía cocinan a leña.

La distribución de las fuentes energéticas en el planeta esta distribuidas desordenadamente, contando que la mayoría de fuentes de petróleo se encuentran en Medio Oriente, siendo una área muy pequeña. Por lo que el aprovechamiento de energías disponibles de forma mejor distribuida a lo largo del planeta, por ejemplo, la solar, pues se cuenta con este recurso a lo largo del planeta y con mayor cantidad de este entre las latitudes 40° norte y 40° sur. Esto permitiría una mejor distribución energética y más personas tendrían acceso a este recurso.

Reestructura del consumo energético

Durante el periodo 1970 – 1990, se tenía al petróleo crudo y a la leña como un 80% de la Oferta Interna Bruta de Energía Primaria (OIBEP), años después el gas natural hizo su entrada. Actualmente el 39% es de petróleo, el gas y los líquidos de gas un 33%, la hidroenergía un 11% y el 17% se considera la biomasa, carbón y la energía solar.

Entre los años 1970 y 20019, el campo energético dio una alza dramática en la demanda gracias al sector del transporte, también gracias al auge crítico de la minería y de la industria que conlleva ésta. El consumo residencial esta mayormente cubierto con la

biomasa reemplazando los combustibles fósiles dando un cambio significativo a este sector.

En el año 2010, el consumo fue de 654.115 TJ, supero al año anterior en un 5.8% de los cuales 37% corresponden al sector del transporte; el 30.9% a los sectores comercial y residencial; 25.5% al sector industrial y minero; 4.9% pertenecen al agropecuario y pesquero entre otros.

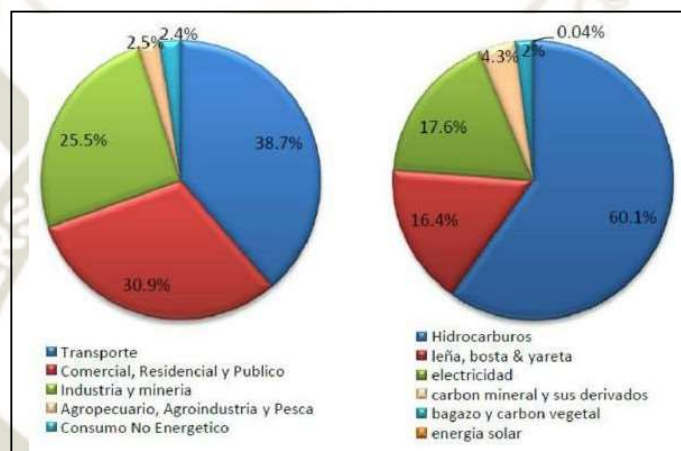


Gráfico 1.8 – Distribución del consumo energético por sector y por combustible

Fuente: MEM 2010

1.3. TIPOS DE ENERGÍA

1.3.1. Energía basada en Combustibles Fósiles

Hoy en día la más utilizada por el mundo tanto para la generación eléctrica como para el transporte incluso para la fabricación de cosas, por ejemplo, de plásticos. Hoy en día el Perú se utiliza más el gas natural, pero aún quedan sectores donde se utilizan en grandes cantidades de derivados del petróleo y carbón con un poco de biocombustibles.

Gracias al Gas Natural, el Perú tuvo un crecimiento exponencial en los últimos 15 años con el descubrimiento de nuevos yacimientos y de utilización de sus líquidos. Se implementa mucho en el transporte, aunque por el momento está muy centralizado, influye un cambio en la manera de pensar del uso de hidrocarburos en la región.

1.3.1.1. *Petróleo*

El petróleo es una sustancia de color oscuro menos denso que el agua y un olor a acre característico. Contiene varias sustancias además de azufre y nitrógeno en diversas cantidades.

Se origina a partir de restos orgánicos, tanto vegetales y animales que vivían hace millones de años que por la presión y por el confinamiento se desarrolló en esta sustancia. Normalmente se encuentra en las rocas de decenas de kilómetros, en roca porosa que este líquido llena los huecos con ésta.⁹

Es un recurso natural no renovable, lo que significa que una vez que se termine no hay forma de conseguir más, este puede encontrarse asociado de otras formas de energía como es el gas natural que están en la corteza terrestre.

El Perú tiene conocimiento de esta sustancia desde comienzos del siglo XX donde no muchos países tenían comprensión de éste ni de su utilización, lo usaba para la implementación de brea y asfalto, lo que produjo una explotación en cierta escala y generó una nueva etapa en el desarrollo del país. En el año 1863 se realizó la primera perforación en el norte peruano, siendo el primer país de Sudamérica que tuvo esta iniciativa al realizar la búsqueda de este recurso. Poco después del primer pozo perforado en el mundo realizado por el coronel Drake en Titusville, Pensilvania en el año 1859.

En los años posteriores el Perú quedó atrás ya que en los países vecinos de Venezuela y Brasil comenzaron a dominar esta industria en la región.

Clasificación:

La más comúnmente usada es por la densidad de este y es la clasificación que usa la API (Instituto de Petróleo Americano), también la sustenta. Lo pone en un estándar de media densidad.

⁹ También se encuentra en rocas sumergidas en la profundidad del océano.

La Gravedad API se obtiene al comparar el petróleo con la densidad del agua. Mientras más sea el número API significa que este es más liviano que el agua. Los más ligeros son los más necesitados por el mercado y por ende tienen el mayor precio

| Aceite Crudo | Densidad (g/cm ³) | Gravedad API |
|--------------|-------------------------------|--------------|
| Extrapesado | >1.0 | 10 |
| Pesado | 1.0 - 0.92 | 10.0 - 22.3 |
| Mediano | 0.92 - 0.87 | 22.3 - 31.1 |
| Ligero | 0.87 - 0.83 | 31.1 - 39 |
| Superligero | < 0.83 | > 39 |

Tabla 1. 2 – Clasificación del petróleo

Fuente: Biodiesel

La adecuación de este petróleo se hace por medio de un destilado éste, el cual se introduce en una torre de destilación que permite sacar todos los productos y derivados.

Al fondo de esta torre queda el petróleo de gran densidad de modo que los otros derivados de menor densidad suben por la torre. Tenemos abajo el 34% del total de producto pesado, mientras que más arriba encontramos los más ligeros que son el 66% restante.

1.3.1.2. Gas Natural

El gas natural es una de las fuentes naturales con mayor importancia de los últimos años, se compone de una mezcla de varios tipos de gases, se puede encontrar en yacimientos con petróleo asociado o disuelto en el mismo e incluso en depósitos de carbón. Su composición puede variar de yacimiento a yacimiento, pero principalmente tiene metano entre el 95 a 90%.

Se conoce el gas natural desde el siglo X, en China, que se exportaba con fines prácticos y este se encontraba por casualidad al perforar yacimientos con el fin de buscar sal. Este gas se conducía con cañas de bambú. En Occidente también era conocido por la cultura griega y romana las cuales la conocían como llama. Estos últimos se percataron de la existencia de petróleo en el mar de Caspio y relatan las

grandes llamas que salían por el gas asociado. Alejandro magno también tuvo un encuentro con este elemento ya que Plutarco relata que él decía que había encontrado la fuente del fuego en Ecbatana. Pero al parecer ninguno de estos se aventuró a desarrollarlo o tratar de canalizarlo hasta mucho después que fue pilar principal de la industria como gas manufacturado.

Este combustible es muy versátil ya que puede usarse desde en sistemas de ciclo combinado hasta en la creación de hidrogeno, usado en pilas de combustible actualmente, entre otros. Además, tiene un proceso de extracción mucho más sencillo comparado con el de otros productos, el único problema es que para su transporte requiere que sea licuefactado para poder ser transportado en grandes cantidades por barcos o por camiones lo que usa cantidades enormes de energía.

Usando este combustible aumenta la eficiencia de los motores de ciclo Otto ya que aumenta su relación de compresión, también en las centrales de cogeneración se tiene un rendimiento global mayor al 90%.

1.3.1.3. *Carbón*

El carbón es una roca de color negro que procede de restos vegetales sedimentados durante millones de años que contenían contenido muy rico en carbono, hidrogeno y oxigeno dentro de otros elementos además de varios tipos de sulfuros. Se encuentra en varios lugares del planeta.

Es la segunda fuente de energía en el planeta por su abundancia, pero el proceso de extracción es muy perjudicial tanto en el subsuelo como en la superficie. Su uso tiene como efecto grandes cantidades en CO₂ además de ser una de las fuentes principales del efecto invernadero que afecta a nuestro planeta.

El uso de este elemento se puede encontrar en las centrales eléctricas, calefacción y transporte a lo largo del mundo especialmente en los países desarrollados. Las centrales de este tipo suelen ser de gran tamaño. Se separan en carbón pulverizado, de lecho fluido y de gasificación. En los gases que salen de las chimeneas se suele encontrar SO₂ y NO_X, por lo que es necesario su filtrado antes de ser liberado a la atmosfera.

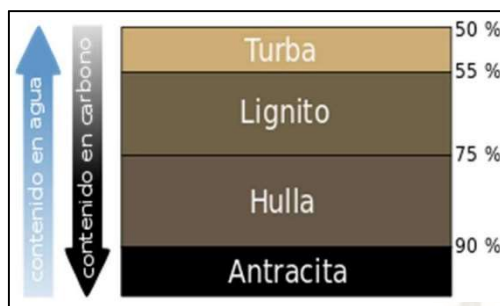


Gráfico 1.9 – Clasificación de carbón

Fuente: Wikipedia

1.4. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

El uso de la energía solar no es algo de los últimos tiempos, de hecho, se usa hace varios siglos para diferentes fines, pero con la revolución industrial fue remplazada rápidamente con el petróleo. Actualmente gracias al elevado costo de los combustibles como el petróleo ha regresado, mayormente se le conoce para calentar agua en paneles para el uso sanitario.

Existen muchas utilidades para la energía solar como la generación solar por medio de colectores solares concentrados tanto en tuberías con aceites o torres de concentración solar, pero la más aceptada y que tiene más influencia es la generación por paneles fotovoltaicos que tienen mejor resultado y reducen el impacto climático y ambiental en general.

Si bien estas tecnologías tienen una producción inicial de CO₂ relacionadas con la fabricación, el tiempo de vida de estos equipos supera los 20 años y las emisiones que se generan son recuperadas en los primeros 3 a 6 meses de funcionamiento. Además, que al momento de no ser necesarias o de querer reubicarlas se puede hacer fácilmente sin dejar ningún residuo como lo haría una central geotérmica o una turbina eólica.

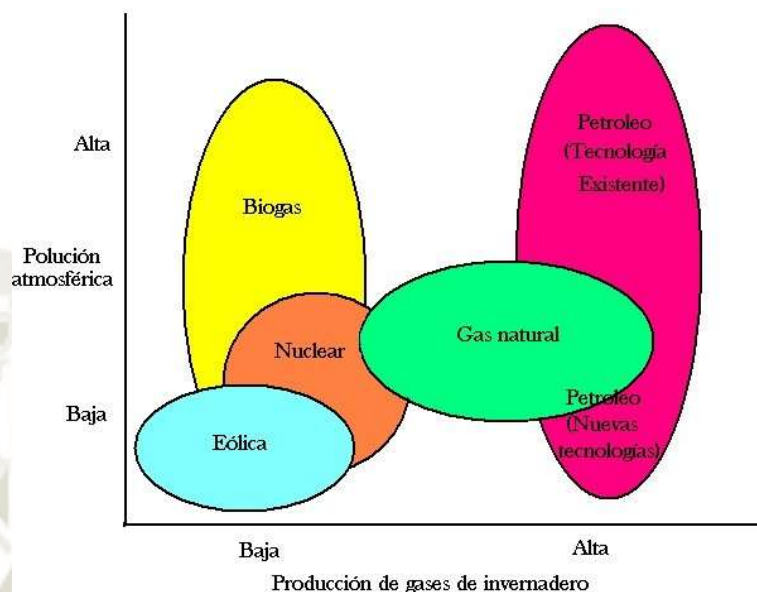


Gráfico 1.10 – Producción de gas de invernadero según el combustible

Fuente: Greenpeace

Dentro de los principales productores de gases con efecto invernadero tenemos a China con 10975.5 Mt CO₂e, que hace un 25% del total, Estados Unidos con 6235.1 Mt CO₂, que tienen un 14.4% del problema, la Unión Europea con 4399.1 Mt CO₂ (10.16%), India con 3013.8 Mt CO₂ (6.96%), Rusia con 2322.2 Mt CO₂ (5.36%), Japón con 1344.6 Mt CO₂ (3.11%), Brasil con 1012.6 Mt CO₂ (2.34%), Indonesia con 760.8 Mt CO₂ (1.76%), Méjico con 723.9 Mt CO₂ (1.67%) e Irán con 715 Mt CO₂ (1.43%)¹⁰.

¹⁰ Los principales emisores de gases de efecto invernadero del planeta – Mercado de Medio Ambiente

considerables y cambiar curso de ríos ya existentes pero lo más grave es que en algunos de estos casos se ve la necesidad de reubicar a poblaciones enteras.

Sistemas menores de 5 MW se consideran de pequeña escala, no generan mayor problema al ambiente y son bien recibidos en áreas donde la electrificación no ha llegado y se ubican al borde de los ríos o riachuelos e incluso, en ciertos casos, en acequias caudalosas. Estos desvían un poco el caudal del suministro de agua, pero en forma no considerable produciendo energía eléctrica.

La energía hidráulica tradicional aprovecha la energía potencial del agua ubicada a una altura diferente de la turbina la cual al ganar energía cinética impacta con las turbinas generando rotación la cual mediante un generador convierte la energía cinética del agua en energía eléctrica, posteriormente esta es enviada a un transformador. En los siglos pasados este movimiento de la turbina era usado para moler grano y otras actividades relacionadas con la agricultura, hoy en día se usa en un sin número de procesos.

Por lo que la cantidad de energía potencial tiene una relación directa con la cantidad de energía que se puede generar y también con el caudal que esta caída pueda suministrar. Sabiendo esto no es raro que los puntos de acopio del agua normalmente se encuentran a mucha más distancia que donde se ubica la turbina para que esta pueda satisfacer las necesidades de la central.

Desarrollo de la energía hidráulica

Desde el comienzo de la civilización se hizo evidente que la supervivencia del hombre lo que obligó al aprovechamiento de los recursos que se tenían disponibles dentro de estos era el agua. Esa es la razón que muchas de estas se desarrollaban en la cercanía de los ríos y basaban su economía en la agricultura.

Entre los años 4000 al 2000 AC los egipcios y los fenicios ya tenían los primeros problemas con el agua para la construcción de puertos y navíos. Los chinos, indús, pakistaníes, egipcios y mesopotámicos utilizaron el agua desviando ríos para poder desarrollar sus cultivos y comenzaron a encausar estos para evitar inundaciones. Los griegos por los años de 500 AC comenzaron con el desarrollo de acueductos y ellos fueron los primeros en elaborar modelos matemáticos para el desarrollo de estos, dentro de estos modelos pudieron desarrollar molinos de viento para poder sustraer agua de subsuelo. En nuestra era por el siglo XVI se desarrollaron algunos de los principios de

hidráulica moderna desarrollada por los científicos Kepler y Torricelli, por los años de 1800 Newton, Bernoulli y Euler perfeccionaron estas teorías.

En 1795 el ingeniero Jerónimo Fargue elaboró el primer modelo físico sobre un tramo del Río Garona. Reynold en 1885 construyó un modelo del Río Merssey, cercano a Liverpool. Él fue quien vio que había una relación entre la inercia y la fuerza de fricción interna que fue de gran importancia para los modelos hidráulicos.

William Froude, un arquitecto naval, en 1870 indico la importancia que tenía la relación entre a fuerza de inercia y la fuerza de gravedad la que es base para los modelos hidráulicos de la actualidad, este ahora se conoce como el número Froude el cual es un parámetro adimensional. El primer laboratorio hidráulico fue establecido en Desdén en 1891 lo que permitió que este conocimiento se comience a esparcir por el mundo.



Gráfico 1. 12 – Centrales Hidráulicas

Para que la energía que pueda transmitir del agua, es necesaria una caída de agua considerable dependiendo de la turbina y la cantidad de energía que se requiera, lo que nos hace ver las condiciones topológicas con las cuales contamos.

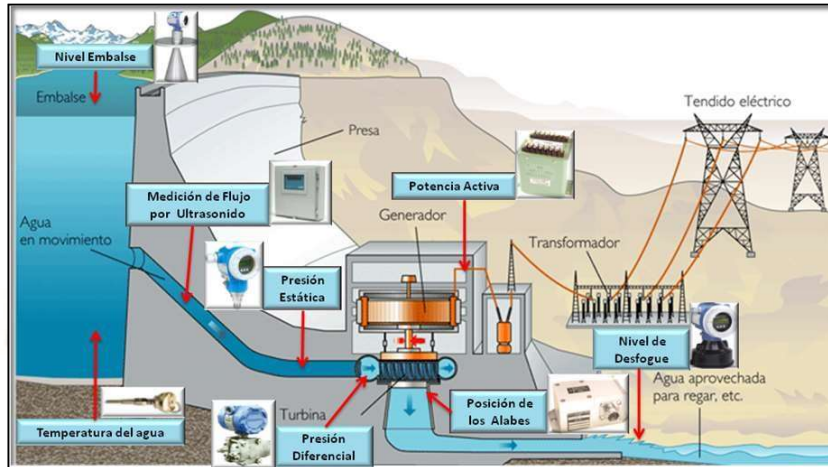


Gráfico 1. 13 – Esquema básico de una central Hidráulica

1.5.2. Energía Eólica

El viento como fuerza de la naturaleza se encuentra en todo el mundo y muchas veces con fuerzas destructivas, pero también podemos aprovecharlo para la generación energía eléctrica. Esta forma de energía evita la producción de más de 3 Mt CO₂ que serían liberadas a la atmosfera.

En algunos países puede cubrir hasta el 20% de la demanda eléctrica con parques eólicos como los que se encuentran a las afueras de San Francisco y otros ubicados en Dinamarca con potencias entre 1.5 y 30 MW. Muchas de estas fueron por iniciativa privada.

Los requerimientos básicos para poder implementar esta tecnología en tierra son los siguientes:

- Preferiblemente terrenos planos secanos a la costa sin colinas escarpadas, también se pueden considerar las cumbres solitarias
- Valles planos y extensos con poca humedad con acceso de una dirección de viento constante

En estas épocas la energía eólica es una de las usadas del mundo y también de las que tiene mayor desarrollo técnico.

Los primeros vestigios de la utilización del viento fueron por los egipcios que usaban el viento para sus barcos a vela y en babilonia durante el reinado del rey Hammurabi se comenzaron a implementar los molinos de viento para el bombeo del agua.



Gráfico 1. 14 – Molino de viento holandés

Aproximadamente hace 1000 años en medio oriente se pusieron los primeros molinos los cuales dieron un impulso a la energía eólica. En Holanda se polarizaron en la molienda de grano, como molinos multi etapas, bastante lentos. La energía eólica para la generación de energía eléctrica apareció con fuerza desde comienzos del siglo XXI y se popularizo a lo largo de varios países a lo largo del mundo.



Gráfico 1. 15 – Turbinas de viento

También se puede aprovechar de este tipo de energía de forma marina la cual aprovecha de la velocidad constante del aire en ese punto ya que no hay montañas en el mar.

El coste de instalación de las instalaciones marinas es muy superior a las terrestres, pero tiene mayores ventajas como las siguientes:

- Su vida útil suele ser mayor.
- La velocidad del viento es constante ya que no se encuentran obstáculos que puedan desviar o variar el sentido de este.
- La turbulencia del aire es menor por que la temperatura del aire sobre el mar es más constante.

La transmisión desde estas torres se realiza por cables enterrados hasta la costa donde puede ser transportada. Se usan estos cables para que no puedan ser enredados por redes o por anclas.

La preocupación principal de esta energía es la resonancia que podrían generar las hélices, ya que esta podría desorientar algunas especies de peses, pero tras algunos estudios se pudo apreciar que no era un problema muy crítico.

Otro problema que se tenía latente era las aves que cruzaban por las aspas ya que en muchos casos se encontraron pájaros muertos en las bases de las turbinas. Pero estudios revelaron que la mayoría de pájaros se alejan de estas por el ruido que generan. El último si es preocupante ya que, por culpa del ruido, en la región de chile, fueron desinstaladas ya que perturba a la población¹¹.

¹¹ ¿Qué es la energía eólica marina? - Twenergy



Gráfico 1. 16 – Turbinas eólicas instaladas en el mar

1.5.3. Energía geotérmica

Esta energía es la que está en forma de calor debajo de la superficie terrestre. Se usa para generar calor directamente, volviendo vapor el agua y esta puede emplearse para la generación de energía eléctrica o simplemente calor para calefacción.

La energía geotérmica tiene una entalpía bastante elevada ya que se encuentra en condiciones de alta presión y temperatura, normalmente mayores a 150°C . en caso de los lugares donde no contenga tanta entalpía, se utilizan para calefacción y para el calentamiento de agua sanitaria y se puede aprovechar como bomba de calor para climatización.

La bomba de calor se puede utilizar tanto como calefacción y como climatización ya que en invierno se introduce el agua a la vivienda desde la tierra y se extrae de forma que calienta la habitación, y en verano se invierte el sistema y este sustrae el calor de la vivienda y la manda al suelo. Es una forma de economizar.



Gráfico 1. 17 – Energía geotérmica (Bomba de Calor)

Para los recursos de alta entalpía, se genera vapor el cual se introduce a una turbina como si este vapor viniera de una caldera tradicional y sigue el ciclo Rankin tradicional.

Este último es el proceso que se quiere implementar con mayor fuerza ya que reduce los gases de efecto invernadero y su costo no es mucho más considerable que el de una instalación de ciclo Rankin tradicional.

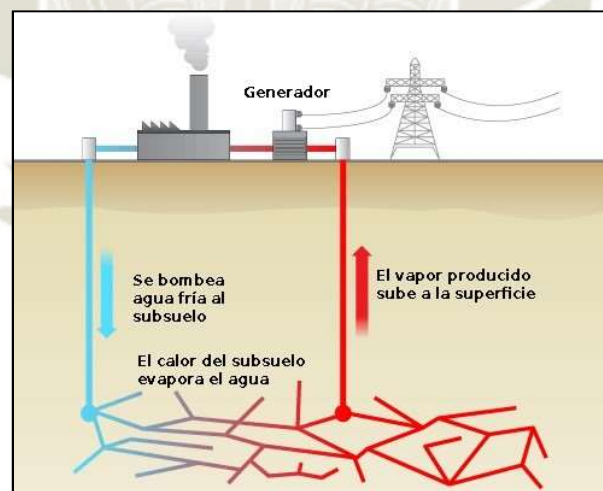


Gráfico 1. 18 – Energía geotérmica de alta entalpía

Fuente: Renovables Verdes

En el Perú tenemos mucho potencial de energía geotérmica, el principal problema es que esta se encuentra en zonas protegidas. Pero de todas maneras las regiones que se

está viendo de implementar de forma satisfactoria son Arequipa, Puno, Moquegua, Ayacucho y Pasco.

1.5.4. Energía de Biomasa

La biomasa es la materia que se obtiene de residuos vegetales o animales, los cuales deben ser orgánicos y se aprovecha su potencial energético. Las plantas transforman la energía solar en energía química la cual se almacena como carbón y se puede aprovechar al quemarla.

Quedan descartados los desechos provenientes de residuos fósiles y derivados de estos, dentro de estos los productos sintéticos, ya que, los vínculos que necesitamos en la mayoría de casos ya están rotos y no se pueden aprovechar. La biomasa es el aprovechamiento de la energía solar por medio de la fotosíntesis.

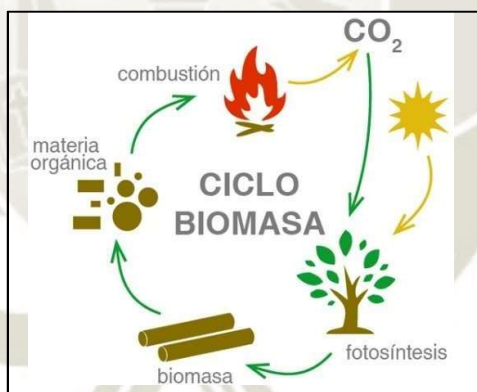


Gráfico 1. 19 – Ciclo de la biomasa

Fuente: Probio

El aprovechamiento de esta energía no es algo nuevo, incluso desde tiempos pre históricos se usaba este recurso. Con la entrada de los combustibles fósiles, la biomasa paso a segundo lugar donde su uso para energía primaria era insignificante.

Los factores importantes que favorecen a la biomasa son:

- Precio elevado del petróleo

- Gran desperdicio de la producción agrícola
- Usos alternativos de la producción agrícola
- Cambio climático
- Ya que este no genera tanta energía se puede aprovechar para analizar los procesos que tenemos actualmente y hacerlos más eficientes
- Es una alternativa interesante para revitalizar la inversión económica.

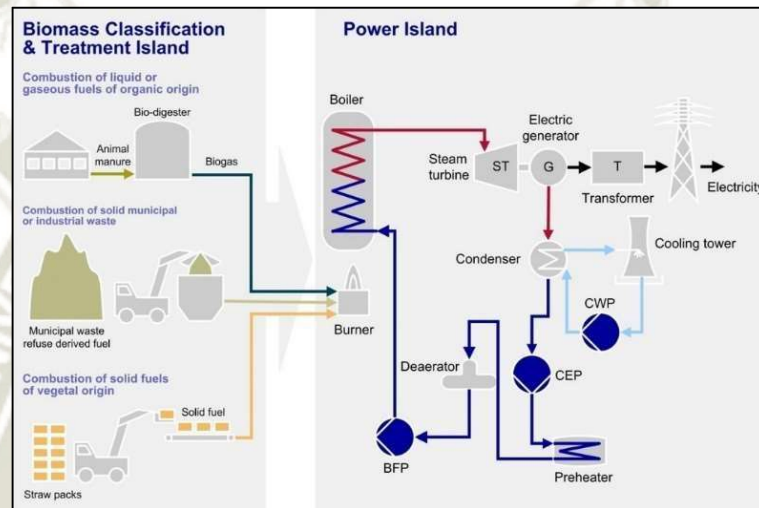


Gráfico 1. 20 – Grafico del proceso de generación eléctrica por biomasa

Fuente: Sulzer

CAPITULO 2 ENERGÍA SOLAR

2.1. CONCEPTO

En este capítulo veremos las 2 formas principales de generar energía eléctrica por medio del sol y explicaremos un poco de lo que se trata, así como mostraremos algo de la historia de esta tecnología. La primera que podremos apreciar es la energía solar térmica la cual es una muy buena alternativa para tener una generación a gran escala, aunque también tienen sus desventajas. Posteriormente veremos la energía solar por fotoceldas, la cual es la que utilizaremos para el desarrollo de esta tesis, veremos su aplicación y su ventaja frente a la térmica.

2.2. FUERZA DEL SOL

La radiación se considera una forma baja de energía ya que fuera de la atmosfera terrestre oscila entre 1300 y los 1400 W/m². La atmosfera genera pérdidas por reflexión, absorción y dispersión reduciendo está en un 30%, con la intensidad del planeta entre los 1000 W/m². Esto depende mucho de las condiciones climáticas y la altura de lugar de medición. En casos de estar completamente nublado se puede conseguir factores de 150 a 50 W/m². Para los casos de aprovechamiento de la energía solar estos valores son perjudiciales ya que reducen el aprovechamiento de la energía¹².

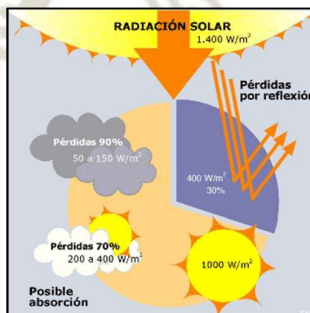


Gráfico 2. 1 – Descripción de la introducción de la radiación al planeta

¹² Dependiendo de la ubicación, es un factor determinante para la implementación de proyectos solares.

La radiación que pasa la atmosfera normalmente se puede medir con un solarímetro y a partir de estos equipos podemos crear un mapa del índice de radiación en el planeta, con el cual se pueden hacer estimaciones de las radiaciones en diversas partes del planeta por tiempos limitados.

2.3. HISTORIA DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar ha sido imprescindible desde los comienzos del planeta tanto para el reino vegetal como para el reino animal, teniendo en cuenta que, sin ésta, la vida como la conocemos no sería posible. Las civilizaciones supieron también aprovecharla de una manera o de otra e inventaron estrategias y tecnologías para poder sacarle el máximo provecho.

El sol como soberano de las formas de energía que se tienen en el planeta, ya que de éste dependen la fotosíntesis, el ciclo del agua, entre otros. Las culturas ancestrales se dieron cuenta de esto, así que comenzaron usarlo a su ventaja creando técnicas y evolucionándolas a lo largo del tiempo. Al comienzo se aprovechaba la energía solar de forma progresiva y con el tiempo avanzaron a la energía solar térmica, hasta llegar a la fotovoltaica.

2.3.1. El sol y las civilizaciones antiguas

La energía solar siempre ha sido uno de los pilares más importantes dentro de las culturas antiguas, incluso en algunas, como las nuestras, lo tenían como un tipo de dios. Pero la mayoría aprovechaban su energía de forma indirecta o sin tener conocimiento de ello.

La arquitectura y la religión de estas culturas giraban alrededor del sol ya que reconocían su importancia y su necesidad para la supervivencia de su estilo de vida.

2.3.2. Energía solar pasiva

Los griegos fueron los primeros que tuvieron la idea de aprovechar el sol desde el año 400 AC quienes la usaron de forma pasiva. Los romanos tomaron otra iniciativa, al usar vidrio en sus construcciones permitieron que la luz pudiera entrar en las edificaciones y además sabían que de esta manera podían conservar el calor en las habitaciones. También fueron los primeros en construir casas de cristal creando los primeros invernaderos para poder cultivar plantas de otras regiones e incluso plantas exóticas con semillas traídas de los confines del imperio.

Uno de los aprovechamientos más notorios es el de Arquímedes, el que fue un físico, ingeniero, inventor, astrónomo y matemático griego, el cual por medio de espejos desarrollo una máquina que podía incendiar navíos cerca de la costa usando solo la radiación solar en un punto. Este principio se vería posteriormente para la quema de árboles y la fundición de metales entre otras aplicaciones.

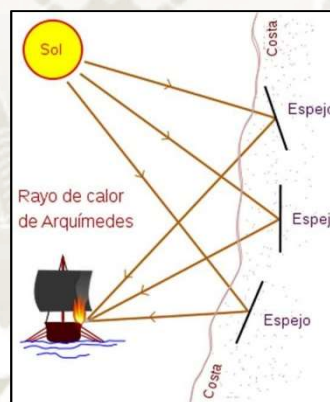


Gráfico 2. 2 – Rayo de calor de Arquímedes

Fuente: Leyendas de los Mirdalirs

Lavoisier, un científico francés, perfeccionó la técnica y los concentro de forma que en 1792 desarrollo su horno solar, que eran 2 potentes lentes concentrando la radiación en un foco y de esta manera logro fundir materiales solo usando el poder del sol.

En 19874, Charles Wilson diseño y dirigió un proyecto para potabilizar agua marina en el desierto de atacama en chile el cual tenía una capacidad de 22500 litros de agua diarios.

2.3.3. Primer colector solar térmico

El científico Horace Benedict De Saussure, en 1767, desarrolló el helio termómetro, el primer instrumento que permitía medir la radiación solar. Gracias a este invento se pudo por primera vez saber cuál era la radiación solar, y los instrumentos actuales le deben mucho a este. Este mismo científico desarrolló el primer colector solar, el cual es el padre de todos los calentadores de agua de placa plana que dan agua caliente alrededor del mundo.

Otro científico francés llamado Auguste Mouchout pudo convertir la energía solar en mecánica con una máquina, esta consistía de un colector que generaba vapor el cual movía un motor por medio de la presión. Pero por ser demasiado costoso este solo quedó como prototipo y nunca se realizó de forma comercial. Otro de sus aportes importantes fue la cocina solar el cual era una caja pintada de negro con un vidrio superficial, dentro de este se encontraba un espejo cilíndrico parabólico que reflejaba la luz solar.

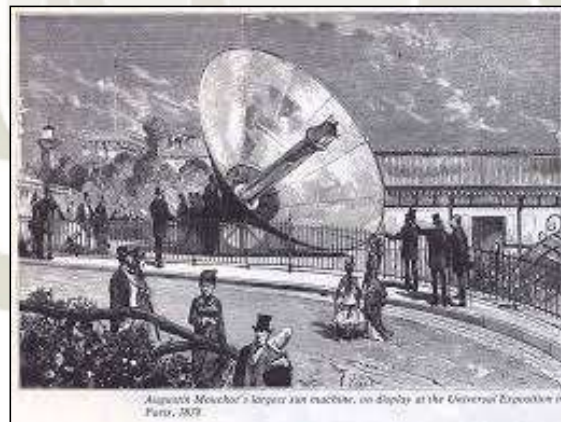


Gráfico 2. 3 – Máquina solar de vapor de Auguste Mouchout

2.3.4. Primera célula fotovoltaica

El descubrimiento del efecto fotovoltaico fue por accidente. Alexandre Edmond descubrió este efecto cuando experimentaba con electrodos de platino y se dio cuenta que al exponerlos a la luz solar estos aumentaban su intensidad y el resto es historia.

Posteriormente un ingeniero inglés llamado Willoughby Smith en 1873 descubre el efecto fotovoltaico en el sonido al experimentar con el selenio.

En 1877 un profesor de filosofía natural, William Grylls Adams, junto a un alumno, Richard Evans Day en Londres, se dieron cuenta que al exponer el selenio a luz este generaba electricidad, en ese momento se desarrolló la primera célula fotovoltaica. Usando este principio, Calvin Fuller, Gerald Pearson y Daryl Chapin, observaron que la célula de silicio producía suficiente electricidad para pequeños dispositivos eléctricos, esta célula es la que actualmente existe en el mercado.

Las primeras células de silicio estuvieron recién disponibles para su compra el año de 1956, pero con un costo muy elevado lo hacían casi imposible de adquirir para el consumidor promedio, esto siguió hasta el año de 1970 donde su costo bajó hasta en un 80% de manera que resultaron mucho más accesibles.

Hoy en día se encuentran en un sin número de aplicaciones, desde la activación de pequeños motores de 2 Vdc hasta para la alimentación de los satélites que se encuentran en el espacio.



Gráfico 2.4 – Paneles solares de silicio

Fuente: Tecmundo

2.4. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CONTRA ENERGÍA TERMOSOLAR

Se pueden comparar estas dos formas de energía ya que aprovechan el mismo recurso que es el sol, pero claramente, de diferentes modos ya que la energía fotovoltaica

aprovecha el principio foto eléctrico y la termosolar aprovecha el calor de este astro celeste.

2.4.1. Energía termosolar

El principio de funcionamiento de este tipo de energía se basa en el aprovechamiento del sol para poder obtener energía térmica, esta se conduce por medio de algún líquido a un reservorio de agua que generará vapor y pasará a una turbina y seguirá un ciclo en Rankin tradicional y de esta manera generar electricidad. Por medio del uso de sales puede ser gestionada para que genere electricidad incluso en la noche. Existen dos tipos de tecnología existente: la tecnología de torre concreta y la de cilindros parabólicos.

La diferencia entre estas tecnologías es la forma de concentrar el calor, la de torre concéntrica hace que varios espejos dirigen el reflejo del sol a la punta de una torre la cual calienta unas sales que están en contacto con el agua para convertirse en vapor, además estas sales permiten recolectar calor para que pueda generar vapor en horas de la noche. Las plantas cilindro parabólico concentran la energía solar en una tubería concéntrica la cual contiene, normalmente, aceites que son transferidos o a sales para que pueda ser almacenada la energía térmica o directamente al agua para que esta sea convertida en vapor para ser posteriormente turbinada.



Gráfico 2. 5 – Energía Termosolar

2.4.2. Energía solar fotovoltaica

Este sistema funciona con la radiación solar que, gracias a las características de ciertos materiales que se le agregan al silicio, puede generar electricidad aprovechando la diferencia de electrones entre los materiales esto genera una diferencia de potencial y permite que se cree una corriente eléctrica la cual puede ser usada por la persona o empresa que la requiera. Más adelante se explicará de forma más detallada del funcionamiento completo de estos sistemas.



Gráfico 2. 6 – Energía Fotovoltaica

2.4.3. Diferencias entre energía solar fotovoltaica y energía termosolar

| Termosolar | Fotovoltaica |
|---|--|
| Es capaz de generar energía en el momento que se requiera. | Actualmente los costos se han reducido y la tendencia es que bajen. |
| Puede reemplazar combustibles fósiles en plantas de carga fría ya que puede almacenar calor y puede usarse incluso en horas de noche. | La implantación requiere mucha área geográfica pero no perturba el ecosistema ni el medio ambiente. |
| Promueve la creación de empleo para la construcción e implementación, pero estos suelen implementarse en menor cantidad. | La implementación promueve el desarrollo de trabajos en zonas alejadas, además de electrificación en zonas alejadas. |

Tabla 2. 1 – Clasificación del petróleo

2.5. PRINCIPALES PLANTAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.5.1. Principal planta solar fotovoltaica en el mundo

Con el fin de establecer una base de las dimensiones que se pueden alcanzar con este tipo de energía nombraremos 3 plantas las cuales son las más grandes.

2.5.1.1. *Parque Solar del Desierto de Tengger, China (1500 MW)*

Con una capacidad de 1547 MW este parque solar es el más grande del mundo. Ubicado en el desierto de Tengger, en Zhongwei, provincia de Ningxia. Se comenzó a construir en el 2012 y terminó el año de 2015. Conocido como la “Gran Muralla Solar” este parque se extiende por un área de 1200 Km² que equivale a un 3.2% de la superficie total del desierto. Esta planta es operada por National Grid Zhongwei Power Supply Co.¹³.



Gráfico 2. 7 - Parque Solar del Desierto de Tengger, China

Fuente: El Periódico de la Energía

2.5.1.2. *Kurnool Ultra Mega Solar Park, India (1000 MW)*

Este parque fotovoltaico es bastante nuevo ya que recién fue conectado, se informó que se comenzaría alimentar la red con 900 MW con un nuevo parque fotovoltaico cuando se concluyó construcción completamente a finales del mes de abril de este año y comenzó a alimentar la red con 1000 MW.

Esta planta está ubicada en el distrito de Kurnool, en Andhra Pradesh y ocupa una superficie de 2400 hectáreas. Está siendo utilizado por Andhra Pradesh Solar Power Corporation Private Limited (APSPCL), una empresa conjunta de Solar Energy

¹³ Las 20 Mayores plantas fotovoltaicas del mundo – El Periódico de la Energía

Corporation of India, Andhra Pradesh Power Generation Corporation y New & Renewable Energy Development Corporation of Andhra Pradesh Ltd.

Requirió una inversión de 7000 millones de rupias (Aproximadamente 1100 millones de dólares) que fueron financiados tanto por el gobierno indio como por entidades privadas.

Este parque cuenta con 4 millones de paneles solares de 315Vdc. Los paneles están conectados a cuatro estaciones que convierte los 220/33 KV de 250 MW cada una y subestaciones de 400/220 KV integradas por 2000 Km de circuito de cables. Con este parque se satisface el 80% de la necesidad del sitio de Kurnool y genera cerca de 8 GWh al día.



Gráfico 2. 8 - Kurnool Ultra Mega Solar Park, India

Fuente: El Periódico de la Energía

2.5.1.3. Parque solar Datong, China (1000 MW)

Al concluir la instalación completa de este parque solar tendrá una capacidad de 3000 MW, pero a la actualidad solo se ha completado la primera etapa de 1000 MW que fue concluida en junio del 2016. Este fue el primer resultado exitoso del programa “Top Runner” de energía fotovoltaica.

Se movilizaron todos los recursos internos de la Organización de Colaboración Verde Fotovoltaica, de United PV cuyos componentes fotovoltaicos monocristalinos fueron de LERRI Solar Technology Co.; tuvo la supervisión de calidad de TUV NORD, con un sistema de administración de energía de Huawei.



Gráfico 2. 9 – Parque solar Datong, China

Fuente: El Periódico de la Energía

2.5.2. Principal planta solar fotovoltaica en el Perú

2.5.2.1. Planta solar *Rubí (Moquegua)* de 145 MW

La planta solar más grande del Perú en la actualidad. A través de la construcción de esta planta se alcanzó la generación solar a un 12% de la producción eléctrica del país. El costo total de la instalación fue de 170 millones de dólares y está ubicada en Moquegua en la provincia de Marisca Nieto. Una vez operativa a un 100% proporcionara unos asombrosos 440 GWh al año de energía limpia y renovable.



Gráfico 2. 10 – Central solar fotovoltaica Rubí

Fuente: Andina Agencia de noticias

2.5.2.2. Planta solar *Intipampa (Moquegua)* de 40 MW

Con una totalidad de 138120 paneles para la producción de un total de 40 MW, el 2018 se inauguró la central solar de Intipampa en Moquegua, se ubicó en esta localidad gracias a que se cuenta con una cantidad alta de radiación solar todo el año.



Gráfico 2. 11 – Central solar fotovoltaica Intipampa

Fuente: Embajada de Francia en el Perú

2.5.2.3. Planta solar *Tacna Solar (Tacna) de 20 MW*

Consta de 74988 paneles solares de 290Wp anclados por medio de una estructura galvanizada con una potencia de generación de 20 MW, Ubicada en la provincia de Tacna del departamento de Tacna.



Gráfico 2. 12 – Central solar fotovoltaica Tacna Solar

2.5.2.4. Planta solar *Panamericana Solar (Tacna)* de 20 MW

Costa de 72000 módulos fotovoltaicos de 290 Wp. Puestos de forma que puedan generar 20 MW de energía. Consta de 16 centros de transformación de 1.25 MW cada uno y con 2 inversores de 625 kW.



Gráfico 2. 13 – Central solar fotovoltaica Panamericana Solar

2.5.2.5. Planta solar *Majes Solar (Arequipa)* de 20 MW

Costa de 55704 módulos solares de capa fina con potencias que fluctúan desde 350, 370, 390 y 410W inclinados al norte.



Gráfico 2. 14 – Central solar fotovoltaica Majes Solar

Fuente: COES

2.5.2.6. Planta solar *Moquegua FV (Moquegua)* de 20 MW

Utiliza módulos de 280 Wp que están ubicadas en estructuras galvanizadas que cuentan con un seguidor solar para absorber la radiación de mejor manera.



Gráfico 2. 15 – Central solar fotovoltaica Majes Solar

2.5.2.7. Planta solar *Repartición 20T (Arequipa)* de 20 MW

Ubicada en la Joya. Consta de 55704 módulos fotovoltaicos de 350, 370, 390 y 410W tos estos paneles tienen una orientación de 16 grados al norte



Gráfico 2. 16 – Central solar fotovoltaica Repartición 20T

2.6. FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Una central fotovoltaica se compone principalmente de los módulos fotovoltaicos y un inversor, los módulos son los que captan la energía solar y la transforman a corriente continua. Lo que hace el inversor es volver esta corriente continua a corriente alterna de características similares a la red y de esta forma la inyecta directamente a la distribución.

La ventaja principal de este sistema es el rendimiento de esta instalación, ya que se aprovecha en un 100% la energía que es generada por los paneles que, al ser conectados a la red, puede ser provechada por cualquier otro consumidor que esté conectada a la misma. Incluso los días festivos o épocas de vacaciones

2.6.1. Componentes de una central fotovoltaica

Una central fotovoltaica puede tener diferentes componentes, pero si hablamos de las conectadas directamente a la red, estos son los componentes principales:

2.6.1.1. *Célula fotovoltaica*

Generalmente compuesta de silicio estas se encargan de captar la energía solar y volverla corriente continua. Se distinguen por la calidad de las mismas

Paneles solares Monocristalinos de celda de silicio: se reconoce este panel fácilmente por su color y su aspecto uniforme que indica una alta pureza del silicio. Este al momento de ser creado, se controla la dirección de crecimiento haciendo que esta solo tenga un sentido consiguiendo un alineamiento casi perfecto. Una de sus características también es que sus celdas no son cuadradas.



Gráfico 2. 17 – Panel Monocristalino

Fuente: Markasol

Paneles solares Policristalino de celda de silicio: para la creación de estas celdas el silicio es vertido en un molde cuadrado que se enfría y se corta en láminas, esto se conoce como el método Czochralski. Cuentan con ventajas y desventajas frente a los paneles mono cristalinos, por ejemplo, como una de las principales ventajas es que el costo de estos es significativamente menor al costo de los monocristalinos,

y como desventaja es que tienen una eficiencia marcadamente menor de manera que estos solo llegan a tener como máximo un 16% de eficiencia la cual disminuye más cuando se encuentran a temperaturas elevadas.



Gráfico 2. 18 – Panel Policristalino

Fuente: Markasol

Paneles solares Fotovoltaicos de capa fina: la justificación para estos paneles es que, para uso doméstico, dan una gran potencia. Se componen de varias capas de material fotovoltaico situado en una base, los materiales usados pueden variar desde silicio amorfo (a-Si), telurio de cadmio (CdTe), cobre, indio, galio y selenio hasta incluso células fotovoltaicas orgánicas (OPC)



Gráfico 2. 19 – Panel de capa fina

Fuente: ArchiExpo.

2.6.1.2. Torre meteorológica

Esta es importante ya que desde ésta se determinará la cantidad de radiación que se recibirá en el día y de esta manera se podrá establecer la producción que se tendrá en el día.

2.6.1.3. *Armario de corriente continua*

Es el punto de conexión de todos los paneles fotovoltaicos y desde ahí se envía al inversor para que pueda ser transformada.

2.6.1.4. *Inversor*

El componente más importante de la instalación, según sea el sistema. Este se encarga de convertir la corriente continua en corriente alterna y en algunos casos puede controlar el consumo y la energía que se suministrara a la red.

El funcionamiento de este equipo, teóricamente, es alternando los lados positivos y negativos de la fuente de corriente directa.

Hay cientos de tipo de inversores, de onda sinodal, onda rectificada y onda cuadrada. De estos tipos el mejor es de onda pura o sinodal, ya que no genera picos de energía ni armónicos en la red donde trabaja.

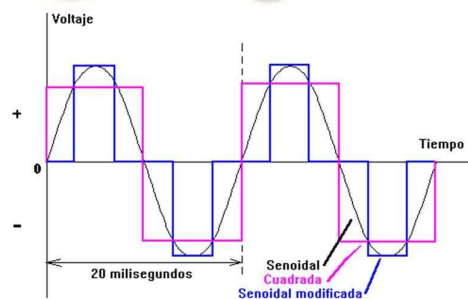


Gráfico 2. 20 – Ondas producidas por un inversor

Inversor aislado: El funcionamiento de estos inversores es de forma completamente autónoma. Cuentan con paneles solares para cargar las baterías, las cuales son su única fuente de energía

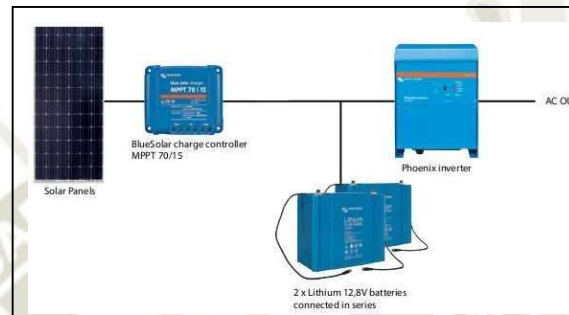


Gráfico 2. 21 – Conexión sistema aislado

Fuente: Victron Energy

Inversor mixto: Este tipo de inversor funciona al igual que el anterior, la fuente primaria de energía es de las baterías que son cargadas por los paneles solares, pero además en caso de que no se tenga la energía, proporcionada por los paneles, las baterías se pueden cargar directamente desde la red eléctrica ya que estos inversores tienen también función de cargadores.

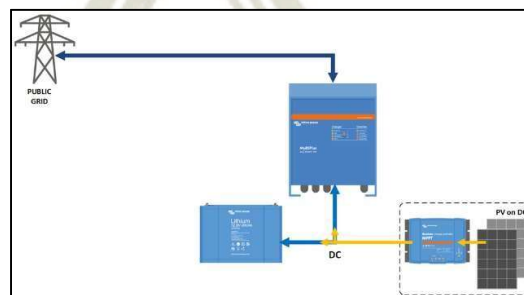


Gráfico 2. 22 – Conexión sistema mixto

Fuente: Victron Energy

Inversor conectado a red: Este inversor, a diferencia de los 2 anteriores, puede funcionar sin necesidad de baterías, inyectado a la red eléctrica ya existente la intensidad proporcionada por los paneles eléctricos.

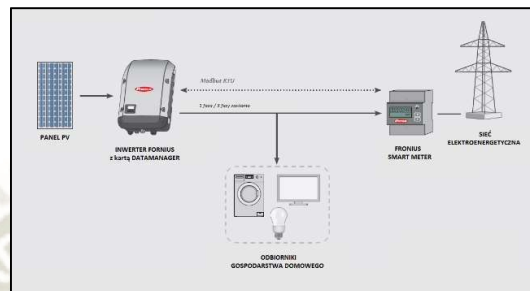


Gráfico 2. 23 – Conexión sistema conectado a red

Fuente: Fronius

2.6.1.5. *Armario de corriente alterna*

Recibe la corriente que provee del inversor o inversores, la convierte a una corriente apta para ser enviada al centro de transformación.

2.6.1.6. *Centro de transformación*

Centro donde se ubican los transformadores de alta potencia, en este sitio se transforma a la intensidad y el voltaje apto para poder transmitirse y ser acoplado a la red principal.

2.6.1.7. *Línea transportadora*

Línea de transmisión de alto voltaje la cual cuenta con torres de comunicación. Esta se encarga de transmitir la energía generada hasta otro centro de transformación o al consumidor final de ésta.

2.6.1.8. Sala de control

Centro donde se controla toda la central. Tiene como finalidad ver los niveles de funcionamiento de la central, además de ver las maniobras que se realizarán. Esta trabaja en conjunto con la torre meteorológica.

2.6.2. Generación de electricidad mediante los paneles fotovoltaicos

Estas celdas tienen como función generar la corriente continua que posteriormente será transformada en corriente alterna.

Su principio de funcionamiento es por el fenómeno fotoeléctrico, este consiste en la emisión de electrones cuando se lo ilumina con una radiación electromagnética¹⁴.

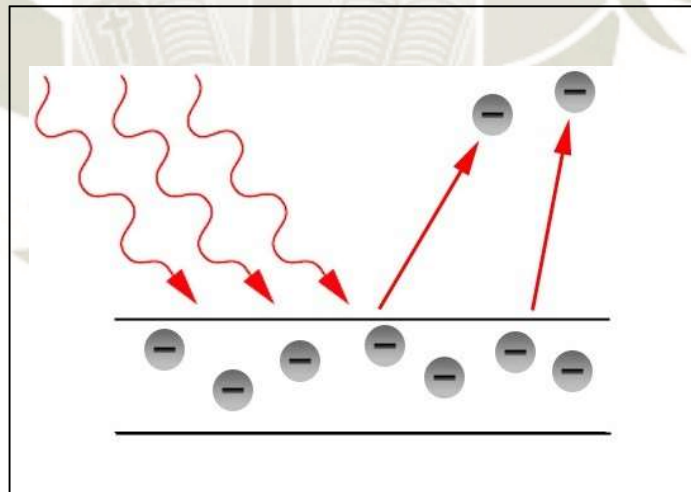


Gráfico 2. 24 – Fenómeno Fotoeléctrico

Fuente: Wikilibros

¹⁴ Este fenómeno también describe la luz tanto como una partícula y como una onda.

Estos paneles son conectados de manera que funcionen como una unidad y proporcionen una potencia unitaria por todo el arreglo (String)

2.6.3. Transformación de AC/DC y elevación de corriente y voltaje

En este punto se recepción de toda la energía de los paneles y es convertida a corriente alterna, esto puede ser realizado por uno o más inversores, en el caso de ser varios se conectarán en forma paralela y serán de la misma potencia.

Luego de ser convertida a corriente continua pasara a un transformado que ajustara el voltaje y la corriente de transporte que normalmente se maneja en KV, esto se realiza porque hay una caída de voltaje considerable a la hora de transportar esta energía, que en la mayoría de casos es por kilómetros.

2.7. Ventajas

Las ventajas son muy razonables y dentro de las que se podrán contemplar dentro de esta tesis se tienen muchas más que con el tiempo irán mejorando como por ejemplo el precio de los paneles fotovoltaicos, sus características y los inversores que por el desarrollo de la tecnología en solo 5 años los precios se piensan que se reducirán casi a la mitad.

Las ventajas que se consideran a la fecha son¹⁵:

- Como procede de una fuente renovable, los recursos son virtualmente ilimitados
- Su producción no genera ningún residuo toxico ni contaminante para el medio ambiente
- Los costos no son tan elevados comparados con los de otras tecnologías similares de generación eléctrica renovable
- Su mantenimiento es muy sencillo y de bajo costo.

¹⁵ Ventajas e inconvenientes que pueden variar según la ubicación y su uso en general

- Al ser modular su remplazo en caso de roturas o fallas es bastante sencillo y sin necesidad de una desconexión completa de la planta
- Los módulos fotovoltaicos tienen variedad de tamaños, dependiendo de la necesidad
- El transporte de las partes es súper sencillo ya que no requiere camiones especiales ni personal muy calificado para el transporte como es en el caso de las turbinas eólicas
- Se puede aplicar en zonas donde no hay conexión eléctrica ya que éste puede trabajar aislado con el uso de baterías
- La mano de obra para la instalación no necesita ser muy especializada ya que estos son de sencilla conexión y están diseñados para que puedan ser instalados por cualquier persona.

2.8. Desventajas

- La inversión inicial suele ser elevada principalmente por las estructuras y cableado.
- Los lugares donde son más idóneos para la instalación suelen ser alejados y preferiblemente en zonas desérticas
- Para coleccionar grandes cantidades de energía se requiere una cantidad considerable de terreno.
- Los elementos de almacenamiento suelen tener un costo bastante elevado, normalmente costando hasta un 50% del costo total del proyecto

2.9. REQUISITOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

2.9.1. Identificar el consumo de energía actual

Revisar los consumos de energía que se están registrando en el local o la ubicación que se pretende electrificar. Esto se puede realizar de diferentes formas.

- Medición y conteo de equipos que se ubican en el lugar actual. Se puede realizar mediciones con instrumentos tales como wattomentros, pinzas amperimétricas y multímetros.
- Por medio de los recibos proporcionados por la empresa distribuidora, en el caso de Arequipa, serán proporcionados por la empresa SEAL.

2.9.2. Validar la ubicación

Los paneles solares requieren de una exposición adecuada al sol sin tener interferencia de árboles o cerros. Estos también requieren un espacio firme que permita la correcta estación de éstos y sus estructuras.

Con una correcta ubicación también se debe revisar los niveles de radiación en el lugar ya que necesitamos una potente radiación para que esta pueda funcionar correctamente y a su máxima eficiencia.

2.9.3. Seleccionar el tipo de instalación

Para el funcionamiento de esta instalación debemos conocer cuál es la necesidad de la persona que solicita la instalación.

- Off Grid o Instalación Aislada. – Este tipo de instalación se realiza en lugares alejados o/y en lugares donde o no se cuenta con energía eléctrica o no se quiere tener consumo de la red principal. Este tipo de instalación cuenta con baterías para poder almacenar la energía y pueda usarse durante horas de la noche, suelen ser costosas por estas últimas.
- On Grid o Conectada a Red. – Esta instalación se realiza cuando se tiene acceso a la red pública. El principio de esta instalación es que durante las horas que se tiene energía solar, esta proporcionará la energía necesaria para la instalación, pero en horas que no se cuente con sol, la energía será proporcionada por la red pública.

CAPITULO 3 MÉTODO DE CÁLCULO Y DISEÑO

Continuando la con esta tesis aplicaremos la metodología apropiada para el planteamiento y desarrollo de la misma. En esta etapa también se verá el proceso del diseño con cálculo, selección de los equipos para la instalación, así como la instalación y la conexión al sistema ya existente.

En este capítulo veremos la localización de los paneles solares dentro de las instalaciones de colegio. Y, como vimos anteriormente, tenemos que tener en cuenta que sea un lugar donde reciba la máxima radiación para que la eficiencia de los paneles sea la más elevada, además de aprovechando al máximo el área disponible para la ubicación de los mismos. Además, debe estar cercano a un punto de acceso que permita la conexión con el inversor, así como con la red en general que alimenta al colegio, después del transformador. Considerando que la estética es importante para la presencia del colegio, hay que preservar la misma, haciendo que los paneles no resalten mucho ni distorsionen el aspecto en general del colegio.

Luego de tener establecida la ubicación podemos comenzar con los cálculos relacionados con la inclinación y las estructuras que se utilizara. Aprovecharemos esta parte para poder explicar un poco sobre por qué se usa esta inclinación y la dirección de los mismos ya que esta se mantendrá fija y no tendrá ningún dispositivo de redirección, principalmente esto se hará para que los costos no se eleven, ya que los equipos de este tipo podrían elevar la instalación a exorbitantes sumas las cuales no serán recuperadas en el tiempo.

Para esta instalación se vio por conveniente toma como valor para el cálculo el 80% del promedio del consumo del colegio. Esto se puede tener mediante la toma de datos o con los recibos que miden la demanda durante las horas regulares, así como en las horas pico. Lo que nos permitirá mediante un cálculo simple saber cuál es la demanda que se necesita suministrar por los paneles. Se cubrirá esta demanda que al comparar será menos a la demanda mensual, esto se hace para evitar la inyección de energía a la red pública, lo cual está penalizado, a la fecha, por la empresa distribuidora.

3.1. CALCULO DE RADIACIÓN EL SITIO

Como primera acción para el desarrollo tenemos que saber si la radiación solar es suficiente para el funcionamiento de este tipo de energía, puesto que de otra forma sería un desperdicio, para esto, usaremos un medidor de radiación solar además de algunos datos que nos darán tanto SENAMI como algunos proveedores de equipos solares que tienen estos datos.

En el mapa que nos brinda SENAMI podemos contar con un índice de radiación el cual nos indica cual la cantidad de radiación del tipo UV llega del sol a la superficie terrestre. Este comienza desde 0 y tiene una escala que nos posibilita tener una idea de la intensidad de esta

| Indice UV | |
|-------------------------|------------------------------|
| CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN | INTERVALO DE VALORES DEL IUV |
| BAJA | < 2 |
| MODERADA | 3 A 5 |
| ALTA | 6 A 7 |
| MUY ALTA | 8 A 10 |
| EXTREMADAMENTE ALTA | 11+ |

Gráfico 3. 1– Escalada índice radiación

Fuente: Comisión Internacional de Protección contra la radiación no ionizante

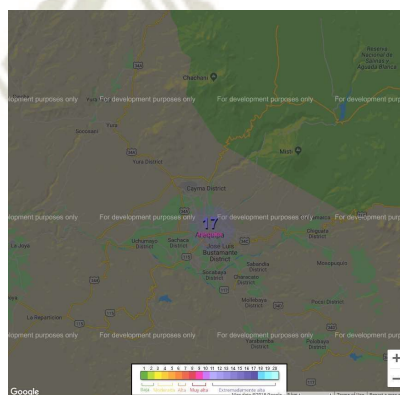


Gráfico 3. 2 – Mapa de radiación en la ciudad de Arequipa

Fuente: SENAMI

Estos datos nos sirven para saber la radiación que llega al piso y está también nos muestra que tan dañina es para nuestro cuerpo. Pero para función de nuestro calculo necesitamos tener en W/M2/día de esta forma podremos hacer un cálculo preciso de los paneles que requerimos.

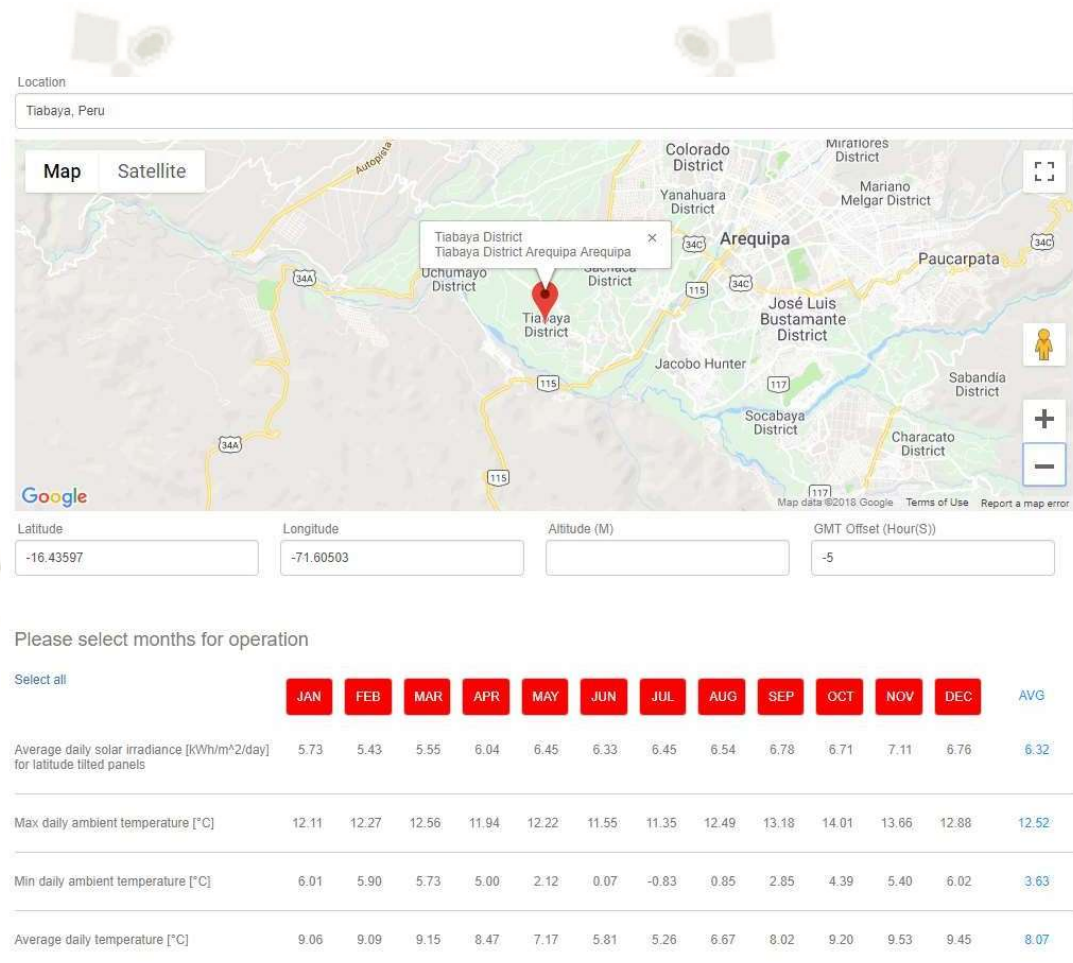


Gráfico 3. 3 – Cuadro de radiación

Fuente: Nastec Solar Calculator

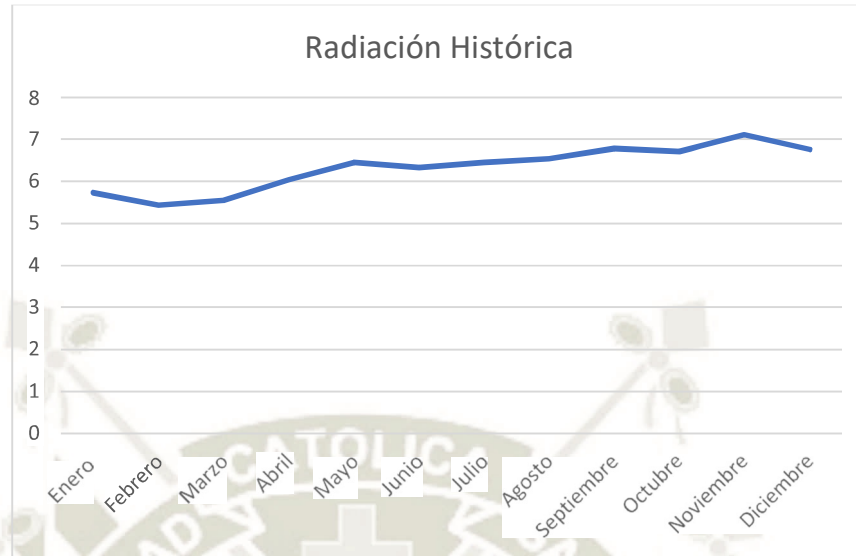


Gráfico 3. 4 – Gráfico histórico de radiación

Como podemos apreciar en el cuadro de arriba tenemos una radiación promedio de 6.32 KWh/m²/día. También tenemos la temperatura promedio, esta es importante porque los paneles funcionan mejor a baja temperatura, esto afecta a la eficiencia del mismo. Un dato que nos es importante y no lo vemos en el cuadro es la altura ya que los paneles están diseñados para una temperatura de 25°C y 1.5 ATM además de una irradiación de 1000 W/m² (STC).

No es sorpresa que nos dé una radiación tan alta ya que al ubicarnos en una zona tan árida y con una humedad relativa tan baja sería raro que no fuera de esta forma. Esto se corrobora con los mapas que nos proporciona SENAMI los que veremos a continuación.

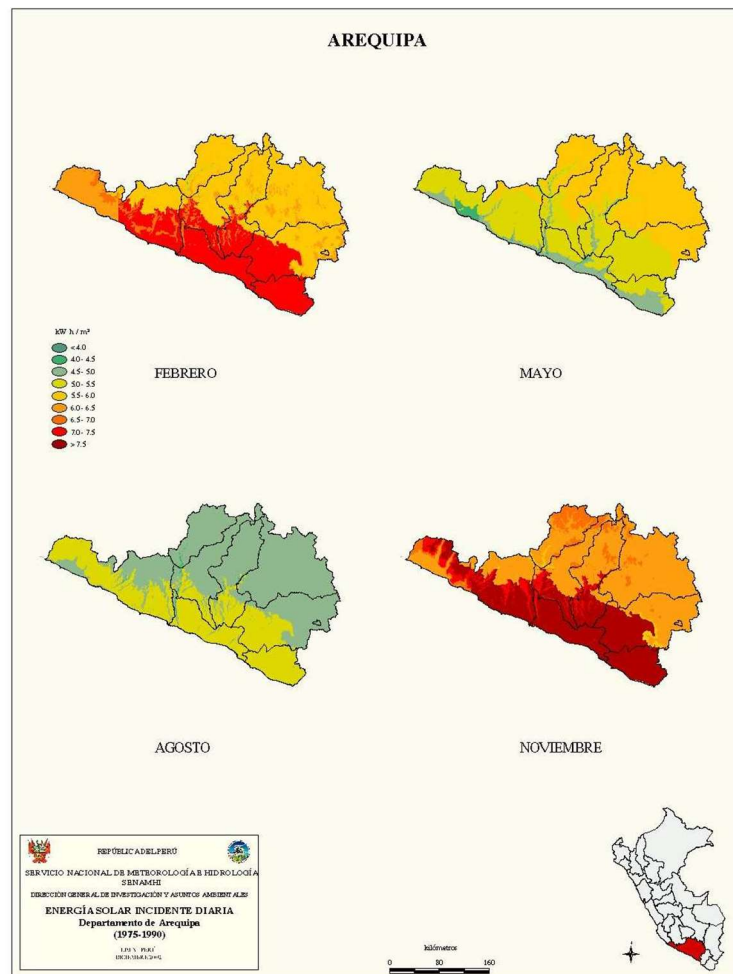


Gráfico 3. 5 – Energía solar incidente diaria departamento de Arequipa

Fuente: SENAMI

Ahora una pregunta típica que se suele hacer es porque ver primero la radiación antes que las cargas para el sitio, y la respuesta más simple es, para ver las condiciones de trabajo y si son viables para este tipo de instalación. En caso de que no sea apropiado el uso de esta tecnología en el lugar de la instalación sería poco coherente aventurarnos a ver las cargas y los equipos para estas condiciones.

3.1.1. Radiación proporcionada por los alumnos

Como ejercicio para conocer cómo se mide la radiación y familiarizarse con el equipo de medición un grupo de alumnos del colegio tomaron 10 medidas estas diferían en 15 minutos. Se les explico las unidades de medición y desarrollaron una exposición para demostrar sus resultados.

Dentro del manejo del instrumento se explicó que este siempre debería estar apuntando al sol de la manera más directa posible para que las mediciones fueran lo más reales posibles.



Gráfico 3. 6 – Medidor de radiación utilizado



Gráfico 3. 7 – Alumnas usando el medidor de radiación¹⁶

¹⁶ La identidad de las estudiantes se mantiene en reserva

El resultado proporcionado por los estudiantes fue el siguiente:

| Hora | Radiacion (W/m2) |
|-------|------------------|
| 10:45 | 1044 |
| 11:00 | 1070 |
| 11:15 | 1081 |
| 11:30 | 1095 |
| 11:45 | 1098 |
| 12:00 | 1095 |
| 12:15 | 1093 |
| 12:30 | 1090 |
| 12:45 | 1083 |
| 13:00 | 1085 |

Tabla 3. 1 – Radiación Solar

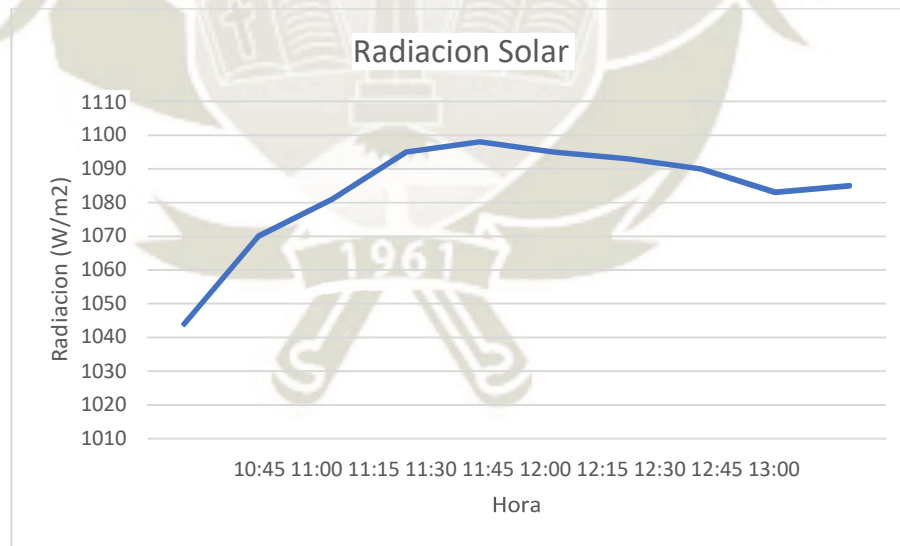


Gráfico 3. 8 – Grafico de radiación solar

Mientras un grupo medía la radiación del sol, otro grupo comenzó a investigar sobre la radiación y que contemplaba. Además, vieron que representaban las unidades de medición y cómo funcionaban los paneles fotovoltaicos.

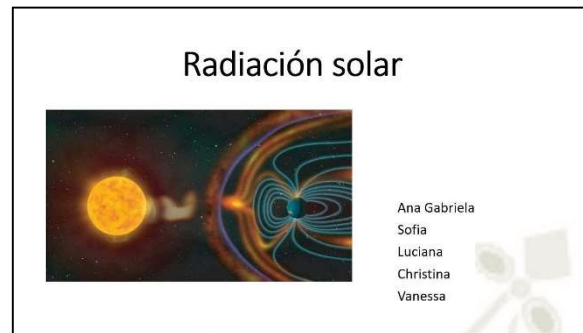


Gráfico 3. 9 – Diapositivas expuestas por los estudiantes



Gráfico 3. 10 – Estudiantes realizando investigación en clase

3.2. Cálculo de cargas

Para ver el cuadro de cargas tenemos 2 opciones. La primera es contar los equipos que se encuentran instalados, esto deberá incluir desde las bombas instaladas hasta las luces, el problema con este método es que a menos que se tenga un inventario real de todas las cosas siempre se dejan de lado algunas, además suele tomar mucho tiempo y no es tan preciso. El segundo método es hacer una medición directamente de la red, esto suele tener mucha más precisión y como puede realizarse de forma automática o remota, no requiere que estemos físicamente en lugar, normalmente esta medición se realiza a través de un año o siquiera por algunos meses para tener una idea del consumo

promedio, máximo y mínimo. El problema principal de este último método es que los equipos para realizar este tipo de medición suelen ser muy costosos, pero en nuestro caso SEAL, para emitir los recibos, realiza un control de los clientes que requieren una conexión a media tensión. Usando estos datos podremos obtener los niveles máximos de consumo en los meses sin requerir de la compra de equipos costosos.

3.2.1. Cuadro de cargas

Tomaremos el cuadro de cargas de los consumos que proporciona la empresa distribuidora, SEAL, con sus recibos de luz. Tomaremos los consumos de 12 meses, esto nos dará desde el consumo mínimo, el cual debería ser en las fechas de vacaciones, hasta el consumo máximo, que debería ser en los meses de mayo y junio que se tienen la mayor cantidad de actividades en el colegio.

Realizaremos un cuadro comprando los 12 meses. También se debe tener en cuenta la energía reactiva que se consume ya que esta nos permitirá conocer el factor de operación del sistema. Es muy razonable la pregunta típica que es, ¿para qué se necesita el factor de potencia? Este nos permitirá conocer no solo si la energía reactiva que se está usando es muy alta, sino también que, al momento de elegir el equipo, si el factor de potencia es menor a 0.7 ningún inversor comercial podrá suministrar la energía requerida para este sistema.

| Año | Mes | Máxima demanda (kW) | Reactiva (kVARh) |
|------|------------|---------------------|------------------|
| 2017 | Agosto | 45.800 | 2751.000 |
| 2017 | Septiembre | 46.560 | 3061.200 |
| 2017 | Octubre | 40.260 | 2511.600 |
| 2017 | Noviembre | 42.840 | 2915.400 |
| 2017 | Diciembre | 41.040 | 1899.600 |
| 2018 | Enero | 17.880 | 498.000 |
| 2018 | Febrero | 33.900 | 1680.000 |
| 2018 | Marzo | 41.760 | 2974.800 |
| 2018 | Abril | 44.280 | 3148.200 |
| 2018 | Mayo | 44.340 | 2479.800 |
| 2018 | Junio | 53.580 | 3266.400 |
| 2018 | Julio | 23.110 | 287.300 |
| 2018 | Agosto | 46.620 | 3062.150 |

Tabla 3. 2 – Consumos de los meses agosto 2017 a agosto 2018

Como podemos apreciar en el cuadro el mes de menor consumo es el mes de enero, esto se debe a que como mencionamos anteriormente, estos meses son de vacaciones tanto para los alumnos como para el personal docente, así como el personal administrativo.

Sabiendo esto tenemos 2 alternativas posibles. Podemos coger el mes como enero como nuestro punto de referencia de modo que cubrimos nuestro consumo mínimo o también podemos tener un promedio de la energía consumida en ese periodo lo cual nos cubrirá por más tiempo. El problema con el último es que se necesita un sistema que impida la inyección a la red.

3.2.2. Cuadro de cargas (cuadros de proporcionados por los alumnos)

Con el fin de conocer los equipos que serán alimentados (a los que tenían acceso los alumnos) listaremos los equipos de cada área del colegio, haciendo la aclaración que se pueden haber omitido algunos equipos que pueden no estar conectados o simplemente no eran visibles a la fecha de la visita. Como previamente se indicó, no se puede establecer un tiempo de uso exacto de los mismos ya que estos pueden variar según el horario de uso y los requerimientos de los profesores dentro de su plan curricular.

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|--------------|
| Auditorio | | |
| Equipos | Cantidad | Watts |
| Focos | 32, 4, 5 | 2400 |
| Computadoras | 1 | 150 |
| Proyector | 1 | 400 |
| Parlantes | 5 | 7500 |
| Ecuilizador | 1 | 1500 |
| | Total | 11950 |

Tabla 3. 3 – Equipos en Auditorio

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Tienda x3 | | |
| Equipos | Cantidad | Watts |
| Focos | 1 | 36 |
| Refrigerador | 1 | 250 |
| Microondas | 1 | 700 |
| | Total | 2958 |

Tabla 3. 4 – Equipos en Tienda

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Baño x6 | | |
| Equipos | cantidad | watts |
| Focos | 2 | 72 |
| | Total | 432 |

Tabla 3. 5 – Equipos en Baños

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Clases x41 | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| Focos | 4 | 144 |
| Computadoras | 1 | 150 |
| Proyectores | 1 | 400 |
| | Total | 28454 |

Tabla 3. 6 – Equipos en Salones de Clases

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Sala de cómputo | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadoras | 31 | 9300 |
| focos | 3 | 108 |
| Proyector | 1 | 400 |
| | Total | 29424 |

Tabla 3. 7– Equipos en Salas de Computo

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------------|
| Laboratorio x4 | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadora | 1 | 300 |
| proyector | 1 | 400 |
| Focos | 8 | 144 |
| | Total | 3376 |

Tabla 3. 8 – Equipos en Laboratorios

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------------|
| Kindergarten x9 | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| Computadoras | 1 | 300 |
| Proyector | 1 | 400 |
| Focos | 4 | 144 |
| focos especiales | 9, 20 | 3770 |
| | Total | 4614 |

Tabla 3. 9 – Equipos en Kindergarten

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------------|
| Sala de arte | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| Computadoras | 1 | 150 |
| Proyector | 1 | 400 |
| Focos | 6 | 216 |
| Parlantes | 2 | 400 |
| | Total | 1166 |

Tabla 3. 10 – Equipos en Salas de Arte

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------------|
| Sala de música | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadoras | 1 | 150 |
| proyector | 1 | 400 |
| Focos | 4 | 144 |
| parlante | 2 | 3000 |
| | Total | 3694 |

Tabla 3. 11 – Equipos en Sala de Música

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Secretaría | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadoras | 4 | 600 |
| Focos | 4 | 144 |
| Impresoras | 4 | 400 |
| | Total | 1144 |

Tabla 3. 12 – Equipos en Secretaria

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Sala de profesores | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadoras | 19 | 2850 |
| focos | 39 | 1404 |
| impresoras | 6 | 600 |
| | Total | 4854 |

Tabla 3. 13 – Equipos en Sala de Profesores

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Enfermería | | |
| enfermería | cantidad | Watts |
| computadoras | 1 | 150 |
| focos | 3 | 108 |
| | Total | 258 |

Tabla 3. 14 – Equipos en Enfermería

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------|
| Fotocopiadora | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadora | 1 | 150 |
| fotocopiadora | 1 | 1000 |
| | Total | 1150 |

Tabla 3. 15 – Equipos en Fotocopiadora

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|------------|
| Tesorería | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadoras | 1 | 150 |
| focos | 2 | 72 |
| | Total | 222 |

Tabla 3. 16 – Equipos en Tesorería

| TRABAJO DE CONVERSIÓN DE WATTS Y KILOWATTS | | |
|--|--------------|-------------|
| Biblioteca | | |
| Equipos | cantidad | Watts |
| computadoras | 8 | 1200 |
| focos | 6 | 216 |
| impresora | 2 | 200 |
| | Total | 1616 |

Tabla 3. 17 – Equipos en Biblioteca

Los cuadros anteriores fueron, en su mayoría, proporcionados por alumnos del Colegio de forma que conocieran los consumos de los artefactos y tomaran conciencia de que tanto estos tienen que ver en el consumo final. Se les explicó un poco de cómo funcionan las tarifas eléctricas y la diferencia entre el consumo norma y en horas pico.

3.2.3. Cuadro de cargas

En estos cuadros de cargas contemplaremos algunos que los alumnos no consideraron o no tenían la posibilidad de ver directamente, tales como bombas, ventiladores e interior de salas de profesores.

| Kindergarten Baños x9 | |
|------------------------|--------------|
| T4x2 | 16 |
| Ahorrador | 9 |
| secador de manos | 2000 |
| Total | 18225 |
| Kindergarten Auditorio | |
| T4x2x4 | 64 |
| secador de manos x4 | 8000 |
| Reflectores 100W x4 | 4000 |
| Computadora | 400 |
| Equipo de sonido | 200 |
| Horno electrico | 1500 |
| Microondas | 1600 |
| Cocina electrica | 2000 |
| Minibar | 500 |
| T8x2x2 | 64 |
| Hervidor electrico | 2000 |
| Switch 24 puertos | 12 |
| Total | 20340 |

Tabla 3. 18 – Cuadro de cargas 1

| Kindergarten oficinas x2 | |
|---------------------------|-------------|
| Computadoras x2 | 800 |
| Foco Incandescente | 75 |
| Impresora | 3 |
| Equipo de sonido | 200 |
| Placa LED | 50 |
| Ventilador de techo | 65 |
| Total | 2386 |
| Kindergarten gimnasio | |
| Ahorrador x14 | 126 |
| Equipo de sonido | 500 |
| Total | 626 |
| Kindergarten Coordinacion | |
| Computadora | 300 |
| Impresora | 3 |
| T4x2 | 16 |
| Total | 319 |

Tabla 3. 19 – Cuadro de cargas 2

| Comedor profesores | |
|--------------------------|--------------|
| T8x2x17 | 544 |
| Computadoras x4 | 1200 |
| Router WIFI | 20 |
| Radio pequeña | 50 |
| Dispensador Café x2 | 8000 |
| Microondas x3 | 4800 |
| Refrigerador | 350 |
| Total | 14964 |
| Comedor profesores Baños | |
| Secador de manos | 2000 |
| Foco Incandescente x5 | 375 |
| Total | 2375 |

Tabla 3. 20 – Cuadro de cargas 3

| Bombas de pozo | |
|--------------------------|---------------|
| Bomba 1 | 4000 |
| Bomba 2 | 4000 |
| Total | 8000 |
| Bomba Pabellon E | |
| Bomba | 745.7 |
| Total | 745.7 |
| Bomba Laboratorio | |
| Bomba 1 | 745.7 |
| Bomba 2 | 745.7 |
| Total | 1491.4 |
| Oficina de Mantenimiento | |
| Laptop | 150 |
| Computadora | 300 |
| Radio pequeña | 50 |
| T8x2 | 32 |
| Total | 532 |

Tabla 3. 21 – Cuadro de cargas 4

Esta tabla completa la realizada por los alumnos, pero se hace la observación que aún no es el total de cargas del colegio ya que algunos lugares estaban inaccesibles por el hecho que estaban siendo usados para el dictado de clases.

3.3. Cálculo de paneles fotovoltaicos

Para el cálculo de los paneles debemos primero elegir unos que nos den la mayor relación entre potencia y espacio, ya que, si queremos cubrir el 80% del consumo máximo menor del año, que son 14.45 KW, podemos o bien usar 54 paneles de 280 Wp o también se puede usar 3000 paneles de 5 Wp. Aunque el ejemplo, algo exagerado, nos muestra que hay muchas formas de conseguir la potencia requerida, aunque se debe elegir bajo 3 principios de sentido común.

- Que su instalación sea fácil ya que en caso de cambio o de mantenimiento no se requiera de muchas horas para realizarse.
- Que cuente con las menos partes posibles, de esta forma en caso de descompostura o de algún tipo de falla, sea fácil detectar la misma y se pueda solucionar lo antes posible.
- Más relacionado al precio de la estructura que cargará estos paneles, mientras menos partes tenga esta será más barata y más simple de armar

Si bien el cálculo de los paneles es prácticamente directo, una vez que se tiene en la carga necesaria para la instalación. Pero por motivos didácticos veremos los cálculos para ver el efecto de la radiación en estos y veremos dentro de las curvas el voltaje final de estos al enfrentar la radiación que se tiene en Arequipa.

Primero veamos el cálculo directo al cual me refería anteriormente, se verá que no difiere mucho del valor final de los paneles usando otros métodos de cálculo.

$$\# \text{ de paneles necesarios} = \frac{\text{Potencia necesaria (W)}}{\text{Potencia de los paneles (Wp)}}$$

$$\# \text{ de paneles necesarios} = \frac{15000 \text{ W}}{280 \text{ Wp}}$$

$$\# \text{ de paneles necesarios} = 53.57 \approx 54 \text{ paneles}$$

Una pregunta que se me viene a la mente es, ¿Por qué se usa 15 KW si el 80% de 17.880KW es aproximadamente 14.3 KW? La razón para redondear este número a 15 KW es porque los inversores que se usarán en esta instalación vienen estandarizados y el de 15 KW es la más ideal para esta situación.

Para esta instalación tomaremos como ejemplo los Paneles Policristalinos marca AMERICAN SOLAR WHOLESALE ASW-280 de 280Wp. **ANEXO 1** La razón por la cual escogí este panel a diferencia de otros es que tengo experiencia con é y lo he empleado en varias instalaciones, en otras palabras, me resulta más familiar. Otros paneles de potencia similar deberían tener características similares ya que el número de celdas no debería cambiar ni su calidad ya que todas las celdas vienen de un mismo fabricante. La cartilla técnica la encontramos en el **ANEXO 2**.

Durante el desarrollo de la tesis se mencionó que el STC y el NOCT deberían ser calculados ya que estos están ajustados a un estándar determinado y nuestra aplicación tendría algunas variantes. Si bien esto se pude hacer por medio de 2 formulas, también se puede realizar por medio de las gráficas que proporciona el fabricante.

Conociendo que la radicación de Arequipa es aproximadamente 1000 W/m²¹⁷ y que las temperaturas no superan los 23.2°C¹⁸ nos encontramos dentro del margen de NOCT por lo que no requeriría mayor calculo.

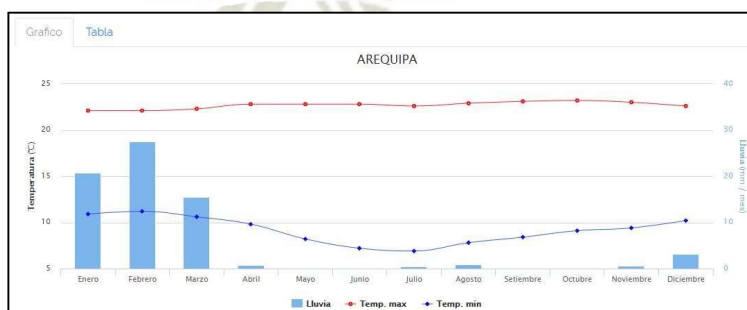


Gráfico 3.11 – Promedio de temperatura anual para Arequipa

Fuente: SENAMI

¹⁷ Este valor puede variar según la hora que se toma y es relativo a la estación

¹⁸ Dato tomado de SENAMI según el histórico

El aspecto que si no corresponde al NOCT es la presión atmosférica, pero como comentan los ingenieros Juan Cepeda y Adriana Sierra en el Paper titulado “Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones” este factor no es contemplado ya que el efecto es mínimo.

Se dispondrán estos paneles en formato de 2 strings de 18 paneles para una de las entradas de MPPT 1 del inversor y 1 string de 18 paneles para el MPPT 2 del inversor. Esto se hará ya que en los MPPT del inversor cuentan con un límite por MPPT de voltaje de entrada en continua entre 600 – 1000Vdc además de una corriente máxima de 49.5A.

$$V_{MPPT} = 18 * 36.58 = 658.44V \text{ (dentro del límite)}$$

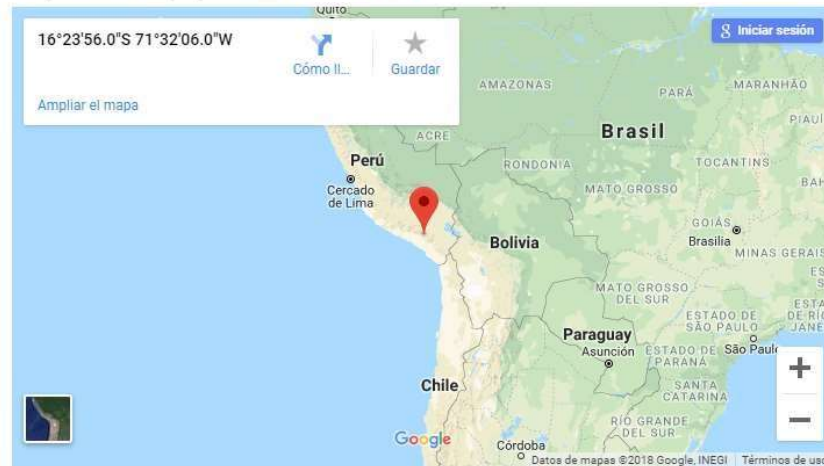
$$I_{MPPT} = 2 * 7.93 = 15.3A \text{ (inferior al máximo)}$$

3.4. Cálculo de ángulo de inclinación de paneles y estructura

En esta sección observaremos la parte concerniente a la instalación de los paneles y su ubicación. Este paso es muy importante ya que la inclinación de los mismos determinara la captación del sol y, así mismo, determinara la eficiencia de estos para generar la energía que generarán.

Para saber cuál es el ángulo óptimo para los paneles nos podemos referir a la latitud a la que se encuentra la ciudad de Arequipa, esto se debe a que esta es la distancia angular desde la línea ecuatorial a una ubicación determinada. En el caso de Arequipa se ubica a -16.3988895 de latitud (en Estándar decimal simple) por lo que nuestros paneles deberían contar con esta inclinación, según la NORMA EM.080 que indica que la inclinación deberá ser la latitud más 10°. Pero ya que la estructura que sostendrá los paneles estará fabricada de algún metal redondearemos a 26°, para simplificar la fabricación.

Mapa de Arequipa con coordenadas



Latitud y longitud de Arequipa

Las coordenadas geográficas suelen presentarse en varios sistemas o formatos. La siguiente tabla muestra la equivalencia entre los sistemas más utilizados:

| Sistema | Latitud | Longitud |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Estándar decimal simple | -16.3988895 | -71.5350037 |

Gráfico 3. 12 – Mapa de Arequipa con coordenadas

Fuente: GeoDatos

Para realizar la estructura contamos con varias alternativas, pero los materiales más usados son los rieles ranurados de aluminio y los rieles strut. Ambos tienen ventajas y desventajas, mencionaremos las más características a continuación.

Rieles ranurados de aluminio

Ventajas

- Bajo nivel de corrosión.
- Livianos.
- No generan desgaste excesivo al marco del panel fotovoltaico ya que estos suelen ser del mismo tipo de aleación.

Desventajas

- Aumentan el tiempo de trabajo de instalación, ya que estos deben ser armados en el sitio porque resulta muy caro soldado de los mismos y tienen que ser empernadas todas las partes.
- Los accesorios para su instalación suelen ser difíciles de encontrar.
- Precio elevado.



Gráfico 3.13 – Riel ranurado de aluminio

Rieles Strut

Ventajas

- Al ser de acero al carbono pueden ser soldados y gran parte de la estructura se puede transportar pre armada.
- Son galvanizados lo que proporciona una protección frente a oxidación.
- Ya que estos son usados en muchas aplicaciones de montaje de sistemas eléctricos los accesorios son fáciles de encontrar.

Desventajas

- El peso de las estructuras suele ser mayor a las de aluminio.
- Si no son montados apropiadamente pueden desgastar los marcos de los paneles fotovoltaicos.
- Cuando se oxidan los pernos que son usados para el montaje suelen contagiar al marco de los paneles
- Tienen problemas de oxidación en las uniones soldadas.

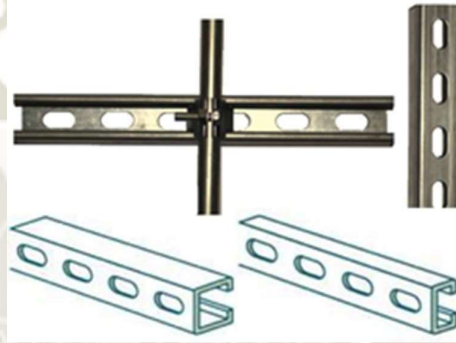


Gráfico 3. 14 – Riel Strut

Por experiencia en la instalación de paneles usaremos el riel Strut para esta tesis, ya que su facilidad de instalación supera ampliamente a las de la estructura de aluminio, además de que es la tendencia dentro de las empresas dedicadas a este rubro.

Se elaborará 3 estructuras dobles con el riel strut, cada una de las cuales sostendrá 18 paneles puestos de forma que 2 de las estructuras funcionen como como 2 series y la que queda funcione independientemente, se debe aclarar que esta configuración puede variar según el inversor que seleccionemos que será más adelante. **ANEXO 3**

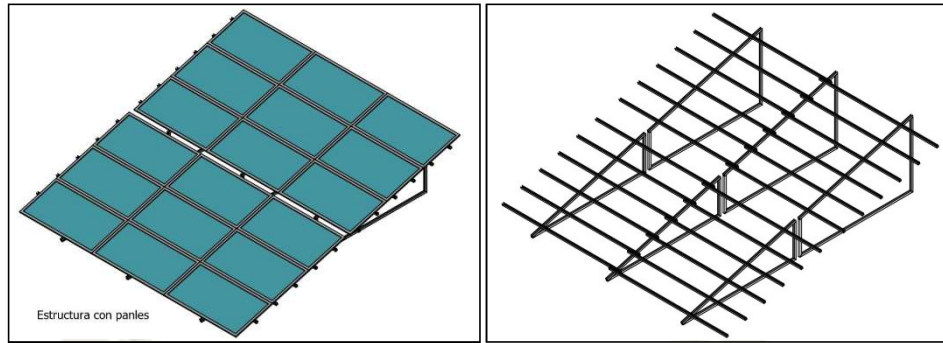


Gráfico 3.15 – Estructura de paneles

La estructura será revisada por software que analiza la deflexión de la estructura por el método de Von Mises, el cual es un método numérico que usa varios software al momento de analizar estructuras metálicas

Se mostrarán algunas imágenes de los resultados que nos dio el software INVENTOR, el informe completo del análisis se puede encontrar en el **ANEXO 4**. El cual cuenta con los análisis de fuerza, de presión, de deflexión, entre otros análisis que se realizaron a la estructura.

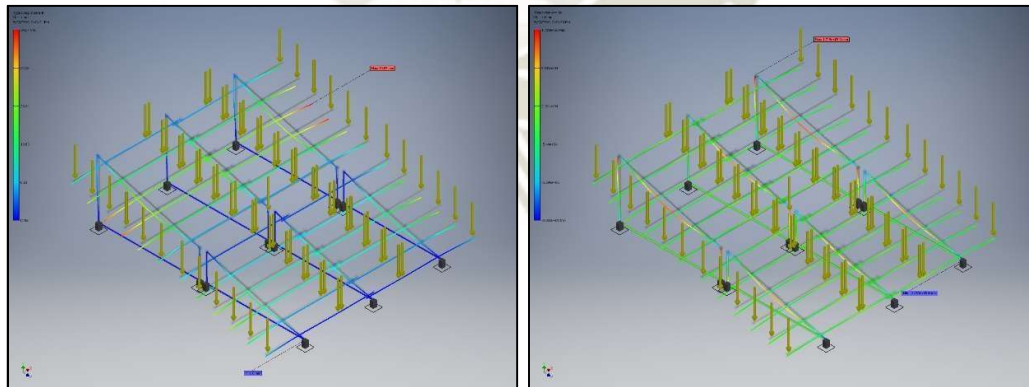


Gráfico 3.16 – Estructura de paneles

Se puede ver que la estructura se encuentra dentro de los límites permisibles para los perfiles que se están usando, lo que nos indica que estos fueron seleccionados

adecuadamente y permite que los paneles sin que se tengan problemas referidos a la estructura.

Estas estructuras estarán puestas en el techo del pabellón A, esto se realizará por 2 motivos, el primero es que se tiene suficiente superficie para ubicar los paneles de forma que no tengan obstrucciones de árboles ni de postes (Área = 565.5976, Perímetro = 115.6413)¹⁹, y la segunda, por su proximidad al transformador que permite que tenga una menor caída de tensión al momento de la conexión. **ANEXO 5**

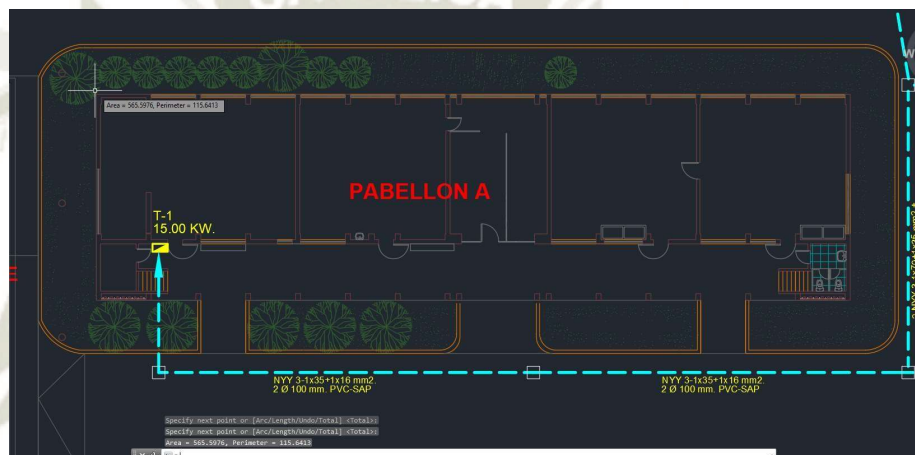


Gráfico 3.17 – Plano de pabellón A Colegio Max Uhle

La conexión de estos paneles se realizará por medio de los cables que traen estos y en casos puntuales se usara conectores MC4 con cable GPT de 2.08mm² a la caja de conexión. Este tipo de conectores evita la realización de empalmes ya que estos también se encuentran en los paneles solares, además que aísla la conexión con un IP65, que permite que pueda enfrentarse a la lluvia y al polvo sin ningún problema.

Se debe determinar la caída de tensión desde la ubicación de los paneles hasta el inversor, considerando que se utilizara cable GPT de 2.08mm² y además que este cable es de cobre. Este dato es importante ya que con este veremos el voltaje real que llegará al inversor y de esta manera establecer si será el necesario para que el inversor funcione.

¹⁹ Planos de Colegio Max Uhle, medición realizada por Software AutoDesk AutoCad

Otro punto importante es determina si esta caída de voltaje no supera el 7% del voltaje que entregará el grupo de paneles. El voltaje del grupo de paneles es de 658.44Vdc.

$$\Delta V = 2 * I * \rho * \frac{L}{S}$$

$$\Delta V = 2 * 7.93 * 0.0172 * \frac{81.5375}{2.08}$$

$$\Delta V = 10.6936V \text{ OK!}$$

$$\Delta V_{7\%} = 658.44 * 0.07$$

$$\Delta V_{7\%} = 46.09V$$

$$\text{Volataje en el inversor} = V_o - \Delta v$$

$$\text{Volataje en el inversor} = 658.44 - 10.69$$

$$\text{Volataje en el inversor} = 647.75V$$

| DATOS DE ENTRADA | SYMO 10.0-3-M | SYMO 12.5-3-M | SYMO 15.0-3-M | SYMO 17.5-3-M | SYMO 20.0-3-M |
|---|-----------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| Máxima corriente de entrada ($I_{dc \text{ máx. } 1} / I_{dc \text{ máx. } 2}$) | 27 A / 16,5 A ¹¹ | | | 33 A / 27 A | |
| Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc \text{ máx. } 1} + I_{dc \text{ máx. } 2}$) | 43,5 A | | | 51,0 A | |
| Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP1 / MPP2) | 40,5 A / 24,8 A | | | 49,5 A / 40,5 A | |
| Mínima tensión de entrada ($U_{dc \text{ mín.}}$) | | | 200 V | | |
| Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc \text{ arranque}}$) | | | 200 V | | |
| Tensión de entrada nominal ($U_{dc \text{ n}}$) | | | 600 V | | |
| Máxima tensión de entrada ($U_{dc \text{ máx.}}$) | | | 1.000 V | | |
| Rango de tensión MPP ($U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$) | 270 - 800 V | 320 - 800 V | | 370 - 800 V | 420 - 800 V |
| Número de seguidores MPP | | | 2 | | |
| Número de entradas CC | | | 3+3 | | |
| Máxima salida del generador FV ($P_{dc \text{ máx.}}$) | 15,0 kW peak | 18,8 kW peak | 22,5 kW peak | 26,3 kW peak | 30,0 kW peak |

Gráfico 3. 18 – Datos de entrada del inversor

Fuente: FRONIUS

Como podemos apreciar la pérdida de tensión está por debajo del 7% que se tiene como el máximo de la caída de tensión. Esto también nos permite afirmar que la selección del conductor es correcta, así como el diámetro del mismo.

TABLA DE DATOS TECNICOS GPT-3

| SECCION | SECCION NOMINAL | Nº HILOS | DIÁMETRO HILO | ESPESOR AISLAMIENTO | DIÁMETRO PREVISTO | PESO PREVISTO | CAPACIDAD CORRIENTE |
|---------|-----------------|----------|---------------|---------------------|-------------------|---------------|---------------------|
| AWG | mm ² | | mm | mm | mm | Kg/Km | A |
| 20 | 0.52 | 15 | 0.204 | 0.46 | 1.87 | 7 | 9 |
| 18 | 0.82 | 24 | 0.204 | 0.46 | 2.11 | 10 | 14 |
| 16 | 1.31 | 24 | 0.255 | 0.46 | 2.40 | 15 | 19 |
| 14 | 2.08 | 39 | 0.255 | 0.46 | 2.79 | 23 | 29 |
| 12 | 3.31 | 61 | 0.255 | 0.51 | 3.36 | 35 | 33 |
| 10 | 5.26 | 98 | 0.255 | 0.62 | 4.20 | 55 | 48 |
| 8 | 8.37 | 154 | 0.255 | 0.73 | 5.41 | 89 | 67 |

Gráfico 3. 19 – Selección de cable GPT para conexión entre paneles

Fuente: INDECO



Gráfico 3. 20 – Conector MC4 para paneles solares

Este cableado llegaría a una caja de conexión que poseerá barras de cobre que permitirán el transporte a por medio de un cable del tipo vulcanizado hasta el inversor, este tendrá un dispositivo de desconexión que permitirá que en se pueda desconectar los paneles del sistema sin problemas.

Los paneles tendrán un fusible por cada String para el primero tendrá un fusible de 30A y el otro tendrá uno de 20A. éstos estarán en un porta-fusibles ubicado en el tablero de conexión de los paneles.

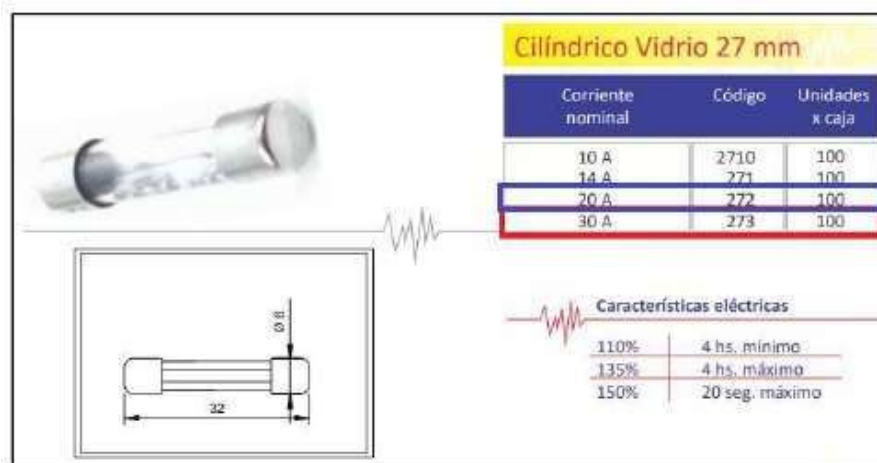


Gráfico 3. 21 – Fusibles para paneles (Rojo: String doble y Azul: String Simple)

Fuente: GEN ROD

3.5. Cálculo de inversor fotovoltaico

Como vimos anteriormente la potencia que se implementará en el Colegio Max Uhle será de 15KW y esta potencia será suministrada por los paneles solares, el problema es que estos paneles generan corriente continua (DC) y para nuestras necesidades necesitamos corriente alterna (AC) ya que para los equipos que comúnmente se usan en el colegio usan este tipo de energía.

Para escenificar nuestro cálculo del inversor tomaremos como ejemplo el inversor FRONIUS SYMO 15.0-3-M, ANEXO 5 el cual nos permite tener la conexión trifásica que requerimos para esta instalación. Podría escogerse cualquier tipo de inversor trifásico que permita el funcionamiento conectado a red ya que estos cuentan con características similares con una u otra variante.

Este será conectado con una llave diferencial termomagnética de 50A para proteger el funcionamiento del equipo, así como proteger el resto de la red.

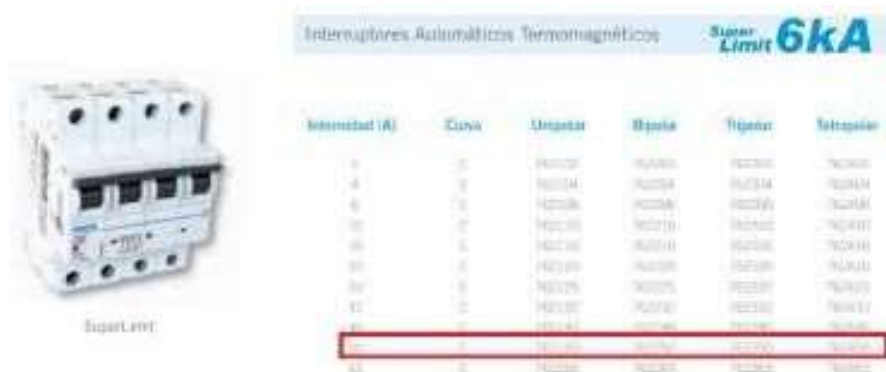


Gráfico 3. 22 – Llave termomagnética para conexión a red

Fuente: SICA

3.5.1. Como opera un inversor

Como funciona un inversor, éste cambia la polaridad de los puntos positivos y negativo generando un voltaje que se intercala entre positivo y negativo por medio de un transformador, pero con esta forma directa se genera ondas cuadradas, el problema es que éstas generan distracción armónica con la cual muchos artefactos eléctricos son afectados por ésta. Por este motivo se comenzó a trabajar mediante electrónica de potencia con una onda más homogénea, pero aun cuadrada, llamada onda cuadrada modificada, la cual tiene bordes menos pronunciados y permite que se parezca un poco más a una onda sinusoidal, aun el problema es que se tiene problemas de armónicos. La onda sinusoidal es la que se prefiere ya que es mucho más limpia y permite reducir drásticamente la distorsión armónica, mucho de los inversores actuales permiten producir estas ondas las cuales son más compatibles con la red pública.

3.5.2. Como opera un inversor conectado a red

Lo especial de estos invasores es que a están conectados a la red, tienen una fase de sincronismo la que permiten que tengan una frecuencia igual a la red pública, en el caso de Perú 60Hz, sin necesidad de que ésta sea previamente configurada. Este sincronismo también permite que en caso de querer inyectar a la red pública no produzca

distorsiones ni contaminaciones a esta red. En nuestro caso, permite que nuestros equipos funcionen con normalidad, como si estuvieran conectados a la red común.

La desventaja de estos inversores es que, en caso de no contar con energía de la red pública el inversor se apagará ya que requiere tener acceso a esta para conocer la tensión de trabajo y la frecuencia de funcionamiento.

Actualmente la inyección de energía a la red pública está prohibida por la empresa distribuidora pero este tema está en debate y se ha presentado un proyecto de ley (Decreto legislativo 1221) que permitirá realizar esta función por este medio ahorrar dinero en la tarifa de luz.

3.5.3. Problema de la conexión actual.

La conexión actual del colegio tiene un problema muy grave, el transformador con el que cuentan es del tipo delta-delta y por este motivo no cuenta con fase neutro. ¿Por qué esto debería preocuparnos? Los inversores requieren la conexión física a neutro para poder regular el voltaje que se entrega por fase y de esta manera pensar que todas las fases están estables y no se está sobrecargando ninguna de ellas.

La solución más directa para atacar este problema sería el cambio de transformador de delta-delta a delta-estrella lo que permitiría tener el conductor neutro y permitiría con este tener 220V en las instalaciones.

Teniendo en cuenta esto se tendría que realizar arreglos con la empresa distribuidora para el cambio del transformador y de esta forma tener uno más apropiado para la instalación.

CAPITULO 4 RETORNO DE INVERSIÓN

El retorno de la inversión es un factor fundamental para la realización del proyecto ya que, si éste es varios años, quizás el capital invertido no retorne o la depreciación de los equipos no alcance al retorno de esta.

Uno de los factores que más influye dentro del retorno de la inversión es la vida útil de los equipos que se van a instalar. Si el capital no retorna antes del final de la vida útil de la instalación significara que este no va a tener retorno.

A continuación, veremos un cuadro de la vida útil de estos equipos

| Equipos | Vida Útil |
|--------------------------|-----------|
| Inversor conectado a red | 20 años |
| Paneles Fotovoltaicos | 25 años |

Tabla 4. 1 – Vida útil de los equipos

También se tiene que tener en cuenta el costo de una instalación de este tipo además de los componentes que se requerirán para esta instalación además de los costos de instalación. Se debe remarcar que estos costos son aproximados ya que el mercado es fluctuante y los costos de los equipos para las instalaciones solares tienden a bajar.

| Sistema fotovoltaico | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------|-------------------|
| ITEM | DESCRIPCION | CANT. | UND. | V.UNIT (USD) | V.V.PARCIAL (USD) |
| 1 | Paneles Polycristalino 280Wp | 54 | Und. | \$ 159.63 | \$ 8,620.02 |
| 2 | Inversor Fronius Symo 15.0-3-M | 1 | Und. | \$ 5,849.60 | \$ 5,849.60 |
| 3 | Data manager 2.0 Box Wlan | 1 | Und. | \$ 383.62 | \$ 383.62 |
| 4 | Fronius Smart Meter 63A-1 | 1 | Und. | \$ 149.83 | \$ 149.83 |
| 5 | Soporte metalico para panel de 280Wp | 1 | Und. | \$ 6,406.78 | \$ 6,406.78 |
| | | | | Subtotal (USD) | \$ 21,409.85 |
| | | | | IGV (18%) | \$ 3,853.77 |
| | | | | total (USD) | \$ 25,263.62 |

Tabla 4. 2 – Costo de equipos

Los equipos adicionales son requeridos para el control y evitar la inyección a la red.

Tomando en cuenta que el colegio cuenta con la tarifa MT4 la cual contempla los siguientes cobros.

| PLIEGO SEAL Nro. 009-2017 - SEAL | | Unidad | AREQUIPA |
|---|---|---------------|-----------------|
| INCLUYE FOSE | | | |
| MT4 : | MEDICION SIMPLE DE ENERGIA Y POTENCIA ACTIVA | 1E 1P | |
| | Cargo fijo mensual | S./cliente | 6.52 |
| | Cargo por energía activa | Cént.S./kWh | 18.80 |
| | Cargo por potencia activa de generación: | | |
| | Presente en punta | S./kW-mes | 51.60 |
| | Presente fuera de punta | S./kW-mes | 25.47 |
| | Cargo por potencia activa de distribución: | | |
| | Presente en punta | S./kW-mes | 11.14 |
| | Presente fuera de punta | S./kW-mes | 11.09 |
| | Cargo por energía reactiva | Cént.S./kVARh | 4.18 |

Gráfico 4. 1 – Plagio tarifario para clientes finales

Fuente: SEAL

Para estimar el tiempo de retorno de inversión es necesario que tomemos algunos equipos que son los que se encuentran encendidos durante el día.

- CPU
- Monitores
- Refrigeradoras
- Luces de aulas
- Bombas
- Cargadores de laptops
- Switch
- Minibar

Estos equipos tienen un tiempo de funcionamiento dentro de las horas de clases de los alumnos que son de 8 am a 4 pm que también es el momento en que nuestro sistema funcionara de forma más eficiente.

| Item | Descripcion | Cant. | Potencia Unit. (W) | Horas de uso (hrs) | Consumo diario (kW-hr/dia) | Consumo mensual (kW-hr/dia) | Costo Kw-hr (SEAL) | Facturacion Mensual (S/) | Facturacion Anual (S/) | |
|--|--------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 1 | CPU | 47 | 350 | 8 | 131.6 | 4002.83 | S/. 0.20 | S/. 786.96 | S/. 9,443.48 | |
| Comparacion de Costo de energia erGolite Cloud | | | | | | | | | | |
| Item | Descripcion | Facturacion Anual (S/) | Facturacion 10 años (S/) | Facturacion 20 años (S/) | Costo Inicial equipos | Cambios / Mantenimiento (20 años) | Costo total equipos (20 años) | Costo Energia total (20 años) | COSTO TOTAL (20 AÑOS) | |
| 1 | Total | S/. 9,443.48 | S/. 94,434.84 | S/. 188,869.69 | S/. | - | S/. | S/. 188,869.69 | S/. 188,869.69 | |
| Comparacion de Costo de energia erGolite Cloud | | | | | | | | | | |
| Item | Descripcion | Cant. | Potencia Unit. (W) | Horas de uso (hrs) | Consumo diario (kW-hr/dia) | Consumo mensual (kW-hr/dia) | Costo Kw-hr (SEAL) | Facturacion Mensual (S/) | Facturacion Anual (S/) | |
| 1 | Inversor y paneles | 1 | 15000 | 6 | | | | | | |
| Comparacion de Costo de energia erGolite Cloud | | | | | | | | | | |
| Item | Descripcion | Facturacion Anual (S/) | Facturacion 10 años (S/) | Facturacion 20 años (S/) | Costo Inicial equipos | Cambios / Mantenimiento (20 años) | Costo total equipos (20 años) | Costo Energia total (20 años) | COSTO TOTAL (20 AÑOS) | Retorno de Inversion (años) |
| 1 | Inversor y paneles | | | | S/. 83,369.95 | 1 | S/. 83,369.95 | S/. | S/. 83,369.95 | 8.83 |

Tabla 4. 3 – Retorno de inversión

Como podemos apreciar el retorno de la inversión inicial es aproximadamente de 9 años.

Como se puede apreciar el retorno está dentro de los márgenes admisibles y con el uso de más equipos que los contemplados para el cálculo del retorno, que es lo más normal (de 7 a 11 años) éste se reduciría aún más.

CONCLUSIONES

- Podemos apreciar que la instalación de estos equipos es viable, pero se tendría que realizar cambios significativos en la infraestructura del colegio, tomando como ejemplo la implementación de un nuevo transformador en la subestación ya que no cumple los requerimientos para el funcionamiento de los equipos.
- Se pudo medir la radiación y se comprobó que la radiación era óptima para la implementación de un sistema de este tipo.
- Se ve que en muchos lugares se quiere realizar un impacto positivo al medio ambiente presentado opciones más amigables para este y esto sin retrasar el desarrollo tecnológico de la civilización, al contrario, generando nuevas tecnologías y desarrollo en áreas que fueron abandonadas en algún tiempo por alguna u otra razón.
- Se comprobó que si es viable la instalación de una mini planta de generación eléctrica y que se puede realizar en forma rentable y de realizarse la modificación de la legislación, en un futuro cercano, se podría ver como una inversión ya que permitirá que cuando el Colegio no esté consumiendo energía, ésta pueda ser inyectada a la red pública.
- Se comprobó que se contaba con el espacio necesario para la ubicación de los paneles sin perturbar el diseño arquitectónico del colegio.
- Como vimos en los capítulos anteriores, el sol es uno de los recursos más disponible a lo largo del planeta, esto permitiría el desarrollo de regiones las cuales no cuentan con acceso a redes eléctricas ni de combustibles fósiles, los cuales se verán cada vez más escasos con el paso del tiempo.
- El desarrollo financiero de la presente tesis permite conocer que esta tecnología, si bien tiene una inversión significativa inicial esta retorna en poco tiempo, y al no incluir el uso de baterías no requiere mantenimiento intensivo ni costoso. Bajo esta perspectiva no hay muchas razones por las cuales descartar la energía fotovoltaica, en especial en instituciones en las que el mayor consumo de energía se desarrolla durante las mañanas.

RECOMENDACIONES

- Para realizar esta tesis se recopilaron datos relacionados a la radiación, pero estos requieren ser más observados, porque, si bien se tiene los datos históricos para tener una radiación promedio, estos deberían ser tomados en la ubicación exacta personalmente. Estos estudios suelen tomar un año, pero el resultado podría mejorar el dimensionamiento de los equipos requeridos para la instalación.
- Para el registro del consumo, se realizó por medio de los recibos de luz y el conteo de los equipos instalados, esto se vio como suficiente para el desarrollo de esta tesis, pero al momento de seleccionar la capacidad de los equipos fotovoltaicos se tuvo que realizar una estimación del consumo mínimo. Para tener mayor exactitud de estos consumos se puede realizar un análisis de potencia con un analizador de redes que permite graficar el desarrollo del consumo durante meses y de esta manera saber cuándo se tiene el consumo más alto y a qué horas en el día.
- Para mejorar el retorno de la inversión se podría incrementar el número de paneles solares y quizás poner otro inversor, aunque esto parezca contraproducente. Si se llegara a aprobar la legislación que permite la inyección de la electricidad generada a la red, se podría vender energía a la empresa distribuidora.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Guía para el desarrollo de normativa local en la lucha contra el cambio climático – Govern Illes Balears – 2018
- Guia de instalaciones Fotovoltaicas – Mc Graw Hill – 2017
- Historia de la industria del petróleo en el Perú desde sus comienzos hasta la fecha – Ing. Fernando Noriega Calmet Decano de la Facultad de Petrolero – 1962
- Libro de las energías renovables – Francisco Jarabo Friendrich, Celestino Perez Domínguez, Nicolas Elortegui Escartín, José Fernández Gonzales, Jose Juan Macias Hernández – 1988
- Manual de Baterías y Acumuladores – Universidad Pontificia Bolivariana – 2013
- Manual de instalación de inversores – Victron Energy -2016
- Normativa técnica de edificaciones EM080 instalaciones con energía solar – Ministerio de Vivienda, Construcciones y Saneamiento - 2014
- Tecnologías Solar-Eólica-Hidrogeno-Pilas de Combustible como fuentes de energía – Tecnológico de estudios superiores de ECATEPEC – 2009

Boletines y papers

- Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones – Ing. Juan Cepeda e Ing. Adriana Sierra, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas (Paper)
- Boletín de Gas Natural – División de supervisión de Gas Natural 2016-I – OSINERG (Boletín)
- Comisión Europea – Consecuencias del cambio climático - https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_es (Paper)
- Foro Nuclear – Formas de energía - <https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqas-sobre-energia/capitulo-1/115480-ique-es-el-petroleo-y-que-usos-tiene> (Artículo)

- Fenómeno fotoeléctrico – Wikilibros -
https://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/F%C3%ADsica_moderna/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico (Artículo)
- Historia de la Hidráulica – Ingeniería Civil Información -
<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/02/historia-de-la-hidraulica.html> (Artículo)
- Las 20 Mayores plantas fotovoltaicas del mundo – El Periódico de la Energía (Artículo)
- Perspectivas energéticas en el Perú – Centro Tecnológico Avanzado de Energías Renovables, España http://congreso.pucp.edu.pe/caber/wp-content/uploads/sites/33/2015/02/V.Ruiz_Perspectivas-energ%C3%A9ticas-en-Per%C3%BA.pdf (Artículo)
- La industria de la electricidad en el Perú – OSINERGMIN (Artículo)
- ¿Qué es el carbón? – Foro Nuclear (Artículo)
- ¿Qué es la energía eólica marina? – Twenergy - <https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-eolica-marina-524> (Artículo)
- ¿Qué es la biomasa? – Plantas de biomasa - <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html> Reporte de máxima demanda – COES -
<http://www.coes.org.pe/Portal/portalinformacion/demanda?indicador=maxima> (Artículo)
- Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017 – INEI (Artículo)

ANEXOS



American Solar[★]

Polycrystalline

270/275/280

Made In USA & Made Abroad Lines

WHOLESALE

"QUALITY YOU CAN COUNT ON"

Features

- Top Ranked PTC Rating
- High Module Conversion Efficiency
- Fast and Inexpensive Mounting
- Maximizes System Output by Reducing the Mismatch Loss.
- 100% EL Testing on All ASW Modules, Guaranteed No Hotspot
- Guaranteed Positive Output Tolerance (0+3%)
- Withstand High Wind (2400 Pa) and Snow Loads (5400 Pa)
- Excellent Performance in Low Light Environments

Function

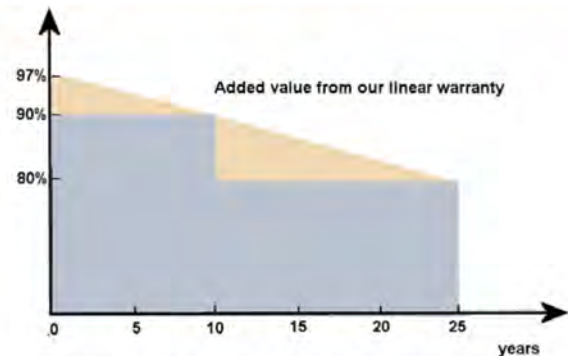
- On-grid Rooftop / Ground Mounted
- Residential / Commercial / Power Stations

Precautions

Only qualified personnel should install or perform maintenance. Please read the American Solar wholesale Installation Manual before installation; Be aware of dangerously high DC voltage; Do not install modules when wet or broken.



Linear Warranty



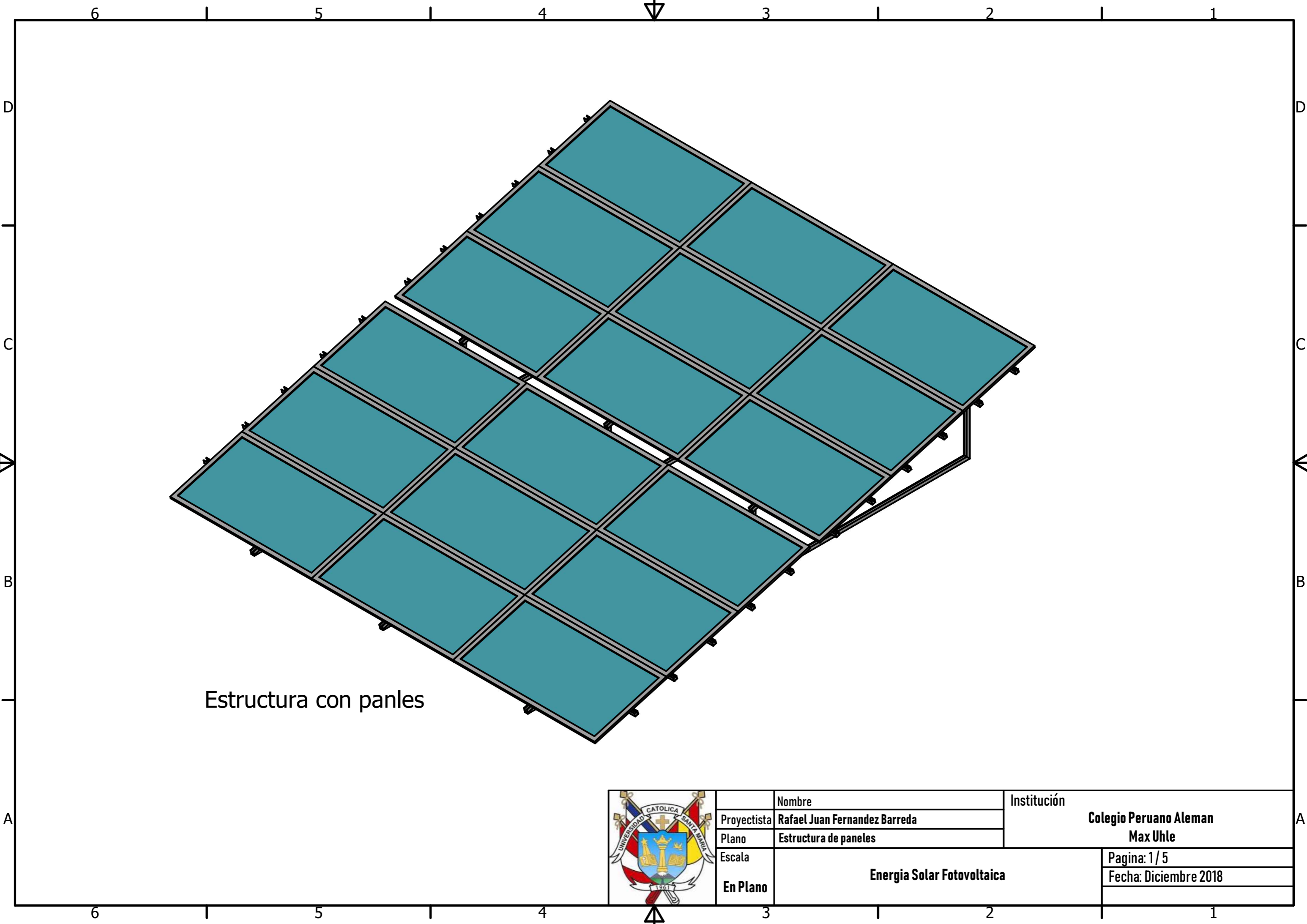
All ASW solar modules are guaranteed to perform for 25 years from the date of purchase. Performance standards insure linear production levels starting at 97.5% at the end of the first year and a maximum decrease of only .07% each year thereafter.

- 5 years at 95% or above
- 5 more years at 90% or above
- 15 more years at 80% or above
- 10 year material & workmanship guarantee



© June, 2013 American Solar Wholesale. All rights reserved. Contents included in this datasheet are subject to change without notice.

Distributed by Solar Panels Plus
<http://www.solarpanelsplus.com> • 757.549.1494

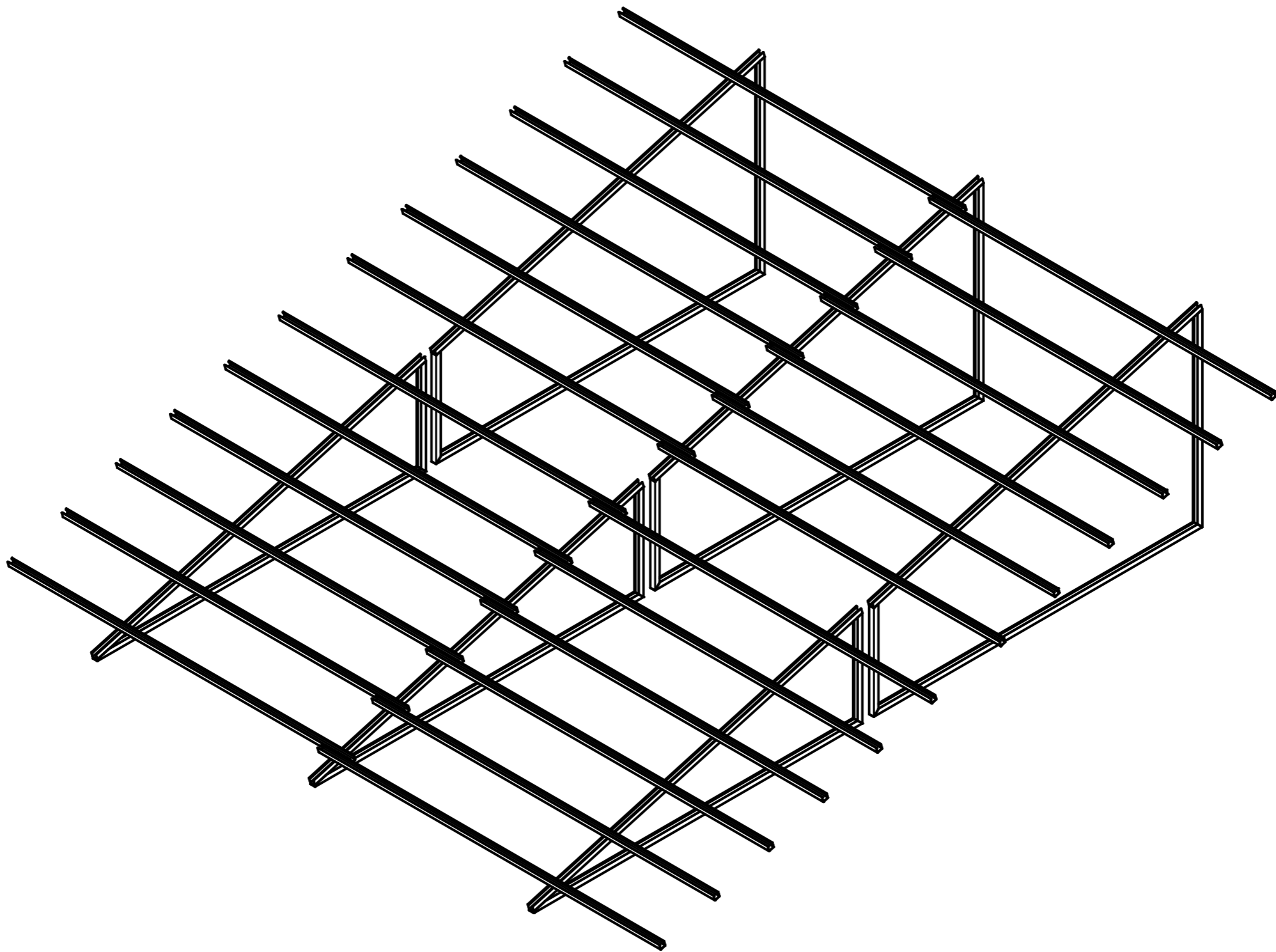


Estructura con panles

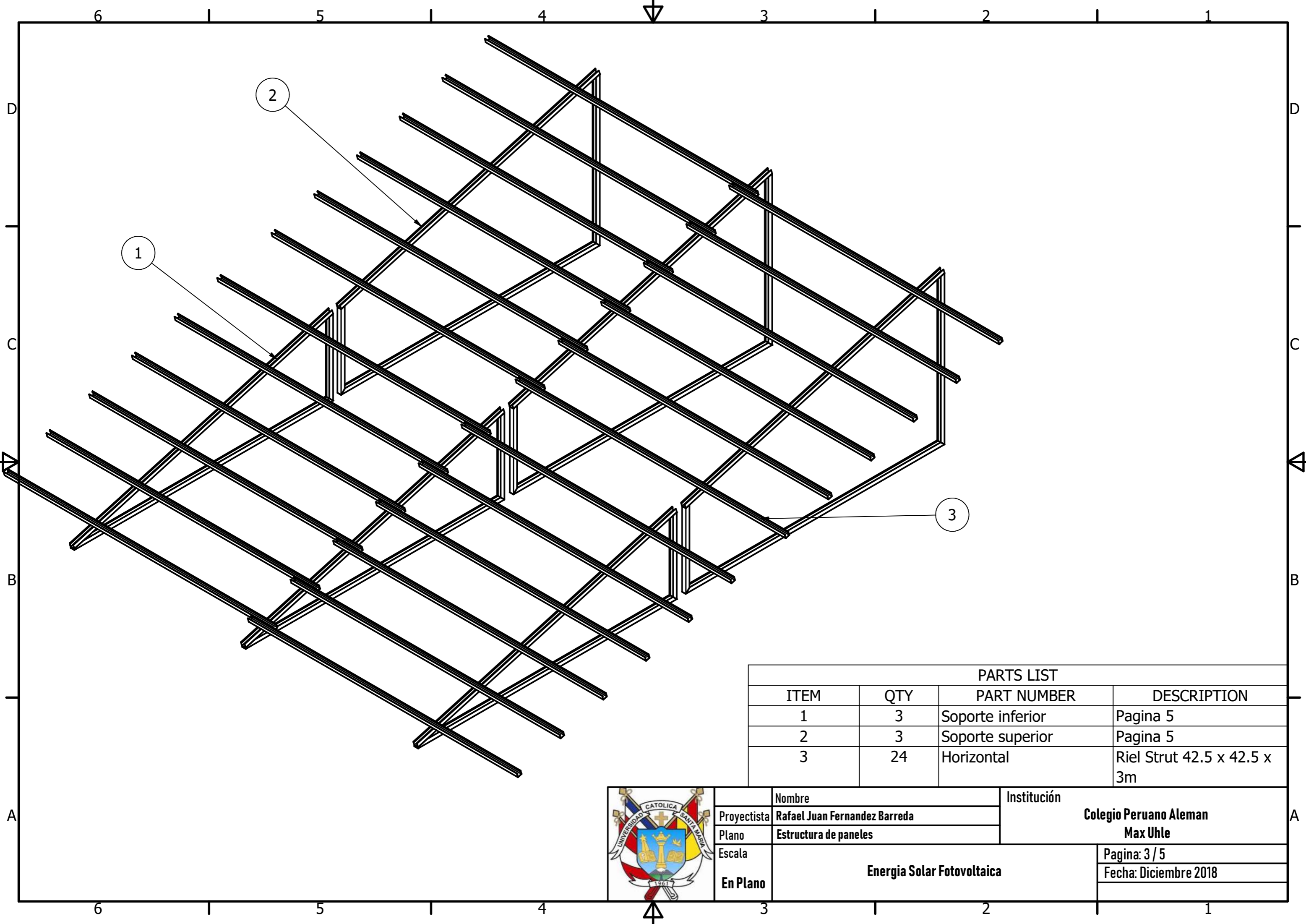


| | | | |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | Nombre | Institución | |
| Proyectista | Rafael Juan Fernandez Barreda | Colegio Peruano Aleman Max Uhle | |
| Plano | Estructura de paneles | | |
| Escala | Energia Solar Fotovoltaica | | Pagina: 1 / 5 |
| En Plano | | | Fecha: Diciembre 2018 |

Estructura de paneles



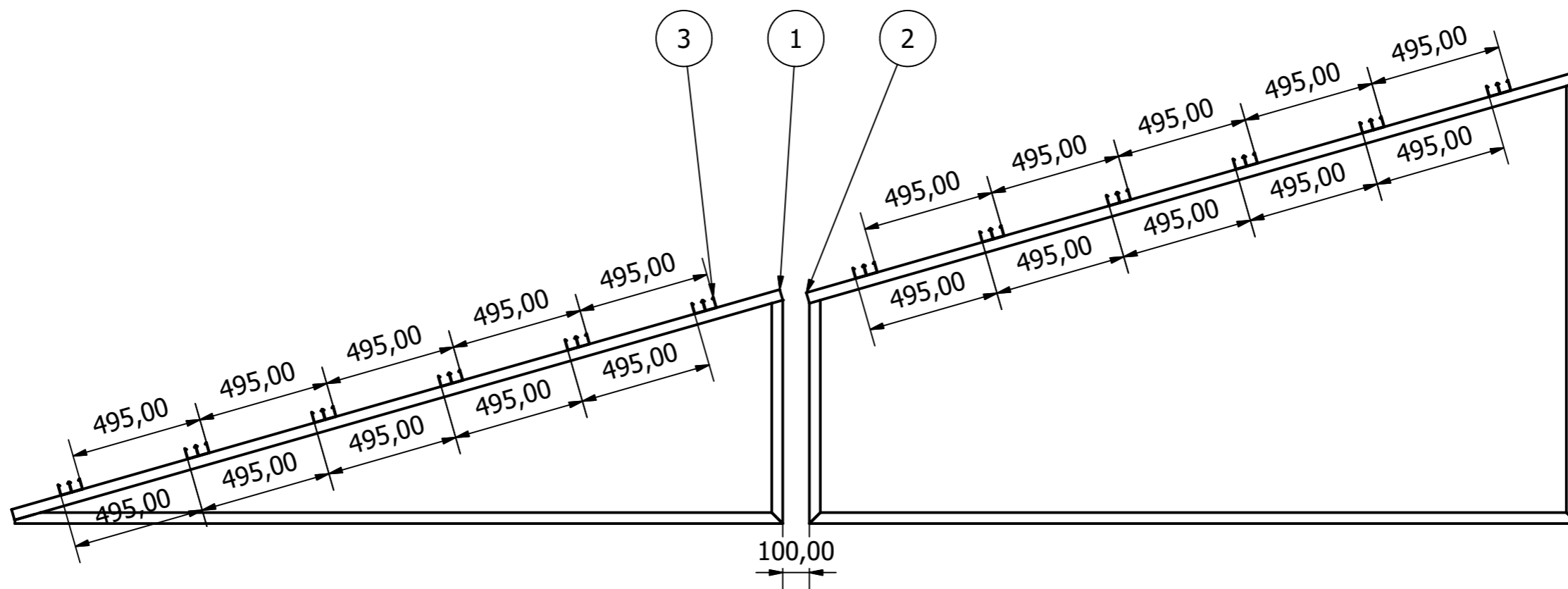
| | | | |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | Nombre | Institución | |
| Proyectista | Rafael Juan Fernandez Barreda | Colegio Peruano Aleman Max Uhle | |
| Plano | Estructura de paneles | | |
| Escala | Energia Solar Fotovoltaica | | Pagina: 2 / 5 |
| En Plano | | | Fecha: Diciembre 2018 |



| PARTS LIST | | | |
|------------|-----|------------------|-----------------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 3 | Soporte inferior | Pagina 5 |
| 2 | 3 | Soporte superior | Pagina 5 |
| 3 | 24 | Horizontal | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 3m |



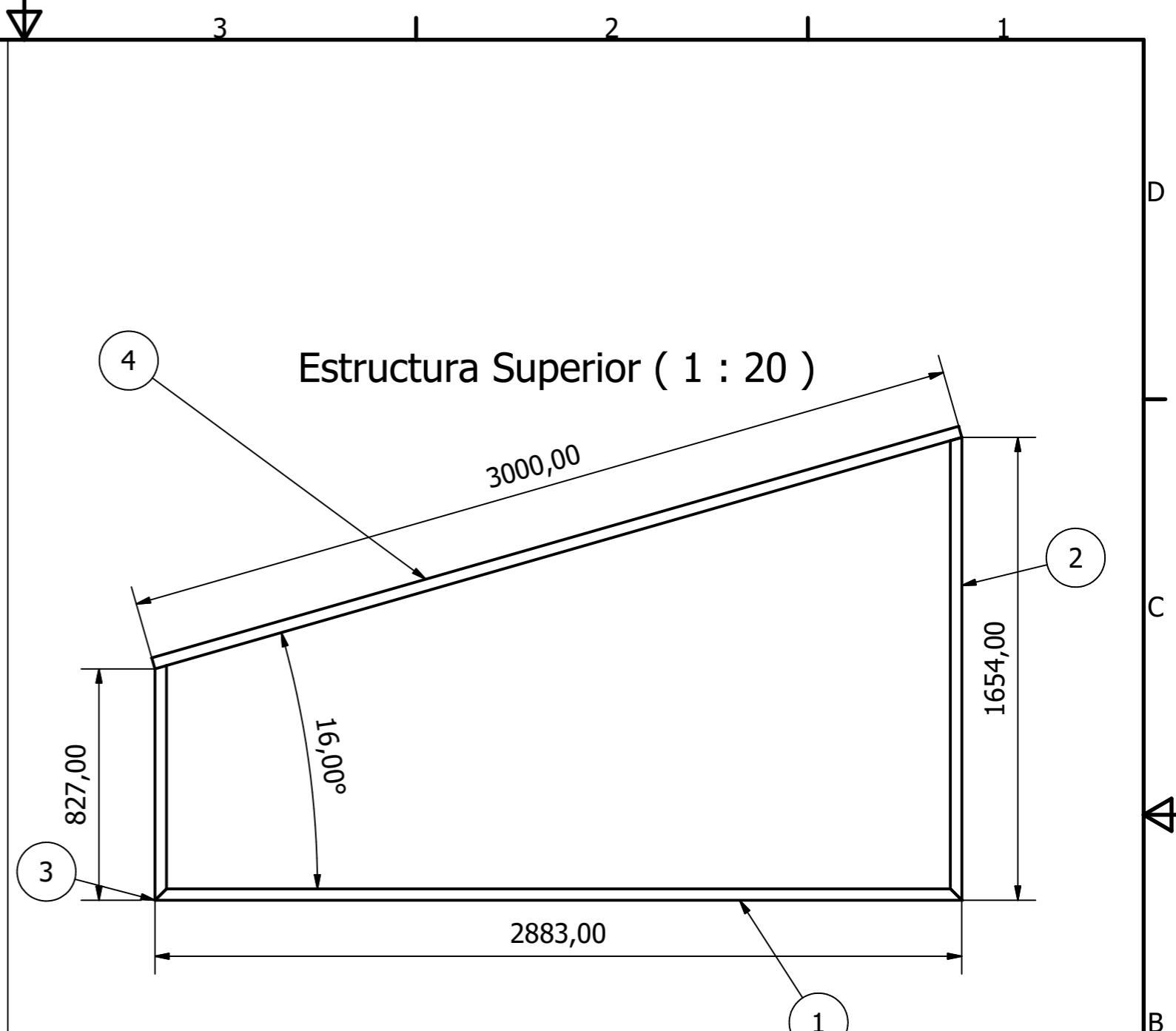
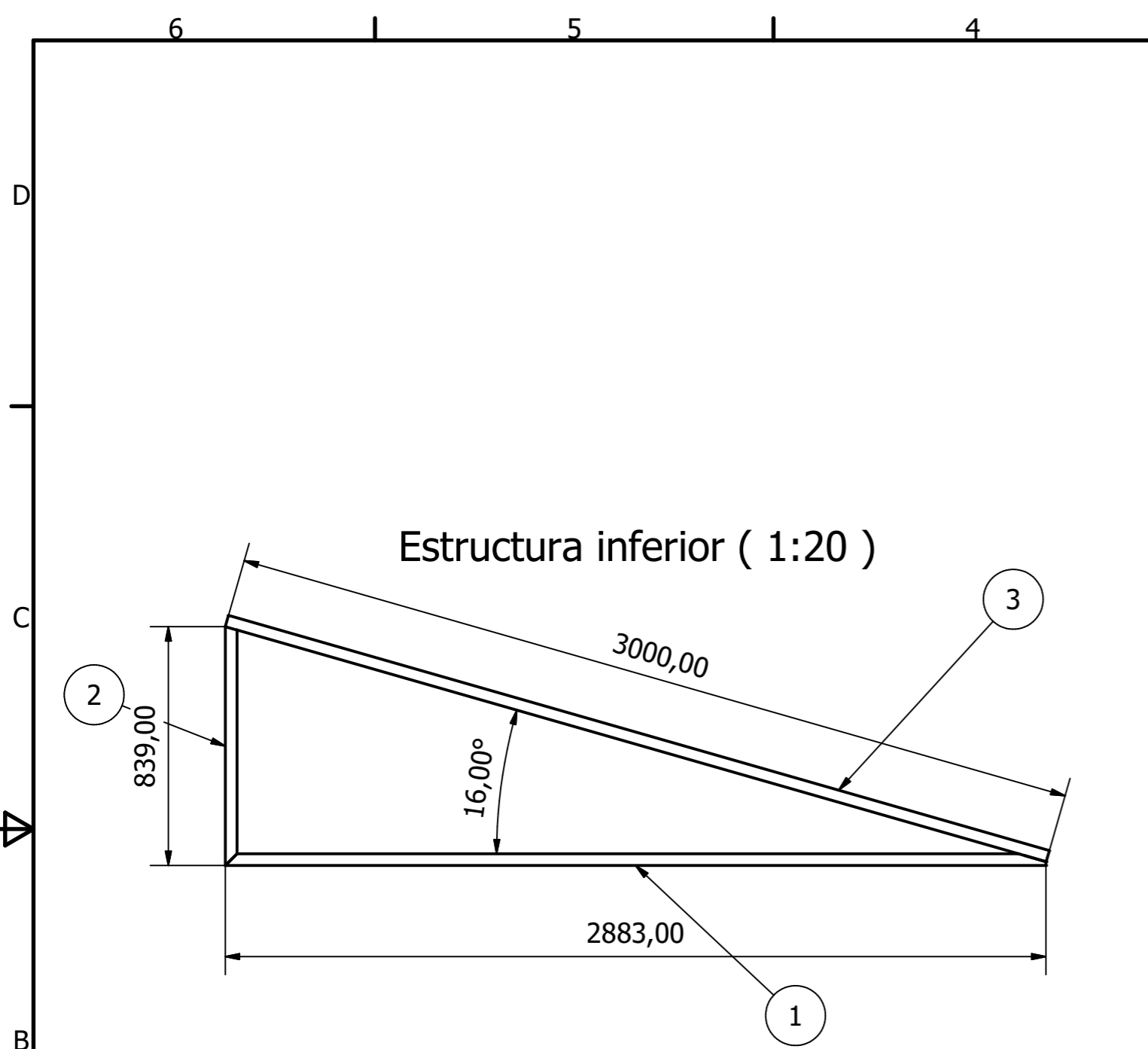
| | | |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Nombre | Institución | |
| Proyectista | Rafael Juan Fernandez Barreda | Colegio Peruano Aleman Max Uhle |
| Plano | Estructura de paneles | |
| Escala | Energia Solar Fotovoltaica | |
| En Plano | Pagina: 3 / 5 | |
| | Fecha: Diciembre 2018 | |



| PARTS LIST | | | |
|------------|-----|------------------|-----------------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 3 | Soporte inferior | Pagina 5 |
| 2 | 3 | Soporte superior | Pagina 5 |
| 3 | 24 | Horizontal | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 3m |



| | | |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Nombre | Institución | |
| Proyectista | Rafael Juan Fernandez Barreda | Colegio Peruano Aleman Max Uhle |
| Plano | Estructura de paneles | |
| Escala | Energia Solar Fotovoltaica | |
| En Plano | Pagina: 4 / 5 | |
| | Fecha: Diciembre 2018 | |

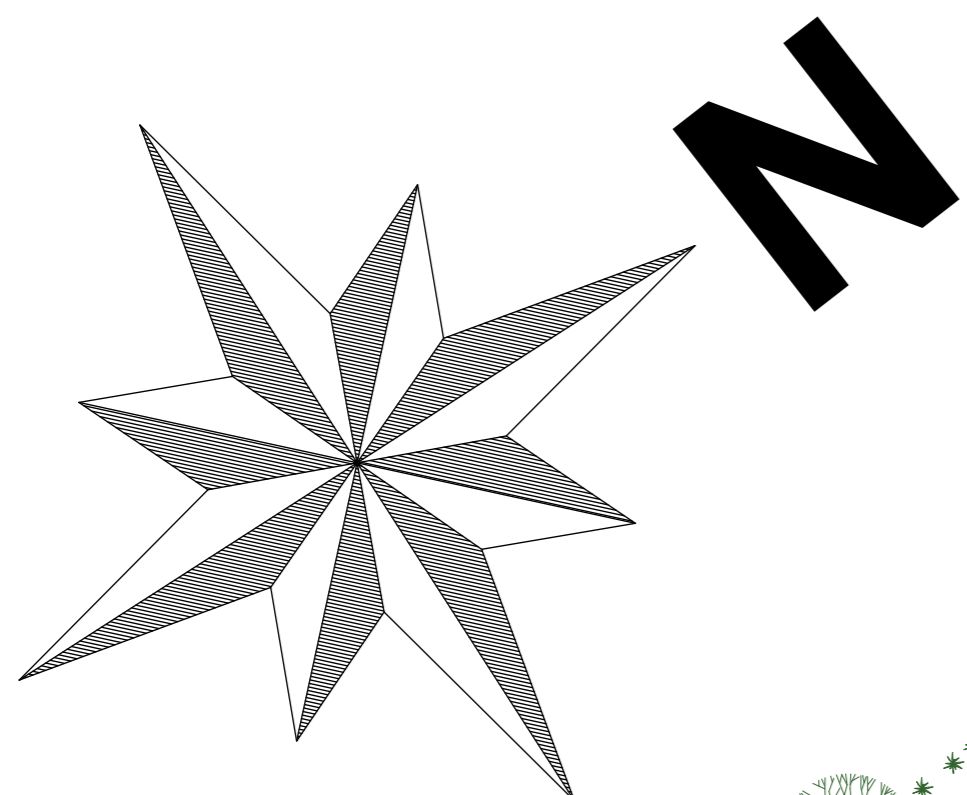


| PARTS LIST | | | |
|------------|-----|-------------|----------------------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 1 | Strut 1- 1 | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 2883,00 |
| 2 | 1 | Strut 2- 1 | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 1654,00 |
| 3 | 1 | Strut 4- 1 | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 827,00 |
| 4 | 1 | Strut 3-1 | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 3000,00 |

| PARTS LIST | | | |
|------------|-----|-------------|----------------------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 1 | Strut 1- 2 | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 2883,00 |
| 2 | 1 | Strut 4- 2 | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 839,00 |
| 3 | 1 | Strut 3-2 | Riel Strut 42.5 x 42.5 x 3000,00 |



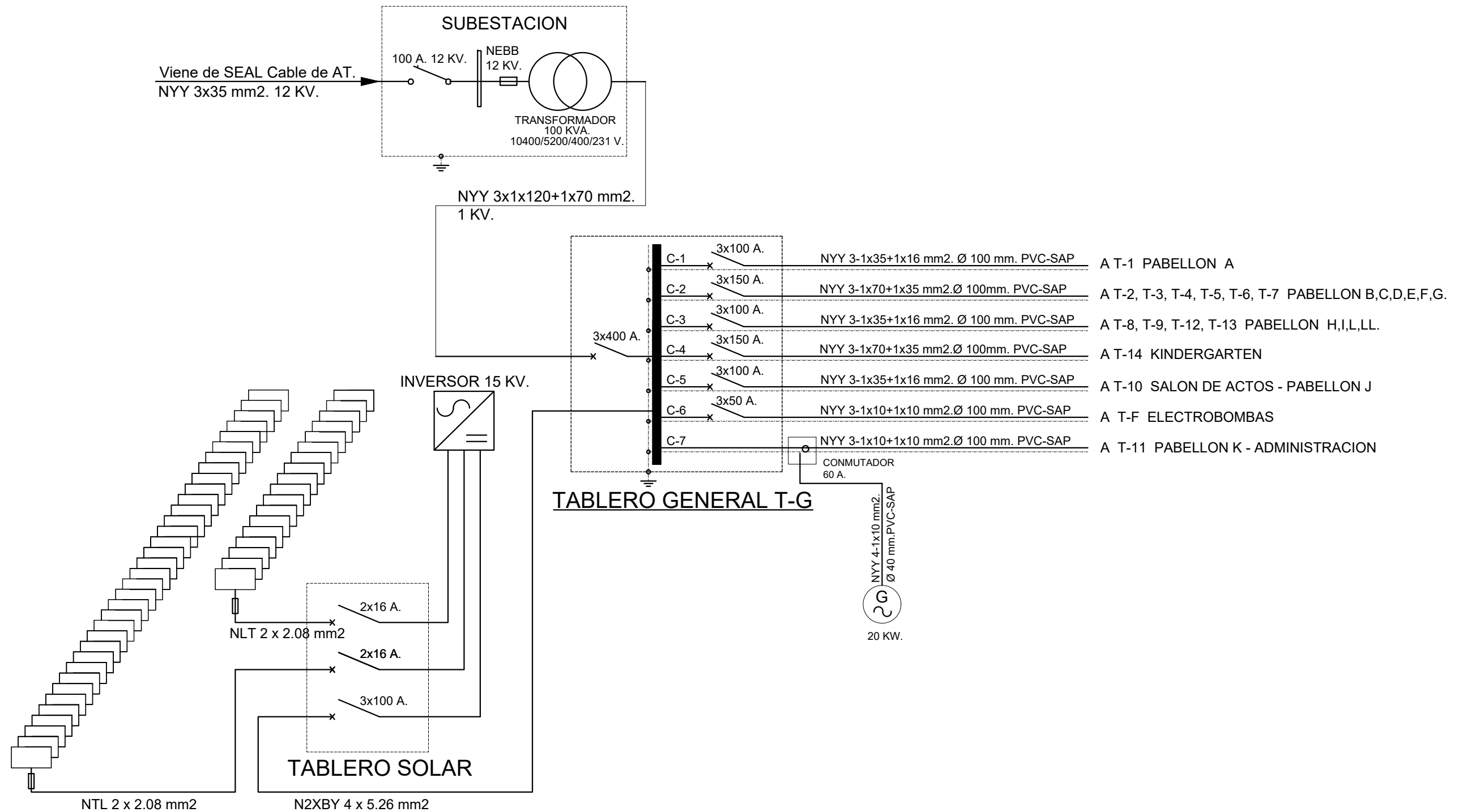
| | | |
|-------------|----------------------------|--|
| Nombre | Institución | |
| Proyectista | Colegio Peruano Aleman | |
| Plano | Max Uhle | |
| Escala | Energia Solar Fotovoltaica | |
| En Plano | Pagina: 5 / 5 | |
| | Fecha: Diciembre 2018 | |



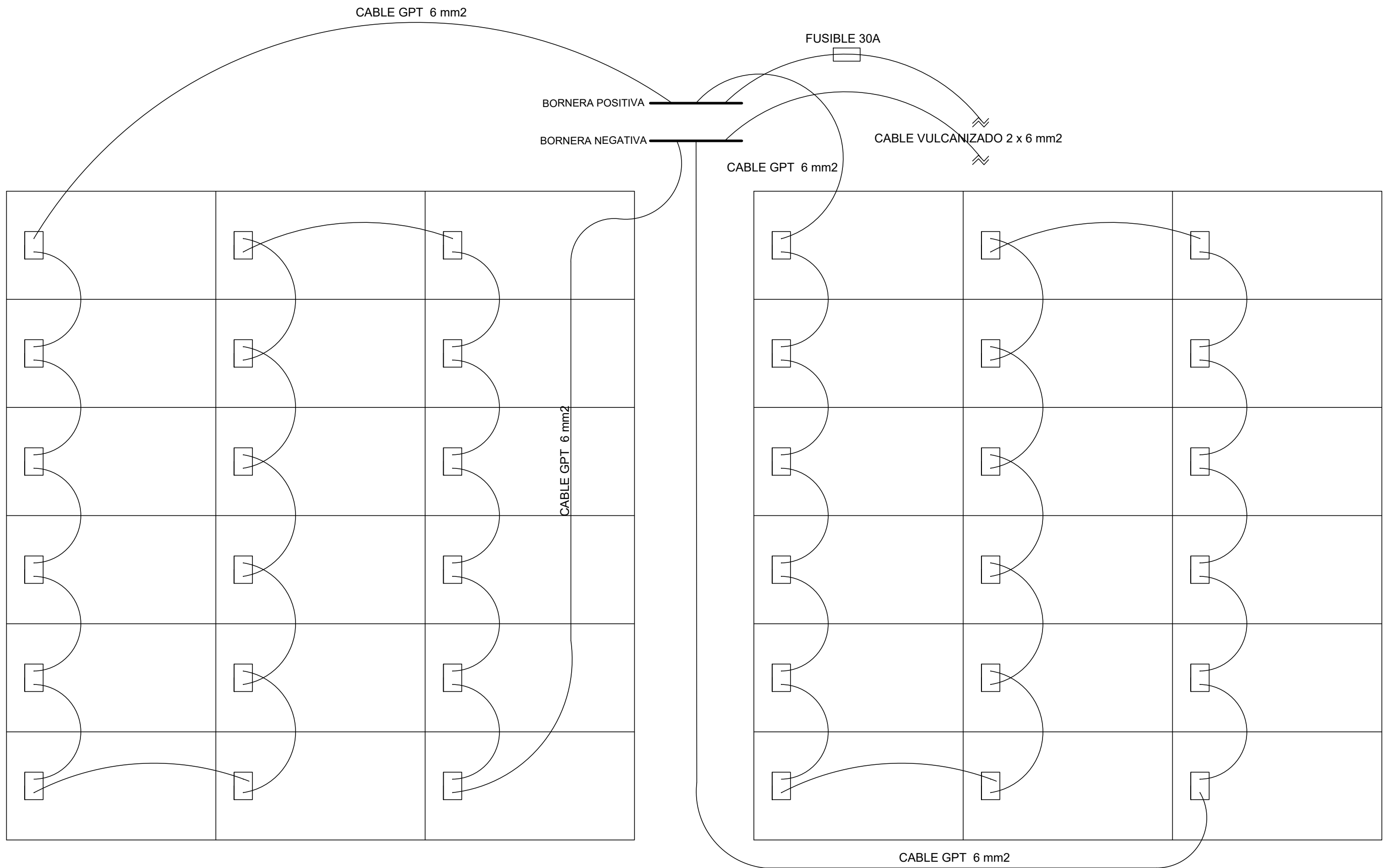
LEYENDA

| LEYENDA | DESCRIPCION |
|---------|--|
| | TABLERO DE DISTRIBUCION |
| | BUZON DE CONCRETO |
| | CABLE VULCANIZADO 2 x 12AWG SUBTERRANEO 3 Ø 100 mm. PVC-SAP |
| | CABLE VULCANIZADO 2 x 12AWG CONDUIT METALICO 1" |
| | CABLE GPT 6mm CONDUIT METALICO 1" |
| | SUBESTACION DE TRANSFORMACION Existente |
| | PANEL SOLAR 280Wp |

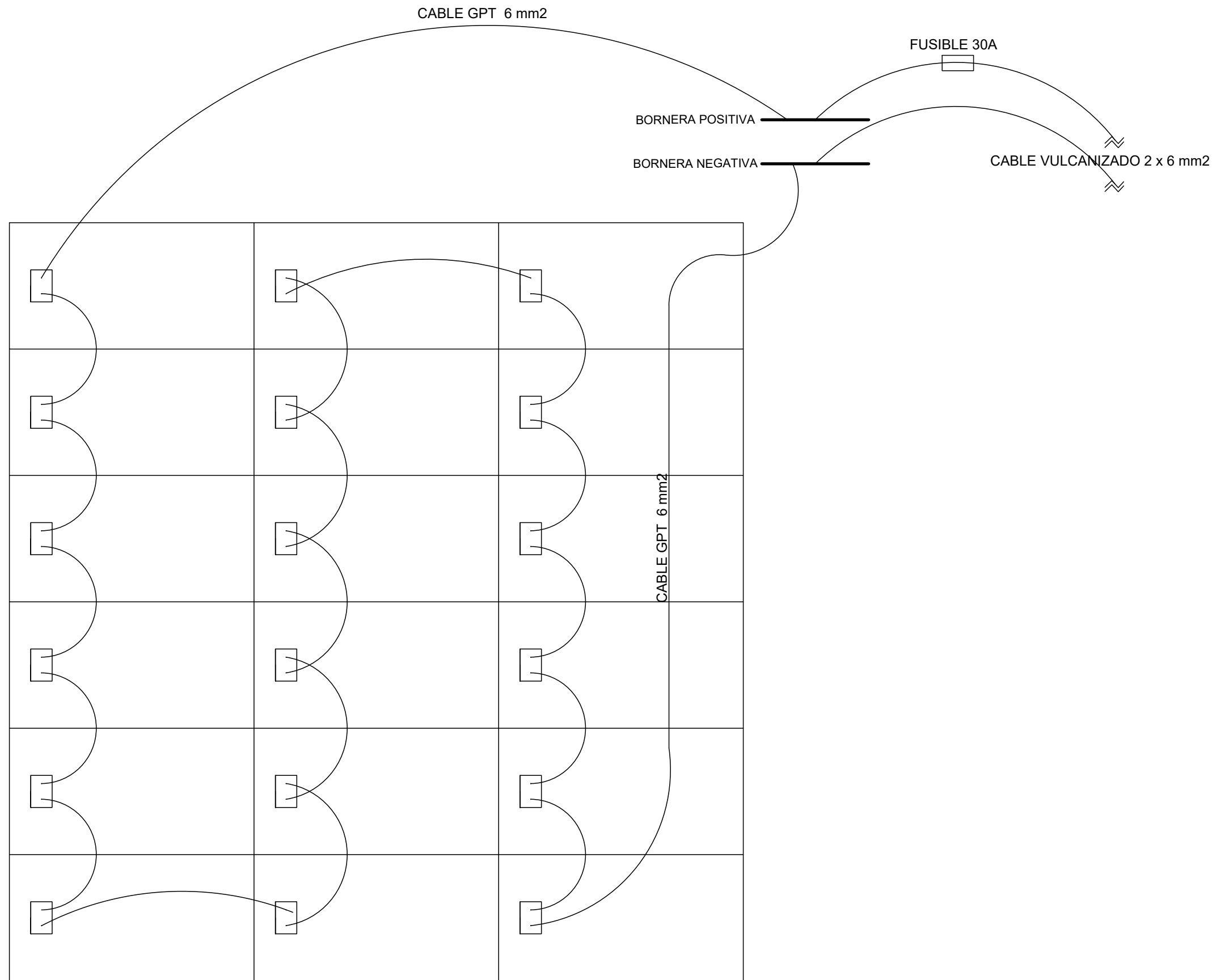
| | | |
|--|--|--|
| | Proyectoista Rafael Fernández Barreda Plano Cableado del Sis. Fotovoltaico Escala 1:200 | Nombre Rafael Fernández Barreda Institución Colegio Peruano Aleman Max Uhle |
| | Energia Solar Fotovoltaica | |
| | Pagina: 1 de 4 Fecha: Diciembre 2018 | |




| | | |
|---|-----------------------------------|--|
|  | Nombre | Institución |
| | Proyectista | |
| | Plano | Colegio Peruano Aleman Max Uhle |
| | Escala | Página: 2 de 4 |
| Sin Escala | Energía Solar Fotovoltaica | Fecha: Diciembre 2018 |



| | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Proyectista | Nombre | Institución |
| | Rafael Fernández Barreda | |
| Plano | Conexión Arreglo 1 | Colegio Peruano Aleman Max Uhle |
| Escala Sin Escala | Energia Solar Fotovoltaica | |
| | | |



| | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------|
|  | Nombre | Institución Colegio Peruano Aleman Max Uhle | |
| | Proyectista | | |
| | Plano | Conexión Arreglo 2 | Página: 4 de 4 |
| Escala | Energía Solar Fotovoltaica | Fecha: Diciembre 2018 | |
| Sin Escala | | | |

Frame Analysis Report



| | |
|--------------------|------------------------------|
| Analyzed File: | Estructura completa.iam |
| Version: | 2018 (Build 220112000, 112) |
| Creation Date: | 5/27/2019, 6:33 PM |
| Simulation Author: | Rafael Juan Fernández Barrda |

Results

☐ Reaction Force and Moment on Constraints

| Constraint Name | Reaction Force | | Reaction Moment | |
|---------------------|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| | Magnitude | Components (Fx,Fy,Fz) | Magnitude | Components (Mx,My,Mz) |
| Fixed Constraint:4 | 723.153 N | -432.255 N | 215071.996 N mm | 209389.182 N mm |
| | | 529.486 N | | 47516.639 N mm |
| | | -236.116 N | | 12421.875 N mm |
| Fixed Constraint:3 | 429.257 N | 0.786 N | 52576.151 N mm | 52575.540 N mm |
| | | 332.605 N | | 80.477 N mm |
| | | 271.358 N | | -240.516 N mm |
| Fixed Constraint:8 | 599.384 N | -63.353 N | 180430.988 N mm | 180427.998 N mm |
| | | 514.736 N | | -197.817 N mm |
| | | -300.490 N | | -1019.829 N mm |
| Fixed Constraint:7 | 354.782 N | 0.762 N | 43065.656 N mm | 43065.072 N mm |
| | | 272.915 N | | 70.238 N mm |
| | | 226.687 N | | -212.909 N mm |
| Fixed Constraint:12 | 775.689 N | 493.032 N | 213481.115 N mm | 210211.004 N mm |
| | | 550.080 N | | -35489.107 N mm |
| | | -236.697 N | | -11226.899 N mm |
| Fixed Constraint:11 | 423.665 N | 1.028 N | 53730.337 N mm | 53729.520 N mm |
| | | 322.062 N | | 88.671 N mm |
| | | 275.259 N | | -282.622 N mm |
| Fixed Constraint:1 | 509.476 N | -6.811 N | 14317.421 N mm | 13589.948 N mm |
| | | 480.979 N | | -8.314 N mm |
| | | -167.866 N | | 4505.751 N mm |
| Fixed Constraint:2 | 434.278 N | 0.263 N | 99261.243 N mm | 99261.089 N mm |

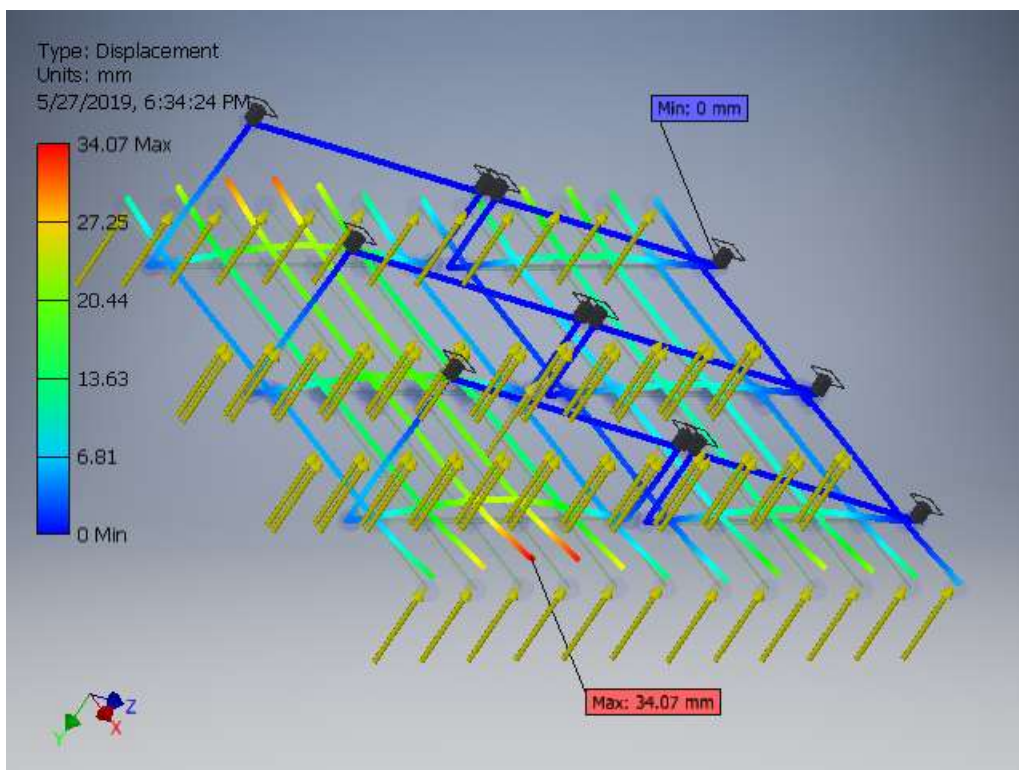
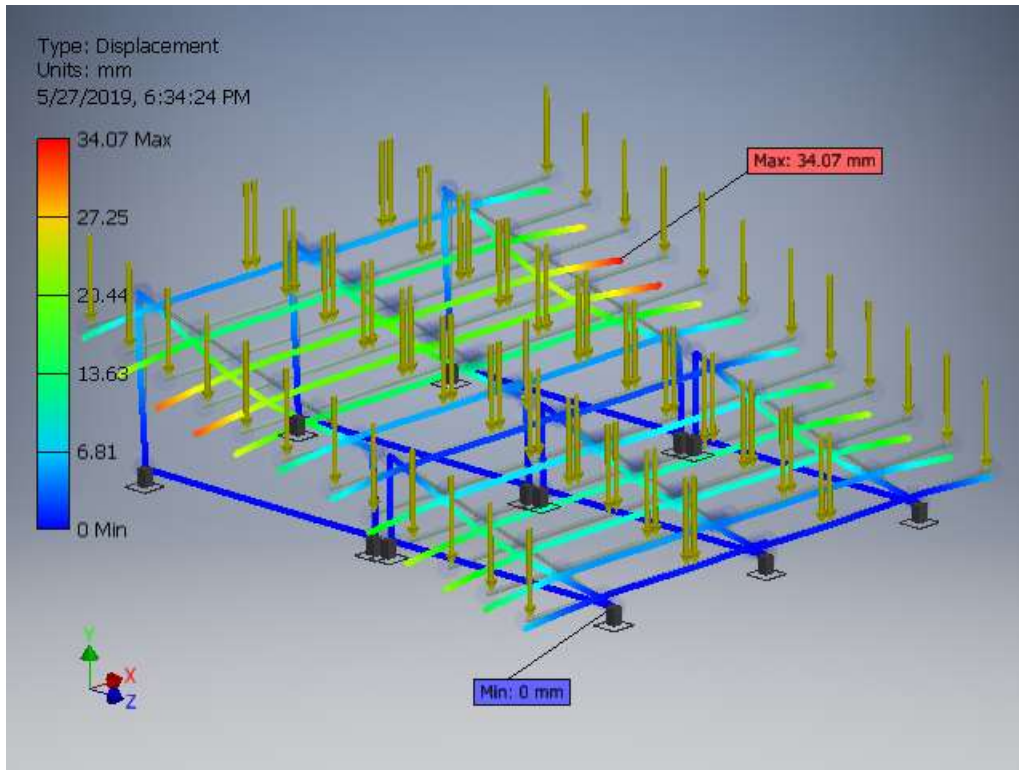
| | | | | |
|---------------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|
| | | 400.003 N | | 150.856 N mm |
| | | 169.099 N | | -87.548 N mm |
| Fixed Constraint:6 | 455.117 N | -0.950 N | 10946.063 N mm | 10946.051 N mm |
| | | 429.369 N | | 8.203 N mm |
| | | -150.907 N | | -14.026 N mm |
| Fixed Constraint:5 | 377.399 N | 0.869 N | 86290.685 N mm | 86284.431 N mm |
| | | 346.895 N | | 130.507 N mm |
| | | 148.638 N | | -1030.639 N mm |
| Fixed Constraint:10 | 543.382 N | 5.041 N | 14112.116 N mm | 13262.858 N mm |
| | | 514.542 N | | 33.498 N mm |
| | | -174.601 N | | -4821.546 N mm |
| Fixed Constraint:9 | 437.165 N | 1.589 N | 103192.523 N mm | 103171.886 N mm |
| | | 400.327 N | | 153.072 N mm |
| | | 175.637 N | | -2057.984 N mm |

Static Result Summary

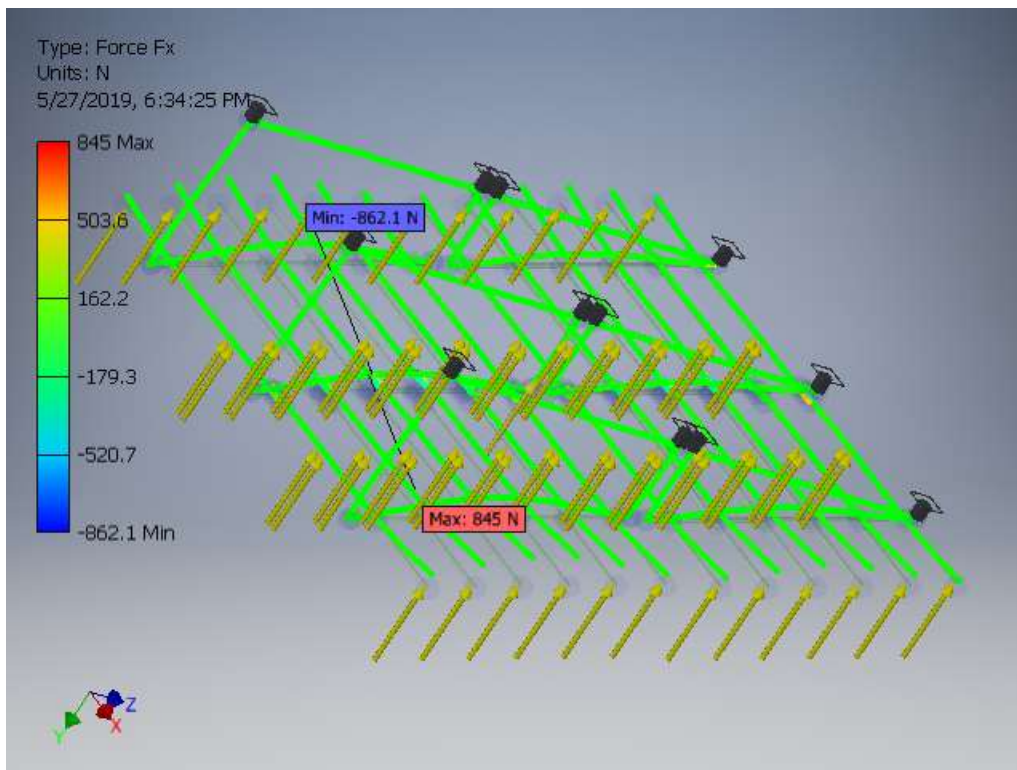
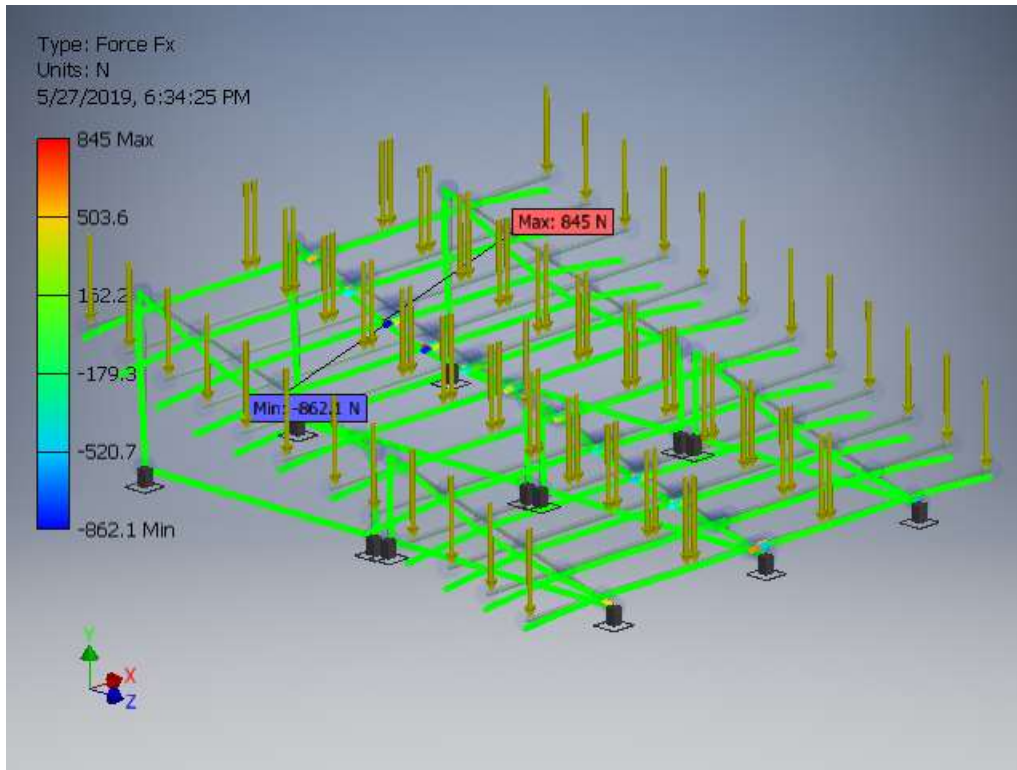
| Name | | Minimum | Maximum |
|--------------------|----------|------------------|-----------------|
| Displacement | | 0.000 mm | 34.069 mm |
| Forces | Fx | -862.147 N | 845.047 N |
| | Fy | -425.971 N | 451.667 N |
| | Fz | -995.344 N | 1483.682 N |
| Moments | Mx | -205282.354 N mm | 171925.291 N mm |
| | My | -39790.262 N mm | 49107.843 N mm |
| | Mz | -101.890 N mm | 69.735 N mm |
| Normal Stresses | Smax | -2.256 MPa | 234.682 MPa |
| | Smin | -178.914 MPa | 1.473 MPa |
| | Smax(Mx) | 0.000 MPa | 209.694 MPa |
| | Smin(Mx) | -175.620 MPa | -0.000 MPa |
| | Smax(My) | 0.000 MPa | 28.882 MPa |
| | Smin(My) | -28.882 MPa | -0.000 MPa |
| | Saxial | -12.063 MPa | 8.092 MPa |
| Shear Stresses | Tx | -24.717 MPa | 25.217 MPa |
| | Ty | -7.752 MPa | 7.311 MPa |
| Torsional Stresses | T | -2.735 MPa | 3.997 MPa |

Figures

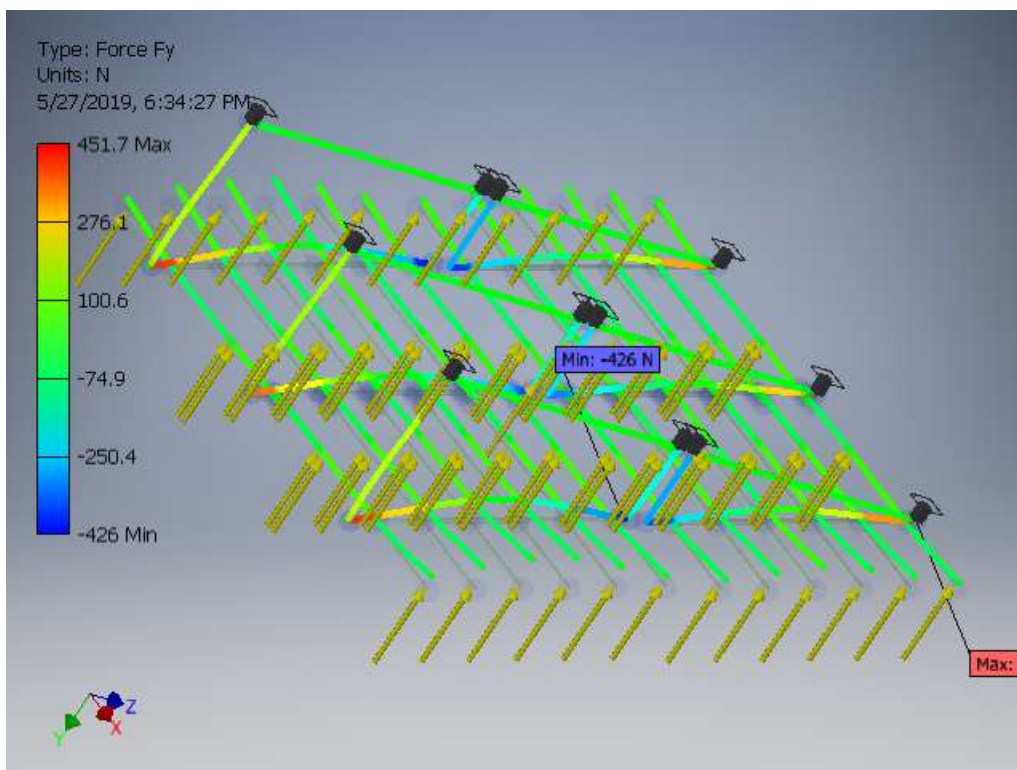
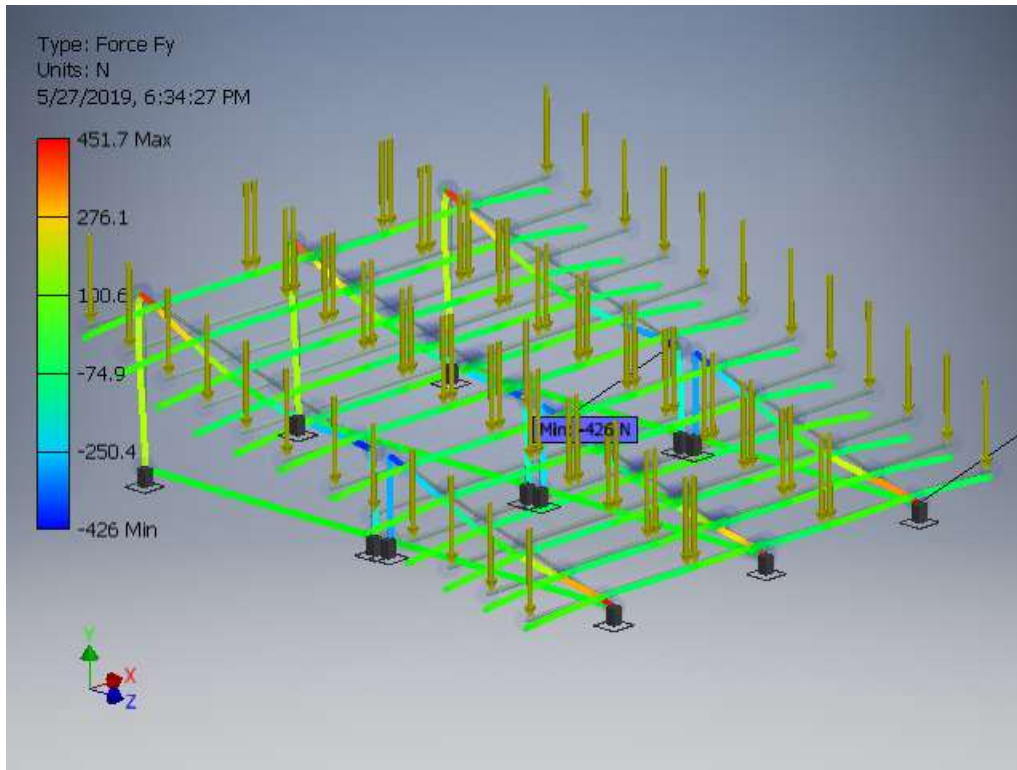
Displacement



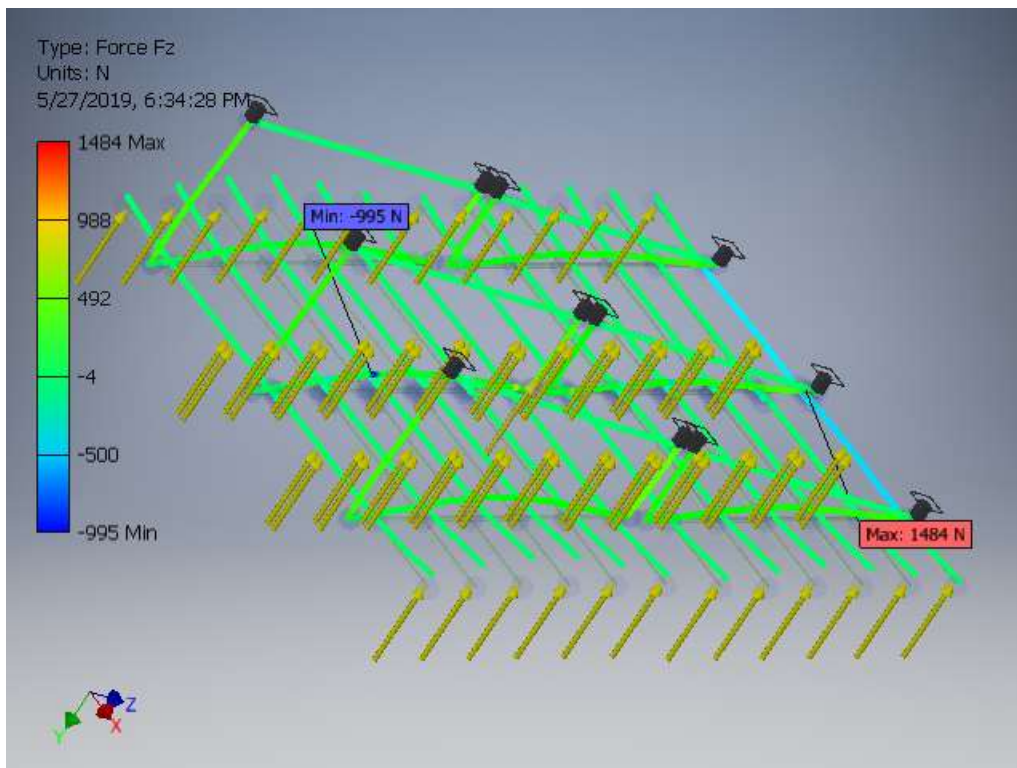
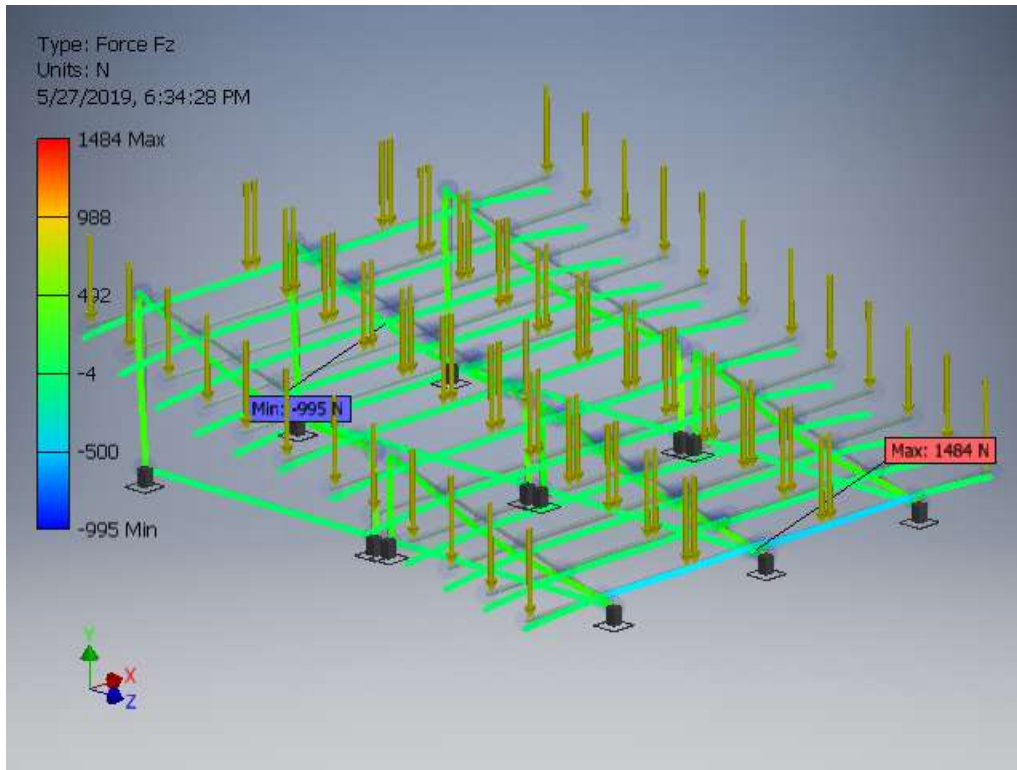
☐ **Fx**



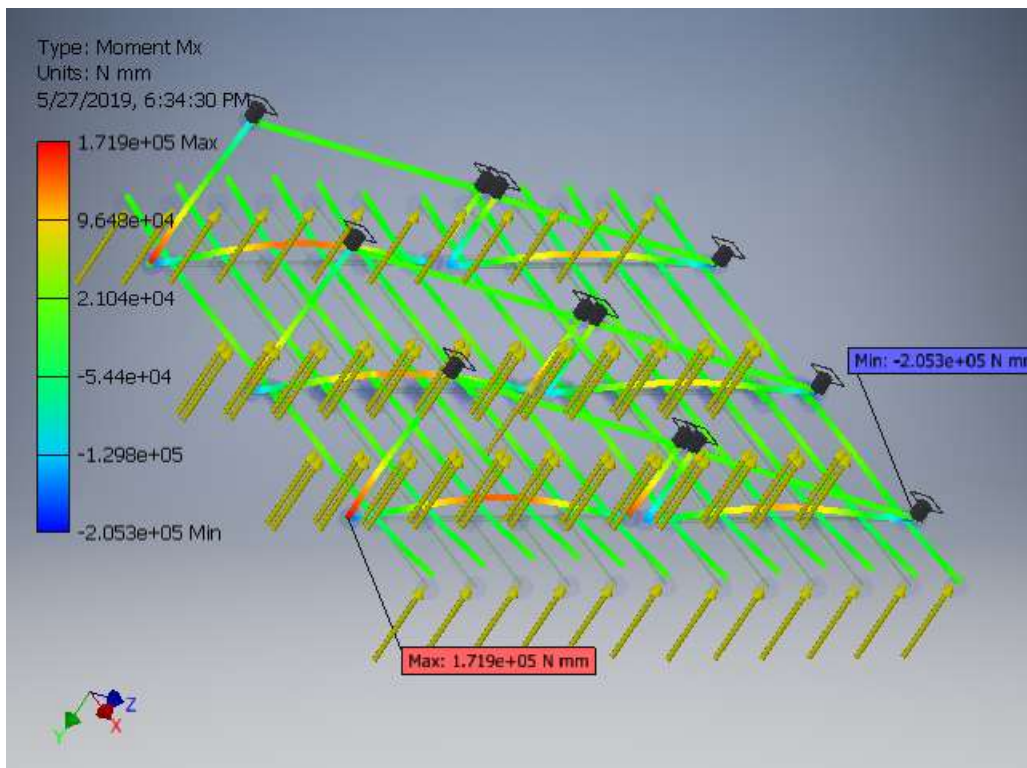
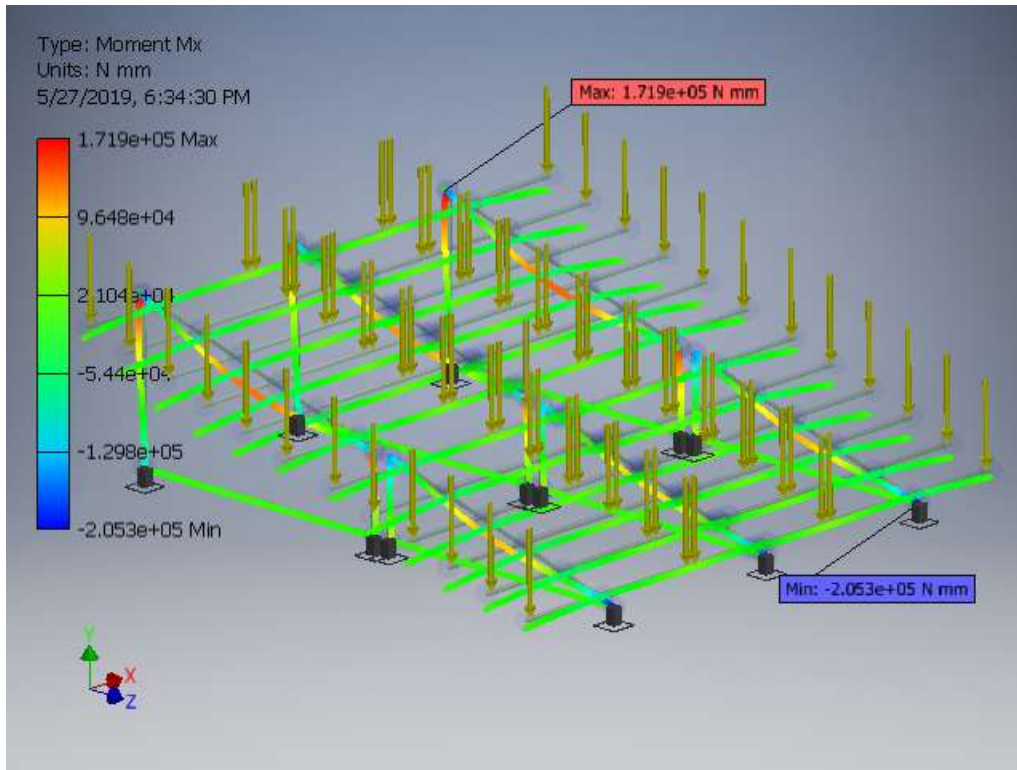
☐ **Fy**



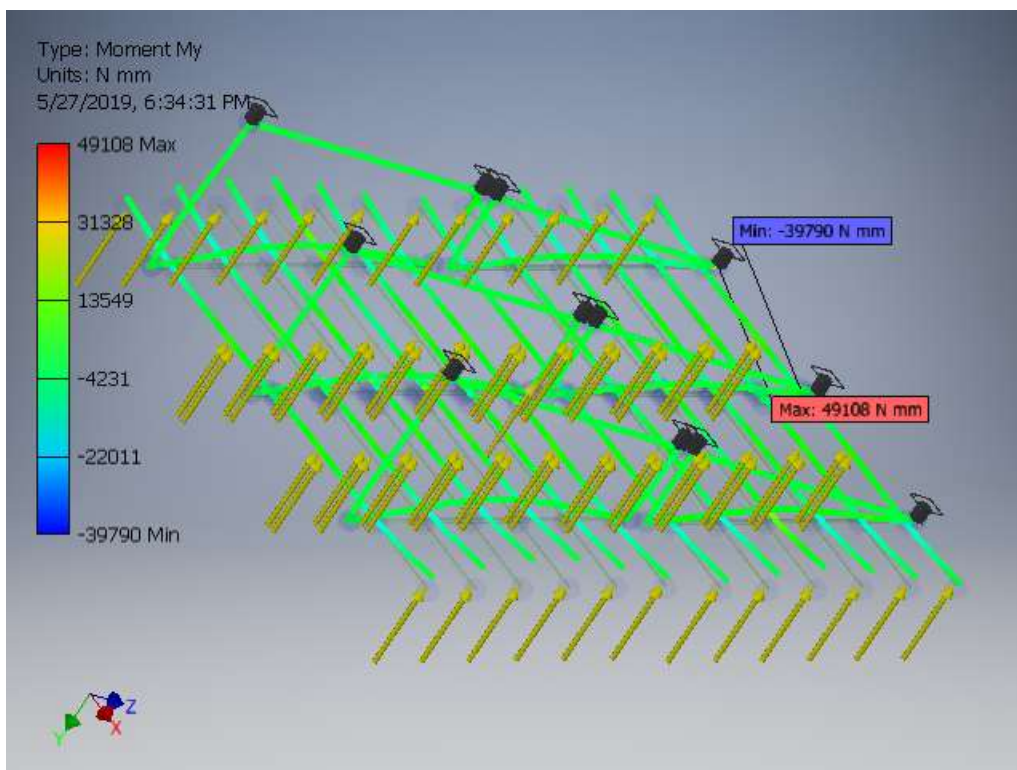
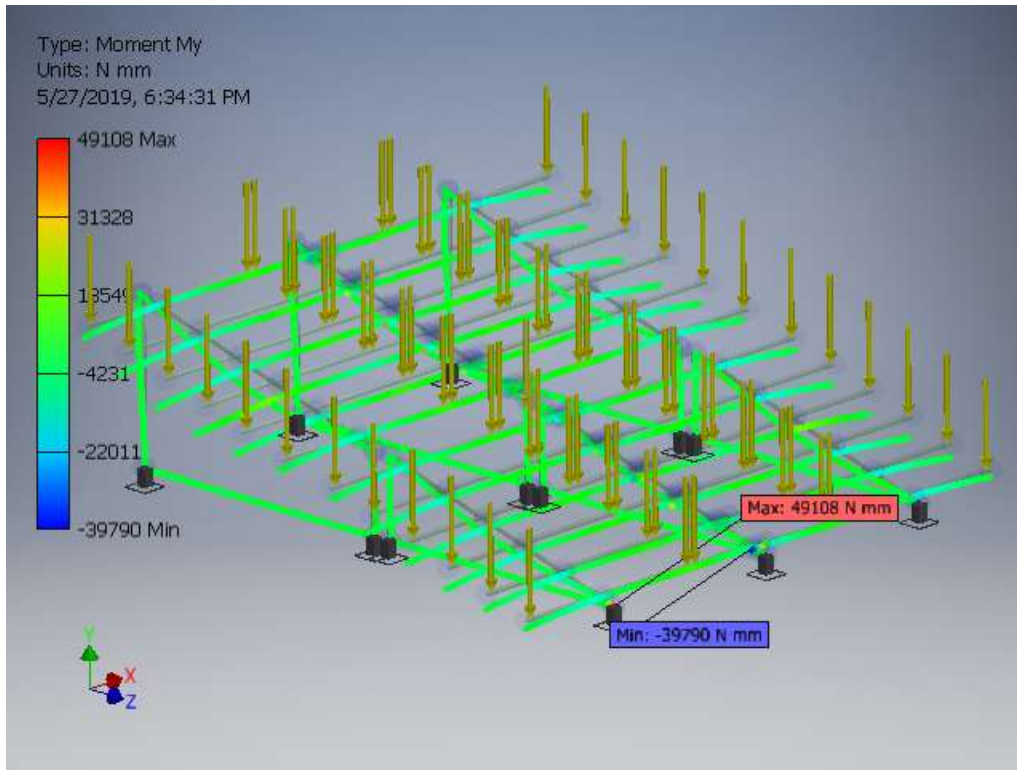
☐ Fz



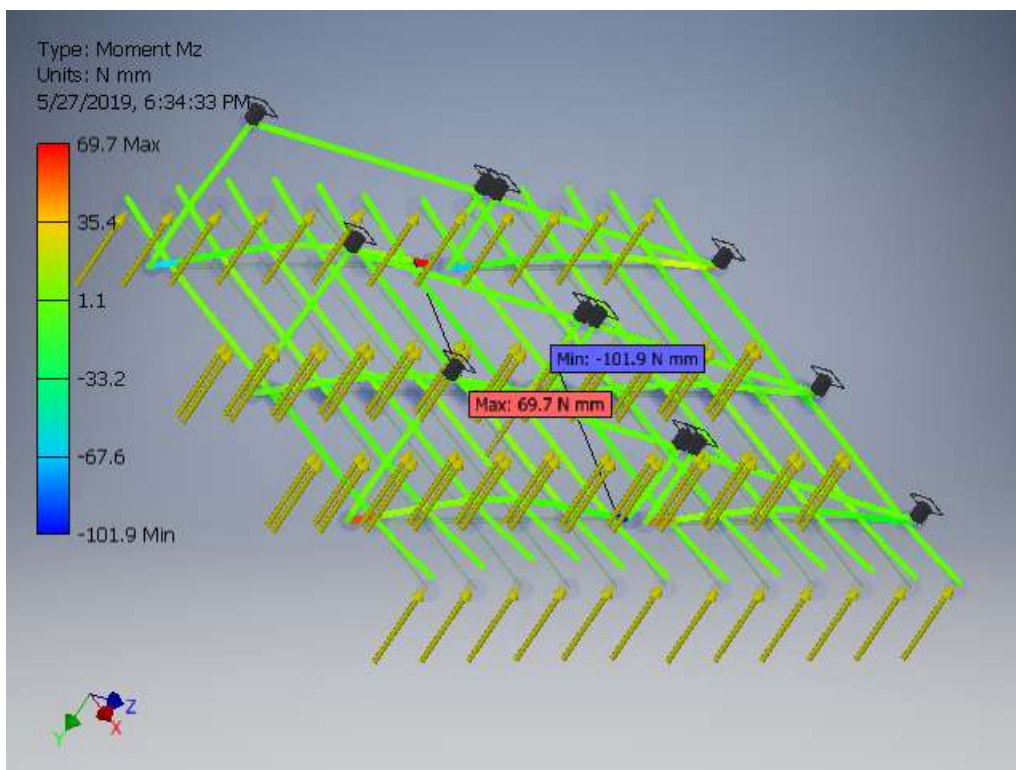
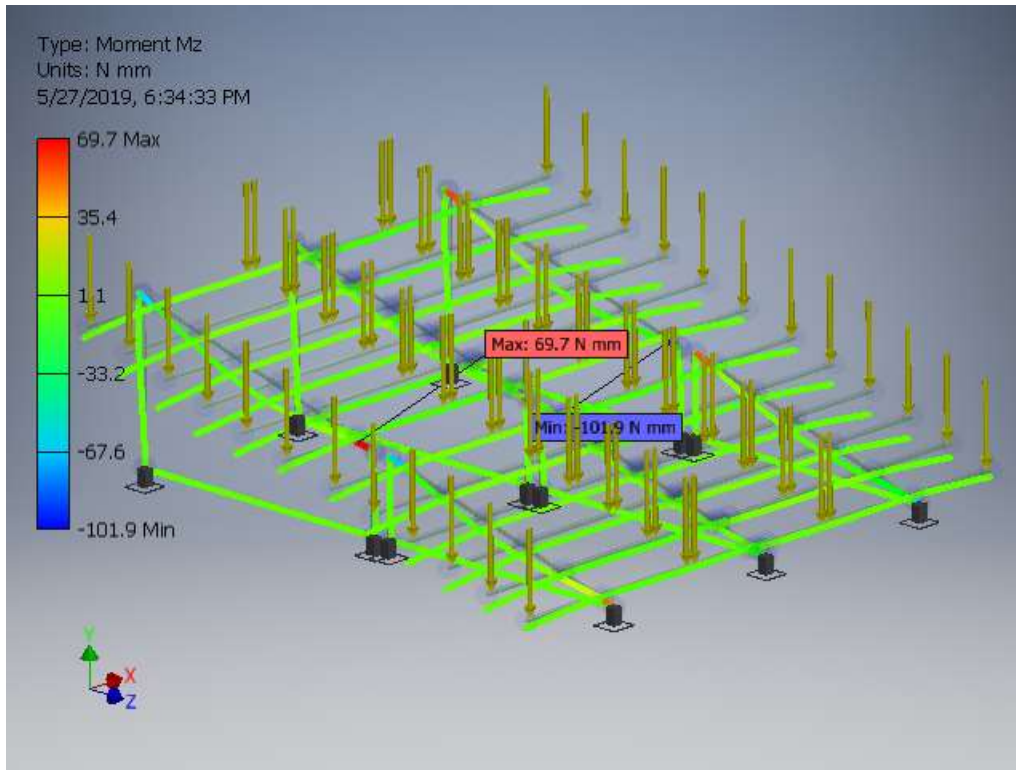
☐ **Mx**



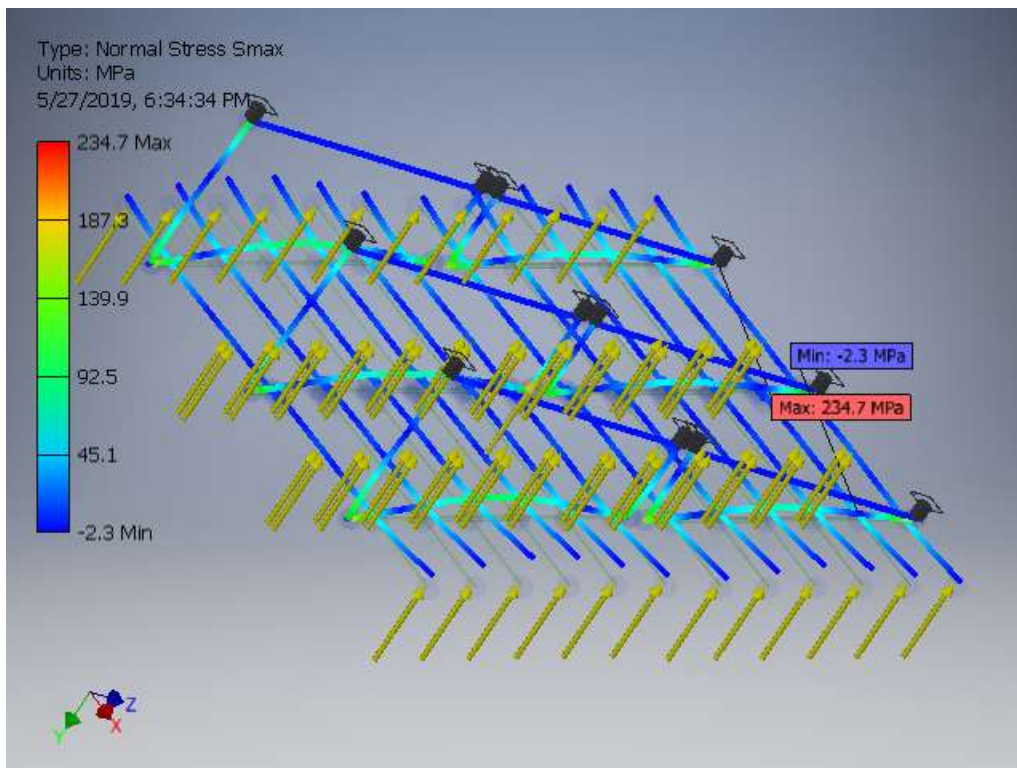
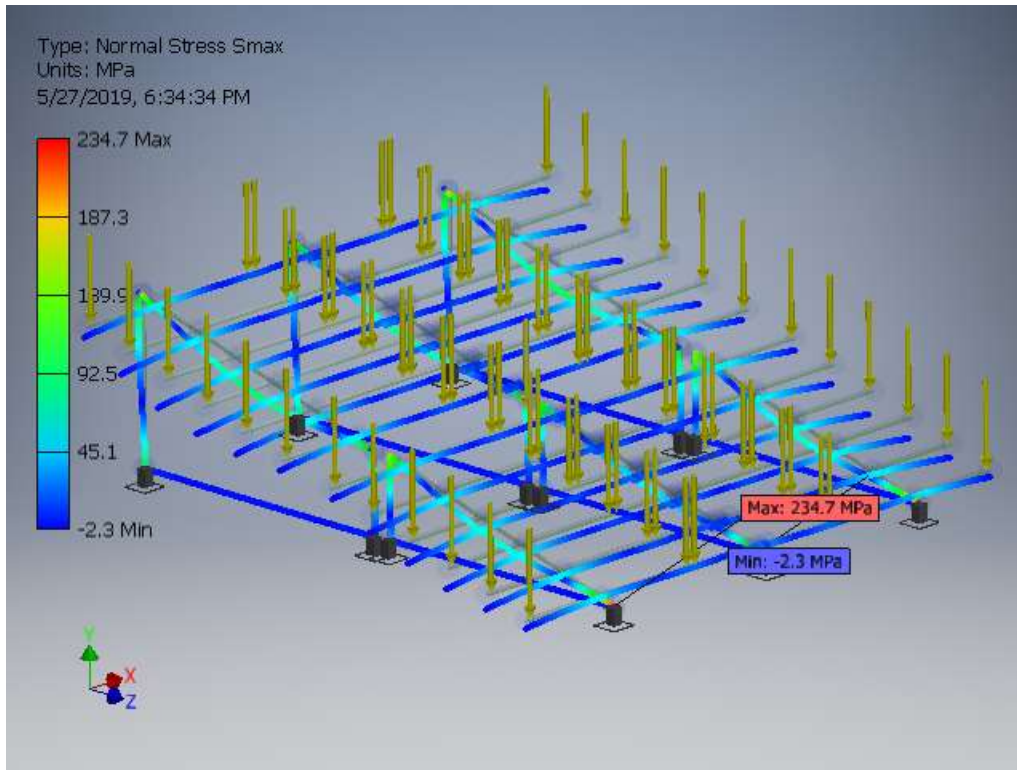
☐ My



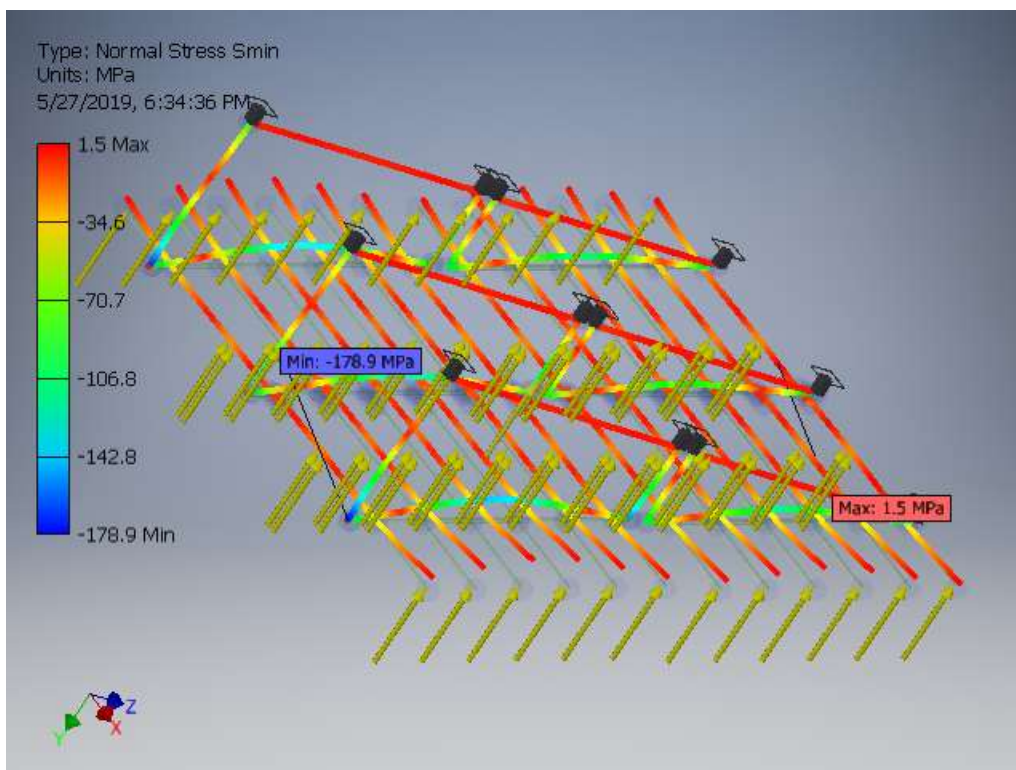
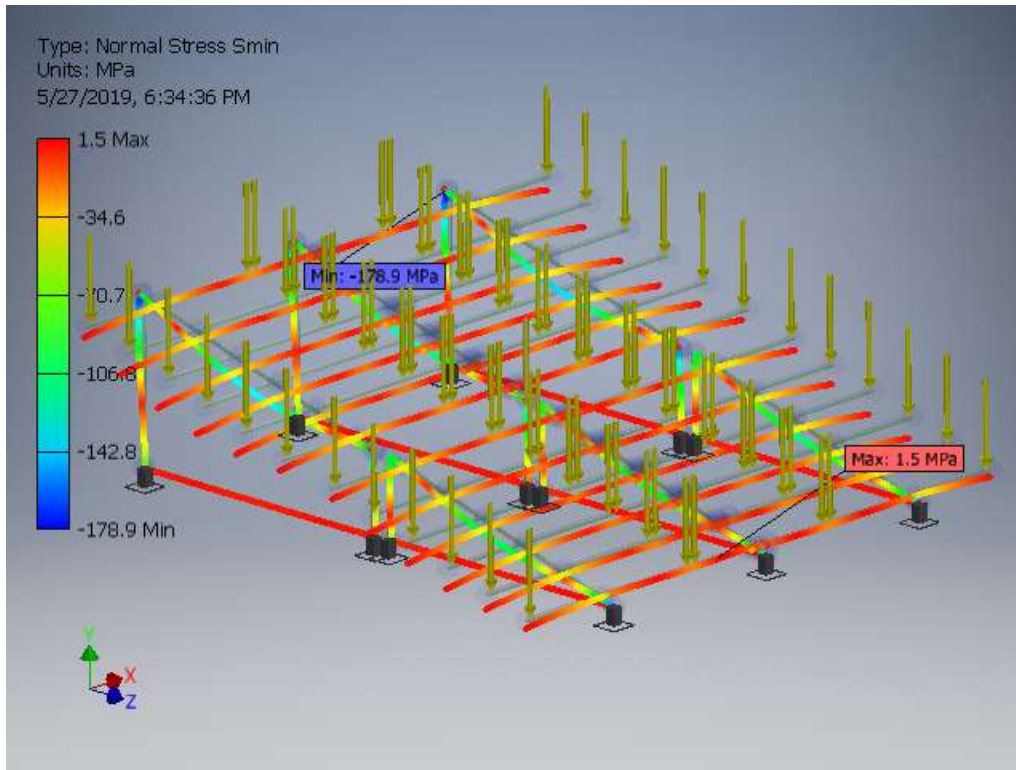
☐ **Mz**



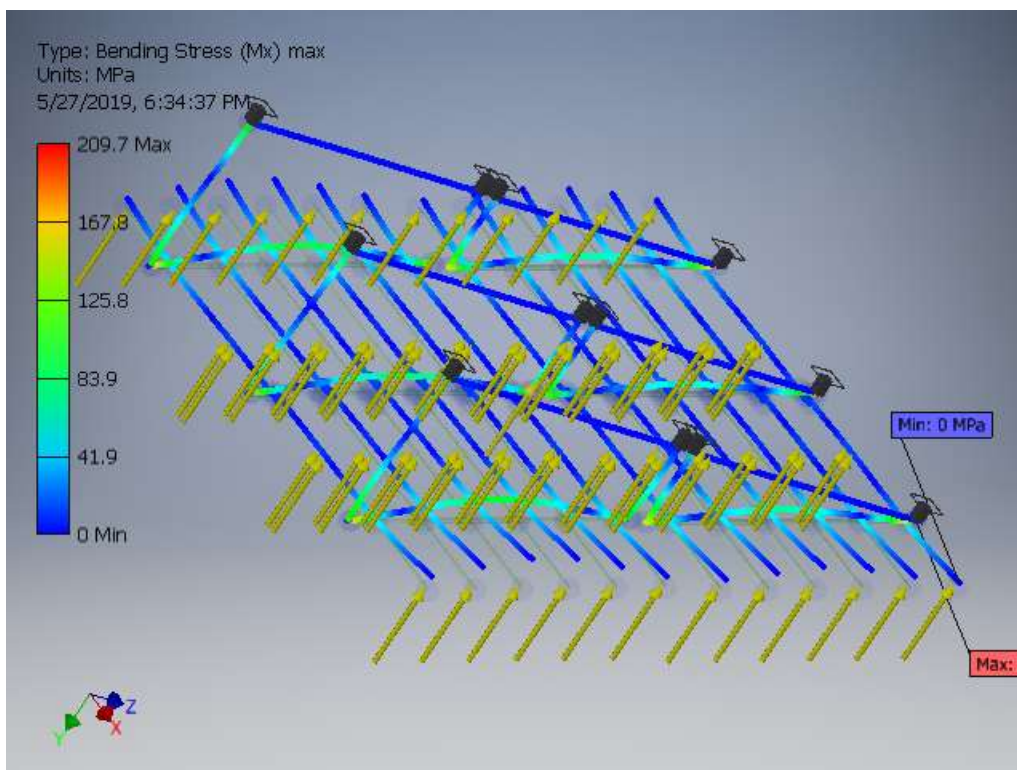
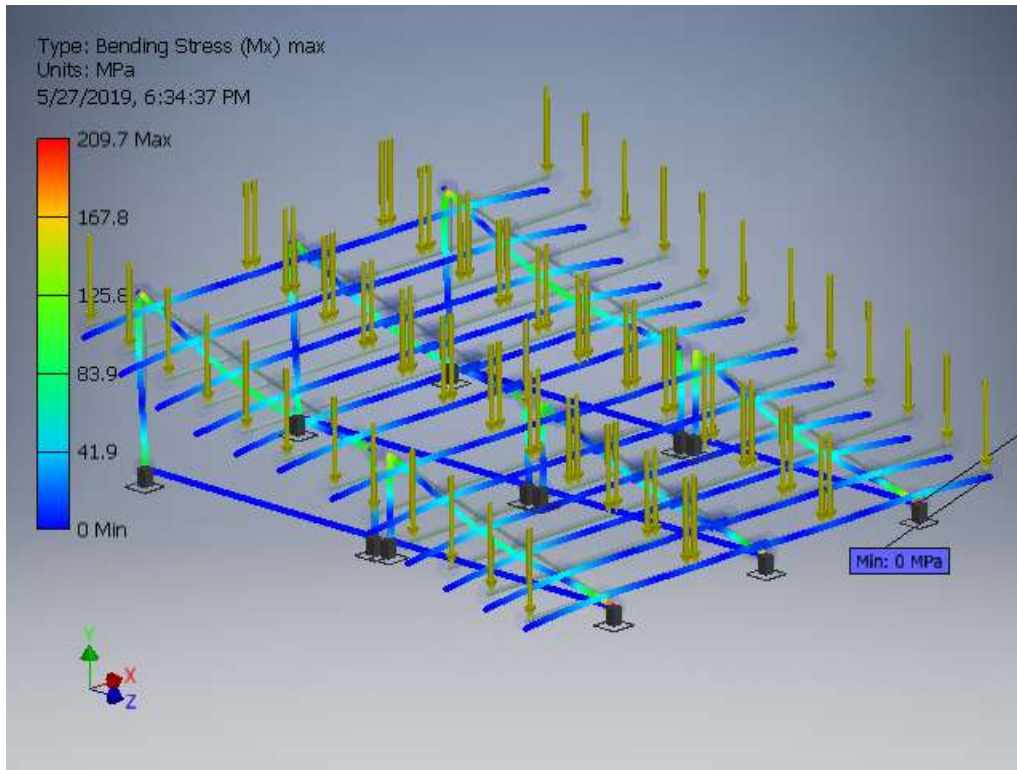
☐ Smax



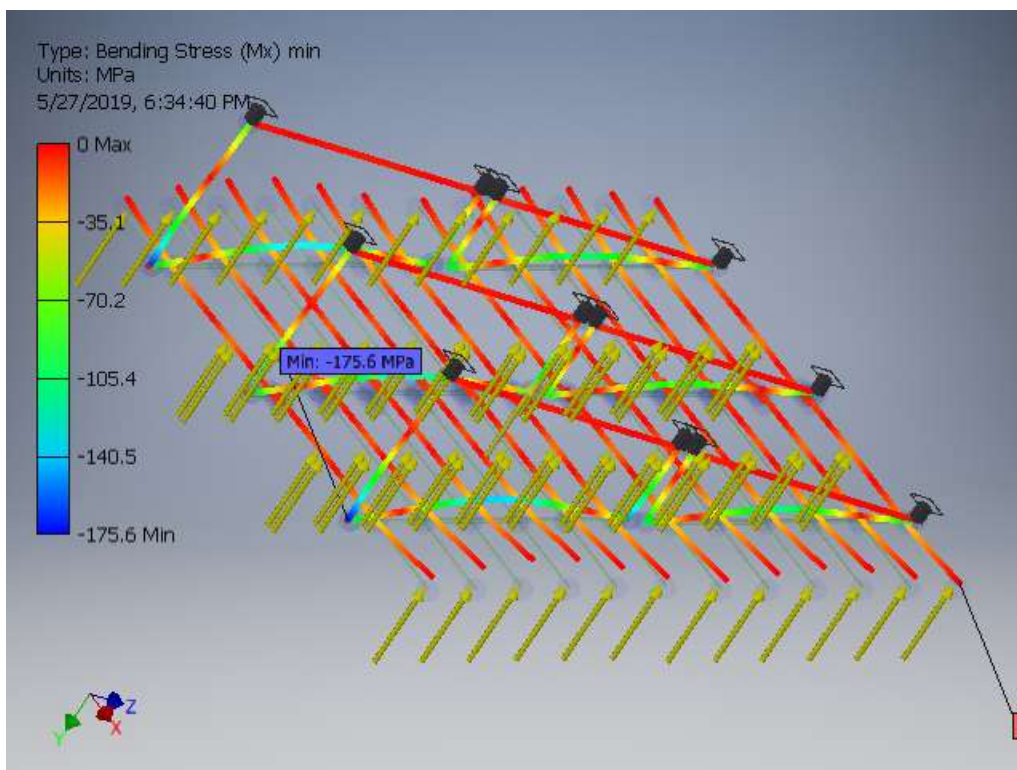
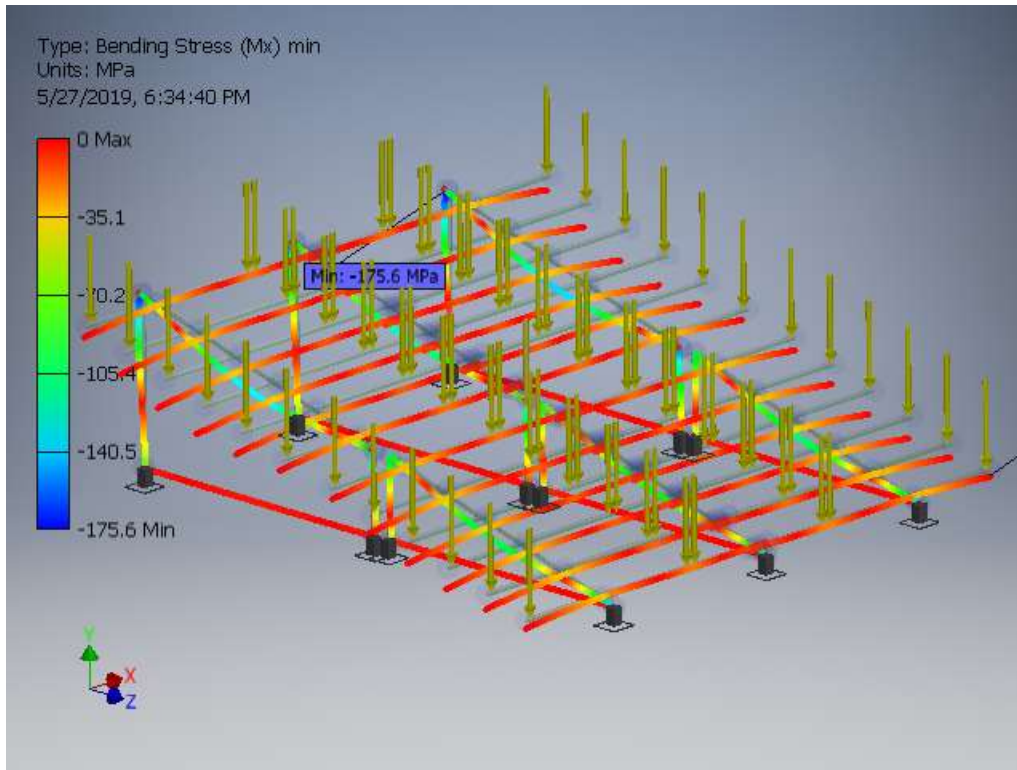
☐ Smin



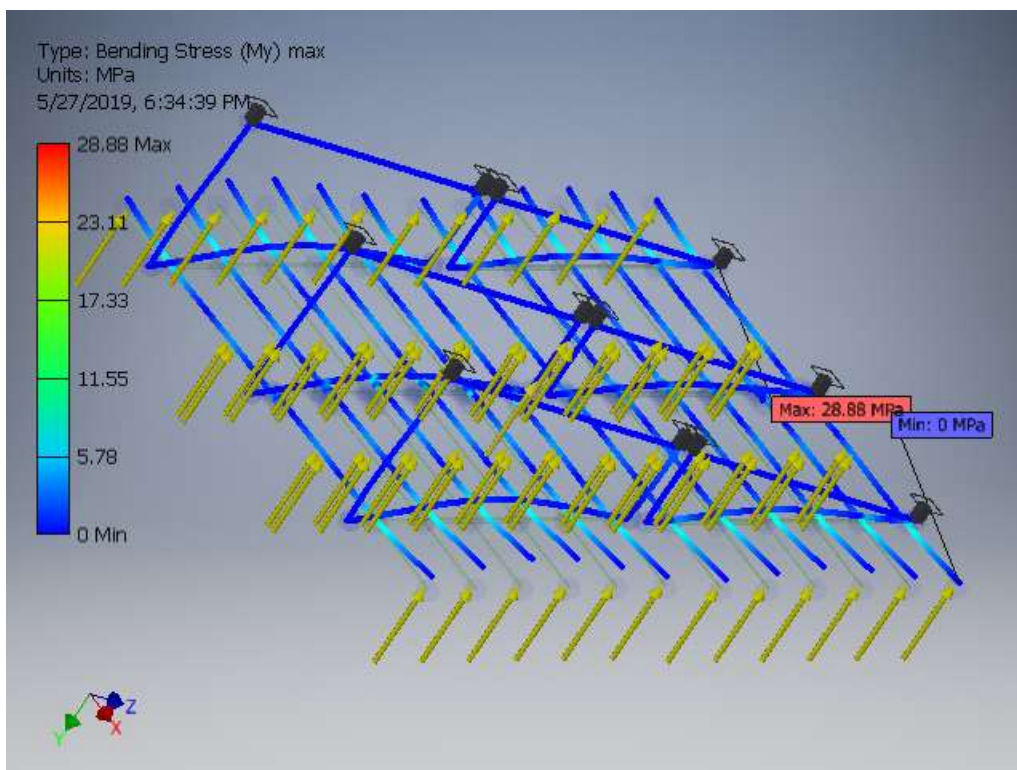
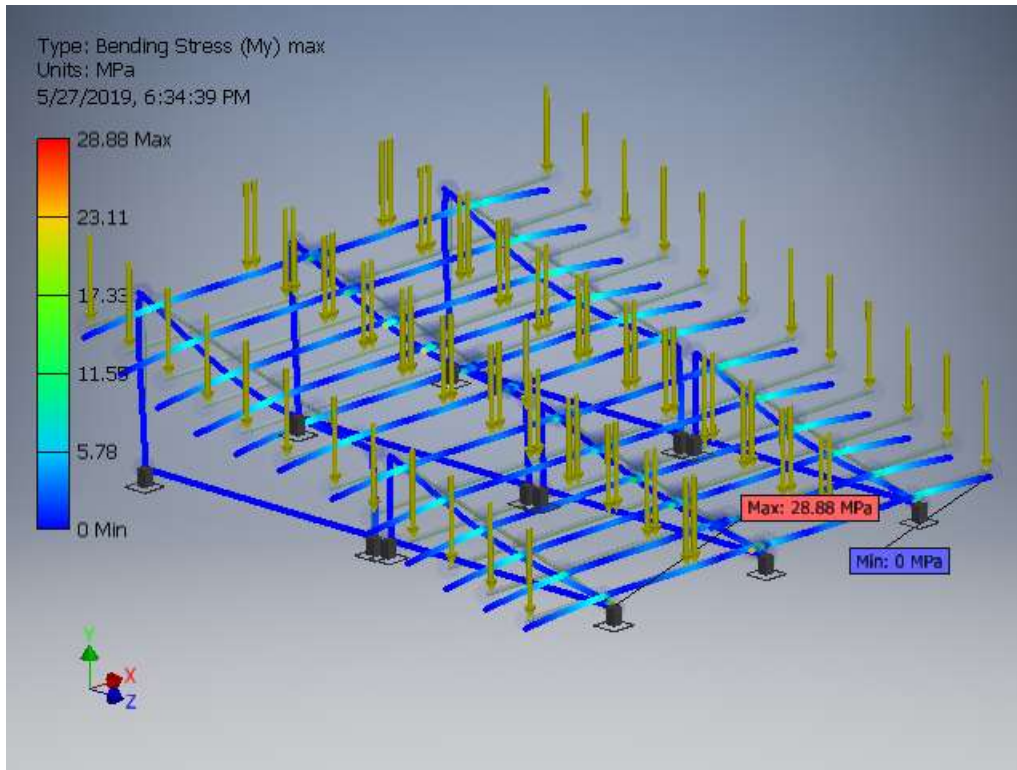
☐ **Smax(Mx)**



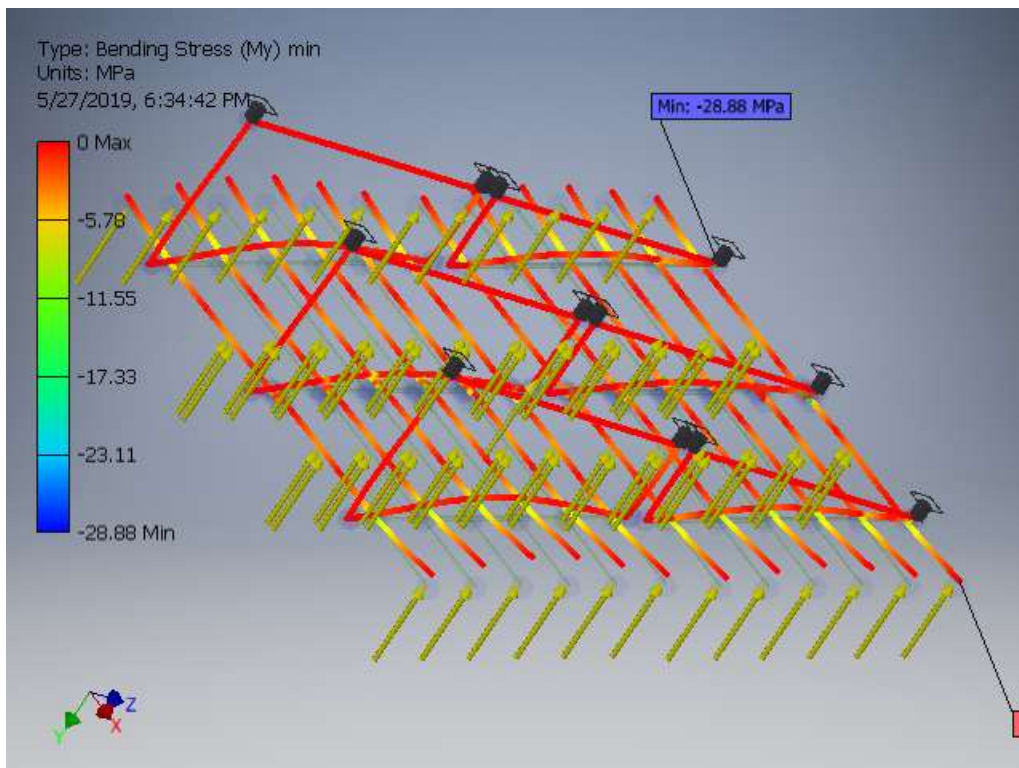
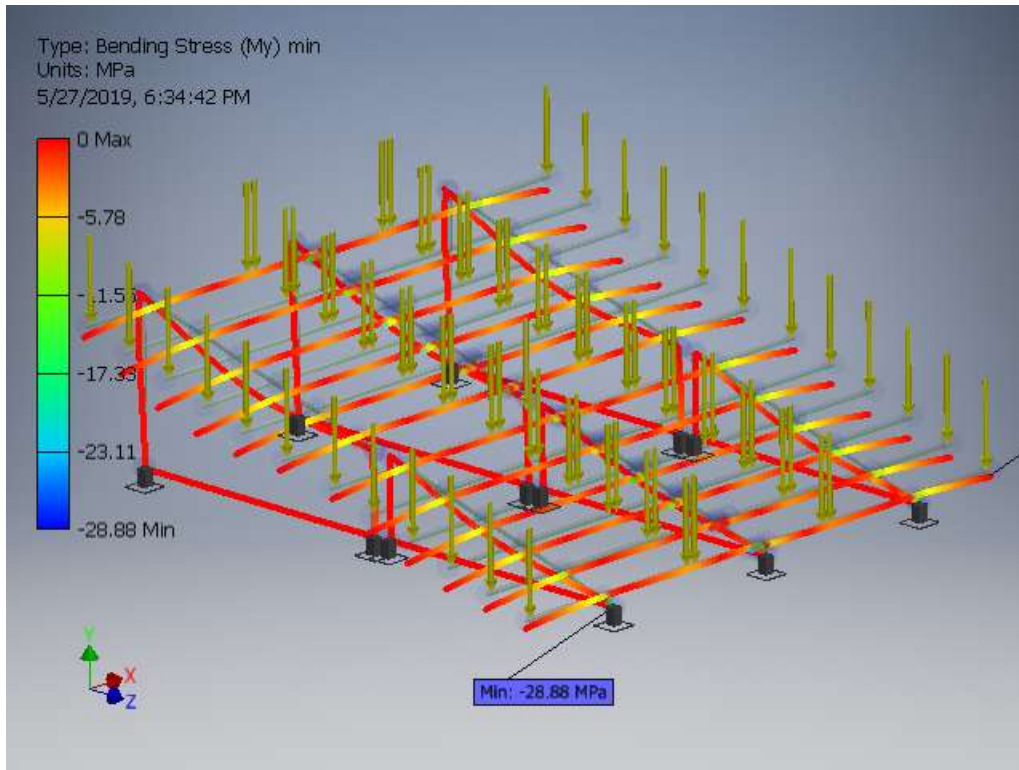
☐ **Smin(Mx)**



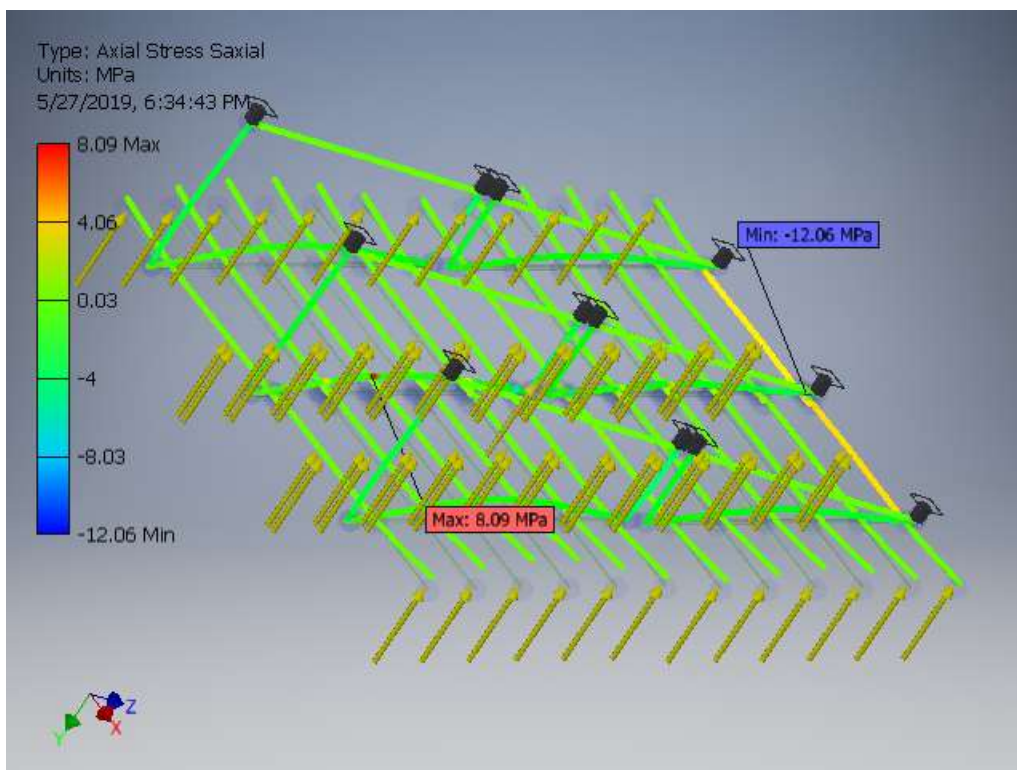
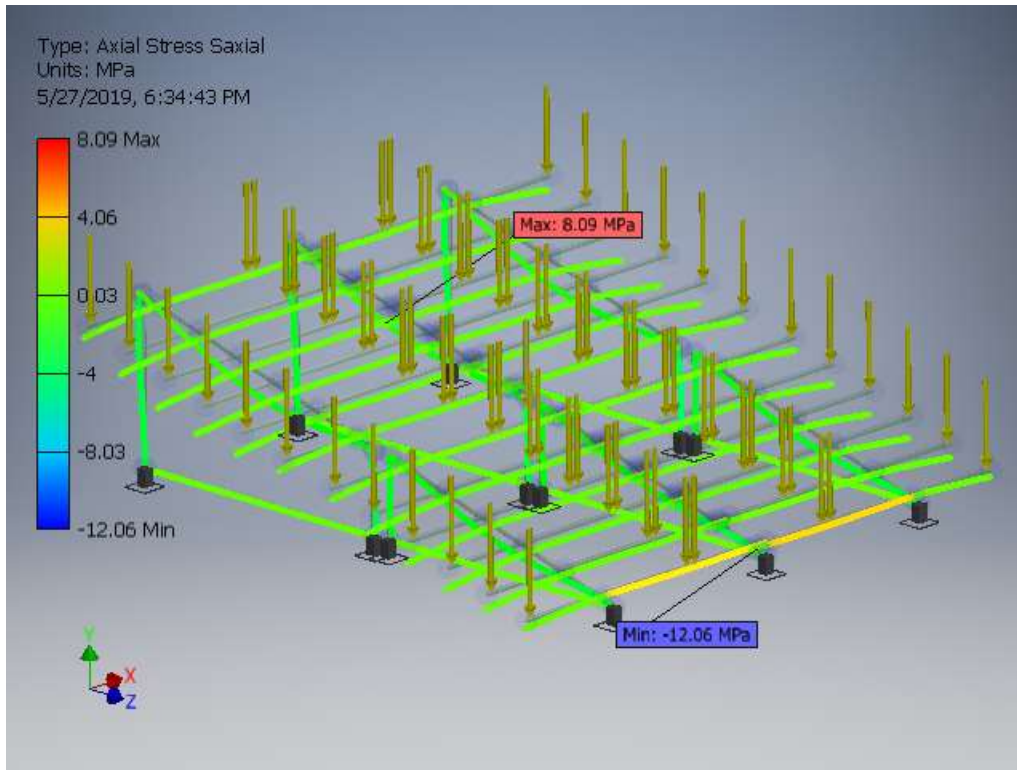
☐ **Smax(My)**



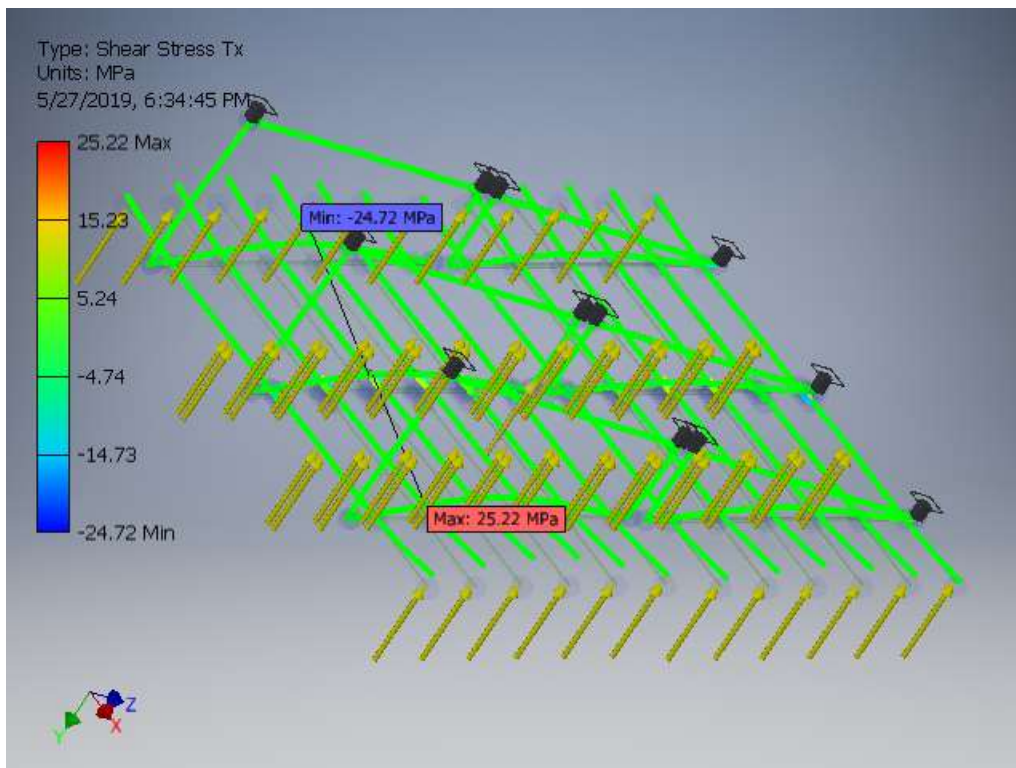
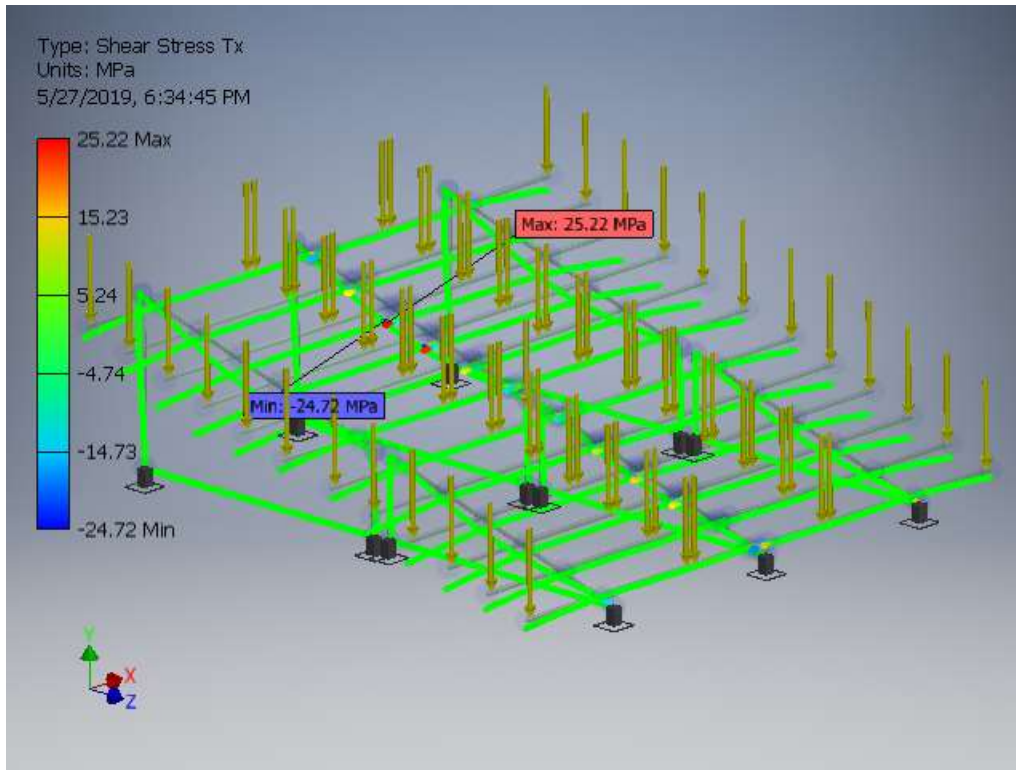
☐ **Smin(My)**



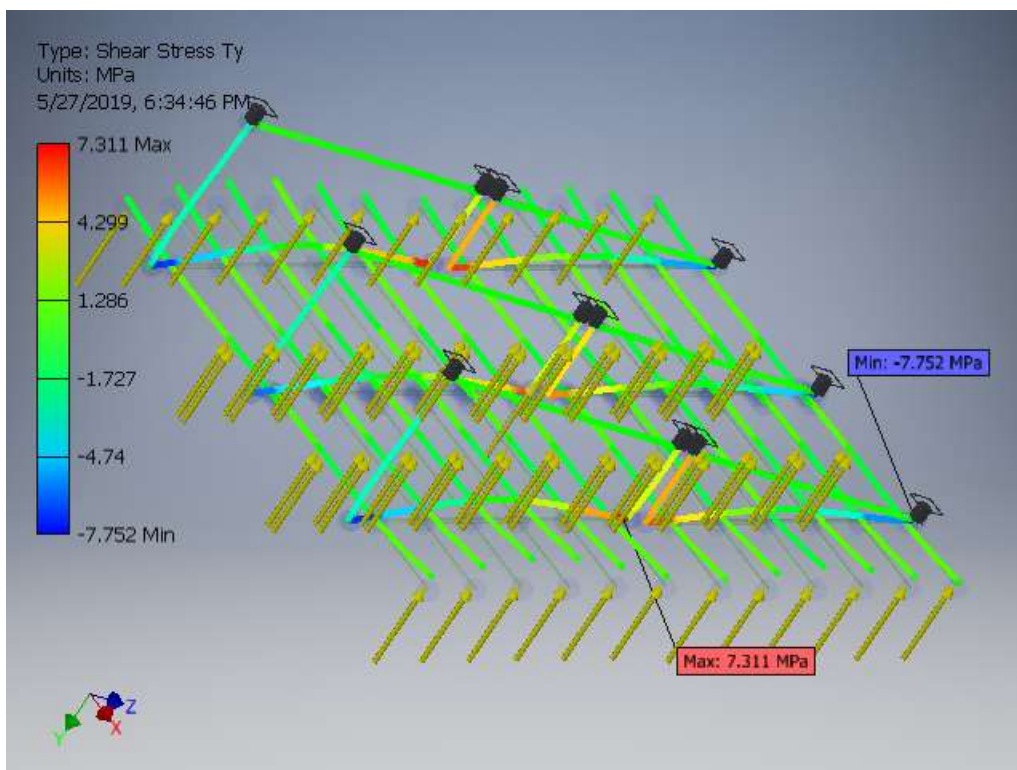
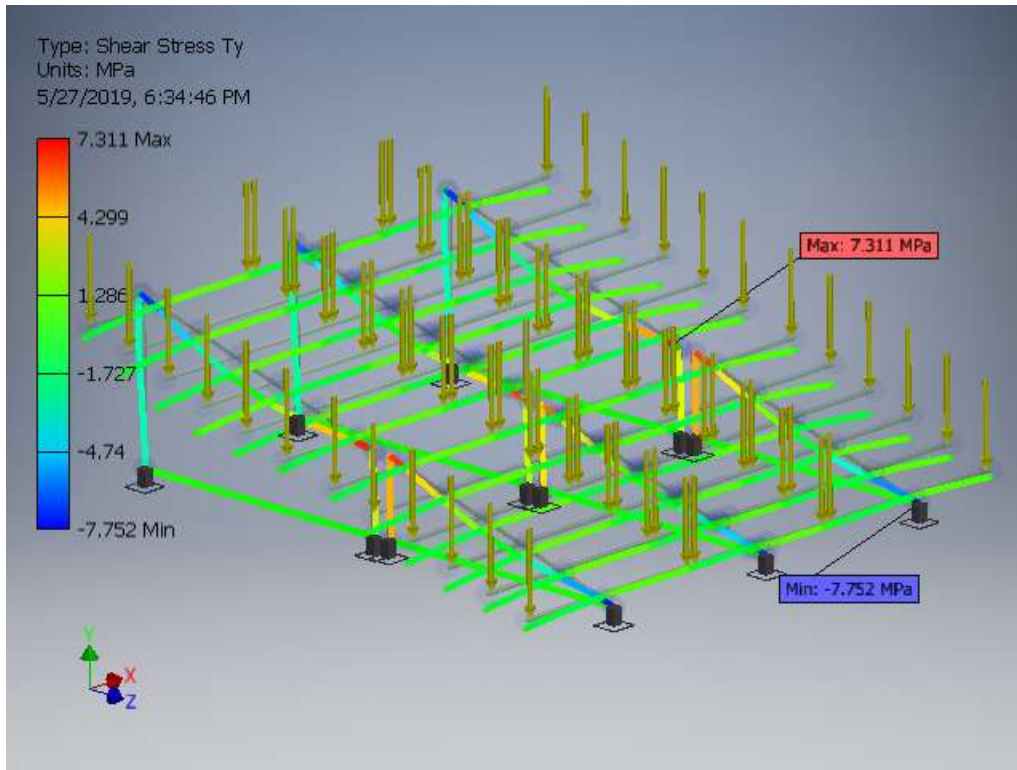
☐ **Saxial**



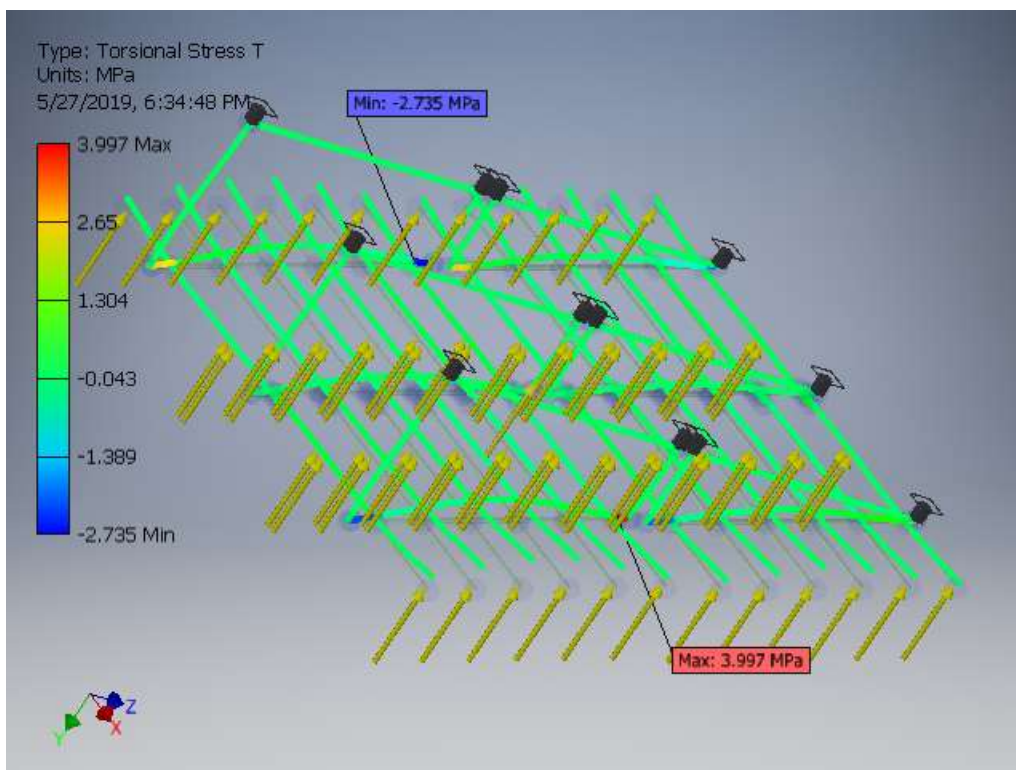
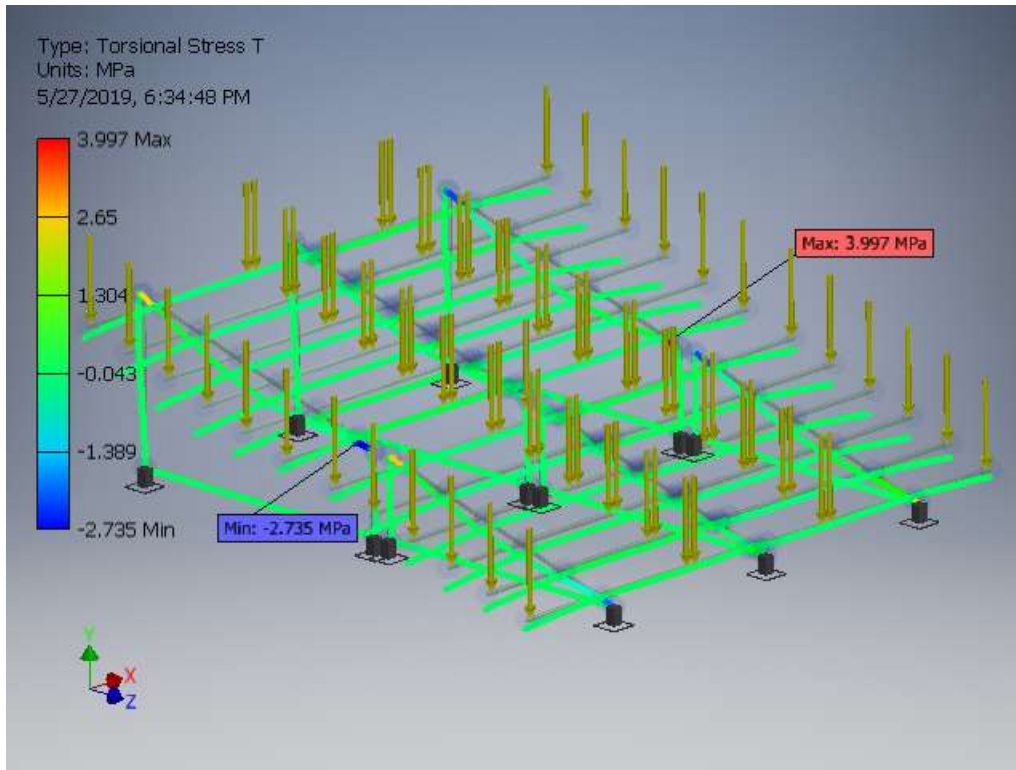
☐ Tx



☐ Ty



□ T



FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro

/ Tecnología
SnapINverter/ Comunicación
de datos integrada/ Diseño
SuperFlex/ Seguimiento
inteligente GMP/ Smart Grid
Ready

/ Inyección cero



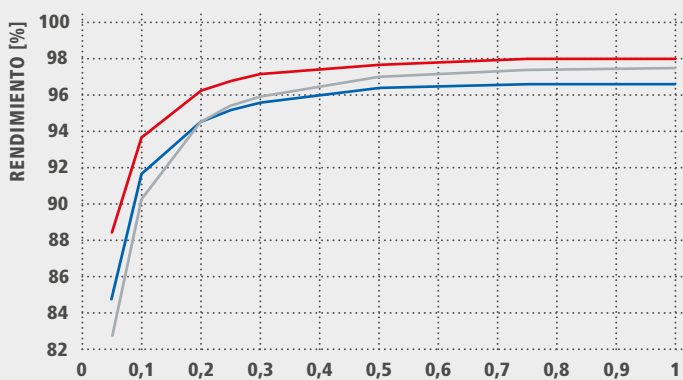
/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

| DATOS DE ENTRADA | SYMO 3.0-3-S | SYMO 3.7-3-S | SYMO 4.5-3-S | SYMO 3.0-3-M | SYMO 3.7-3-M | SYMO 4.5-3-M |
|--|--|--------------|--------------|--|--------------|--------------|
| Máxima corriente de entrada ($I_{dc \text{ máx. } 1} / I_{dc \text{ máx. } 2}^{1)}$) | | | | 16 A / 16 A | | |
| Máx. corriente de cortocircuito por serie FV ($MPP_1/MPP_2^{1)}$) | | | | 24 A / 24 A | | |
| Mínima tensión de entrada ($U_{dc \text{ mín.}}$) | | | | 150 V | | |
| Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc \text{ arranque}}$) | | | | 200 V | | |
| Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$) | | | | 595 V | | |
| Máxima tensión de entrada ($U_{dc \text{ máx.}}$) | | | | 1.000 V | | |
| Rango de tensión MPP ($U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$) | 200 - 800 V | 250 - 800 V | 300 - 800 V | | 150 - 800 V | |
| Número de seguidores MPP | | 1 | | | 2 | |
| Número de entradas CC | | 3 | | | 2+2 | |
| Máxima salida del generador FV ($P_{dc \text{ máx.}}$) | 6,0kW pico | 7,4kW pico | 9,0kW pico | 6,0kW pico | 7,4kW pico | 9,0kW pico |
| DATOS DE SALIDA | SYMO 3.0-3-S | SYMO 3.7-3-S | SYMO 4.5-3-S | SYMO 3.0-3-M | SYMO 3.7-3-M | SYMO 4.5-3-M |
| Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$) | 3.000 W | 3.700 W | 4.500 W | 3.000 W | 3.700 W | 4.500 W |
| Máxima potencia de salida | 3.000 VA | 3.700 VA | 4.500 VA | 3.000 VA | 3.700 VA | 4.500 VA |
| Máxima corriente de salida ($I_{ac \text{ máx.}}$) | 4,3 A | 5,3 A | 6,5 A | 4,3 A | 5,3 A | 6,5 A |
| Acoplamiento a la red (rango de tensión) | 3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %) | | | | | |
| Frecuencia (rango de frecuencia) | 50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz) | | | | | |
| Coefficiente de distorsión no lineal | < 3 % | | | | | |
| Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$) | 0,70 - 1 ind. / cap. | | | 0,85 - 1 ind. / cap. | | |
| DATOS GENERALES | SYMO 3.0-3-S | SYMO 3.7-3-S | SYMO 4.5-3-S | SYMO 3.0-3-M | SYMO 3.7-3-M | SYMO 4.5-3-M |
| Dimensiones (altura x anchura x profundidad) | 645 x 431 x 204 mm | | | | | |
| Peso | 16,0 kg | | | 19,9 kg | | |
| Tipo de protección | IP 65 | | | | | |
| Clase de protección | 1 | | | | | |
| Categoría de sobretensión (CC/ CA) ²⁾ | 2 / 3 | | | | | |
| Consumo nocturno | < 1 W | | | | | |
| Concepto de inversor | Sin Transformador | | | | | |
| Refrigeración | Refrigeración de aire regulada | | | | | |
| Instalación | Instalación interior y exterior | | | | | |
| Margen de temperatura ambiente | -25 - +60 °C | | | | | |
| Humedad de aire admisible | 0 - 100 % | | | | | |
| Máxima altitud | 2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones) | | | | | |
| Tecnología de conexión CC | 3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ² | | | 4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³⁾ | | |
| Tecnología de conexión principal | 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ² | | | 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³⁾ | | |
| Certificados y cumplimiento de normas | ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ¹⁾ , NRS 097 | | | | | |

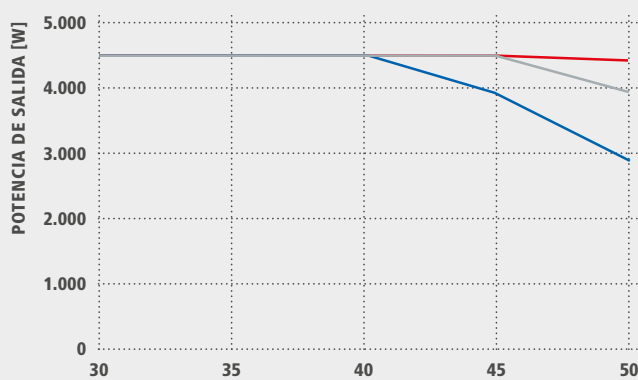
¹⁾ Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M.²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.³⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 4.5-3-S



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA $P_{Ac}/P_{Ac,R}$ ■ 300 V_{DC} ■ 595 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 4.5-3-S



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 300 V_{DC} ■ 630 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

| RENDIMIENTO | SYMO 3.0-3-S | SYMO 3.7-3-S | SYMO 4.5-3-S | SYMO 3.0-3-M | SYMO 3.7-3-M | SYMO 4.5-3-M |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Máximo rendimiento | 98,0 % | | | | | |
| Rendimiento europeo (η_{EU}) | 96,2 % | 96,7 % | 97,0 % | 96,5 % | 96,9 % | 97,2 % |
| η con 5 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 80,3 / 83,6 / 79,1 % | 83,4 / 86,4 / 80,6 % | 84,8 / 88,5 / 82,8 % | 79,8 / 85,1 / 80,8 % | 81,6 / 87,8 / 82,8 % | 83,4 / 90,3 / 85,0 % |
| η con 10 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 87,8 / 91,0 / 86,2 % | 90,1 / 92,5 / 88,7 % | 91,7 / 93,7 / 90,3 % | 86,5 / 91,6 / 87,7 % | 87,9 / 93,6 / 90,5 % | 89,2 / 94,1 / 91,2 % |
| η con 20 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 92,6 / 95,0 / 92,6 % | 93,7 / 95,7 / 93,6 % | 94,6 / 96,3 / 94,5 % | 90,8 / 95,3 / 93,0 % | 91,9 / 96,0 / 94,1 % | 92,8 / 96,5 / 95,1 % |
| η con 25 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 93,4 / 95,6 / 93,8 % | 94,5 / 96,4 / 94,7 % | 95,2 / 96,8 / 95,4 % | 91,9 / 96,0 / 94,2 % | 92,9 / 96,6 / 95,2 % | 93,5 / 97,0 / 95,8 % |
| η con 30 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 94,0 / 96,3 / 94,5 % | 95,0 / 96,7 / 95,4 % | 95,6 / 97,2 / 95,9 % | 92,8 / 96,5 / 95,1 % | 93,5 / 97,0 / 95,8 % | 94,2 / 97,3 / 96,3 % |
| η con 50 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 95,2 / 97,3 / 96,3 % | 96,9 / 97,6 / 96,7 % | 96,4 / 97,7 / 97,0 % | 94,3 / 97,5 / 96,5 % | 94,6 / 97,7 / 96,8 % | 94,9 / 97,8 / 97,2 % |
| η con 75 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 95,6 / 97,7 / 97,0 % | 96,2 / 97,8 / 97,3 % | 96,6 / 98,0 / 97,4 % | 94,9 / 97,8 / 97,2 % | 95,0 / 97,9 / 97,4 % | 95,1 / 98,0 / 97,5 % |
| η con 100 % $P_{Ac,r}$ ¹⁾ | 95,6 / 97,9 / 97,3 % | 96,2 / 98,0 / 97,5 % | 96,6 / 98,0 / 97,5 % | 95,0 / 98,0 / 97,4 % | 95,1 / 98,0 / 97,5 % | 95,0 / 98,0 / 97,6 % |
| Rendimiento de adaptación MPP | > 99,9 % | | | | | |

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min.} / U_{dcr} / U_{mpp\ máx.}$

| EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD | SYMO 3.0-3-S | SYMO 3.7-3-S | SYMO 4.5-3-S | SYMO 3.0-3-M | SYMO 3.7-3-M | SYMO 4.5-3-M |
|-------------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Medición del aislamiento CC | Sí | | | | | |
| Comportamiento de sobrecarga | Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia | | | | | |
| Seccionador CC | Sí | | | | | |
| Protección contra polaridad inversa | Sí | | | | | |

| INTERFACES | SYMO 3.0-3-S | SYMO 3.7-3-S | SYMO 4.5-3-S | SYMO 3.0-3-M | SYMO 3.7-3-M | SYMO 4.5-3-M |
|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| WLAN / Ethernet LAN | Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON) | | | | | |
| 6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales | Interface receptor del control de onda | | | | | |
| USB (Conector A) ²⁾ | Datalogging, actualización de inversores vía USB | | | | | |
| 2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾ | Fronius Solar Net | | | | | |
| Salida de aviso ²⁾ | Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial) | | | | | |
| Datalogger y Servidor web | Incluido | | | | | |
| Input externo ²⁾ | Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión | | | | | |
| RS485 | Modbus RTU SunSpec o conexión del contador | | | | | |

²⁾ También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

| DATOS DE ENTRADA | SYMO 5.0-3-M | SYMO 6.0-3-M | SYMO 7.0-3-M | SYMO 8.2-3-M |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Máxima corriente de entrada ($I_{dc \text{ máx. } 1} / I_{dc \text{ máx. } 2}$) | 16 A / 16 A | | | |
| Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂) | 24 A / 24 A | | | |
| Mínima tensión de entrada ($U_{dc \text{ mín.}}$) | 150 V | | | |
| Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc \text{ arranque}}$) | 200 V | | | |
| Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$) | 595 V | | | |
| Máxima tensión de entrada ($U_{dc \text{ máx.}}$) | 1.000 V | | | |
| Rango de tensión MPP ($U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$) | 163 - 800 V | 195 - 800 V | 228 - 800 V | 267 - 800 V |
| Número de seguidores MPP | 2 | | | |
| Número de entradas CC | 2 + 2 | | | |
| Máxima salida del generador FV ($P_{dc \text{ máx.}}$) | 10,0kW pico | 12,0kW pico | 14,0kW pico | 16,4kW pico |

| DATOS DE SALIDA | SYMO 5.0-3-M | SYMO 6.0-3-M | SYMO 7.0-3-M | SYMO 8.2-3-M |
|--|---|--------------|--------------|--------------|
| Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$) | 5.000 W | 6.000 W | 7.000 W | 8.200 W |
| Máxima potencia de salida | 5.000 VA | 6.000 VA | 7.000 VA | 8.200 VA |
| Máxima corriente de salida ($I_{ac \text{ máx.}}$) | 7,2 A | 8,7 A | 10,1 A | 11,8 A |
| Acoplamiento a la red (rango de tensión) | 3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %) | | | |
| Frecuencia (rango de frecuencia) | 50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz) | | | |
| Coefficiente de distorsión no lineal | < 3 % | | | |
| Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$) | 0,85 - 1 ind. / cap. | | | |

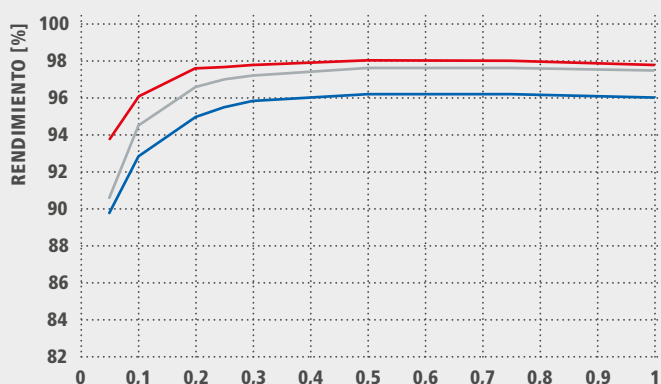
| DATOS GENERALES | SYMO 5.0-3-M | SYMO 6.0-3-M | SYMO 7.0-3-M | SYMO 8.2-3-M |
|---|--|--------------|--------------|--------------|
| Dimensiones (altura x anchura x profundidad) | 645 x 431 x 204 mm | | | |
| Peso | 19,9 kg | | | 21,9 kg |
| Tipo de protección | IP 65 | | | |
| Clase de protección | 1 | | | |
| Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾ | 2 / 3 | | | |
| Consumo nocturno | < 1 W | | | |
| Concepto de inversor | Sin Transformador | | | |
| Refrigeración | Refrigeración de aire regulada | | | |
| Instalación | Instalación interior y exterior | | | |
| Margen de temperatura ambiente | -25 - +60 °C | | | |
| Humedad de aire admisible | 0 - 100 % | | | |
| Máxima altitud | 2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones) | | | |
| Tecnología de conexión CC | 4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾ | | | |
| Tecnología de conexión principal | 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾ | | | |
| Certificados y cumplimiento de normas | ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097 | | | |

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión.

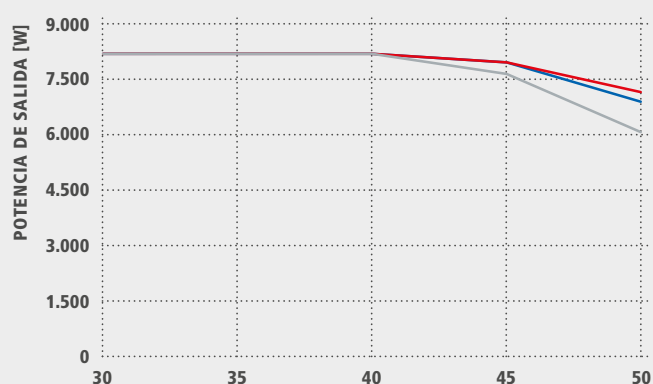
Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 8.2-3-M



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA $P_{AC}/P_{AC,R}$ ■ 258 V_{DC} ■ 595 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 8.2-3-M



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 258 V_{DC} ■ 595 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

| RENDIMIENTO | SYMO 5.0-3-M | SYMO 6.0-3-M | SYMO 7.0-3-M | SYMO 8.2-3-M |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Máximo rendimiento | 98,0 % | | | |
| Rendimiento europeo (η_{EU}) | 97,3 % | 97,5 % | 97,6 % | 97,7 % |
| η con 5 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 84,9 / 91,2 / 85,9 % | 87,8 / 92,6 / 87,8 % | 88,7 / 93,1 / 89,0 % | 89,8 / 93,8 / 90,6 % |
| η con 10 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 89,9 / 94,6 / 91,7 % | 91,3 / 95,6 / 93,0 % | 92,0 / 95,9 / 94,7 % | 92,8 / 96,1 / 94,5 % |
| η con 20 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 93,2 / 96,7 / 95,4 % | 94,1 / 97,1 / 95,9 % | 94,5 / 97,3 / 96,3 % | 95,0 / 97,6 / 96,6 % |
| η con 25 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 93,9 / 97,2 / 96,0 % | 94,7 / 97,5 / 96,5 % | 95,1 / 97,6 / 96,7 % | 95,5 / 97,7 / 97,0 % |
| η con 30 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 94,5 / 97,4 / 96,5 % | 95,1 / 97,7 / 96,8 % | 95,4 / 97,7 / 97,0 % | 95,8 / 97,8 / 97,2 % |
| η con 50 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 95,2 / 97,9 / 97,3 % | 95,7 / 98,0 / 97,5 % | 95,9 / 98,0 / 97,5 % | 96,2 / 98,0 / 97,6 % |
| η con 75 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 95,3 / 98,0 / 97,5 % | 95,7 / 98,0 / 97,6 % | 95,9 / 98,0 / 97,6 % | 96,2 / 98,0 / 97,6 % |
| η con 100 % $P_{AC,r}$ ¹⁾ | 95,2 / 98,0 / 97,6 % | 95,7 / 97,9 / 97,6 % | 95,8 / 97,9 / 97,5 % | 96,0 / 97,8 / 97,5 % |
| Rendimiento de adaptación MPP | > 99,9 % | | | |

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min.} / U_{dcr} / U_{mpp\ máx.}$

| EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD | SYMO 5.0-3-M | SYMO 6.0-3-M | SYMO 7.0-3-M | SYMO 8.2-3-M |
|-------------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|
| Medición del aislamiento CC | Sí | | | |
| Comportamiento de sobrecarga | Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia | | | |
| Seccionador CC | Sí | | | |
| Protección contra polaridad inversa | Sí | | | |

| INTERFACES | SYMO 5.0-3-M | SYMO 6.0-3-M | SYMO 7.0-3-M | SYMO 8.2-3-M |
|---|---|--------------|--------------|--------------|
| WLAN / Ethernet LAN | Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON) | | | |
| 6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales | Interface receptor del control de onda | | | |
| USB (Conector A) ²⁾ | Datalogging, actualización de inversores vía USB | | | |
| 2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾ | Fronius Solar Net | | | |
| Salida de aviso ²⁾ | Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial) | | | |
| Datalogger y Servidor web | Incluido | | | |
| Input externo ²⁾ | Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión | | | |
| RS485 | Modbus RTU SunSpec o conexión del contador | | | |

²⁾ También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

| DATOS DE ENTRADA | SYMO 10.0-3-M | SYMO 12.5-3-M | SYMO 15.0-3-M | SYMO 17.5-3-M | SYMO 20.0-3-M |
|---|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$) | 27 A / 16,5 A ¹⁾ | | 33 A / 27 A | | |
| Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$) | 43,5 A | | 51,0 A | | |
| Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ / MPP ₂) | 40,5 A / 24,8 A | | 49,5 A / 40,5 A | | |
| Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$) | 200 V | | | | |
| Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$) | 200 V | | | | |
| Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$) | 600 V | | | | |
| Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$) | 1.000 V | | | | |
| Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$) | 270 - 800 V | 320 - 800 V | | 370 - 800 V | 420 - 800 V |
| Número de seguidores MPP | 2 | | | | |
| Número de entradas CC | 3+3 | | | | |
| Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$) | 15,0 kW _{peak} | 18,8 kW _{peak} | 22,5 kW _{peak} | 26,3 kW _{peak} | 30,0 kW _{peak} |

| DATOS DE SALIDA | SYMO 10.0-3-M | SYMO 12.5-3-M | SYMO 15.0-3-M | SYMO 17.5-3-M | SYMO 20.0-3-M |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$) | 10.000 W | 12.500 W | 15.000 W | 17.500 W | 20.000 W |
| Máxima potencia de salida | 10.000 VA | 12.500 VA | 15.000 VA | 17.500 VA | 20.000 VA |
| Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$) | 14,4 A | 18,0 A | 21,7 A | 25,3 A | 28,9 A |
| Acoplamiento a la red (rango de tensión) | 3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %) | | | | |
| Frecuencia (rango de frecuencia) | 50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz) | | | | |
| Coefficiente de distorsión no lineal | 1,8 % | 2,0 % | 1,5 % | 1,5 % | 1,3 % |
| Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$) | 0 - 1 ind. / cap. | | | | |

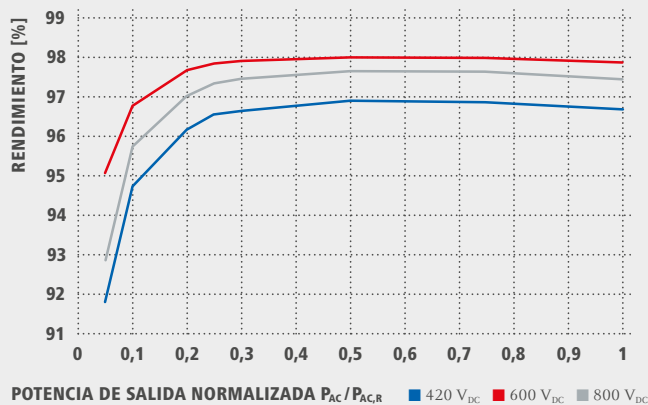
| DATOS GENERALES | SYMO 10.0-3-M | SYMO 12.5-3-M | SYMO 15.0-3-M | SYMO 17.5-3-M | SYMO 20.0-3-M |
|---|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Dimensiones (altura x anchura x profundidad) | 725 x 510 x 225 mm | | | | |
| Peso | 34,8 kg | | 43,4 kg | | |
| Tipo de protección | IP 66 | | | | |
| Clase de protección | 1 | | | | |
| Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾ | 1 + 2 / 3 | | | | |
| Consumo nocturno | < 1 W | | | | |
| Concepto de inversor | Sin Transformador | | | | |
| Refrigeración | Refrigeración de aire regulada | | | | |
| Instalación | Instalación interior y exterior | | | | |
| Margen de temperatura ambiente | -40 - +60 °C | | | | |
| Humedad de aire admisible | 0 - 100 % | | | | |
| Máxima altitud | 2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones) | | | | |
| Tecnología de conexión CC | 6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ² | | | | |
| Tecnología de conexión principal | 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ² | | | | |
| Certificados y cumplimiento de normas | ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097 | | | | |

¹⁾ 14,0 A para tensiones < 420 V

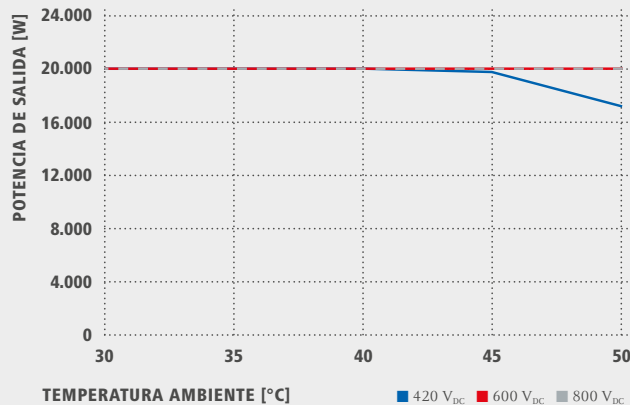
²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

| RENDIMIENTO | SYMO 10.0-3-M | SYMO 12.5-3-M | SYMO 15.0-3-M | SYMO 17.5-3-M | SYMO 20.0-3-M |
|---|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Máximo rendimiento | 98,0 % | | | | |
| Rendimiento europeo (ηEU) | 97,4% | 97,6 % | 97,8 % | 97,8 % | 97,9 % |
| η con 5 % Pac,r ¹⁾ | 87,9 / 92,5 / 89,2 % | 88,7 / 93,1 / 90,1 % | 91,2 / 94,8 / 92,3 % | 91,6 / 95,0 / 92,7 % | 91,9 / 95,2 / 93,0 % |
| η con 10 % Pac,r ¹⁾ | 91,2 / 94,9 / 92,8 % | 92,9 / 96,1 / 94,6 % | 93,4 / 96,0 / 94,4 % | 94,0 / 96,4 / 95,0 % | 94,8 / 96,9 / 95,8 % |
| η con 20 % Pac,r ¹⁾ | 94,6 / 97,1 / 96,1 % | 95,4 / 97,3 / 96,6 % | 95,9 / 97,4 / 96,7 % | 96,1 / 97,6 / 96,9 % | 96,3 / 97,8 / 97,1 % |
| η con 25 % Pac,r ¹⁾ | 95,4 / 97,3 / 96,6 % | 95,6 / 97,6 / 97,0 % | 96,2 / 97,6 / 97,0 % | 96,4 / 97,8 / 97,2 % | 96,7 / 97,9 / 97,4 % |
| η con 30 % Pac,r ¹⁾ | 95,6 / 97,5 / 96,9 % | 95,9 / 97,7 / 97,2 % | 96,5 / 97,8 / 97,3 % | 96,6 / 97,9 / 97,4 % | 96,8 / 98,0 / 97,6 % |
| η con 50 % Pac,r ¹⁾ | 96,3 / 97,9 / 97,4 % | 96,4 / 98,0 / 97,5 % | 96,9 / 98,1 / 97,7 % | 97,0 / 98,1 / 97,7 % | 97,0 / 98,1 / 97,8 % |
| η con 75 % Pac,r ¹⁾ | 96,5 / 98,0 / 97,6 % | 96,5 / 98,0 / 97,6 % | 97,0 / 98,1 / 97,8 % | 97,0 / 98,1 / 97,8 % | 97,0 / 98,1 / 97,7 % |
| η con 100 % Pac,r ¹⁾ | 96,5 / 98,0 / 97,6 % | 96,5 / 97,8 / 97,6 % | 97,0 / 98,1 / 97,7 % | 96,9 / 98,1 / 97,6 % | 96,8 / 98,0 / 97,6 % |
| Rendimiento de adaptación MPP | > 99,9 % | | | | |
| EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD | SYMO 10.0-3-M | SYMO 12.5-3-M | SYMO 15.0-3-M | SYMO 17.5-3-M | SYMO 20.0-3-M |
| Medición del aislamiento CC | Sí | | | | |
| Comportamiento de sobrecarga | Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia | | | | |
| Seccionador CC | Sí | | | | |
| Protección contra polaridad inversa | Sí | | | | |
| INTERFACES | SYMO 10.0-3-M | SYMO 12.5-3-M | SYMO 15.0-3-M | SYMO 17.5-3-M | SYMO 20.0-3-M |
| WLAN / Ethernet LAN | Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON) | | | | |
| 6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales | Interface receptor del control de onda | | | | |
| USB (Conector A) ²⁾ | Datalogging, actualización de inversores vía USB | | | | |
| 2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾ | Fronius Solar Net | | | | |
| Salida de aviso ²⁾ | Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial) | | | | |
| Datalogger y Servidor web | Incluido | | | | |
| Input externo ²⁾ | Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión | | | | |
| RS485 | Modbus RTU SunSpec o conexión del contador | | | | |

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ max.}$ ²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

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

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com