



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo
para un edificio de oficinas en Veracruz, México

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Martínez Tomás, Vicente

Tutor/a: Valencia Salazar, Iván

Cotutor/a: Peñalvo López, Elisa

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y
AUTOMÁTICA**

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

AUTOR: VICENTE MARTÍNEZ TOMÁS

TUTOR: IVÁN VALENCIA SALAZAR

Curso Académico: 2023 - 24

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo del proyecto	1
1.2	Beneficios del proyecto	2
1.3	Delimitación del proyecto.....	2
2	CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACION	3
2.1	Descripción general	3
2.2	Consumo eléctrico	4
2.3	Climatología del emplazamiento.....	7
2.4	Irradiancia	10
3	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	11
3.1	Parámetros de diseño	11
3.2	Simulación	11
3.3	Paneles fotovoltaicos (Fuentes de generación)	12
3.4	Inversor	20
3.5	Configuración del sistema.....	25
3.6	Cálculo de conductores.....	26
3.7	Protecciones	34
4	EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	36
4.1	Generación eléctrica del sistema propuesto	36
4.2	Análisis económico de la operación del sistema	37
4.3	Análisis ambiental de la operación del sistema.....	38
5	CONCLUSIONES.....	42
6	PLIEGO DE CONDICIONES.....	43
6.1	Objeto del pliego	43
6.2	Diseño del generador fotovoltaico.....	43
6.2.1	Generalidades	43
6.3	Componentes y materiales	43
6.3.1	Generalidades	43
6.3.2	Sistemas de generadores fotovoltaicos.....	44
6.3.3	Inversores	45
6.3.4	Estructuras de soporte	45
6.3.5	Conductores activos	46
6.3.6	Canalizaciones de protección	47
6.3.7	Conductores de protección	47
6.3.8	Identificación de los conductores	48
6.3.9	Tubos de protección.....	48
6.3.10	Aparatos de protección.....	48
6.3.11	Cajas de empalme y derivación	49
6.3.12	Aparatos de mando y obra.....	49
6.4	Ejecución de la instalación.....	50
6.4.1	Consideraciones generales	50

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

6.4.2	Comprobaciones iniciales	51
6.4.3	Montaje de los elementos	51
6.5	Pruebas reglamentarias	53
6.6	Pruebas reglamentarias	54
6.7	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	54
6.7.1	Obligaciones del usuario	54
6.7.2	Obligaciones de la empresa mantenedora	54
7	ESTUDIO ECONÓMICO	56
7.1	Presupuesto	56
7.2	Rentabilidad	56
7.2.1	Valor Actual Neto (VAN)	56
7.2.2	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	57
8	BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXO 1 - DATASHEETS		59
	Hoja de características panel TENSITE EM550-PH	60
	Hoja de características inversor SUN2000-50KTL-M3	62
	Hoja de características fusible gPV 20 A y 1000 V	64
	Hoja de características portafusibles	65
	Hoja de características magnetotérmico NZNM2-ME200-BT-NA	66
	Hoja de características sobretensiones iPRD40r 40 KA 1000DC	71
	Hoja de características diferencial DPX3 250 4P 200A 25kA	73
ANEXO 2 - PRESUPUESTO		79
ANEXO 3 - PLANOS.....		80

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo del proyecto

En los últimos años el mundo ha sido testigo de las diferentes crisis climáticas que han azotado México. El uso de energías no renovables y la sobreexplotación de los recursos naturales del país están consiguiendo que la temperatura media de esta suba y cada año sea más seco y menos lluvioso que el anterior. Avanzar hacia la descarbonización del país se ha vuelto un asunto de primer orden. La temperatura se ha elevado tal como se observa en la figura 1.1:

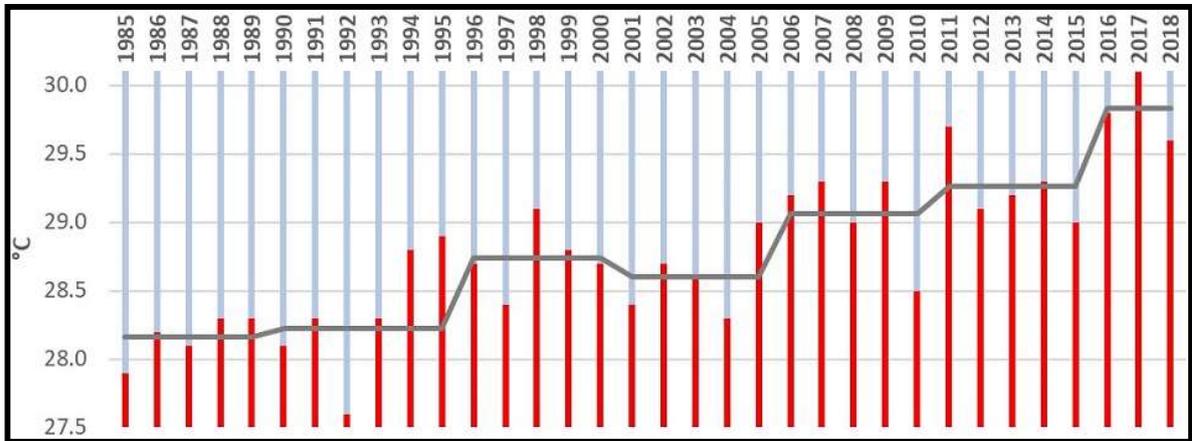


Figura 1.1 Gráfica temperatura media de México (México Social, 2019)

En busca de alternativas limpias y debido a la cada vez más grave escasez de agua en el país, las energías eólicas y solares se imponen como las opciones más viables para paliar los efectos de la crisis.

Este cambio hacia las renovables no sólo tendría un efecto positivo climático sino también económico ya que la instalación de paneles solares en la factura mexicana de la luz puede conllevar a facturas muy reducidas e incluso a cero.

Es por eso mismo que se plantea este proyecto con el objetivo principal de diseñar una instalación fotovoltaica para el Edificio Trigueros de Veracruz, México.

En lo referente a objetivos académicos y específicos se pretende:

- Caracterizar la instalación fotovoltaica.
- Diseñar el sistema fotovoltaico mediante la implementación de diversas metodologías y el uso de programas oficiales que nos permitan realizar un correcto dimensionamiento de la instalación.
- Evaluar los beneficios energéticos, económicos y ambientales y la inversión requerida.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

1.2 Beneficios del proyecto

Para poner en perspectiva la magnitud del proyecto, debemos conocer cuáles son los diferentes beneficios de una instalación de este tipo y cuáles son sus limitaciones:

Aspectos Económicos:

Reducción de la factura energética: La instalación solar fotovoltaica permitirá una disminución significativa de los costes asociados al consumo energético, contribuyendo así a la optimización de los recursos financieros del edificio. La reducción de la dependencia energética aporta seguridad y autonomía energética al edificio, promoviendo la sostenibilidad.

Impacto ambiental: La reducción de la dependencia de fuentes energéticas convencionales conlleva una disminución directa de la huella de carbono, promoviendo prácticas empresariales sostenibles y responsables. La instalación solar fotovoltaica se alinea con los objetivos de sostenibilidad establecidos por organismos internacionales como la ONU, promoviendo acciones concretas hacia el desarrollo sostenible.

Impacto económico: Al reducir la dependencia energética de la red, se reducirá el coste mensual a pagar de la energía consumida por el edificio. También la apuesta por fuentes de energía limpia ayuda a promover la investigación y desarrollo en estas, y crea empleo en el sector.

1.3 Delimitación del proyecto

Territorial: La instalación se plantea para la azotea plana del mismo edificio, teniendo en cuenta los factores geográficos de la zona.

Temporal: Si bien el proyecto es teórico y no se llevará a cabo en la práctica, se deja diseñado para la duración de 25 años propia de la degradación de las placas.

Económica: El proyecto abarca el diseño de la instalación y la optimización económica de la misma pero no incluye su implementación.

Normativa: En el diseño de la instalación eléctrica se hace uso de las normas aplicables en México principalmente la NOM 001 SEDE 2012.

2 CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACION

2.1 Descripción general

Ubicado en Avenida Ignacio Zaragoza, S/N, Colonia Centro, 91700, Veracruz (México); se trata de un edificio histórico situado en el corazón de la ciudad de Veracruz. El edificio original data del 1841 y se realizó por mandato del alcalde de Veracruz de esa época, Ignacio Trigueros, de ahí su nombre, y bajo la dirección del arquitecto José Zaparí. Desde su construcción estuvo operativo como mercado hasta su demolición en 1951, volviéndose a edificar uno nuevo el cual alberga desde los 80's oficinas gubernamentales.

Presenta una elegante fachada caracterizada por sus columnas y arcos decorativos. Además, la finca cuenta con tres alturas y una azotea totalmente plana, en la cual tendrá lugar la instalación fotovoltaica. A continuación, se puede observar una vista de la fachada anteriormente comentada en la figura 2.1:



Figura 2.1 Edificio Trigueros (Maps, 2024)

Vista la azotea desde arriba se observa que tiene una forma rectangular de unos $1575 m^2$ teniendo unos $35 m$ de ancho y $45 m$ de largo, ver figura 2.2. Se debe remarcar que la superficie útil es de $1.228,27 m^2$ debido a la presencia de un tragaluz rectangular con dimensiones de $13 \times 10 m$ situado en el centro del edificio y por la presencia de una escalera de acceso al edificio que hace que la superficie útil se reduzca. Lo anteriormente dicho se puede observar en la figura 2.2:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

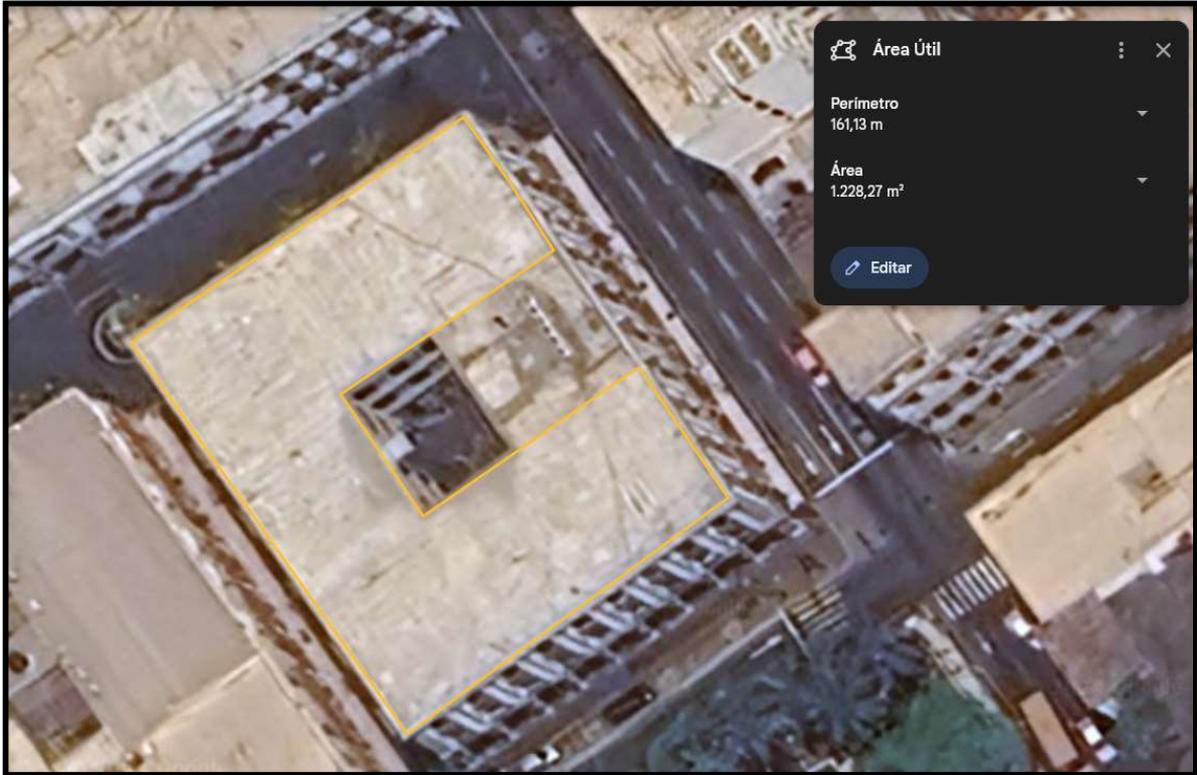


Figura 2.2 Edificio Trigueros vista aérea (Maps, 2024)

Observando la arquitectura del edificio se puede concluir que está ubicado en una zona perfecta para este tipo de instalaciones y que la azotea es el lugar perfecto para ello debido a su planicie lo cual facilita su implementación.

2.2 Consumo eléctrico

Al tratarse de un edificio que se usa como bloque de administración gubernamental, el consumo eléctrico no dista mucho del de unas oficinas con una electrificación de media tensión superior a 100 kW. A continuación podemos observar la gráfica de consumo de energía y potencia del edificio en el año 2023, ver figura 2.3:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

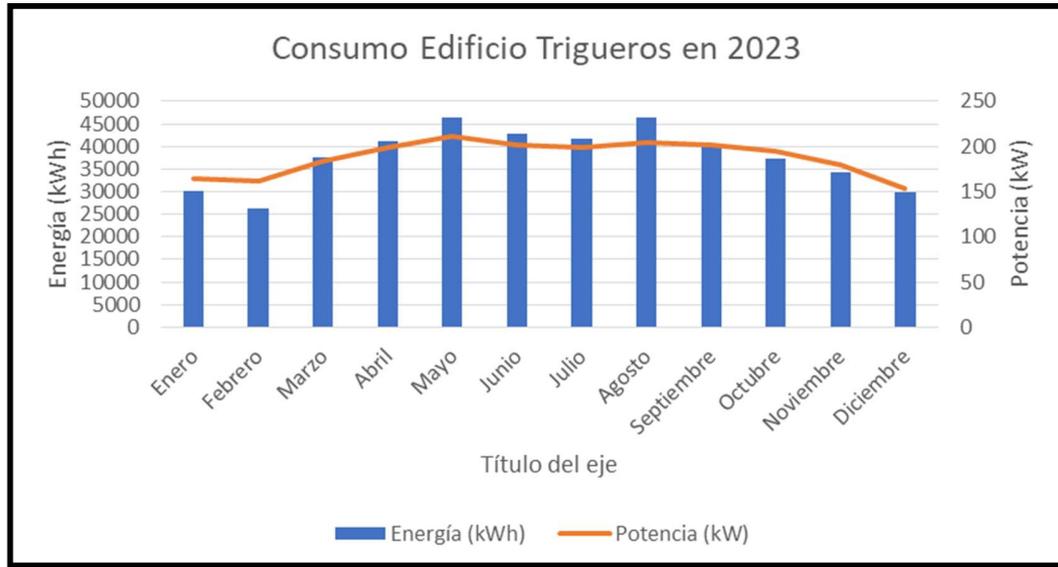


Figura 2.3 Gráfica de consumo del edificio

Observando la gráfica se ve que el tanto el consumo como la potencia del edificio varían a lo largo del año. Los meses de mayor consumo coinciden con los que suelen ser los más calurosos del año, esto sumado a la alta humedad de la zona explica que el coste eléctrico suba por el uso intensivo de aires acondicionados para paliar estos efectos climáticos. Con la finalidad de reducir el coste energético se concluye que es necesaria una instalación fotovoltaica que busque, si fuese posible, cubrir la totalidad de la demanda.

Según la CFE (Comisión Federal de Electricidad) al estar conectado a media tensión, la tarifa que le corresponde es la GDMTH (Gran Demanda en Media Tensión Horaria) la cual como su propio nombre indica depende del horario de consumo. El perfil de demanda horario será como el de unas oficinas corrientes, con picos de demanda desde las 8:00 de la mañana, hora de entrada al trabajo, hasta las 14:00, hora de cierre del edificio; sábados, domingos y festivos cerrado. En la figura 2.4 se observa el horario aplicado en la tarifa GMTDH y que el edificio consumirá mayoritariamente durante el horario intermedio:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur			
Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre			
Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	
Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril			
Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Figura 2.4 Horario tarifa GDMTH para febrero de 2024 (CFE, 2024)

El coste de la energía consumida por el edificio dependerá de cuatro componentes:

- Componente fija de 491,57 \$/mes (unos 26,65 €/mes).
- Componente por distribución de la energía con un costo de 210,41 \$/kW (unos 11,41 €/kW).
- Componente de capacidad por un total de 370,25 \$/kW (unos 20,07 €/kW).
- Componente variable dependiente del horario donde se distinguen tres horarios: Base 0,9459 \$/kWh (0,051 €/kWh), Intermedio 1,6712 \$/kWh (0,091 €/kWh) y Punta 1,8786 \$/kWh (0,10 €/kWh).

Los diferentes precios corresponden al mes de febrero de 2024. Según el horario de consumo y la componente se pueden observar en la siguiente figura 2.5:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Tarifa	Descripción	Int. Horario	Cargo	Unidades	FEB-24
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria	-	Fijo	\$/mes	491.57
		Base	Variable (Energía)	\$/kWh	0.9459
		Intermedia	Variable (Energía)	\$/kWh	1.6712
		Punta	Variable (Energía)	\$/kWh	1.8786
		-	Distribución	\$/kW	210.41
		-	Capacidad	\$/kW	370.25

Figura 2.5 Precios energía tarifa GDMTH mes de febrero (CFE, 2024)

2.3 Climatología del emplazamiento

La región de Veracruz está delimitada al este por el Golfo de México y al oeste por la Sierra Madre Oriental. Esta barrera montañosa desciende hasta la costa desde los 4.282 m de altitud hasta el nivel del mar en una distancia horizontal de unos 100 km. Lo anterior resulta en una temperatura variable dependiente de la altitud. En nuestro caso, la planicie costera, presentara las temperaturas máximas

La ciudad presenta un clima cálido y húmedo a lo largo de todo el año. La temporada de lluvia es muy caliente y nublada, y la temporada seca es caliente, bochornosa y despejada. La temperatura rara vez baja de los 15°C o sube más de 35°C como se puede observar en la figura 2.6:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

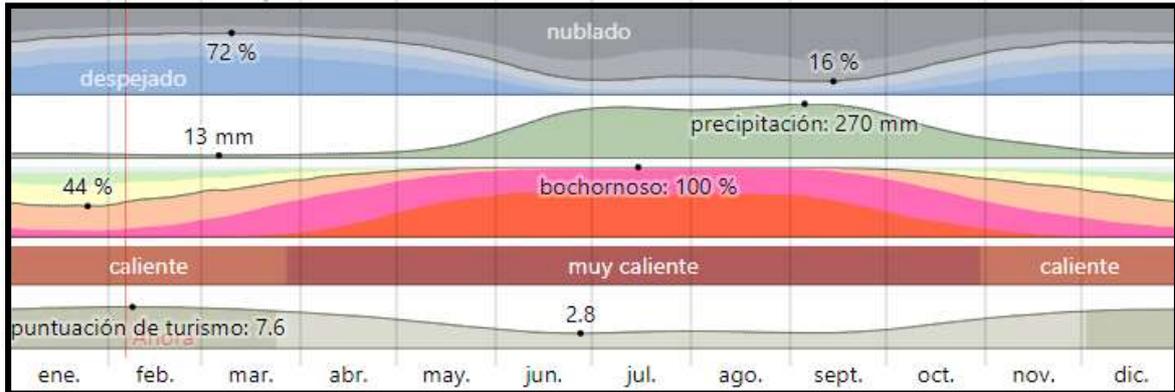


Figura 2.6 Gráfica del clima en Veracruz en 2023 (WeatherSpark, 2024)

La temporada calurosa dura 5 meses y la temperatura promedio diaria es de 31°C siendo junio su mes cálido. Respecto a la temporada fresca, dura 2,5 meses y la temperatura promedio es 27°C siendo enero el más frío con una temperatura promedio de 22°C. Ver figura 2.7:

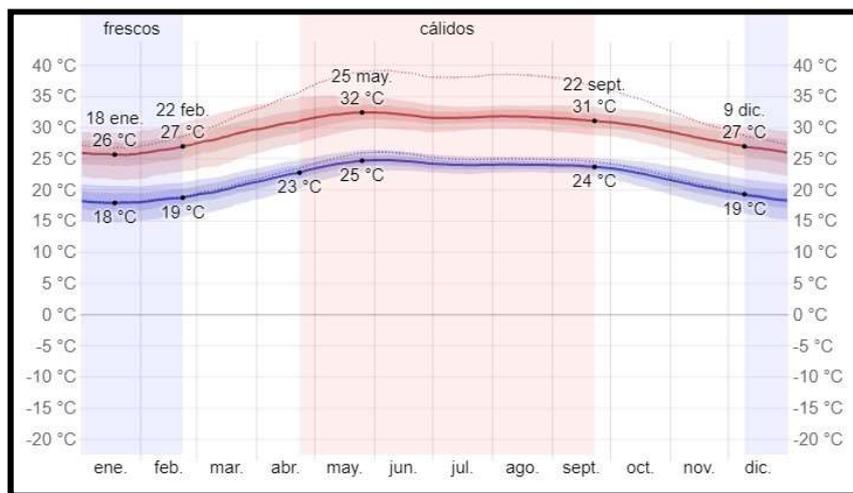


Figura 2.7 Gráfica temperatura en Veracruz en 2023 (WeatherSpark, 2024)

La precipitación muestra una dependencia con la orografía, actuando las montañas como barrera climática generando un acumulado de precipitación. Veracruz, al estar situada en una zona tropical, experimenta 4,5 meses de temporada mojada (más de 1mm de lluvia al día) siendo marzo el mes más lluvioso; y 7,5 meses de sequía siendo febrero el más seco como se aprecia en la figura 2.8:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

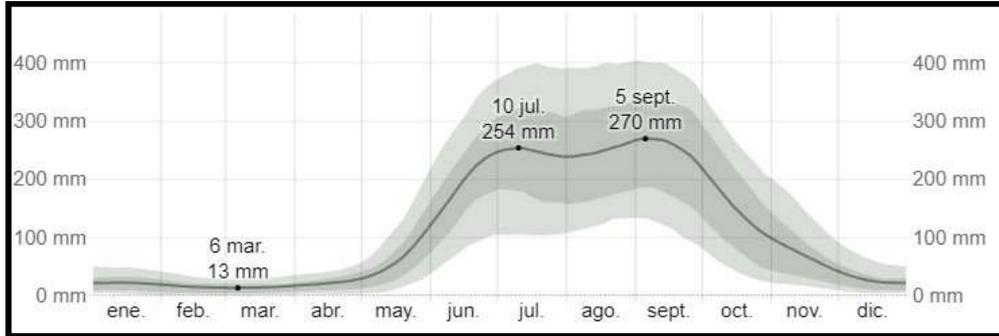


Figura 2.8 Gráfica lluvia diaria de precipitación en Veracruz en 2023 (WeatherSpark, 2024)

En cuanto al viento respecta, tiene variaciones estacionales. La parte más ventosa del año dura 8,2 meses con velocidades promedio de más de $12,6 \text{ km/h}$. El mes más ventoso del año en Veracruz es noviembre 15 km/h . El tiempo más calmado del año dura 3,8 meses. El mes más calmado del año en Veracruz es julio, con vientos de $9,6 \text{ km/h}$. Ver figura 2.9:

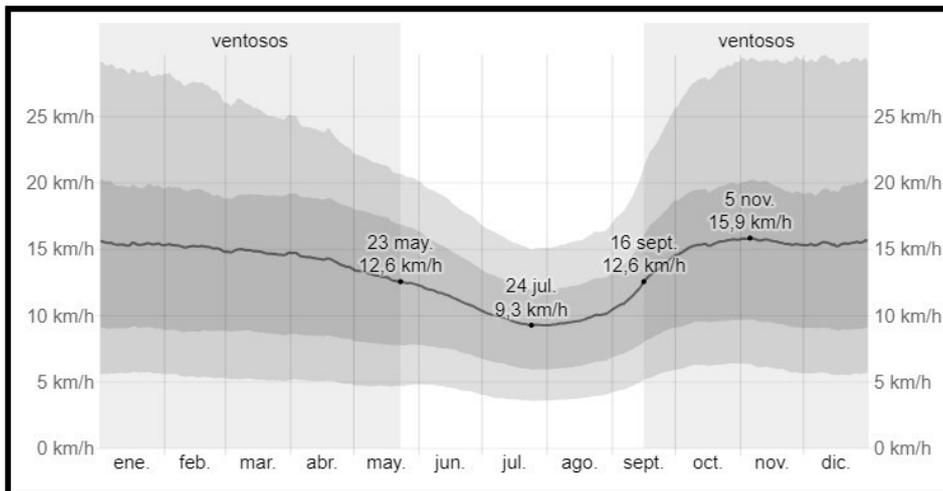


Figura 2.9 Gráfica velocidad del viento diaria en Veracruz en 2023 (WeatherSpark, 2024)

2.4 Irradiancia

Mediante el uso del software PVGIS se puede obtener la gráfica de radiación solar en el edificio, la cual varía dependiendo del mes. Para el año 2015 (último año disponible) los datos se muestran en la figura 2.10 y en la tabla 2.1:

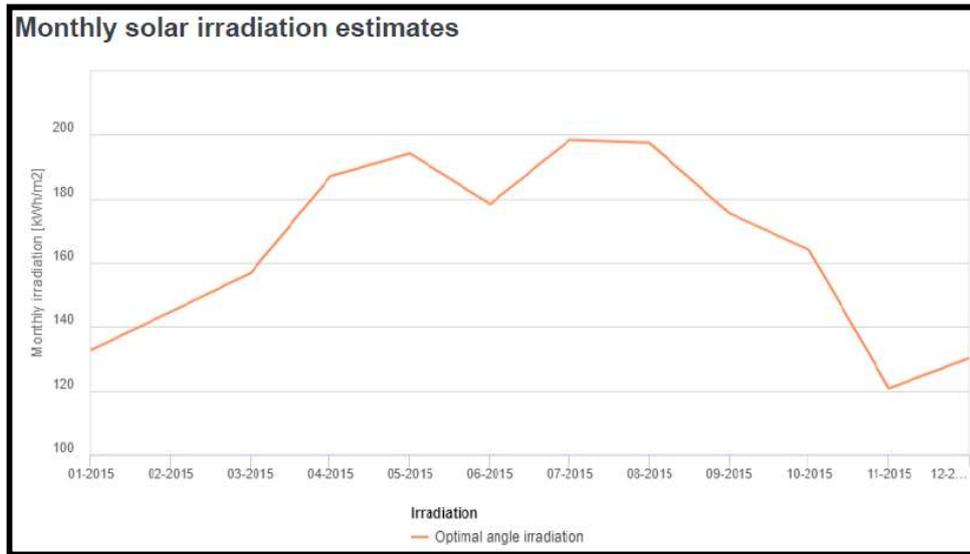


Figura 2.10 Gráfica radiación solar mensual en Veracruz (PVGIS, 2015)

Mes	Radiación (kWh/m ²)
Enero	132,67
Febrero	144,66
Marzo	156,82
Abril	186,95
Mayo	194,16
Junio	178,32
Julio	198,37
Agosto	197,46
Septiembre	175,42
Octubre	163,96
Noviembre	120,72
Diciembre	130,18

Tabla 2.1 Radiación en kWh/m² al mes en Veracruz en 2015

3 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1 Parámetros de diseño

El sistema a instalar se proyecta en el techo del edificio Trigueros, el cual tiene una superficie total de $1575 m^2$, siendo totalmente disponibles para el uso $1.228,27 m^2$ del mismo debido a la presencia de un tragaluz interior rectangular de $13 \times 10 m$ y de una zona habilitada para la escalera de acceso al edificio.

Al ser la ubicación en México se ha de tener en cuenta las características de la red eléctrica del país la cual cuanta con un voltaje de $127 V$ y una frecuencia de $60 Hz$.

Se dimensiona la instalación para cubrir el coste total de la energía consumida del edificio. Para esto lo ideal es orientar las placas hacia el sur pero genera problemas de espacio y peligra por culpa de los vientos provenientes del norte. De este modo para optimizar el espacio, las células fotovoltaicas se instalan orientadas en paralelo a las paredes del edificio, lo que supone orientarlas con un azimut de 35° y tendrán una inclinación de 20° coincidente con la altitud a la que se encuentra el edificio.

3.2 Simulación

Mediante el uso de PVGIS y teniendo en cuenta pérdidas se obtienen los datos necesarios para la instalación tales como la irradiación y la potencia solar de salida por cada kWp instalado. En las figuras 3.1 y 3.2 se observan los datos obtenidos:

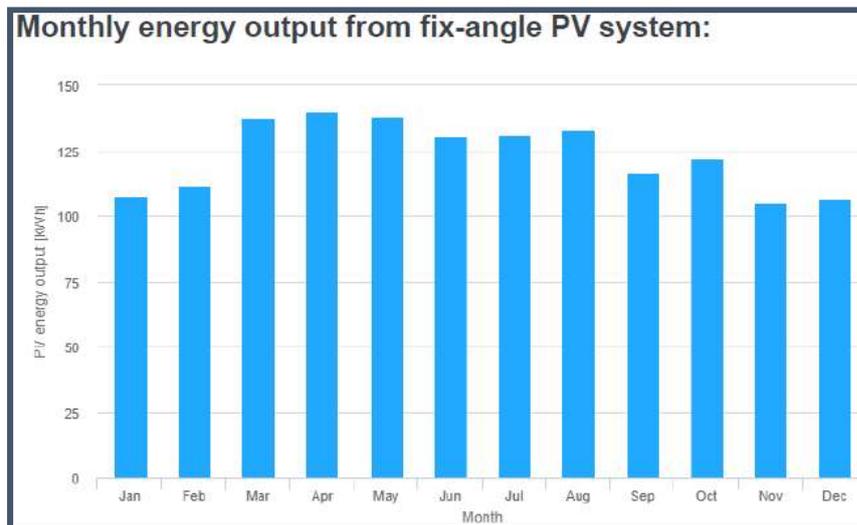


Figura 3.1 Energía mensual generada por kW instalado (PVGIS, 2015)

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

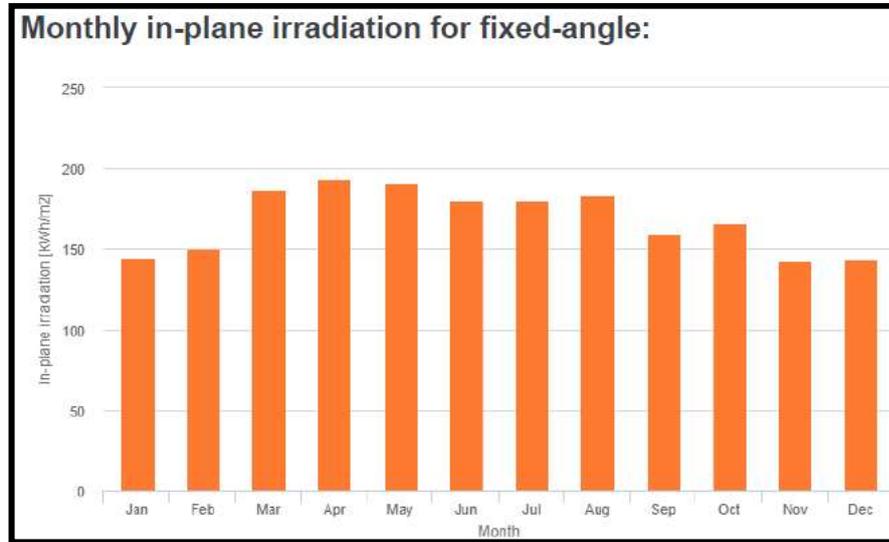


Figura 3.2 Radiación mensual recibida (PVGIS, 2015)

Los valores numéricos de ambas gráficas se muestran en la tabla 3.1:

Mes	Energía (kWh)	Radiación (kWh/m2)
Enero	107,7	144,1
Febrero	111,6	149,9
Marzo	137,4	186,7
Abril	140,3	192,8
Mayo	137,8	191,1
Junio	130,3	180,2
Julio	130,7	180,1
Agosto	133,2	183,5
Septiembre	116,3	159,9
Octubre	121,8	166,1
Noviembre	105,2	142,2
Diciembre	106,7	143

Tabla 3.1 Energía y radiación PVGIS

3.3 Paneles fotovoltaicos (Fuentes de generación)

La elección de los paneles es probablemente la parte más importante del proyecto. Para ello primero se debe obtener el valor de la potencia solar pico a instalar. La potencia pico para satisfacer la demanda anual viene dada por la siguiente expresión:

$$W_p = \frac{E_{anual} \times 1,15}{n^{\circ} \text{ de días} \times HSP \times \eta_{inversor}}$$

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Donde E_{anual} es la energía anual consumida por el edificio, n° de días son los días de un año, HSP es la horas solares pico y el rendimiento del inversor. Sus valores se pueden observar en la siguiente tabla 3.2:

E anual (kWh)	454257
N° de días	365
HSP	4,60
Rendimiento del inversor	0,95

Tabla 3.2 Valores ecuación potencia pico

Despejando los valores de la anteriormente mencionada ecuación de potencia pico:

$$W_p = \frac{E_{anual} \times 1,15}{n^{\circ} \text{ de días} \times HSP \times \eta_{inversor}} = \frac{454.257 \times 1,15}{365 \times 4,6 \times 0,95} = 327,5 \approx 330 \text{ kWp}$$

Una vez obtenido el anterior dato de la potencia pico se estudiarán tres modelos de paneles de diferentes potencias y se elegirá el más adecuado ya sea por potencia, tamaño o coste:

Panel 1

El primer panel a estudiar se trata del modelo JAM54S30 390-415/MR Monocristalino PERC de célula partida de 405 W. Cada panel tiene una superficie de $A_{panel} = 1,95 \text{ m}^2$ y un precio de 154,94 €. Con estos datos se puede obtener a cuanto equivale cada vatio del panel en relación por euro invertido y por metro cuadrado:

$$W \text{ por } \text{€ invertido} = \frac{405}{154,94} = 2,61 \frac{W}{\text{€}}$$

$$W \text{ por } \text{m}^2 = \frac{405}{1,97} = 205,58 \frac{W}{\text{m}^2}$$

Haciendo uso del dato anteriormente obtenido de la potencia pico de 330 kWp se puede obtener el número de paneles necesarios para alcanzar el balance 0:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{kWp}{W} = \frac{330.000}{405} = 814,8 \approx 815 \text{ paneles}$$

Lo cual equivale a una superficie total de:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

$$A_T = N^{\circ} \text{ de paneles} \times A_{\text{panel}} = 815 \times 1,97 = 1605,55 \text{ m}^2$$

Sale a un precio total de:

$$\text{Precio total} = N^{\circ} \text{ de paneles} \times \text{Precio} = 815 \times 154,94 = 126.276,10 \text{ €}$$

Panel 2

El segundo panel a estudiar se trata del modelo LONGI LR5-66HPH Monocristalino PERC de célula partida de 505 W. Cada panel tiene una superficie de $A_{\text{panel}} 2,37 \text{ m}^2$ y un precio de 193 €. Con estos datos se puede obtener a cuanto equivale cada vatio del panel en relación por euro invertido y por metro cuadrado:

$$W \text{ por € invertido} = \frac{505}{193} = 2,62 \frac{W}{\text{€}}$$
$$W \text{ por m}^2 = \frac{505}{2,37} = 213,08 \frac{W}{\text{m}^2}$$

Haciendo uso del dato anteriormente obtenido de la potencia pico de 330 kWp se puede obtener el número de paneles necesarios para alcanzar el balance 0:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{kWp}}{W} = \frac{330.000}{505} = 654 \text{ paneles}$$

Lo cual equivale a una superficie total de:

$$A_T = N^{\circ} \text{ de paneles} \times A_{\text{panel}} = 654 \times 2,37 = 1.549,98 \text{ m}^2$$

Sale a un precio total de:

$$\text{Precio total} = N^{\circ} \text{ de paneles} \times \text{Precio} = 654 \times 193,00 = 126.222 \text{ €}$$

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Panel 3

El tercer panel a estudiar se trata del modelo TENSITE EM550-PH Monocristalino PERC de célula partida de 550 W. Cada panel tiene una superficie de $A_{panel}=2,58 m^2$ y un precio de 152,13 €. Con estos datos se puede obtener a cuanto equivale cada vatio del panel en relación por euro invertido y por metro cuadrado:

$$W \text{ por } \text{€ invertido} = \frac{550}{152,13} = 3,61 \frac{W}{\text{€}}$$

$$W \text{ por } m^2 = \frac{550}{2,58} = 213,18 \frac{W}{m^2}$$

Haciendo uso del dato anteriormente obtenido de la potencia pico de 330 kWp se puede obtener el número de paneles necesarios para alcanzar el balance 0:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{kWp}{W} = \frac{330.000}{550} = 600 \text{ paneles}$$

Lo cual equivale a una superficie total de:

$$A_T = N^{\circ} \text{ de paneles} \times A_{panel} = 600 \times 2,58 = 1.548 m^2$$

Sale a un precio total de:

$$\text{Precio total} = N^{\circ} \text{ de paneles} \times \text{Precio} = 600 \times 152,13 = 91.278 \text{ €}$$

Conclusión

Una vez obtenidos todos los diferentes datos de los paneles, se pasa a valorar y discutir cuál es la mejor opción para nuestra instalación. A continuación se pueden apreciar en forma de tabla los valores obtenidos, marcando en verde el mejor valor conseguido. Ver tabla 3.3:

Panel	Potencia (W)	Superficie (m2)	Precio (€)	W/€	W/m2	Nº de paneles	Superficie total (m2)	Precio total (€)
JAM54S30 390-415/MR	405	1,95	154,94	2,61	205,58	815	1605,55	126276,10
LONGI LR5-66HPH	505	2,37	193,00	2,62	213,08	654	1549,98	126222,00
TENSITE EM550-PH	550	2,58	152,13	3,61	213,18	600	1548,00	91278,00

Tabla 3.3 Valores obtenidos de los paneles

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Observando la tabla se puede concluir que la mejor elección es el tercer panel, el TENSITE EM550-PH Monocristalino PERC de 550 W. Este no es solo la mejor opción por ser la más barata sino que además es la que mejor prestaciones da en lo que a W por m^2 y a W por € invertido. En la figura 3.3 se muestran las características principales del panel. En el Anexo se puede observar su ficha técnica al completo.

Datos Eléctricos STC		EM550-PH
Tipo de módulo	550M Half cell Mono PERC	
Máxima potencia (Wp)	550 Wp	
Corriente de potencia máxima (I_{mp})	13,12 A	
Voltaje de potencia máxima (V_{mp})	41,95 V	
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	13,98 A	
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	49,80 V	
Eficiencia del módulo	21%	
Fusible de serie máxima	25 A	
Número de Diodos	3	
Tolerancia positiva de potencia	0+3%	
Condiciones de prueba estándar	1.000 W/m ² , 25 °C, AM 1.5	
Voltaje máximo del sistema DC	1.500 V	
Coefficiente de temperatura I_{sc}	0,048% / °C	
Coefficiente de temperatura V_{oc}	-0,270% / °C	
Coefficiente de temperatura P_{mp}	-0,350% / °C	
Rango temperatura funcionamiento	-40°C / +85°C	
Temperatura operación célula (TONC)	45°C ±2	
Capacidad carga frontal del módulo	5.400 Pa IEC61215 (nieve)	
Capacidad carga trasera del módulo	2.400 Pa IEC61215 (viento)	

*Condiciones Estandar de Medida STC: Irradiación 1.000 W/m², espectro AM1.5, célula a 25°C.

Figura 3.3 Características del EM550-PH (AutoSolar, 2024)

A pesar de ser el elegido, no se van a poder implementar los 600 paneles necesarios para asumir la totalidad de la demanda del edificio ya que ocuparían una superficie total de 1.548 m² bastante más grande que los 1.228,27 m² de superficie útil disponible, así que se procede a hacer el cálculo de cuantos paneles caben en el espacio disponible con la disposición anteriormente indicada de 35° de azimut.

Para optimizar el espacio es clave saber si las placas solares ocuparán menos espacio con una disposición horizontal o vertical. Para este propósito lo primero es hallar la distancia mínima a dejar entre placas para que no se tapen entre ellas. Ver figura 3.4:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

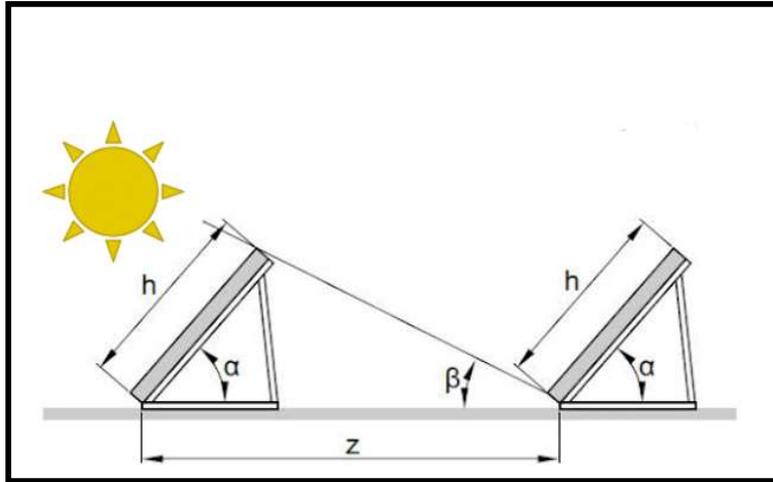


Figura 3.4 Distancia mínima entre placas (easysolar, 2021)

Siendo α el ángulo de inclinación de la placa, β el ángulo de incidencia de la luz solar en el solsticio de invierno, h la altura de los paneles (2,279 m en vertical y 1,134 m en horizontal para la placa seleccionada) y z la distancia entre placas. El ángulo β viene dado por la siguiente ecuación:

$$\beta = 90^\circ - 23,45^\circ - \gamma = 90^\circ - 23,45^\circ - 19,2 = 47,35^\circ$$

Hallado el ángulo β , se podrá obtener la distancia mínima entre placas mediante la siguiente ecuación:

$$z = h \times \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{\tan \beta} \right) \times 1,25$$

Despejando para la disposición vertical:

$$z_{vertical} = 2,279 \times \left(\cos 20 + \frac{\sin 20}{\tan 47,35} \right) \times 1,25 = 3,57 \text{ m} \approx 3,6 \text{ m}$$

Despejando para la disposición horizontal:

$$z_{horizontal} = 1,134 \times \left(\cos 20 + \frac{\sin 20}{\tan 47,35} \right) \times 1,25 = 1,78 \text{ m} \approx 1,8 \text{ m}$$

Para la disposición vertical se han obtenido 3,6 m de distancia mínima entre hilera de paneles e hilera de paneles, sabiendo que el ancho del edificio es de 35 m se aprecia que caben 9 hileras en total. Como el largo útil de la instalación es de 45 m y el ancho de los paneles es de 1,134 m caben aproximadamente 39 paneles por hilera, es decir, 351 paneles en total. Esta cantidad de paneles es sin tener en cuenta el tragaluz y la zona de la escalera, para ello se divide la instalación

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

horizontalmente en dos longitudes: un tramo de $12,5\text{ m}$ (distancia de la pared vertical al tragaluz) y otro de $22,5\text{ m}$ (distancia restante hasta la pared vertical opuesta). Esto deja en total que para el primer tramo caben 3 hileras completas de 117 *paneles* en total. En el tramo del tragaluz y la escalera entran las 6 hileras restantes. La distancia de la pared horizontal del edificio a la del tragaluz, es de 14 m por lo cual, siendo el ancho de los paneles $1,134\text{ m}$, caben 12 *paneles* a cada lado de la hilera, es decir, 144 *paneles* en los tramos del tragaluz. En total se pueden instalar en la azotea del edificio 261 *paneles*. A continuación se puede observar en la figura 3.5 la instalación con los paneles marcados en color rojo en disposición vertical:

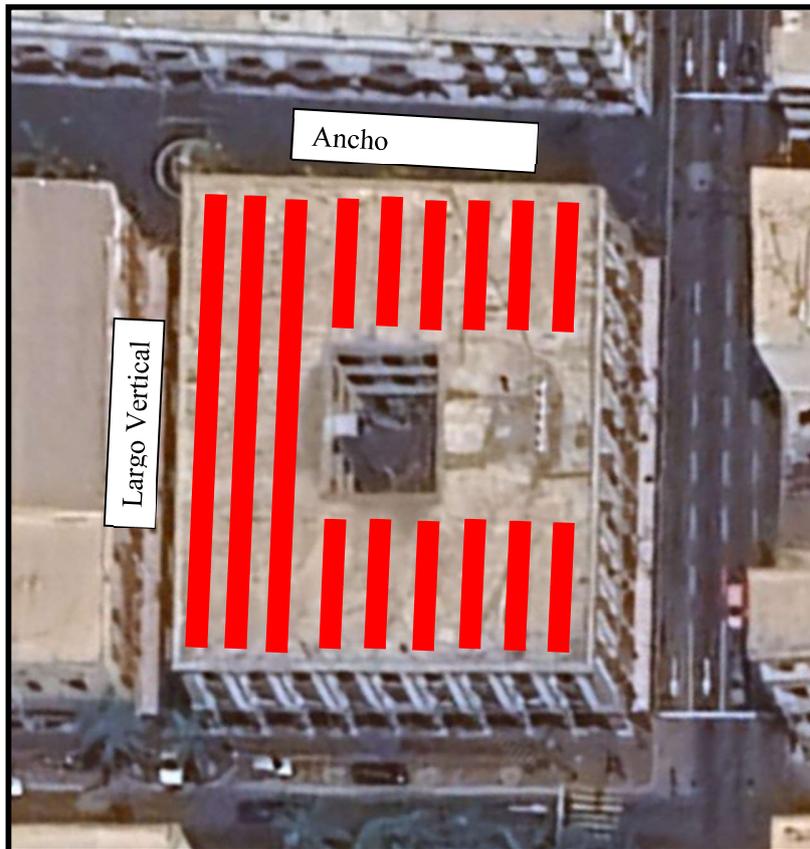


Figura 3.5 Disposición vertical de las placas (Maps, 2024)

Los valores anteriormente obtenidos de la disposición vertical se pueden observar en la siguiente tabla 3.4:

Nº de paneles	261
Disposición	Vertical
Distancia entre paneles (m)	3,60
Potencia total (kW)	143,55

Tabla 3.4 Datos disposición vertical

Para la disposición horizontal se han obtenido $1,8\text{ m}$ de distancia mínima entre hilera de paneles e hilera de paneles, sabiendo que el ancho del edificio es de 35 m se aprecia que caben 19 hileras en total. Como el largo vertical de la instalación es de 45 m y el ancho de los paneles ahora es de $2,279\text{ m}$ caben aproximadamente 19 *paneles por hilera*, es decir, 361 *paneles* en total. Esta cantidad de paneles es sin tener en cuenta el tragaluz y la zona de la escalera, para ello se divide la

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

instalación horizontalmente en dos longitudes: un tramo de 12,5 m (distancia de la pared vertical al tragaluz) y otro de 22,5 m (distancia restante hasta la pared vertical opuesta). Esto deja en total que para el primer tramo caben 6 hileras completas de 114 *paneles* en total. En el tramo del tragaluz y la escalera entran las 13 hileras restantes. La distancia de la pared horizontal del edificio a la del tragaluz, es de 14 m por lo cual, siendo el ancho de los paneles 2,279 m, caben 6 paneles a cada lado de la hilera, es decir, 78 paneles en los tramos del tragaluz y escalera. En total se pueden instalar en la azotea del edificio 270 *paneles*. A continuación se puede observar en la figura 3.6 la instalación con los paneles marcados en color rojo en disposición horizontal:

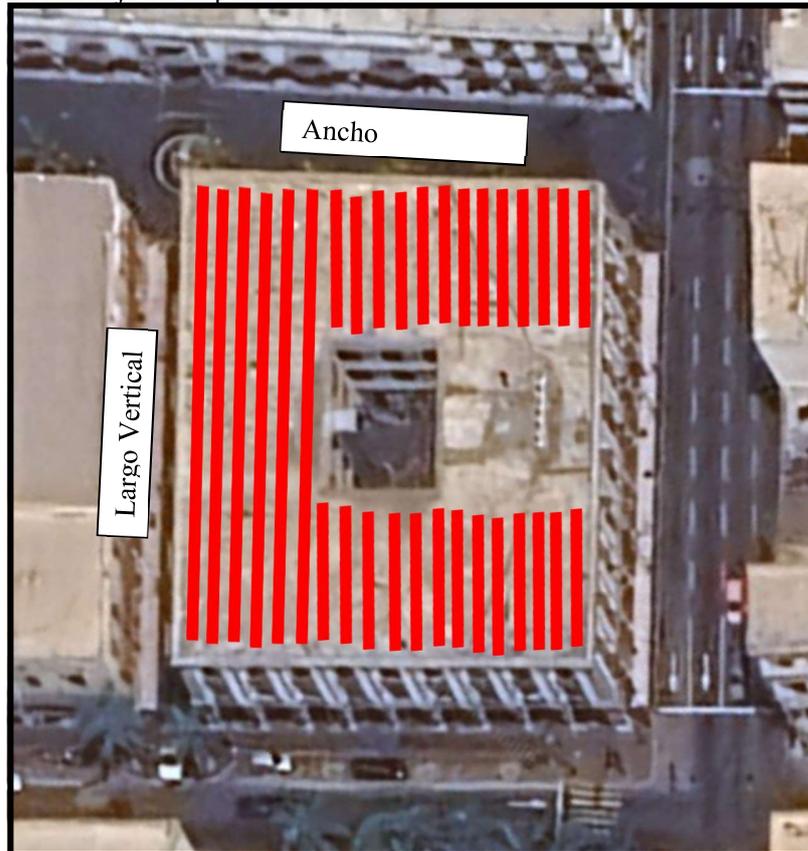


Figura 3.6 Disposición horizontal de las placas (Maps, 2024)

Los datos obtenidos indican que la mejor disposición es la horizontal pudiendo contar la instalación 9 *paneles* más y disminuye la resistencia al viento. Como los paneles son de 550 W, la instalación cuenta con una potencia total de 148.500 W. Los datos anteriores se pueden ver resumidos en la siguiente tabla 3.5:

N° de paneles	270
Disposición	Horizontal
Distancia entre paneles (m)	1,80
Potencia total (kW)	148,50

Tabla 3.5 Datos disposición horizontal

3.4 Inversor

Los paneles producen energía en forma de corriente continua y ésta, para poder ser aprovechada, se ha de convertir a alterna mediante el uso de inversores.

A continuación se estudian 3 modelos de inversor trifásicos de conexión a red para elegir el más adecuado.

Inversor 1

El primer modelo a estudiar se trata del Huawei SUN2000-50KTL-M3 de 50 kW y un total de 4 MPPT con 2 cadenas de entrada cada uno. El número de inversores que se necesitan de este modelo es un total de:

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{\text{Potencia instalada (kW)}}{\text{Potencia del inversor (kW)}} = \frac{148,50}{50} = 2,97 \approx 3 \text{ inversores}$$

El inversor tiene un $MPPT_{OVR}$ (MPPT Operating Voltage Range) de entre 200 y 1.000 V y una corriente máxima por MPPT de $I_{MPPT \text{ Máximo}} = 30 \text{ A}$.

En las entradas del MPPT el voltaje máximo que tiene que soportar coincide con el voltaje de circuito abierto del panel. Con esto se puede calcular el número máximo de paneles por cada cadena del MPPT:

$$N^{\circ} \text{ máximo de paneles} = \frac{V_{OVR \text{ Máximo}}}{V_{OC}} = \frac{1.000}{49,8} = 20 \text{ paneles}$$

El número de paneles por cadena no debe exceder los 20 y su mínimo debe ser:

$$N^{\circ} \text{ mínimo de paneles} = \frac{V_{OVR \text{ Mínimo}}}{V_{OC}} = \frac{200}{49,8} = 4 \text{ paneles}$$

La corriente de cortocircuito del panel no debe exceder la corriente de entrada máxima permitida del inversor solar:

$$N^{\circ} \text{ máximo de cadenas} = \frac{I_{MPPT \text{ Máximo}}}{I_{SC}} = \frac{30}{13,98} = 2,15 \approx 2 \text{ cadenas}$$

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Se pueden utilizar las dos entradas de cada MPPT de los inversores sin llegar a superar la corriente máxima de entrada.

Los 270 paneles iniciales se pueden repartir equitativamente en 90 *paneles por inversor*, lo que nos deja dos tipos de MPPT: tres de los cuatro disponibles con 11 paneles por entrada y uno restante de 12 *paneles* por entrada. Esto se verá reflejado de forma visual en las siguientes figuras 3.7 y 3.8:

- MPPT Tipo 1:

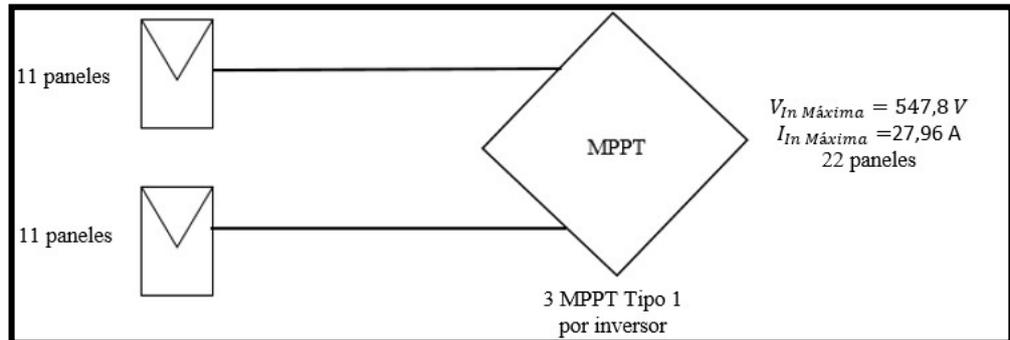


Figura 3.7 MPPT Tipo 1 Inversor 1

- MPPT Tipo 2:

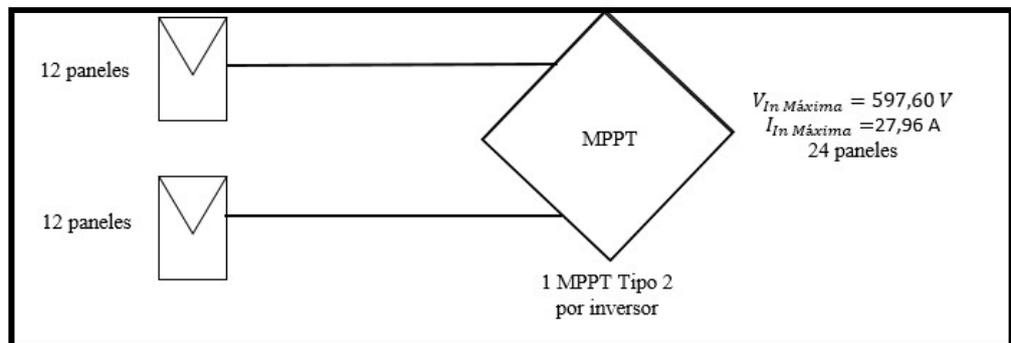


Figura 3.8 MPPT Tipo 2 inversor 1

Se ha comprobado que se pueden usar perfectamente 3 inversores Huawei SUN2000-50KTL-M3 de 50 kW para la instalación fotovoltaica sin la necesidad de reducir el número de paneles. Cada inversor tiene un precio de 3.330,92 € haciendo un total de 9.992,76 €.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Inversor 2

El segundo modelo a estudiar se trata del Tensite AR100T-10 de 100 kW y un total de 10 MPPT con 2 cadenas de entrada cada uno. El número de inversores que se necesitan de este modelo es un total de:

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{\text{Potencia instalada (kW)}}{\text{Potencia del inversor (kW)}} = \frac{148,50}{100} = 1,49 \approx 2 \text{ inversores}$$

El inversor tiene un $MPPT_{OVR}$ (MPPT Operating Voltage Range) de entre 200 y 1000 V y una corriente máxima por MPPT de $I_{MPPT \text{ Máximo}} = 32 \text{ A}$.

En las entradas del MPPT el voltaje máximo que tiene que soportar coincide con el voltaje de circuito abierto del panel. Con esto se puede calcular el número máximo de paneles por cada cadena del MPPT:

$$N^{\circ} \text{ máximo de paneles} = \frac{V_{OVR \text{ Máximo}}}{V_{OC}} = \frac{1.000}{49,8} = 20 \text{ paneles por cadena}$$

El número de paneles por cadena no debe exceder los 20 y su mínimo debe ser:

$$N^{\circ} \text{ mínimo de paneles} = \frac{V_{OVR \text{ Mínimo}}}{V_{OC}} = \frac{200}{49,8} = 4 \text{ paneles por cadena}$$

La corriente de cortocircuito del panel no debe exceder la corriente de entrada máxima permitida del inversor solar:

$$N^{\circ} \text{ máximo de cadenas} = \frac{I_{MPPT \text{ Máximo}}}{I_{SC}} = \frac{32}{13,98} = 2,28 \approx 2 \text{ cadenas}$$

Se pueden utilizar las dos entradas de cada MPPT de los inversores sin llegar a superar la corriente máxima de entrada.

Como los 270 paneles iniciales no se pueden repartir equitativamente, se reduce a 268 paneles en total repartidos entre los 2 inversores, lo que se traduce en 134 paneles por inversor. Se usan los 10 MPPT de cada inversor, dando lugar a dos tipos de MPPT: siete de los diez de

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

7 paneles por entrada y tres de 6 paneles por entrada. A continuación se puede ver un esquema de cómo quedaría cada MPPT. Ver figuras 3.9 y 3.10:

- MPPT Tipo 1:

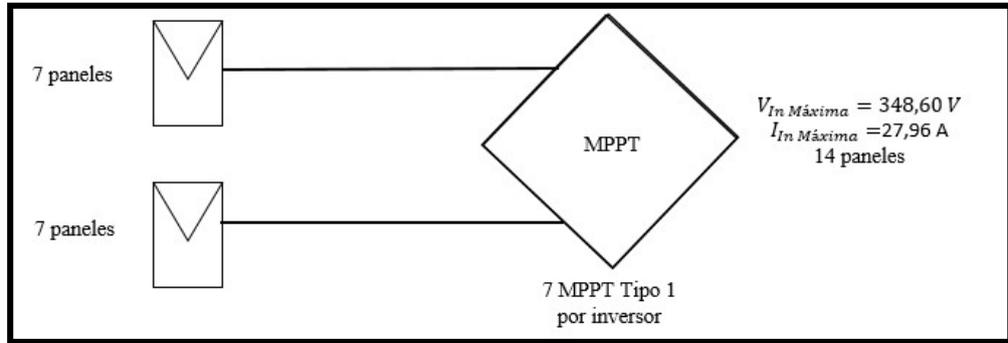


Figura 3.9 MPPT Tipo 1 Inversor 2

- MPPT Tipo 2:

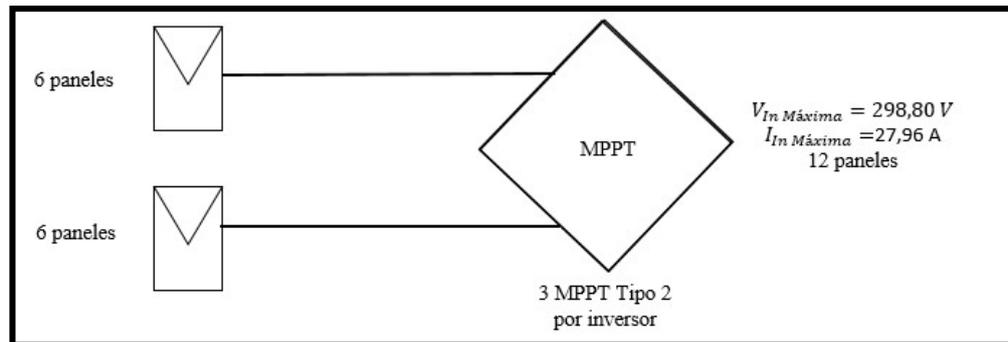


Figura 3.10 MPPT Tipo 2 Inversor 2

Se ha comprobado que se pueden usar perfectamente 2 inversores Tensite AR100T-10 de 100 kW para la instalación fotovoltaica. Cada inversor tiene un precio de 6.336,31 € haciendo un total de 12.672,62 €.

Inversor 3

El tercer modelo a estudiar se trata del Riello Sirio K200 HV de 200 kW y un total de 1 MPPT con 1 cadena de entrada. El número de inversores que se necesitan de este modelo es un total de:

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{\text{Potencia instalada (kW)}}{\text{Potencia del inversor (kW)}} = \frac{148,50}{200} = 0,74 \approx 1 \text{ inversor}$$

El inversor tiene un $MPPT_{OVR}$ (MPPT Operating Voltage Range) de entre 330 a 700 V y una corriente máxima por MPPT de $I_{MPPT\ Máximo} = 650\text{ A}$.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

En las entradas del MPPT el voltaje máximo que tiene que soportar coincide con el voltaje de circuito abierto del panel. Con esto se puede calcular el número máximo de paneles por cada cadena del MPPT:

$$N^{\circ} \text{ máximo de paneles} = \frac{V_{OVR \text{ Máximo}}}{V_{OC}} = \frac{700}{49,8} = 14 \text{ paneles en serie por cadena}$$

El número de paneles por cadena no debe exceder los 14 y su mínimo debe ser:

$$N^{\circ} \text{ mínimo de paneles} = \frac{V_{OVR \text{ Mínimo}}}{V_{OC}} = \frac{330}{49,8} = 6 \text{ paneles en serie por cadena}$$

La corriente de cortocircuito del panel no debe exceder la corriente de entrada máxima permitida del inversor solar:

$$N^{\circ} \text{ máximo de cadenas} = \frac{I_{MPPT \text{ Máximo}}}{I_{SC}} = \frac{650}{13,98} = 46,49 \approx 46 \text{ cadenas en paralelo}$$

Como solo se cuenta con un MPPT con una entrada se opta por una conexión 10S26P, es decir, 10 paneles y 26 ramas en paralelo. Se puede ver ilustrado en la siguiente figura 3.11:

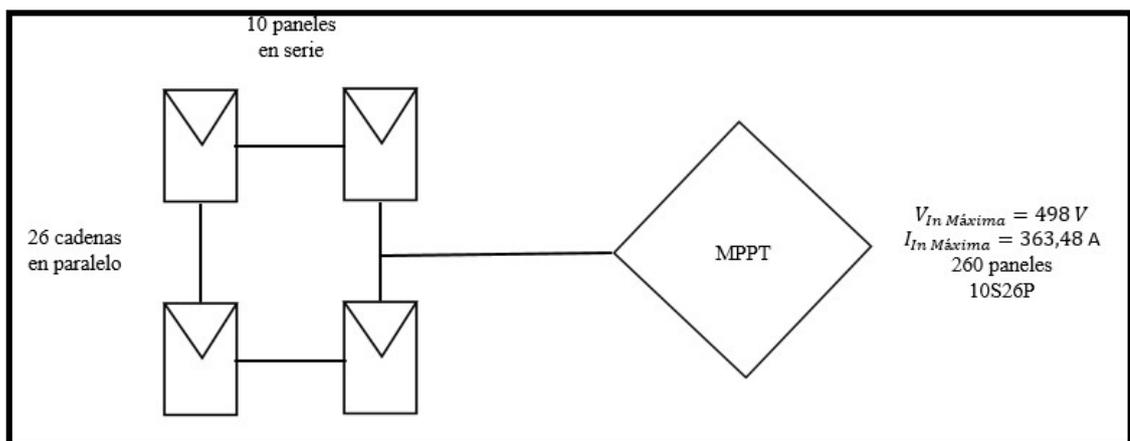


Figura 3.11 MPPT Inversor 3

Se comprueba que se puede usar perfectamente el inversor Riello Sirio K200 HV de 200 kW para la instalación fotovoltaica pese a contar con 260 paneles en total en vez de los 261 paneles iniciales.

El inversor tiene un precio de 42.428,19 €.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Conclusión

Una vez obtenidos todos los diferentes datos de los inversores, se pasa a valorar y discutir cuál es la mejor opción para nuestra instalación. A continuación se pueden apreciar en forma de tabla los valores obtenidos, marcando en verde el mejor valor conseguido:

Inversor	nº de inversores	nº de paneles	Potencia (kW)	Precio (€)	W/€
Huawei SUN2000-50KTL-M3	3	270	148,50	9992,76	14,86
Tensite AR100T-1	2	268	147,40	12672,62	11,63
Riello Sirio K200 HV	1	260	143,00	42428,19	3,37

Tabla 3.6 Valores obtenidos de los inversores

Se opta por elegir el primer inversor analizado, el Huawei SUN2000-50KTL-M3 de 50 kW. Ya que comparándolo con el resto de inversores es el que más paneles deja instalar y el que mejor precio tiene. En la figura 3.12 se muestran las características principales del inversor. En el Anexo se puede observar su ficha técnica al completo.

Technical Specification	SUN2000-50KTL-M3
Efficiency	
Max. Efficiency	98.5%
European Efficiency	98.0%
Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4
Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	400 Vac / 480 Vac, 3W+(N) + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @ 400Vac, 60.1 A @ 480Vac
Max. Output Current	79.8 A @ 400Vac, 66.5 A @ 480Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%

Figura 3.12 Características del Huawei SUN2000-50KTL-M3 (AutoSolar, 2024)

3.5 Configuración del sistema

Analizados los paneles y los inversores, se elige el modelo de panel TENSITE EM550-PH Monocristalino PERC de célula partida de 550 W y el modelo de inversor trifásico de conexión a red Huawei SUN2000-50KTL-M3 de 50 kW. Se cuenta con 270 *paneles solares* que se ponen horizontalmente inclinados y paralelos a las paredes del edificio para evitar los fuertes vientos provenientes del norte. Todos juntos alcanzan una potencia pico de 148,50 kW.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Se conectan 90 *paneles* a cada uno de los tres inversores, recibiendo cada inversor una potencia pico de 49,50 *kW*. Los paneles se conectan en serie en las diferentes entradas de los MPPT para no superar la corriente máxima de entrada al inversor.

3.6 Cálculo de conductores

Se distinguen dos tramos diferentes para el cálculo de secciones.

Tramo 1 – Conexión entre paneles e inversores

Los inversores se ubican en la zona reservada para la escalera y el tramo de interconexión de se realiza en corriente continua. El cable se elige regido por la NOM 690-31 “Métodos de alambrado”, el cual permite varios métodos de cableado para sistemas fotovoltaicos. Los cables de un solo conductor, cables tipo PV son permitidos en lugares expuestos al aire libre en los circuitos de fuente PV dentro del arreglo fotovoltaico por lo cual se usan cables de aluminio y revestimiento USE-2 de tipo fotovoltaico dispuestos en una bandeja horizontal. Cada inversor cuenta con 4 MPPT y 8 entradas en total, por lo que para el cálculo se consideran 8 circuitos de cable por inversor. En el cálculo de secciones de entrada a cada MPPT se tiene en cuenta el caso peor, el cuál es el de 11 paneles por entrada del MPPT, ya que la caída de tensión es mayor que para los de 12 paneles. También, se toma como distancia más desfavorable los 100 *m* que separan el último panel de la fila de la zona de la escalera. Todo lo anteriormente dicho se puede observar en la siguiente tabla 3.7:

Circuitos	8
Cadenas	1
Paneles en paralelo	1
Paneles en serie	11
Isc (A)	13,98
Inom (A)	13,12
Voc (V)	49,80
Vnom (V)	41,95
Distancia (m)	100,00

Tabla 3.7 Datos para el cálculo de secciones

Para el cálculo de la intensidad de diseño del cable, se deben hallar mediante el uso de tablas los diversos factores de corrección y la intensidad máxima del circuito, la cual es el 140% de la Intensidad de sobrecarga:

$$I_{M\acute{a}x} = I_{sc} \times 1,4 = 19,57 A$$

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

En cuanto a los factores de corrección se diferencian tres: temperatura, agrupación y capas. La NOM 001-SEDE en su Artículo 310-15 “Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts” establece el factor de corrección por temperatura de acuerdo a la tabla mostrada en la figura 3.12:

Tabla 310-15(b)(2)(b).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 40 °C.						
Para temperaturas ambiente distintas de 40 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:						
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura de los conductores					
	60 °C	75 °C	90 °C	150 °C	200 °C	250 °C
10 o menos	1.58	1.36	1.26	1.13	1.09	1.07
11-15	1.50	1.31	1.22	1.11	1.08	1.06
16-20	1.41	1.25	1.18	1.09	1.06	1.05
21-25	1.32	1.20	1.14	1.07	1.05	1.04
26-30	1.22	1.13	1.10	1.04	1.03	1.02
31-35	1.12	1.07	1.05	1.02	1.02	1.01
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.87	0.93	0.95	0.98	0.98	0.99
46-50	0.71	0.85	0.89	0.95	0.97	0.98
51-55	0.50	0.76	0.84	0.93	0.95	0.96
56-60	-	0.65	0.77	0.90	0.94	0.95
61-65	-	0.53	0.71	0.88	0.92	0.94
66-70	-	0.38	0.63	0.85	0.90	0.93
91-75	-	-	0.55	0.83	0.88	0.91
76-80	-	-	0.45	0.80	0.87	0.90

Figura 3.12 Factores de corrección basados en la temperatura ambiente 40° (NOM, 2012)

Se tomarán 70 °C de temperatura ambiente y 90 °C de temperatura de los conductores, a la cuál para un cable USE-2 le corresponde un factor de corrección de $F_T = 0,63$.

Como se ha expuesto anteriormente los cables van por bandeja horizontal y van un total de 8 circuitos, cada circuito conformado por un cable positivo y su negativo. En la siguiente tabla de la figura 3.13 se pueden observar los diferentes valores de corrección:

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

Figura 3.13 Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable (NOM, 2012)

Para este caso se aplica el factor de $F_A = 0,50$ debido a que se cuenta con 16 conductores dispuestos en capa única en una bandeja perforada horizontal.

En cuanto a la agrupación por capas sólo se cuenta con un total de una capa de conductores, por lo cual le corresponde un factor de corrección de $F_C = 1$.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Una vez obtenidos los factores de corrección y la intensidad máxima, la intensidad de diseño del circuito tiene un valor de:

$$I_{diseño} = \frac{I_{Máx}}{F_T \times F_A \times F_C} = \frac{19,57}{0,63 \times 0,50 \times 1} = 62,12 A$$

Haciendo uso de la tabla de la figura 3.14 se puede obtener la sección de cable que le corresponde a la intensidad anteriormente obtenida para cable USE-2 en bandeja perforada horizontal:

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310-104(a)]			
		75 °C	90 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	Tipos RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, ZW	Tipos MI, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos RHW, XHHW	Tipos RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2, USE-2, ZW-2
		COBRE		ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
8.37	8	57	66	—	—
13.3	6	76	89	59	69
21.2	4	101	117	78	91
26.7	3	118	138	92	107
33.6	2	135	158	106	123
42.4	1	158	185	123	144
53.5	1/0	183	214	143	167
67.4	2/0	212	247	165	193
85.0	3/0	245	287	192	224
107	4/0	287	335	224	262
127	250	320	374	251	292
152	300	359	419	282	328
177	350	397	464	312	364
203	400	430	503	339	395
253	500	496	580	392	458
304	600	553	647	440	514
355	700	610	714	488	570
380	750	638	747	512	598
405	800	660	773	532	622
456	900	704	826	572	669
507	1000	748	879	612	716

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 40 °C.

Figura 3.14 Ampacidades de no más de tres conductores individuales aislados para Tensiones de hasta e incluyendo 2000 volts, sostenidos por un mensajero, con base en una temperatura ambiente del aire de 40 °C (NOM, 2012)

Como en la tabla no aparecen los 62,12 A se redondea a 69 A obteniendo una sección mínima de cable de 13,30 mm².

El valor de sección anteriormente calculado es para que cumpla con el criterio de corriente, a continuación se comprueba si cumple con el criterio de caída de tensión. Para ello se aplica la siguiente ecuación:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

$$S = \frac{2 \times Distancia \times I_{nom} \times \cos \varphi}{\gamma \times V_{string}}$$

Siendo $\gamma = 27,80 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$ la conductividad del conductor, $\cos \varphi$ el coseno del ángulo entre la tensión de fase y la intensidad y V_{string} el voltaje de cada string siendo de calor $V_{string} = V_{nom} \times Paneles \text{ en serie} = 41,95 \times 11 = 461,45 \text{ V}$:

$$S = \frac{2 \times Distancia \times I_{nom} \times \cos \varphi}{\gamma \times V_{string}} = S = \frac{2 \times 100 \times 13,12}{27,80 \times 461,45 \times 0,015} = 13,63 \text{ mm}^2$$

Cómo se obtiene una sección mínima de $13,63 \text{ mm}^2$, se aumenta a $S = 21,20 \text{ mm}^2$ la cual al ser de mayor sección asegura un correcto funcionamiento con una intensidad máxima admisible de 91 A. Para una instalación generadora de Baja Tensión se debe asegurar que la caída de tensión sea menor que el 1,50%. Para ello se usa la siguiente expresión:

$$c. d. t\% = \frac{2 \times Distancia \times I_{nom}}{\gamma \times S \times V_{string}} = \frac{2 \times 100 \times 13,12}{27,80 \times 21,20 \times 461,45} \times 100 = 0,96\% < 1,50\%$$

El criterio se cumple perfectamente teniendo una caída de tensión en voltios de:

$$c. d. t = V_{string} \times c. d. t\% = 461,45 \times 0,0094 = 4,41 \text{ V}$$

Se obtiene que la sección de $21,20 \text{ mm}^2$ cumple con ambos criterios por lo cual se usa un cable de las anteriores características recogidas a continuación en la tabla 3.8:

Material	Aluminio
Revestimiento	USE-2
Disposición	Bandeja
Sección (mm ²)	21,20
Imax (A)	91,00
c.d.t (%)	0,96
c.d.t (V)	4,41

Tabla 3.8 Datos cable sección 21, 20 mm²

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Tramo 2 – Conexión a red

Una vez conectados los paneles a los inversores, estos se conectan a la red del edificio. El tramo de conexión se realiza en corriente alterna con cables de cobre y revestimiento THW-LS dispuestos en una bandeja. De cada inversor salen tres fases de las cuales sólo utilizaremos una de cada, por lo que para el cálculo se consideran tres circuitos de cable. También, se toma como distancia 30 m. Todo lo anteriormente dicho se puede observar en la siguiente tabla 3.9:

Circuitos	3
Inversores	3
P _{inv} (kW)	50,00
I _{inv} (A)	132,00
V _{red} (V)	127,00
Distancia (m)	30,00

Tabla 3.9 Datos para el cálculo de secciones

Para el cálculo de la intensidad de diseño del cable, se deben hallar mediante el uso de tablas los diversos factores de corrección y la intensidad de red. Primero se saca la intensidad de red:

$$I_{red} = \frac{P_{inv}}{3 \times V_{red}} = \frac{50.000}{3 \times 127} = 131,23 A$$

En cuanto a los factores de corrección se diferencian tres: temperatura, agrupación y capas. Para el caso de la temperatura se hace uso de la tabla de la figura 3.15:

Tabla 310-15(b)(2)(b).- Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 40 °C.						
Para temperaturas ambiente distintas de 40 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:						
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura de los conductores					
	60 °C	75 °C	90 °C	150 °C	200 °C	250 °C
10 o menos	1.58	1.36	1.26	1.13	1.09	1.07
11-15	1.50	1.31	1.22	1.11	1.08	1.06
16-20	1.41	1.25	1.18	1.09	1.06	1.05
21-25	1.32	1.20	1.14	1.07	1.05	1.04
26-30	1.22	1.13	1.10	1.04	1.03	1.02
31-35	1.12	1.07	1.05	1.02	1.02	1.01
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.87	0.93	0.95	0.98	0.98	0.99
46-50	0.71	0.85	0.89	0.95	0.97	0.98
51-55	0.50	0.76	0.84	0.93	0.95	0.96
56-60	-	0.65	0.77	0.90	0.94	0.95
61-65	-	0.53	0.71	0.88	0.92	0.94
66-70	-	0.38	0.63	0.85	0.90	0.93
91-75	-	-	0.55	0.83	0.88	0.91
76-80	-	-	0.45	0.80	0.87	0.90

Figura 3.15 Factores de corrección basados en la temperatura ambiente 40° (NOM, 2012)

Se toman 40 °C de temperatura ambiente, a la cuál para un cable THW-LS le corresponde un factor de corrección de $F_T = 1$.

Como se ha expuesto anteriormente los cables van por bandeja y van un total de 3 circuitos, cada circuito conformado por un cable positivo y su negativo. En la tabla de la figura 3.16 se pueden observar los diferentes valores de corrección:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

Figura 3.16 Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable (NOM, 2012)

Para este caso se aplica el factor de $F_A = 0,80$ debido a que se cuenta con 6 conductores dispuestos en capa única en una bandeja perforada horizontal.

En cuanto a la agrupación por capas sólo cuenta con un total de una capa de conductores, por lo cual le corresponde un factor de corrección de $F_C = 1$.

Una vez obtenidos los factores de corrección y la intensidad de red, la intensidad de diseño del circuito tiene un valor de:

$$I_{diseño} = \frac{I_{Red}}{F_T \times F_A \times F_C} = \frac{131,23}{1 \times 0,80 \times 1} = 164,04 A$$

Haciendo uso de la tabla de la figura 3.17 se puede obtener la sección de cable que le corresponde a la intensidad anteriormente obtenida para cable THW-LS en bandeja perforada:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310-104(a)]			
		75 °C	90 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	Tipos RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, ZW	Tipos MI, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos RHW, XHHW	Tipos RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2, USE-2, ZW-2
		COBRE		ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
8.37	8	57	66	—	—
13.3	6	76	89	59	69
21.2	4	101	117	78	91
26.7	3	118	138	92	107
33.6	2	135	158	106	123
42.4	1	158	185	123	144
53.5	1/0	183	214	143	167
67.4	2/0	212	247	165	193
85.0	3/0	245	287	192	224
107	4/0	287	335	224	262
127	250	320	374	251	292
152	300	359	419	282	328
177	350	397	464	312	364
203	400	430	503	339	395
253	500	496	580	392	458
304	600	553	647	440	514
355	700	610	714	488	570
380	750	638	747	512	598
405	800	660	773	532	622
456	900	704	826	572	669
507	1000	748	879	612	716

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 40 °C.

Figura 3.17 Ampacidades de no más de tres conductores individuales aislados para Tensiones de hasta e incluyendo 2000 volts, sostenidos por un mensajero, con base en una temperatura ambiente del aire de 40 °C (NOM, 2012)

Como en la tabla no aparecen los 164,04 A se redondea a 183 A obteniendo una sección mínima de cable de 53,50 mm².

El valor de sección anteriormente calculado es para que cumpla con el criterio de corriente, a continuación se comprueba si cumple con el criterio de caída de tensión. Para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \times Distancia \times I_{red} \times \cos \varphi}{\gamma \times V_{red}}$$

Siendo $\gamma = 45,50 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$ la conductividad del conductor, $\cos \varphi$ el coseno del ángulo entre la tensión de fase y la intensidad y V_{red} el voltaje de la red eléctrica siendo de calor $V_{red} = 127 V$:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

$$S = \frac{2 \times Distancia \times I_{red} \times \cos \varphi}{\gamma \times V_{red}} = S = \frac{2 \times 30 \times 131,23}{45,50 \times 127 \times 0,015} = 90,84 \text{ mm}^2$$

Cómo se obtiene una sección mínima de $90,84 \text{ mm}^2$, se aumenta a $S = 107 \text{ mm}^2$ la cual al ser de mayor sección asegura un correcto funcionamiento con una intensidad máxima admisible de 287 A. Para una instalación generadora de Baja Tensión se debe asegurar que la caída de tensión sea menor que el 1,50%. Para ello se usa la siguiente expresión:

$$c.d.t\% = \frac{2 \times Distancia \times I_{nom}}{\gamma \times S \times V_{red}} = \frac{2 \times 30 \times 131,23}{45,50 \times 107 \times 127} \times 100 = 1,27\% < 1,50\%$$

El criterio se cumple perfectamente teniendo una caída de tensión en voltios de:

$$c.d.t = V_{red} \times c.d.t\% = 127 \times 0,0127 = 1,61 \text{ V}$$

Se obtiene que la sección de 107 mm^2 cumple con ambos criterios por lo cual se usa un cable de las anteriores características recogidas en la tabla de a continuación:

Material	Cobre
Revestimiento	THW-LS
Disposición	Bandeja
Sección (mm2)	107
Imax (A)	287,00
c.d.t (%)	1,27
c.d.t (V)	1,61

Tabla 3.10 Datos cable sección 107 mm^2

Conclusión

Una vez obtenidos todas las secciones de los tramos de conexión se obtiene para el tramo Panel-Inversor $21,20 \text{ mm}^2$ y 107 mm^2 para el tramo de conexión a red. A continuación se pueden apreciar en la tabla 3.11 las características de los cables obtenidos:

Tramo	Material	Revestimiento	Disposición	Circuitos	Sección (mm2)	Imax (A)	c.d.t (%)	c.d.t (V)
Panel-Inversor	Aluminio	USE-2	Bandeja	8	21,20	91,00	0,96	4,41
Inversor-Red	Cobre	THW-LS	Bandeja	3	107	287,00	1,27	1,61

Tabla 3.11 Datos de los cables obtenidos

3.7 Protecciones

Cálculo de tierras

La función de la puesta a tierra es la protección de personas y equipo frente a descargas eléctricas indeseadas. Estas suelen suceder por defectos de aislamiento en la instalación, la puesta a tierra proporciona un camino seguro para que la corriente fluya hacia nuestra tierra en vez de a través de personas o equipos.

En este caso no hace falta cálculo de tierras ya que la instalación, al ser de autoconsumo, debe ir conectada a la tierra de la red ya existente en el edificio.

Sobreintensidades

Para la protección de la instalación de corriente continua frente a sobrecorrientes se utilizan fusibles regido por la normativa mexicana NOM 690-16 “Fusibles” como medio de desconexión, en el lado de corriente continua y en ambas polaridades. Los diodos de bloqueo de los propios paneles no son tenidos en cuenta como medio de protección.

La tensión que debe soportar el fusible es de:

$$V_{Fusible} = V_{OC} \times N^{\circ} \text{de paneles en serie} \times 1,20$$

Se calcula la tensión de los fusibles para el caso de máxima tensión el cual se consigue sustituyendo valores para 12 *paneles* en la entrada:

$$V_{Fusible} = 49,80 \times 12 \times 1,20 = 717,12 \text{ V} \approx 1.000 \text{ V}$$

Sabiendo que se tiene sólo una cadena por entrada en todos los MPPT, la intensidad del fusible se calcula de la misma forma para todos los inversores:

$$I_{Fusible} = I_{SC} \times 1,25$$

Sustituyendo el I_{SC} por el valor de la corriente de cortocircuito del panel:

$$I_{Fusible} = 13,98 \times 1,25 = 17,45 \text{ A} \approx 20 \text{ A}$$

Por lo cual se consigue como cada inversor cuenta con 4 MPPT con 2 entradas cada uno de dos polaridades cada entrada, se necesita por inversor 16 *fusibles* tipo gPV de 20 A y 1.000 V. En el total de la instalación al contar con 3 inversores se necesitan 48 *fusibles*. Al no contar con tres o más cadenas en paralelo no es obligatorio el uso de estos fusibles, sin embargo, se instalan. En el Anexo se puede observar su hoja de características.

Sobretensiones

Con el fin de evitar sobretensiones transitorias indeseadas debido a condiciones atmosféricas y conmutaciones, conducidas o inducidas, se instalan en las entradas de los inversores descargadores de *tipo 2* de acuerdo con la Norma EN 61643 – 11 y dentro de los estándares de la normativa mexicana

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

NEC 690-11. Estos cuentan con una capacidad de absorción media-alta y una rapidez de respuesta media-alta como se indica en la tabla de la figura 3.9:

	<i>Tipo 1</i>	<i>Tipo 2</i>	<i>Tipo 3</i>
<i>Capacidad de absorción de energía</i>	<i>Muy alta - Alta</i>	<i>Media - Alta</i>	<i>Baja</i>
<i>Rapidez de respuesta</i>	<i>Baja - Media</i>	<i>Media - Alta</i>	<i>Muy alta</i>
<i>Origen de la sobretensión</i>	<i>Impacto directo de rayo</i>	<i>Sobretensiones de origen atmosférico y conmutaciones, conducidas o inducidas</i>	

Figura 3.9 Tipos de sobretensiones Norma EN 61643-11 (AENOR, 2002)

Se escoge una protección frente a sobretensiones de *tipo 2* con una tensión asignada de 1000 V e intensidad máxima de descarga de 40 kA. En el Anexo se puede observar su hoja de características.

Diferencial

La protección diferencial de la instalación se realiza en el tramo de corriente alterna y regidos por la normativa mexicana NMX-J-575-ANCE-2006. De este modo al estar la instalación de producción en zona residencial la sensibilidad de dicha protección deberá ser de 30 mA.

En la instalación estudiada, los inversores están preparados para dar hasta 132 A, por lo cual se escogen protecciones diferenciales tipo A de 30 mA de sensibilidad y corriente nominal de 200 A. En el Anexo se puede observar su hoja de características.

Interruptor Automático

El magnetotérmico se instala en el tramo de corriente alterna y protege al edificio frente a sobrecargas por sobrecarga y por cortocircuitos. Debe regirse por la normativa mexicana NOM 690-17 “Desconectores o interruptores automáticos”.

Como anteriormente se ha indicado, los inversores pueden suministrar hasta 132 A, por lo cual se escogen magnetotérmicos tripolares de 200 A y 690 V. En el Anexo se puede encontrar su hoja de características.

4 EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1 Generación eléctrica del sistema propuesto

Ahora que ya se conocen las características técnicas de la instalación se sabe que el sistema cuenta con una potencia pico total instalada de 148,50 kW. Mediante el uso del software PVGIS se pueden obtener los datos mensuales y diarios de la electricidad generada por la instalación. En la siguiente gráfica se puede observar la energía producida:

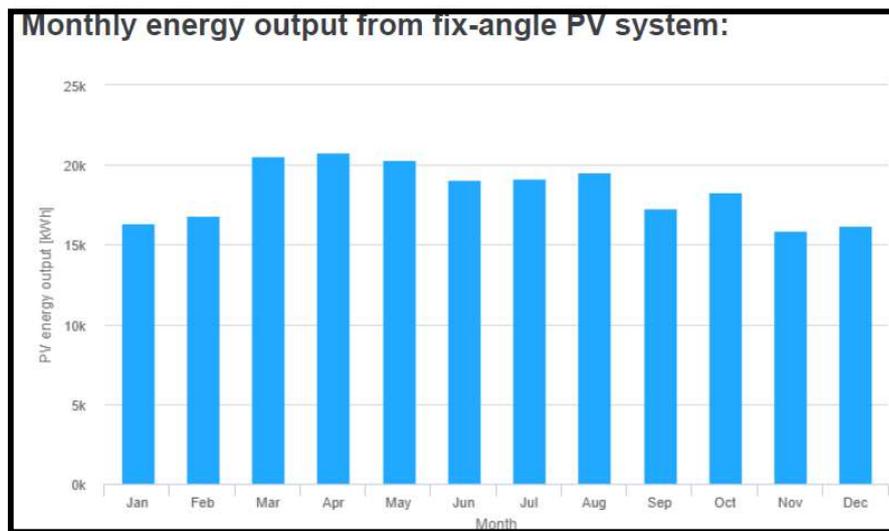


Figura 4.1 Energía mensual generada por la instalación (PVGIS, 2015)

De la anterior gráfica se pueden obtener los valores que se recogen en la tabla 4.1:

Mes	Energía (kWh)
Enero	16339,23
Febrero	16844,60
Marzo	20575,64
Abril	20826,34
Mayo	20310,43
Junio	19056,64
Julio	19131,13
Agosto	19552,78
Septiembre	17252,14
Octubre	18294,42
Noviembre	15923,69
Diciembre	16222,61

Tabla 4.1 Energía mensual PVGIS

4.2 Análisis económico de la operación del sistema

El uso del sistema de energía solar fotovoltaica, ya sea con o sin excedentes, puede generar una serie de beneficios económicos significativos.

El principal es el ahorro en costes de energía ya que la instalación de paneles fotovoltaicos reduce significativamente e incluso puede llegar a reducir a cero los costes de energía. Esto resulta en ahorros a largo y corto plazo en la factura eléctrica, lo que en un edificio gubernamental como el del proyecto puede resultar en utilizarlo para beneficios sociales.

Haciendo uso de las figuras 2.4 y 2.5 y asumiendo que el edificio consume un 85% de su energía en horario intermedio y un 15% en el horario base, se puede obtener un ahorro mensual y total anual como el que se indica a continuación en la tabla 4.2:

Mes	Energía (kWh)	Ahorro (€/kWh)
Enero	16339,23	1388,83
Febrero	16844,60	1431,79
Marzo	20575,64	1748,93
Abril	20826,34	1770,24
Mayo	20310,43	1726,39
Junio	19056,64	1619,81
Julio	19131,13	1626,15
Agosto	19552,78	1661,99
Septiembre	17252,14	1466,43
Octubre	18294,42	1555,03
Noviembre	15923,69	1353,51
Diciembre	16222,61	1378,92

TOTAL (€)	18728,02
------------------	-----------------

Figura 4.2 Energía y ahorro mensual y total anual

Pese a todos estos beneficios económicos, el rendimiento de las placas se ve reducido año tras año debido a su uso, lo que hace que cada 25 años deban ser sustituidas. En el caso del sistema fotovoltaico propuesto en este proyecto, el rendimiento se ve degradado un 15,50% en 25 años como se puede observar en la siguiente figura:



Figura 4.2 Degradación anual de las placas (AutoSolar, 2024)

En la siguiente tabla 4.3 se puede observar más detalladamente la energía generada por los paneles cada año teniendo en cuenta la degradación y el ahorro anual y total estimado teniendo en cuenta un incremento anual del precio de la electricidad de un 1%:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Año	Energía (kWh)	Precio kWh (€)	Ahorro Anual (€)
1	220329,65	0,085	18728,02
2	220329,65	0,08585	18915,30
3	218963,61	0,0867085	18986,01
4	217606,03	0,087575585	19056,98
5	216256,87	0,088451341	19128,21
6	214916,08	0,089335854	19199,71
7	213583,60	0,090229213	19271,48
8	212259,38	0,091131505	19343,52
9	210943,38	0,09204282	19415,82
10	209635,53	0,092963248	19488,40
11	208335,79	0,093892881	19561,25
12	207044,10	0,094831809	19634,37
13	205760,43	0,095780128	19707,76
14	204484,72	0,096737929	19781,43
15	203216,91	0,097705308	19855,37
16	201956,97	0,098682361	19929,59
17	200704,83	0,099669185	20004,09
18	199460,46	0,100665877	20078,86
19	198223,81	0,101672535	20153,92
20	196994,82	0,102689261	20229,25
21	195773,45	0,103716153	20304,87
22	194559,66	0,104753315	20380,77
23	193353,39	0,105800848	20456,95
24	192154,60	0,106858857	20533,42
25	190963,24	0,107927445	20610,17
TOTAL (€)			492755,51

Tabla 4.3 Energía y ahorro anual generado

4.3 Análisis ambiental de la operación del sistema

Cómo se ha expuesto antes, la introducción de placas solares en el sistema generador eléctrico del país puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y demás químicos nocivos.

Para el año 2022, el gobierno de México marcó en $0,435 \frac{tCO_2}{MW}$ la emisividad de su mix eléctrico. Sabiendo esto y la energía generada por la instalación se obtiene la siguiente tabla 4.4 con las emisiones de CO_2 mensuales y el total anual que se hubiese generado si en vez de con paneles solares esa energía se hubiese generado con el mix eléctrico mexicano:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Mes	Energía (kWh)	Emisiones (tCO ₂)
Enero	16339,23	7,11
Febrero	16844,60	7,33
Marzo	20575,64	8,95
Abril	20826,34	9,06
Mayo	20310,43	8,84
Junio	19056,64	8,29
Julio	19131,13	8,32
Agosto	19552,78	8,51
Septiembre	17252,14	7,50
Octubre	18294,42	7,96
Noviembre	15923,69	6,93
Diciembre	16222,61	7,06

TOTAL (tCO₂)	95,84
--------------------------------	--------------

Tabla 4.4 Emisiones de CO₂ mensuales y total anual evitadas

A lo largo de la vida útil de 25 años de las placas solares, supone un ahorro de emisiones anuales y total indicado a continuación en la tabla 4.5:

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Año	Energía (kWh)	Emisiones (tCO ₂)
1	220329,65	95,84
2	220329,65	95,84
3	218963,61	95,25
4	217606,03	94,66
5	216256,87	94,07
6	214916,08	93,49
7	213583,60	92,91
8	212259,38	92,33
9	210943,38	91,76
10	209635,53	91,19
11	208335,79	90,63
12	207044,10	90,06
13	205760,43	89,51
14	204484,72	88,95
15	203216,91	88,40
16	201956,97	87,85
17	200704,83	87,31
18	199460,46	86,77
19	198223,81	86,23
20	196994,82	85,69
21	195773,45	85,16
22	194559,66	84,63
23	193353,39	84,11
24	192154,60	83,59
25	190963,24	83,07
TOTAL (tCO₂)		2239,30

Tabla 4.5 Emisiones de CO₂ anuales evitadas

Las instalaciones fotovoltaicas están muy ligadas a los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) establecidos por las Naciones Unidas. En total son cuatro las que encajan con una instalación de este tipo:

ODS 3 Salud y bienestar: Al reducir la contaminación atmosférica y mitigar el cambio climático, se contribuye a mejorar la salud pública y el bienestar de las comunidades.

ODS 7 Energía asequible y no contaminante: Una instalación fotovoltaica brinda acceso a una fuente de energía limpia, renovable y asequible.

ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles: La implementación de la fotovoltaica en entornos urbanos contribuye a hacer las ciudades más sostenibles y resistentes a las adversidades al proporcionar una fuente de energía limpia y de producción local.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

ODS 13 Acción por el clima: La energía solar es una fuente de energía limpia que ayuda a contrarrestar el cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles no renovables.



Figura 4.3 ODS (Naciones Unidas, 2024)

5 CONCLUSIONES

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado era el de comprobar y corroborar, sin llegar a plantearse su instalación real, los beneficios que tiene el apostar por la energía limpia de la mano de una instalación solar fotovoltaica, y estudiar su aplicación en el Edificio Trigueros de la ciudad de Veracruz.

Esta fuente de energía presenta la ventaja frente a otras renovables (como la eólica o la geotérmica) de que puede ser instalada en infinidad de espacios y terrenos y puede ser adaptable a las diferentes condiciones climáticas.

En el caso de aplicación de este estudio, las características del proyecto se han visto condicionadas por la demanda del edificio, las tarifas eléctricas de media tensión de México, la degradación de los paneles y por la superficie útil disponible en la azotea.

Para cubrir la totalidad de la demanda del edificio se necesita una potencia pico de 330 *kWp* y un total de 600 *paneles* de 550 *W*. Debido a la superficie disponible esto no se puede alcanzar por lo que se intenta optimizar el espacio a partir de la disposición de los paneles. La disposición horizontal elegida ofrece menor resistencia al viento y permite colocar un total de 270 *paneles* de 550 *W* alcanzando solamente 148,50 *kWp*, un 45% de la necesaria para cubrir la demanda.

Bajo estas condiciones y teniendo en cuenta la degradación de los paneles, se estudia el rendimiento económico y ambiental de la instalación.

Teniendo en cuenta el coste de la aparamenta eléctrica utilizada (cables, paneles, inversores, diferenciales, etc.), mano de obra y maquinaria, se estima que se necesita una inversión inicial de 204.411,59 € la cual se recupera al decimosexto año.

En lo referente a lo medioambiental, se estima que la instalación ahorra emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera por un total de 2.229,30 *tCO₂* a lo largo de su vida útil.

Observando los resultados obtenidos se puede concluir que pese a no ser posible el cubrir la demanda total del edificio, la propuesta de consumo de energía solar fotovoltaica sigue suponiendo un ahorro en la factura eléctrica y un ahorro de emisiones nocivas a la atmósfera.

Finalmente, se comprueba que la apuesta por las energías renovables a gran escala en las ciudades, es una apuesta segura hacia un futuro rentable económicamente y limpio ambientalmente en el que las urbes pasan de ser lugares contaminados y con gran dependencia a fuentes de energía externas alejadas de las ciudades, a convertirse en productores de su propia electricidad y libre de gases nocivos.

6 PLIEGO DE CONDICIONES

6.1 Objeto del pliego

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares tiene por objeto definir las especificaciones, prescripciones, criterios y normas que regirán la construcción del proyecto solar sobre el tejado del edificio Trigueros en Veracruz, México.

6.2 Diseño del generador fotovoltaico

6.2.1 Generalidades

El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones indicadas en la memoria. Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño deberá garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

La ubicación, orientación e inclinación del generador fotovoltaico será tal que minimice en la medida de lo posible, las sombras ocasionadas por cualquier elemento presente, tanto en las inmediaciones de la cubierta propiedad de la promotora, como por elementos externos pero próximos a la misma.

Cuando existan varias filas de módulos, se calculará la distancia mínima entre ellas de forma que su proximidad no genere pérdidas significativas adicionales por sombreado.

6.3 Componentes y materiales

6.3.1 Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las Normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación y en la NOM 001 SEDE 2012.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

El funcionamiento de la instalación fotovoltaica no deberá provocar en la red (tanto exterior como interior) averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa aplicable.

Los materiales situados en intemperie se protegerán, en la medida de lo posible, contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobretensiones, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

6.3.2 Sistemas de generadores fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva Europea correspondiente, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la normativa UNE-EN en vigor sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.

En el caso de que los módulos se encuentren integrados en la edificación, deberán cumplir con lo previsto en las Directivas correspondientes relativas a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se emplearán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación:

- Deberán incorporar diodos de derivación y tendrán grado de protección IP65 o superior.
- Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
- Su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un periodo mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

6.3.3 Inversores

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable de forma que sea capaz de aprovechar la máxima potencia que el generador fotovoltaico pueda proporcionar a lo largo del día y una potencia nominal de 50 kW.

Las características de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia.
- Sistemas contra el funcionamiento en isla o modo aislado.

Las características de los inversores deberán cumplir las normativas UNE-EN vigentes.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en el lado de CA.
- Tensión de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclo, huecos de tensión, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Los inversores contarán con los sistemas de comunicación necesarios para el seguimiento de los parámetros de operación del sistema fotovoltaico en tiempo real.

Los inversores deberán contar con una garantía de al menos 3 años por parte del fabricante.

6.3.4 Estructuras de soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación y demás normativa aplicable.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para la instalación de generación fotovoltaica.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

La propia estructura no arrojará sombras sobre los módulos.

La estructura soporte será calculada según normativa vigente para soportar cargas extremas debidos a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Los perfiles cumplirán las normativas UNE-EN vigentes con respecto a sus garantías mecánicas y de composición química.

6.3.5 Conductores activos

Ambos polos de cada enseriado de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, el lado de corriente continua de la instalación deberá contar con una sección suficiente como para garantizar una caída de tensión inferior al 1,5% para cualquier condición de trabajo.

El cableado deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Los cables eléctricos a utilizar serán fotovoltaicos no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Cumplirán con la Norma UNE 21.123, parte 4 o 5; o la norma UNE 21.100-2 y siempre regidos por la NOM 001 SEDE 2012.

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R cuando discurran bajo tubo, o bien serán mangueras de 0,6/1 kV cuando discurran sobre bandeja metálica por encima de falsos techo o a la vista.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

6.3.6 Canalizaciones de protección

Estará constituida por un perfil de paredes perforadas o no perforadas cuya finalidad es la de alojar a los conductores eléctricos y estará cerrada con tapa desmontable según ITC-BT-01, siendo conformes a lo dispuesto en las Normas UNE que le sean de aplicación.

Para garantizar la continuidad de sus características de protección, su montaje se realizará siguiendo las instrucciones facilitadas por el fabricante.

Sus características mínimas, para instalaciones superficiales, serán las establecidas en la NOM 001 SEDE 2012.

La instalación y puesta en obra de las canales protectoras, deberá cumplir lo indicado a continuación o en su defecto lo prescrito en la Norma UNE que le sea de aplicación y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Su trazado se hará siguiendo preferentemente los paramentos verticales y horizontales paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se ejecuta la instalación eléctrica.

Las canales con conductividad eléctrica serán conectadas a la red de tierra para garantizar su continuidad eléctrica.

Las canales no podrán ser utilizados como conductores de protección o de neutro, salvo en lo dispuesto en la ITC-BT18 para las de tipo prefabricadas.

6.3.7 Conductores de protección

Los conductores de protección serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que estos.

La sección mínima de estos conductores será igual a la fijada en la Tabla 5 de la memoria, en función de los conductores de fase de la instalación según la ITC-BT-19.

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

6.3.8 Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento, a saber:

- Azul claro: para el conductor neutro
- Amarillo-verde: para el conductor de tierra y protección
- Marrón, negro, gris: para los conductores activos o fases

6.3.9 Tubos de protección

Serán aislantes de PVC, flexibles, que puedan curvarse con las manos o rígido-curvables en caliente, e instalados en montaje superficial, y no propagadores de llama, designación UNE-EN 50086-2-1 y UNE-EN 50086-2-2. Los diámetros interiores mínimos nominales, en milímetros, para los tubos protectores en función del número, clase y sección de los conductores que han de alojar, así como sus características, cumplirán con lo indicado en la ITC-BT-21.

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de éste será, como mínimo, igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.

Los tubos empleados deberán soportar como mínimo, sin deformación alguna, una temperatura de 60° centígrados, para los tubos constituidos de vinilo o polietileno. Para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado 70°C.

En la instalación no empotrada se empleará tubo rígido liso de grado de protección 5 o 7, de PVC enchufable, estanco.

6.3.10 Aparatos de protección

Son los disyuntores eléctricos, fusibles e interruptores diferenciales.

Los disyuntores serán del tipo magnetotérmico de accionamiento manual y podrán cortar la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, abriendo y cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia.

Su capacidad de corte para la protección del cortocircuito estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de su instalación, y para la protección de la línea contra el calentamiento se regulará para una temperatura inferior a 65°C. La capacidad de corte será la indicada en el documento cálculos, y en ningún caso será inferior a los 6 kA.

Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales de trabajo, así como el signo de su desconexión.

Tanto los interruptores diferenciales como los disyuntores cuando no puedan soportar las corrientes de cortocircuito, irán acoplados con fusibles calibrados.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

La intensidad nominal será como mínimo de 25 A y la sensibilidad de los diferenciales de 300 o 30 mA.

Los fusibles empleados para proteger los diferentes circuitos secundarios serán calibrados a la intensidad del circuito que protegen. Se dispondrán sobre material aislante e incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Se podrán recambiar bajo tensión sin ningún peligro y llevarán marcada la intensidad y tensiones nominales de trabajo.

6.3.11 Cajas de empalme y derivación

Serán de material aislante o metálicas aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación.

Sus dimensiones serán todas las que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad equivaldrá cuanto menos al diámetro del tubo Junior, más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado.

6.3.12 Aparatos de mando y obra

Son los interruptores y conmutadores que cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, abriendo y cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia; serán de material aislante y del tipo cerrado.

Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura en ningún caso pueda exceder de 65°C en ninguna de sus piezas.

Su construcción será tal que permita realizar un número de maniobras de apertura y cierre del orden de 10.000 con su carga nominal a la tensión de trabajo.

Deberán llevar marcada su intensidad y tensiones nominales de trabajo y estarán probados a una tensión de 800 a 1.000 V.

El poder de corte mínimo de los PIA será de 6 kA a la tensión de 220/380 y 50 Hz y su curva de disparo será del tipo U, salvo que se indique lo contrario. Junto a cada uno de los interruptores del cuadro se colocará la indicación de la zona o servicio que protege.

Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales y estarán probados a una tensión de 500 a 1000 V. Los pequeños interruptores de la instalación, dispuestos en las distintas dependencias o secciones del edificio serán de 10 A de intensidad nominal.

6.4 Ejecución de la instalación

6.4.1 Consideraciones generales

Las instalaciones eléctricas de Baja Tensión serán ejecutadas por instaladores eléctricos autorizados, para el ejercicio de esta actividad y deberán realizarse conforme a lo que establece el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y a la reglamentación vigente, cumpliéndose, además, todas las disposiciones legales que sean de aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

La Dirección Facultativa rechazará todas aquellas partes de la instalación que no cumplan los requisitos para ellas exigidas, obligándose la empresa instaladora autorizada o Contratista a sustituirlas a su cargo.

La instalación fotovoltaica incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de forma que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

Además, se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes que integran la instalación.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en idioma español.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

6.4.2 Comprobaciones iniciales

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la instalación fotovoltaica coinciden con su desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirá en presencia de la Dirección Facultativa. Se marcará por el instalador autorizado y en presencia de la Dirección Facultativa el lugar de montaje los diversos componentes de la instalación.

6.4.3 Montaje de los elementos

Se registrará de acuerdo con la NOM 001 SEDE 2012.

Replanteo.

Al inicio de la obra, habrá que indicar con los planos del presente proyecto, sobre el terreno, el movimiento de tierras, si fuese necesario, ubicación de las zapatas, losa corrida, estructura soporte, paneles, etc.

Cimentación.

Si fuese necesario, se realizará en primer lugar el movimiento de tierras, la excavación de las zapatas, o losa corrida, en el caso de que los módulos solares fotovoltaicos, vayan colocados sobre estructura soporte en el suelo.

Si la colocación de los módulos es sobre terraza, tejado, o sobre fachadas; no hará falta cimentación y sólo se tendrá que realizar las obras de sujeción de la estructura, previa comprobación, de que el tejado, fachada o terraza, soporte el peso de la estructura. En el caso de estructura sobre el suelo, será necesaria la excavación de las zapatas, colocando a continuación la armadura metálica pertinente. A continuación, se procederá al vertido del hormigón, de las características especificadas por el diseñador de la estructura, procediéndose a continuación, a la colocación de la misma.

6.4.3.1 Instalación de módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos se montarán de forma que se maximice la exposición directa a la luz solar y se eliminen o minimicen las sombras, debiendo evitarse instalaciones con ángulos de inclinación reducidos que pudieran provocar la acumulación de suciedad sobre el cristal y los bordes del marco.

Para su fijación se emplearán marcos de soporte o kits de montaje especializados fabricados en aluminio anodizado o en acero inoxidable.

Deberá prestarse especial atención en la fase de montaje para evitar la acumulación de suciedad sobre la superficie del módulo ya que puede provocar que las células solares activas queden en sombra y se reduzca el rendimiento eléctrico.

En el caso de sistemas montados sobre cubiertas y tejados, se deberá respetar un espacio en la parte posterior del módulo para permitir su adecuada ventilación.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

A los efectos de dar cabida a la expansión o dilatación térmica de los marcos será necesario, asimismo, dejar un adecuado espacio entre los módulos fotovoltaicos.

Se deberá dejar siempre la superficie posterior del módulo libre de objetos externos o elementos de la estructura que pudieran entrar en contacto con éste, especialmente si el módulo está sometido a carga mecánica.

Deberá asegurarse que los módulos no están expuestos a vientos ni nevadas que superen la carga máxima permitida y que no están sometidos a una fuerza excesiva debido a la dilatación térmica de la estructura de soporte.

El sistema de fijación de los módulos deberá ser de tipo “antivandálico”. La cimentación puede ser tanto horizontal como vertical sin afectar la instalación de los soportes de las estructuras.

Las estructuras de soporte de los módulos podrán ser realizadas con aluminio anodizado de elevada resistencia a los agentes atmosféricos, permitiendo de esta manera una larga duración de los elementos de soporte, aun en ambientes salinos.

Si el módulo dispone de caja de conexiones ésta no deberá utilizarse para sujetar o transportar el módulo. Se deberá prestar especial atención para no subirse ni pisar su superficie.

Se evitará dejar caer el módulo ni golpearlo dejando caer sobre él otros objetos, así como se evitará en todo momento dañar ni arañar la superficie posterior del módulo.

Con la finalidad de mantener las garantías del fabricante, no se podrá desmontar, modificar o adaptar el módulo ni retirar ninguna pieza o etiqueta instalada por el fabricante. Asimismo, se evitará perforar el marco ni el cristal del módulo.

No deberá aplicarse pintura ni adhesivos a la superficie posterior del módulo.

Si se rompiese el cristal o el material posterior de un módulo, éste no podrá repararse ni utilizarse, ya que el contacto con cualquier superficie del módulo o el marco podría producir una descarga eléctrica, debiendo ser sustituido.

Los módulos rotos o dañados deben manipularse con cuidado y eliminarse de forma adecuada. Los cristales rotos pueden presentar filos y producir heridas si no se manipulan con un equipo protector adecuado.

Deberán montarse sólo con tiempo seco y con herramientas secas. No deberán ser manipulados cuando éstos estén húmedos, a no ser que utilice un equipo de protección adecuado.

Para instalaciones en tejados, los módulos deben montarse sobre una cubierta resistente al fuego homologada para este tipo de instalación.

Posteriormente, se procederá al conexionado eléctrico de los módulos, conectando el o los campos fotovoltaicos, mediante canalización eléctrica, al inversor o inversores, para que la transformen en corriente alterna, con tensión y frecuencia de red, para su inyección en la misma.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Estas canalizaciones, cumplirán lo requerido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión REBT, en su Instrucción Técnica ITC-BT-07, diseñando las líneas, mediante los criterios de calentamiento y caída de tensión.

Cubierta.

La cubierta del edificio, debe ser resistente al peso de la estructura que conforma la instalación de las placas solares. La superficie de la cubierta en la que se ubique la estructura de las placas solares, podrá ser plana o inclinada.

6.4.3.2 Instalación de inversores

Se observarán las siguientes consideraciones antes de proceder a su instalación:

Su emplazamiento deberá estar alejado de la luz solar directa y en un rango de temperatura ambiente comprendido entre 0 y 40°C.

Para su montaje se seleccionará un paramento o superficie sólida vertical con suficiente firmeza para que soporte su peso, necesitando de un espacio adicional de refrigeración adecuado para la dispersión del calor.

Se marcará su posición en el paramento y se realizarán los taladros para su sujeción, colocando y apretando los tornillos.

Se realizará el conexionado de la parte AC y posteriormente con el panel fotovoltaico (parte DC) respetando su polaridad, conectando siempre el polo positivo (+) del panel fotovoltaico al polo DC positivo (+) del inversor, y el polo negativo (-) del panel fotovoltaico al polo DC negativo (-) del inversor.

Seguidamente el inversor se conectará a las correspondientes protecciones, las cuales pueden constar de cortocircuito eléctrico, fusible y terminales de conexión, tanto para el inversor como para la red de suministro.

6.5 Pruebas reglamentarias

El coste de todas las pruebas necesarias para satisfacer requerimientos de los organismos oficiales o que necesite el instalador para sus propios fines, será satisfecho por el instalador a su cargo.

A la terminación de la obra, antes de su recepción final se efectuarán por el instalador a su cargo, y en presencia del director de la obra:

- Puesta en marcha de todos los sistemas
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

6.6 Pruebas reglamentarias

El coste de todas las pruebas necesarias para satisfacer requerimientos de los organismos oficiales o que necesite el instalador para sus propios fines, será satisfecho por el instalador a su cargo.

A la terminación de la obra, antes de su recepción final se efectuarán por el instalador a su cargo, y en presencia del director de la obra:

- Puesta en marcha de todos los sistemas
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

6.7 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

6.7.1 Obligaciones del usuario

Los titulares de las instalaciones deberán mantener en buen estado de funcionamiento sus instalaciones, utilizándolas de acuerdo con sus características y absteniéndose de intervenir en las mismas para modificarlas.

6.7.2 Obligaciones de la empresa mantenedora

Periódicamente, al menos una vez al año, se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos y contactos indirectos, así como sus intensidades nominales

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

en relación con la sección de los conductores que protegen. Asimismo, se comprobará el aislamiento de la instalación, entre cada conductor y tierra.

De la misma manera se comprobará la inexistencia de puntos calientes en el sistema fotovoltaico y se revisará mediante inspección visual que la integridad de los módulos fotovoltaicos se mantiene de forma que puedan operar en condiciones de seguridad.

7 ESTUDIO ECONÓMICO

En este punto se dispone a realizar un estudio de viabilidad de la instalación. Para ello, el apoyo en el presupuesto que se ha realizado es fundamental, ya que sin un presupuesto no se podría hacer ningún estudio económico. Se realizará un estudio de rentabilidad y amortización de dicha instalación a partir de los métodos VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Rentabilidad).

7.1 Presupuesto

En el Anexo 2 se observa el presupuesto realizado teniendo en cuenta la instalación eléctrica, la obra civil y la mano de obra. En total la instalación tiene un coste de 204.411,59 €. Se ha de tener en cuenta que el fabricante de los materiales ofrece una garantía de 25 años de todos los componentes.

7.2 Rentabilidad

7.2.1 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es una herramienta matemática que permite el cálculo de la viabilidad económica de la inversión de un proyecto para conocer el beneficio o la pérdida de dicha inversión. Se debe tener en cuenta que a la hora de aplicar este método se escoge un tipo de interés de un 4,50%, el cual está fijado actualmente por el Banco Central Europeo debido a que la financiación se obtiene desde España. También, se debe tener en cuenta la inversión inicial de la instalación y un período de 25 años, ya que es la garantía que ofrece el fabricante.

El VAN se calcula con la siguiente ecuación:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde I es la inversión inicial, Q_n es la rentabilidad anual, r es el tipo de interés y n es el número de años.

A continuación se observa en la tabla 7.1 como a partir del año 16 se obtiene un VAN positivo, es decir, desde el año 16 hasta el 25 la instalación empieza a ser económicamente rentable.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Año	Energía (kWh)	Precio kWh (€)	Ahorro Anual (€)	Mantenimiento (€)	Flujo de caja actualizado (€)	VAN
0					-204411,59	
1	220329,65	0,085	18728,02	650,00	18078,02	-187112,05
2	220329,65	0,08585	18915,30	656,50	18258,80	-170391,92
3	218963,61	0,0867085	18986,01	663,07	18322,94	-154335,59
4	217606,03	0,087575585	19056,98	669,70	18387,28	-138916,73
5	216256,87	0,088451341	19128,21	676,39	18451,82	-124110,05
6	214916,08	0,089335854	19199,71	683,16	18516,56	-109891,26
7	213583,60	0,090229213	19271,48	689,99	18581,49	-96237,05
8	212259,38	0,091131505	19343,52	696,89	18646,63	-83125,02
9	210943,38	0,09204282	19415,82	703,86	18711,97	-70533,65
10	209635,53	0,092963248	19488,40	710,90	18777,50	-58442,30
11	208335,79	0,093892881	19561,25	718,00	18843,24	-46831,12
12	207044,10	0,094831809	19634,37	725,18	18909,18	-35681,06
13	205760,43	0,095780128	19707,76	732,44	18975,32	-24973,82
14	204484,72	0,096737929	19781,43	739,76	19041,67	-14691,84
15	203216,91	0,097705308	19855,37	747,16	19108,21	-4818,23
16	201956,97	0,098682361	19929,59	754,63	19174,96	4663,20
17	200704,83	0,099669185	20004,09	762,18	19241,91	13768,02
18	199460,46	0,100665877	20078,86	769,80	19309,06	22511,17
19	198223,81	0,101672535	20153,92	777,50	19376,42	30907,01
20	196994,82	0,102689261	20229,25	785,27	19443,98	38969,31
21	195773,45	0,103716153	20304,87	793,12	19511,75	46711,33
22	194559,66	0,104753315	20380,77	801,05	19579,71	54145,76
23	193353,39	0,105800848	20456,95	809,07	19647,89	61284,83
24	192154,60	0,106858857	20533,42	817,16	19716,26	68140,24
25	190963,24	0,107927445	20610,17	825,33	19784,85	74723,26

Tabla 7.1 VAN

Se observa como para el cálculo del VAN se ha fijado un precio el primer año de 0,085 €/kW (ya que se ha considerado que el edificio consume un 85% de su energía en horario intermedio con un coste de 0,091 €/kW y un 15% en horario base con un coste de 0,051 €/kW), el cual se incrementa un 1% anualmente. También se añade un coste aproximado de mantenimiento de la instalación con un coste inicial de 650€ el cual también se incrementa un 1% anualmente.

7.2.2 Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

La Tasa Interna de Rentabilidad se define como la tasa de rentabilidad que ofrece una inversión, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tiene un proyecto. En el caso del proyecto, mediante una hoja de cálculo en Excel se obtiene que el TIR es de un 8% tal y como se observa en la tabla 7.2, lo cual indica que la inversión es rentable.

TIR	8%
-----	----

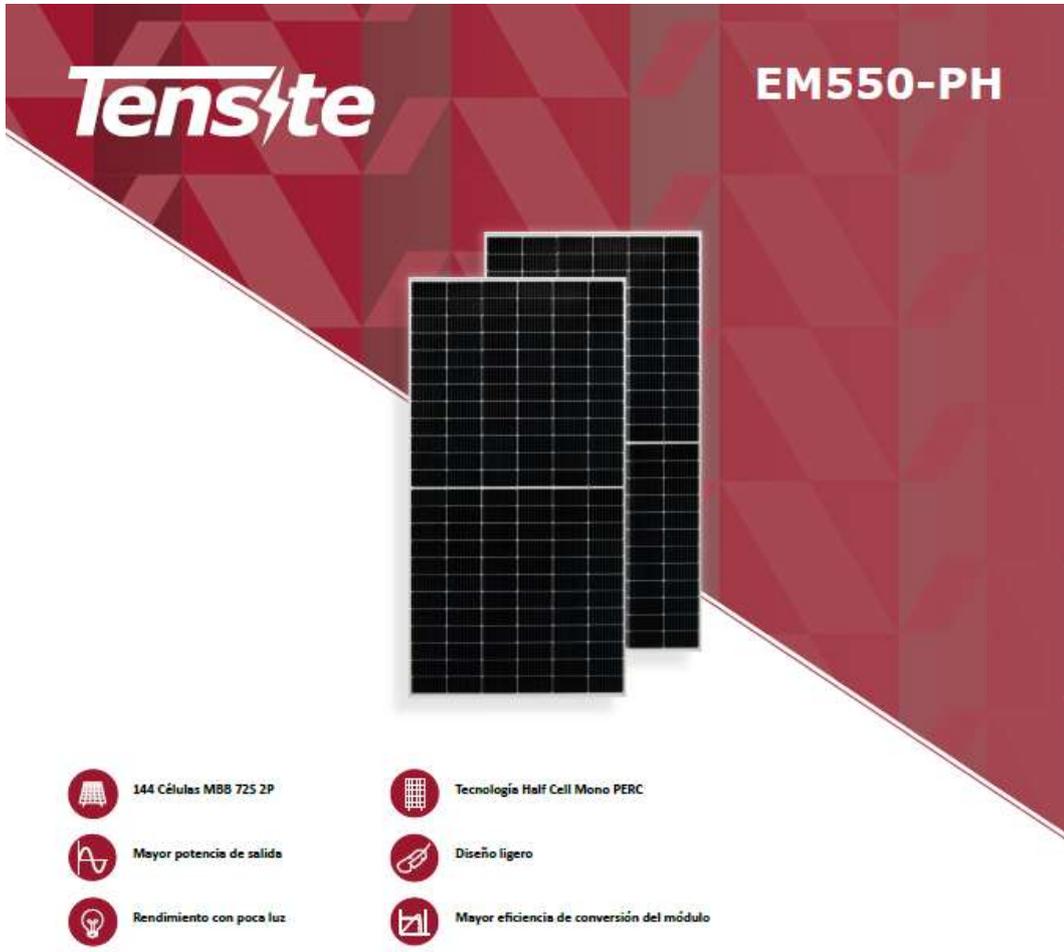
Tabla 7.2 TIR

8 BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2002). *https://www.aenor.com/*.
- AutoSolar. (2024). *AutoSolar*. Obtenido de <https://autosolar.es/>
- CFE. (Febrero de 2024). *CFE*. Obtenido de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/TarifaDAC.aspx>
- easysolar. (2021). *easysolar*. Obtenido de <https://easysolar.app/es/calculadora-de-sombras/>
- Maps, G. (2024). *Google Maps*.
- México Social. (2019). *México Social*. Obtenido de <https://www.mexicosocial.org/cambio-climatico-mexico-cumbre-sobre-la-accion-climatica-temperatura-media/>
- Naciones Unidas. (2024). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- NOM. (2012). *Secretar*. Obtenido de https://www.profeco.gob.mx/juridico/normas/noms_energia.asp
- PVGIS. (2015). *PVGIS*. Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- REBT. (Febrero de 2009). *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*. Obtenido de https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia_bt_19_feb09R2.pdf
- WeatherSpark. (2024). *WeatherSpark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/8657/Clima-promedio-en-Veracruz-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXO 1 - DATASHEETS

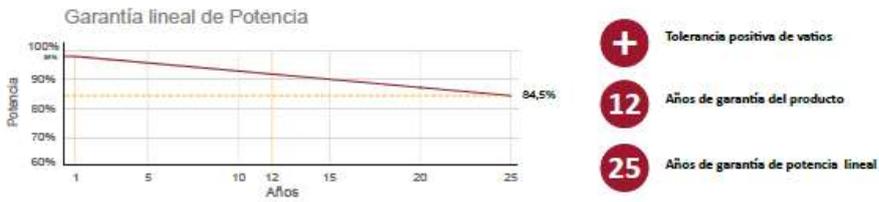
Hoja de características panel TENSITE EM550-PH



The graphic features the Tensite logo on the left and the model name EM550-PH on the right. In the center, two solar panels are shown overlapping. Below the panels, six icons describe key features: 144 cells, Half Cell Mono PERC technology, light design, high output power, low light performance, and high module conversion efficiency.

- 144 Células MBB 725 2P
- Tecnología Half Cell Mono PERC
- Mayor potencia de salida
- Diseño ligero
- Rendimiento con poca luz
- Mayor eficiencia de conversión del módulo

GARANTÍA



Tensite
Info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com



INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Tensite

EM550-PH

Datos Eléctricos STC

EM550-PH

Tipo de módulo	550M Half cell Mono PERC
Máxima potencia (Wp)	550 Wp
Corriente de potencia máxima (Imp)	13,12 A
Voltaje de potencia máxima (Vmp)	41,95 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	13,98 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	49,80 V
Eficiencia del módulo	21%
Fusible de serie máxima	25 A
Número de Diodos	3
Tolerancia positiva de potencia	0+3%
Condiciones de prueba estándar	1.000 W/m ² , 25 °C, AM 1.5
Voltaje máximo del sistema DC	1.500 V
Coefficiente de temperatura I _{sc}	0,048% / °C
Coefficiente de temperatura V _{oc}	-0,270% / °C
Coefficiente de temperatura P _{mp}	-0,350% / °C
Rango temperatura funcionamiento	-40°C / +85°C
Temperatura operación célula (TONC)	45°C ±2
Capacidad carga frontal del módulo	5.400 Pa IEC61215 (nieve)
Capacidad carga trasera del módulo	2.400 Pa IEC61215 (viento)

*Condiciones Estándar de Medida STC: Irradiación 1.000 W/m², espectro AM1.5, célula a 25°C.

Valores en condiciones TONC**

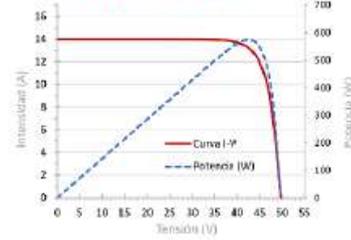
Potencia máxima TONC (P _{max})	416 W
Voltaje de potencia máxima (V _{mp} TONC)	39,65 V
Corriente de potencia máxima (I _{mp} TONC)	10,51 A
Voltaje de circuito abierto (V _{oc} TONC)	46,80 V
Corriente de cortocircuito (I _{sc} TONC)	11,11 A

**Condiciones TONC: Irradiación de 800 W/m², AM1.5, temperatura ambiente 20 °C y viento de 1 m/s.

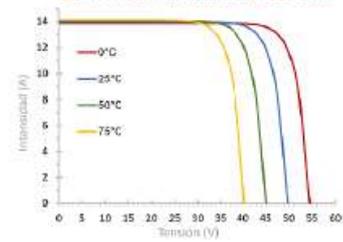
Características mecánicas

Cubierta frontal (material/espesor)	Vidrio templado / 3.2mm
Peso del módulo	27,2 kg
Dimensiones del módulo (L / W / H)	2.279 x 1.134 x 35mm
Lámina de protección posterior	TPT en blanco
Células (cantidad/material)	144 (6x12x2) / Silicio mono
Marco (material/color)	Aluminio anodizado / Plata
Grado protección caja de conexiones	≥ IP68
Cables y conectores	4mm ² , long. 1.400mm
Clasificación de calidad	Clase A
Clase de protección eléctrica	Clase II
Clase de seguridad contra incendios	Clase C

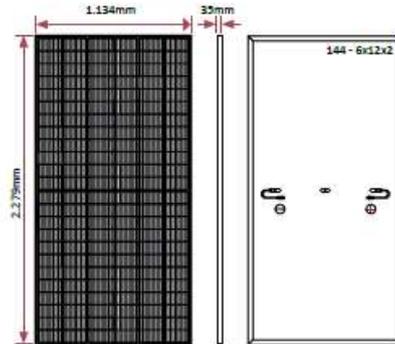
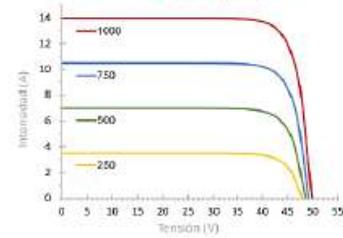
Curva I-V y Potencia W @ STC



Curvas I-V y Temperaturas °C @ 1000 W/m²



Curvas I-V e Irradiación W/m² @ 25°C



Tensite
info@tensite-energy.com
www.tensite-energy.com



v-85-1
Patrocinador oficial de
GAS

Hoja de características inversor SUN2000-50KTL-M3

SUN2000-50KTL-M3
Smart PV Controller



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer



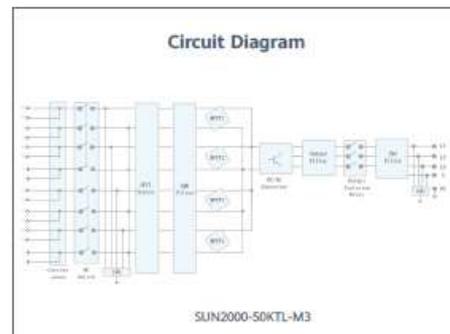
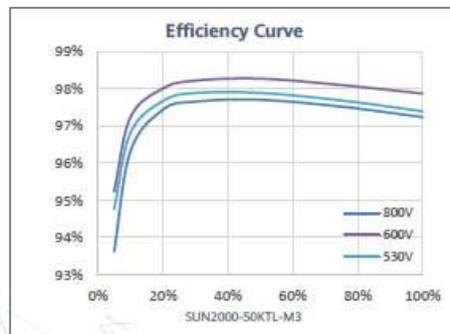
Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

SUN2000-50KTL-M3 Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-50KTL-M3
Efficiency	
Max. Efficiency	98.5%
European Efficiency	98.0%
Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V – 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4
Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	400 Vac / 480 Vac, 3W+(N) + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @ 400Vac, 60.1 A @ 480Vac
Max. Output Current	79.8 A @ 400Vac, 66.5 A @ 480Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG – 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-Islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Ripple Receiver Control	Yes
Integrated PID Recovery ³	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (Isolation Transformer required)
Optimizer Compatibility	
DC MBUS Compatible Optimizer	MERC-1100/1300W-P
General Data	
Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	49 kg (108.1 lb)
Operating Temperature Range	-25°C – 60°C (-13°F – 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0% RH – 100% RH
DC Connector	Amphenol HH4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W
Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, DEWA

- The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
- Any OC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.
- 9.0/10.0/30-100/1-40 relies potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include P-type (mono, poly), N-type (PERC, HJT).
- 30% PL platform only supports CSI Optimizer(MERC-1100/1300W-P). The current version does not support this function and it can be upgraded to optimizer version via new inverter software version(Dec.30th, 2022) Refer to <http://solar.huawei.com/>

Hoja de características fusible gPV 20 A y 1000 V



FOTOVOLTAICOS

FUSIBLES & BASES PORTAFUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

CIL gPV
CILINDRICOS
fusibles

Los fusibles cilíndricos gPV 10x85 y 10/14x85 DF Electric han sido desarrollados para ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica de los módulos fotovoltaicos en tensiones hasta 1.200/1.500V DC.

Proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos (clase gPV de acuerdo a la Norma IEC 60269-6 y UL248-19). Están contruidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos. Los contactos están realizados en cobre plateado y los elementos de fusión son de plata, lo que evita el envejecimiento y mantiene inalterables las características.

Para estos fusibles recomendamos la utilización de bases portafusibles PML.



U	1800V DC	In (A)	REFERENCIA	EMBALAJE		
			Un./CAJA			
PODER DE CORTE	30kA	NORMAS	UL	2	492202	10/60/1000
				4	492205	10/60/1000
				6	492210	10/60/1000
				8	492215	10/60/1000
				10	492220	10/60/1000
				12	492225	10/60/1000
				16	492229	10/60/1000
U	1200V DC			20	492235	10/60/1000
				25	492240	10/60/1000
PODER DE CORTE	10kA					
NEUTRO			431010	10/60/1000		



U	1500V DC	In (A)	REFERENCIA	EMBALAJE	
			Un./CAJA		
PODER DE CORTE	10kA		20	492250	10/480
			26	492255	10/480
			30	492260	10/480
			32	492262	10/480



U	1800V DC	In (A)	REFERENCIA	EMBALAJE	
			Un./CAJA		
PODER DE CORTE	30kA		40	492270	10/260
			60	492275	10/260



NORMAS
IEC 60269-1
IEC 60269-6
UL 248-19

DIMENSIONES
PAG 20
PAG 21

CARACTERÍSTICAS t-I
PAG 20
PAG 21

COEFICIENTE REDUCCION TEMPERATURA AMBIENTE
PAG 43

COMPATIBLE PORTAFUSIBLES PML
PAG 12

COMPATIBLE CONTACTO PINZA FUSIBLES 010
PAG 13

Hoja de características portafusibles



FOTOVOLTAICOS

FUSIBLES & BASES PORTAFUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

PMX
PMX
CILINDRICOS
fusibles



La principal novedad que ofrecen es la tensión asignada de 1000V DC. Están destinadas principalmente a ofrecer una solución de protección compacta, segura y económica en instalaciones fotovoltaicas, donde, debido al constante incremento de potencia y la evolución tecnológica, es común que se precise proteger grupos de paneles solares que pueden alcanzar tensiones hasta 800V DC.

Bases portafusibles modulares para utilizar con fusibles cilíndricos talla 10x38 y 14x51 según norma IEC/EN 60269. Diseño compacto, de dimensiones reducidas, fabricadas con materiales de calidad. Contactos de cobre electrolítico plateados.

Materiales plásticos autoextinguibles y de alta resistencia a la temperatura. Todos los materiales utilizados son conformes a la Directiva europea RoHS (Restricción de ciertas sustancias peligrosas en el material eléctrico).



10x38

U 1000V DC

I 32A

NRVAS

INDICADOR	POLOS	MODULOS	REFERENCIA	EMBALAJE UN./CAJA
NO	UNIPOLAR	1	485150	12/192
NO	BIPOLAR	2	485151	6/96
SI	UNIPOLAR	1	485152	12/192
SI	BIPOLAR	2	485153	6/96



485152

14x51

U 1100V DC

I 50A

NO	UNIPOLAR	1	485250	6/90
NO	BIPOLAR	2	485251	3/45
SI	UNIPOLAR	1	485252	6/90
SI	BIPOLAR	2	485253	3/45



485252

22x65

U 1500V DC

I 100A

NO	UNIPOLAR	1	485720	6/48
----	----------	---	--------	------



NORMAS

IEC/EN 60269-1 UL 4248-1
IEC/EN 60269-2 UL 4248-19
CSA 4248-19

DIMENSIONES

PAG 28
PAG 29

ACCESORIOS

PAG 30
PAG 31

COMPATIBLE
FUSIBLES gPV CILINDRICOS
PAG 04

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Hoja de características magnetotérmico NZNM2-ME200-BT-NA

DATASHEET - NZMN2-ME200-BT-NA



Circuit-breaker, 3p, 200A, box terminals

Part no. NZMN2-ME200-BT-NA
Catalog No. 142423



Similar to illustration

Delivery program

Product range				Circuit-breaker
Protective function				Motor protection
Standard/Approval				UL/CSA, IEC
Installation type				Fixed
Release system				Electronic release
Construction size				NZM2
Description				Switches conform to UL/CSA as well as the IEC regulations. IEC switching performance values are contained on the rating plate. 100% rated For use in motor circuits with contactor. Additional motor protective characteristics (calibration) to UL508, CSA-C22.2 No. 14-05. Adjustable overload releases Ir adjustable time delay setting to overcome current peaks Ir: 2 – 20 s at 6 x Ir
Number of poles				3 pole
Standard equipment				Box terminal
Rated current = rated uninterrupted current	$I_n = I_b$	A	200	
Switching capacity				
SCCR 480 V 60 Hz	I_{cu}	kA	95	
Setting range				
Overload trip		I_r	A	100 - 200
Short-circuit releases				
Non-delayed		$I_t = I_n \times \dots$		2 - 14
Motor power		480 V 480 V	HP	150

Technical data

General

Standards			IEC/EN 60947
Protection against direct contact			Finger and back of hand proof to VDE 0106 Part 100
Climatic proofing			Damp heat, constant, to IEC 60068-2-78 Damp heat, cyclic, to IEC 60068-2-30
Ambient temperature			
Ambient temperature, storage		°C	-40 - +70
Operation		°C	-25 - +70
Mechanical shock resistance (10 ms half-sinusoidal shock) according to IEC 60068-2-27		g	20 (half-sinusoidal shock 20 ms)
Safe isolation to EN 61140			

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Between auxiliary contacts and main contacts	V AC	500
between the auxiliary contacts	V AC	300
Weight	kg	2.345
Mounting position		
Mounting position		<p>Vertical and 90° in all directions</p>  <p>With XF1 earth-fault release: - NZM1, N1, NZM2, N2: vertical and 90° in all directions with plug-in unit - NZM1, N1, NZM2, N2: vertical, 90° right/left with withdrawable unit - NZM3, N3: vertical, 90° right/left - NZM4, N4: vertical with remote operator: - NZM2, N1S12, NZM3, N1S13, NZM4, N1S14: vertical and 90° in all directions</p>
Direction of incoming supply		as required
Degree of protection		
Device		In the operating controls area: IP20 (basic degree of protection)
Enclosures		With insulating surround: IP40 With door coupling rotary handle: IP68
Terminations		Tunnel terminal: IP10 Phase isolator and strip terminal: IP00
Other technical data (sheet catalogue)		Weight Temperature dependency, Derating Effective power loss
Circuit-breakers		
Rated surge voltage invariability	U_{imp}	
Main contacts	V	8000
Auxiliary contacts	V	8000
Rated operational voltage	U_n	V AC 690
Overtoltage category/pollution degree		III/3
Rated insulation voltage	U_i	V 1000
Use in unearthed supply systems	V	≤ 690
Switching capacity		
Rated short-circuit making capacity	I_{cm}	
240 V	I_{cm}	kA 187
400/415 V	I_{cm}	kA 105
440 V 50/60 Hz	I_{cm}	kA 74
525 V 50/60 Hz	I_{cm}	kA 53
690 V 50/60 Hz	I_c	kA 40
Rated short-circuit breaking capacity I_{cu}	I_{cu}	
I_{cu} to IEC/EN 60947 test cycle O-t-CD	I_{cu}	kA
240 V 50/60 Hz	I_{cu}	kA 85
400/415 V 50/60 Hz	I_{cu}	kA 50
440 V 50/60 Hz	I_{cu}	kA 35
525 V 50/60 Hz	I_{cu}	kA 25
690 V 50/60 Hz	I_{cu}	kA 20
I_{cs} to IEC/EN 60947 test cycle O-t-CO-t-CD	I_{cs}	kA
240 V 50/60 Hz	I_{cs}	kA 85
400/415 V 50/60 Hz	I_{cs}	kA 50
440 V 50/60 Hz	I_{cs}	kA 35
525 V 50/60 Hz	I_{cs}	kA 25
690 V 50/60 Hz	I_{cs}	kA 5
Maximum low-voltage h.b.c. fuse	A gG/gL	355
		Maximum back-up fuse, if the expected short-circuit currents at the installation location exceed the switching capacity of the circuit-breaker.
Technical data that diverge from products for the IEC market		
Switching capacity of NA switches (UL489, CSA 22.2 No. 5.1)		
Short-circuit current rating SCCR		

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

SCCR 240 V 60 Hz	I_{CB}	kA	85
SCCR 480 V 60 Hz	I_{CB}	kA	35
Rated short-time withstand current			
$t = 0.3$ s	I_{CW}	kA	1.9
$t = 1$ s	I_{CW}	kA	1.9
Utilization category to IEC/EN 60947-2			A
Lifespan, mechanical (of which max. 50 % trip by shunt/undervoltage release)	Operations		20000
Lifespan, electrical			
AC-1			
400 V 50/60 Hz	Operations		10000
690 V 50/60 Hz	Operations		7500
AC-3			
400 V 50/60 Hz	Operations		6500
415 V 50/60 Hz	Operations		6500
690 V 50/60 Hz	Operations		5000
Max. operating frequency		Ops/h	120
Total break time at short-circuit		ms	< 10
Terminal capacity			
Standard equipment			Box terminal
Round copper conductor			
Tunnel terminal			
Solid		mm ²	1 x 16
Al conductors, Cu cable			
Tunnel terminal			
Solid		mm ²	1 x 16
Copper busbar (width x thickness)			
Bolt terminal and rear-side connection	mm		
Screw connection			M8

Design verification as per IEC/EN 61439

Technical data for design verification			
Rated operational current for specified heat dissipation	I_n	A	200
Equipment heat dissipation, current-dependent	P_{vid}	W	33
Operating ambient temperature min.		°C	-25
Operating ambient temperature max.		°C	70
IEC/EN 61439 design verification			
10.2 Strength of materials and parts			
10.2.2 Corrosion resistance			Meets the product standard's requirements.
10.2.3.1 Verification of thermal stability of enclosures			Meets the product standard's requirements.
10.2.3.2 Verification of resistance of insulating materials to normal heat			Meets the product standard's requirements.
10.2.3.3 Verification of resistance of insulating materials to abnormal heat and fire due to internal electric effects			Meets the product standard's requirements.
10.2.4 Resistance to ultra-violet (UV) radiation			Meets the product standard's requirements.
10.2.5 Lifting			Does not apply, since the entire switchgear needs to be evaluated.
10.2.6 Mechanical impact			Does not apply, since the entire switchgear needs to be evaluated.
10.2.7 Inscriptions			Meets the product standard's requirements.
10.3 Degree of protection of ASSEMBLIES			Does not apply, since the entire switchgear needs to be evaluated.
10.4 Clearances and creepage distances			Meets the product standard's requirements.
10.5 Protection against electric shock			Does not apply, since the entire switchgear needs to be evaluated.
10.6 Incorporation of switching devices and components			Does not apply, since the entire switchgear needs to be evaluated.
10.7 Internal electrical circuits and connections			Is the panel builder's responsibility.
10.8 Connections for external conductors			Is the panel builder's responsibility.
10.9 Insulation properties			
10.9.2 Power-frequency electric strength			Is the panel builder's responsibility.
10.9.3 Impulse withstand voltage			Is the panel builder's responsibility.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

10.9.4 Testing of enclosures made of insulating material		Is the panel builder's responsibility.
10.10 Temperature rise		The panel builder is responsible for the temperature rise calculation. Eaton will provide heat dissipation data for the devices.
10.11 Short-circuit rating		Is the panel builder's responsibility. The specifications for the switchgear must be observed.
10.12 Electromagnetic compatibility		Is the panel builder's responsibility. The specifications for the switchgear must be observed.
10.13 Mechanical function		The device meets the requirements, provided the information in the instruction leaflet (IL) is observed.

Technical data ETIM 8.0

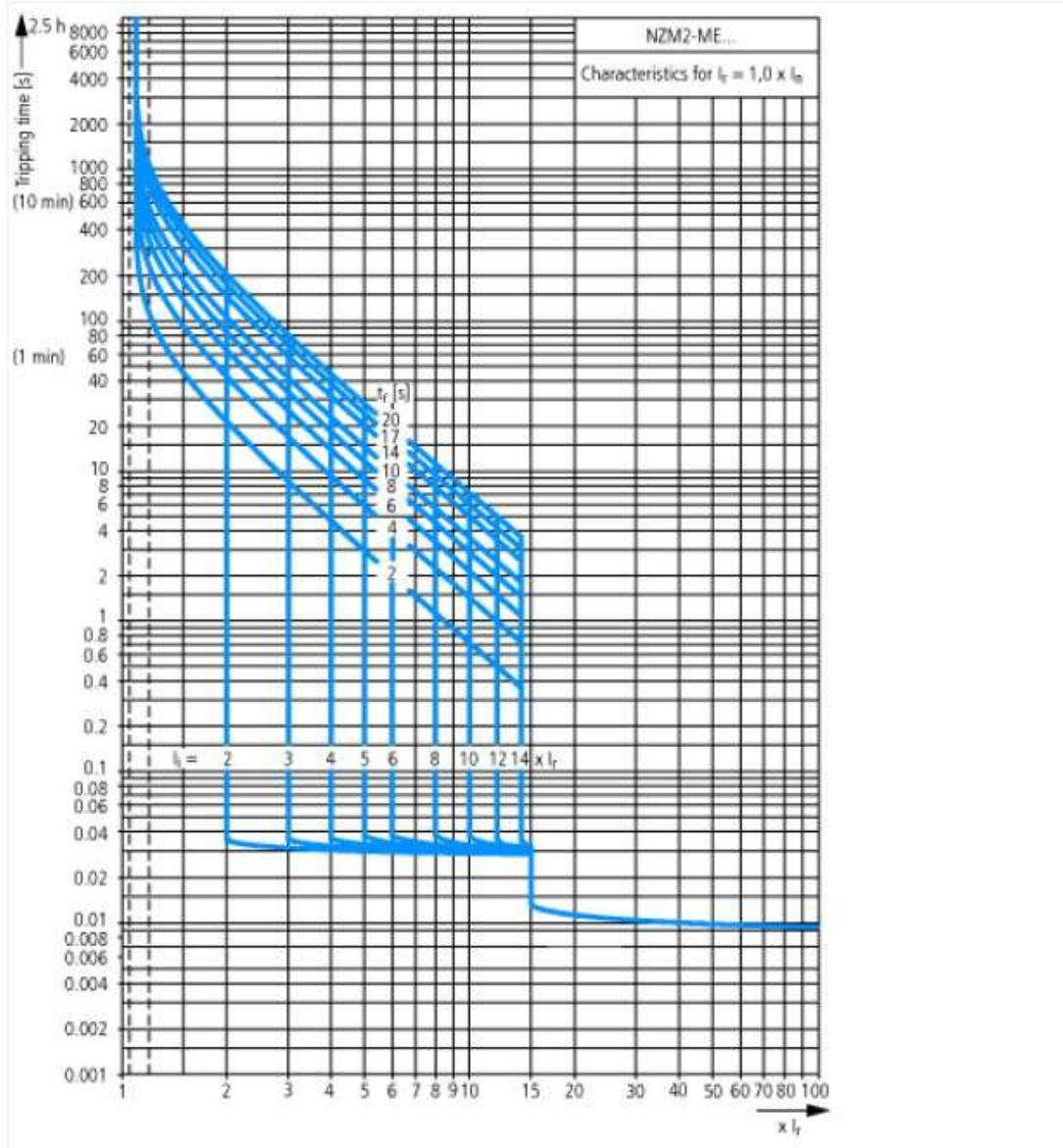
Low-voltage industrial components (EG000017) / Motor protection circuit-breaker (EC000074)		
Electric engineering, automation, process control engineering / Low-voltage switch technology / Circuit breaker (LV < 1 kV) / Motor protection circuit-breaker (ec)@ss10.0.1-27-37-04-01 (AGZ529018)		
Overload release current setting	A	100 - 200
Adjustment range undelayed short-circuit release	A	400 - 2800
With thermal protection		Yes
Phase failure sensitive		Yes
Switch off technique		Electronic
Rated operating voltage	V	690 - 690
Rated permanent current I _n	A	200
Rated operation power at AC-3, 230 V	kW	55
Rated operation power at AC-3, 400 V	kW	110
Type of electrical connection of main circuit		Other
Type of control element		Rocker lever
Device construction		Built-in device fixed built-in technique
With integrated auxiliary switch		No
With integrated under voltage release		No
Number of poles		3
Rated short-circuit breaking capacity I _{cu} at 400 V, AC	kA	35
Degree of protection (IP)		IP20
Height	mm	195
Width	mm	105
Depth	mm	149

Approvals

Product Standards		UL 489; CSA-C22.2 No. 5-09; IEC 60947-2; CE marking
UL File No.		E31593
UL Category Control No.		DIV0
CSA File No.		022086
CSA Class No.		1432-01
North America Certification		UL listed, CSA certified
Specially designed for North America		Yes, additionally calibrated according to UL 508.
Suitable for		Feeder circuits, branch circuits
Current Limiting Circuit-Breaker		Yes
Max. Voltage Rating		480 V
Degree of Protection		IEC: IP20; UL/CSA Type: -

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Characteristics



Hoja de características sobretensiones iPRD40r 40 KA 1000DC

Hoja de características del producto

Especificaciones



iPRD40r 40KA 1000DC

ASL40281

Principal

Range of product	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iPRF1
Nombre corto del dispositivo	IPRD PV-DC
Tipo de producto o componente	Limitador de sobretensiones con cartucho enchufable
Número de polos	2P
Tipo de salida	Contacto (sin tensión)
Composición de contactos de señalización	1 SD (1 C/O)
Tipo de limitador de sobretensiones	Red de distribución eléctrica
[Uoc] tensión de circuito abierto	833 V

Complementario

Tipo y clase de limitador de sobretensiones	Tipo 2
Tecnología de limitador de sobretensiones	MOV
[Ue] Tensión nominal de empleo	1000 V +/- 10 % corriente continua
[In] nominal discharge current	16 kA
[Imax] maximum discharge current	40 kA
[Ucpv] maximum continuous operating voltage	Modo diferencial, estado 1 1000 V L+/L- Modo común, estado 1 1000 V L+/PE Modo común, estado 1 1000 V L-/PE
[Up] nivel de protección de tensión	Modo común ~3,9 kV tipo 2 L+/PE Modo común ~3,9 kV tipo 2 L-/PE Modo diferencial ~3,9 kV tipo 2 L+/L-
Tipo de dispositivo seccionador	Integrated disconnector
Señalizaciones en local	Blanco/rojo bandera
Tensión del circuito de señalización	CA, estado 1 250 V 50/60 Hz
Corriente salida señal.	0.25 A
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN

Atención: Este documento no pretende sustituir el manual de instrucciones o la información de este producto para aplicaciones específicas de los usuarios.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

Pasos de 9 mm	6
Altura	86 mm
Anchura	54 mm
Profundidad	69 mm
Peso del producto	400 g
Color	Blanco - tipo de cable: RAL 9003)
Tiempo de respuesta	<= 25 ns
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel 2,5...25 mm ² rígido Terminal tipo túnel 2,5...16 mm ² flexible Borne 2,5...16 mm ² flexible con terminal
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm
Par de apriete	3,5 N.m

Entorno

Normas	EN 60539-11:2013 UTE C 61740-61
Certificaciones de producto	CE
Grado de protección IP	En cara frontal, estado 1 IP40 En terminal, estado 1 IP20
Grado de protección IK	IK03
Humedad relativa	5...95 %
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	369,0 g
Paquete 1 Altura	7,7 cm
Paquete 1 ancho	6,3 cm
Paquete 1 Longitud	9,2 cm
Tipo de unidad del paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	36
Peso del paquete 2	14,463 kg
Paquete 2 Altura	30 cm
Ancho del paquete 2	30 cm
Longitud del paquete 2	40 cm
Tipo de unidad del paquete 3	BB1
Número de unidades en el paquete 3	4
Paquete 3 Peso	1,644 kg
Paquete 3 Altura	8,6 cm

Hoja de características diferencial DPX3 250 4P 200A 25kA



87045 LIMOGES Cedex
Phone : +33 05 55 06 87 87 – Fax : +33 05 55 06 88 88

DPX³ 250 + earth leakage
Thermal magnetic and trip-free switches
DPX³-I 250 + earth leakage

Reference(s) : **420 226/ 227/ 228/ 229**
420 256/ 257/ 258/ 259
420 286/ 287/ 288/ 289
420 626/ 627/ 628/ 629
420 296



CONTENTS	PAGES
1. USE	1
2. RANGE	1
3. DIMENSIONS	1
4. OVERVIEW	2
5. ELECTRICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS	3
6. CONFORMITY	4
7. NAVIGATION	4
8. EQUIPMENTS AND ACCESSORIES	4
9. CURVES	6

1. USE

DPX³ "moulded case" circuit breaker offers optimal solutions to answer to protection requirements of tertiary and industrial installations.

2. RANGE

Circuit breakers

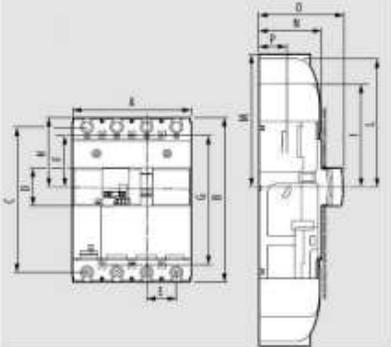
	25 kA	36 kA	50 kA	70 kA
I _n (A)	4P	4P	4P	4P
100	4 202 25	4 202 55	4 202 85	4 206 25
160	4 202 27	4 202 57	4 202 87	4 206 27
200	4 202 28	4 202 58	4 202 88	4 206 28
250	4 202 29	4 202 59	4 202 89	4 206 29

Switch

I _n (A)	4P
250	4 202 98

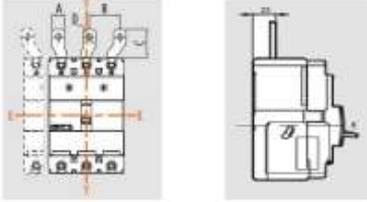
3. DIMENSIONS

Fixed version



A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	N	O	P	
OFF	50	115	172,5	45	35	60,5	153	61,5	112,5	100	74	108	38

Fixed version, front terminals



A	B	C	D
33	48,5	54,75	13

Technical sheet: F01365EN/04

Update: 14/11/2023

Creation: 25/05/2011

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

DPX³ 250 + earth leakage
Thermal magnetic and trip-free switches
DPX³-I 250 + earth leakage

Reference(s) : 420 225/ 227/ 228/ 229

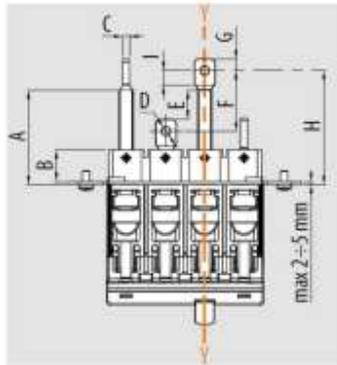
420 255/ 257/ 258/ 259

420 285/ 287/ 288/ 289

420 625/ 627/ 628/ 629

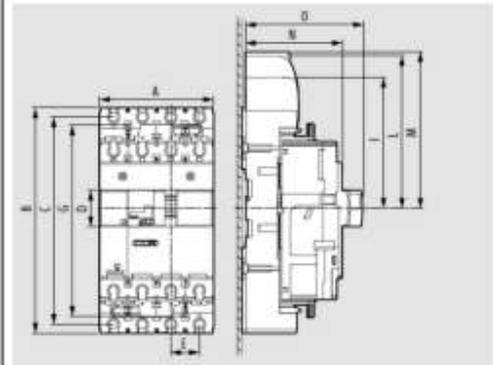
420 296

Fixed version, rear terminals



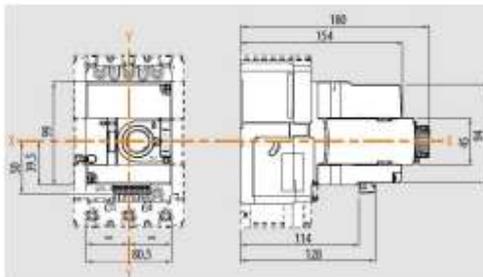
A	B	C	D	E	F	G	H	I
66,5	22	6	8,4	15,5	44	15	79	10

Plug-in version

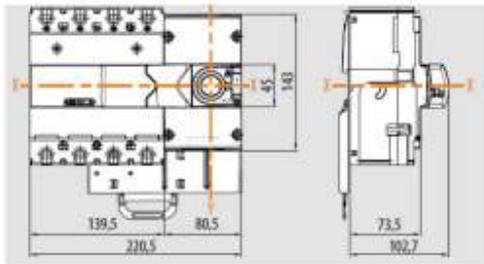


A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	
DIFF.	140	278	255,5	45	35	103	236	150	180	217,5	-	122	148

Fixed version, front motor operator



Fixed version, side motor operator



4. OVERVIEW

4.1 Supplied

Supplied with

- fixing screws
- connection plates for bars and cable lugs
- insulating shields (phase barrier)

4.2 Mounting possibilities

On plate:

- Vertical
- Horizontal
- Supply inverter type

On DIN rail:

- Vertical
- Supply inverter type

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

DPX³ 250 + earth leakage

Thermal magnetic and trip-free switches

DPX³-I 250 + earth leakage

Reference(s) : 420 226/ 227/ 228/ 229

420 256/ 257/ 258/ 259

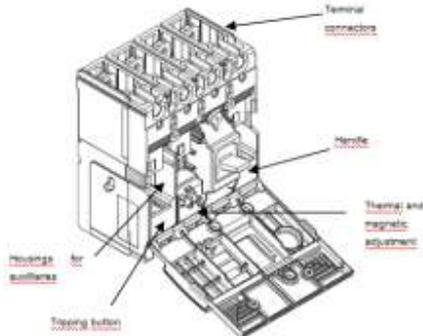
420 286/ 287/ 288/ 289

420 626/ 627/ 628/ 629

420 298

5. ELECTRICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS

5.1 Main parts constituting the circuit breaker



Circuit Breaker	DPX ³ 250 (R/F/N/H) [25A, 30A, 50A, 75A]
Rated current (A)	30, 50, 100, 250
Poles	1 - 4
Rated insulation voltage U _i (V)	500
Rated operating voltage (50/60Hz) U _v (V)	500
Rated impulse withstand current U _{imp} (kV)	6
Rated frequency (Hz)	50 - 60
Reference ambient temperature (°C)	40 - 50
Operating temperature (°C)	-25 + 70
Mechanical endurance (cycles)	30000
Mechanical endurance with motor control (cycles)	30000
Electrical endurance at I _n (cycles)	3000
Electrical endurance at 0.5 I _n (cycles)	30000
Utilization category	A
Suitable for isolation	Yes
Type of protection	Thermal magnetic
Magnetic adjustment	5 - 10 x I _n
Thermal adjustment	0.8 - 1 x I _n
Neutral protection for 4P version (N ₀)	300
Dimensions (W x H x D) (mm) 4P	140 x 105 x 200
Weight (kg)	2.7 (4P)
Earth leakage type	A - integrated
Adjustable sensitivity (A)	0.03 - 0.3 - 1 - 3
Adjustable tripping (s)	0 - 0.3 - 1 - 3 (with 0.03 A possible only 0s)

Switch	DPX ³ -I
Uninterrupted nominal current I _n (A)	250
Short-time relative current I _{rs} (kA) for 3s	1
Rated short-circuit making capacity I _{sc} (kA)	6.5
Isolated voltage U _i (V AC)	500
Maximum rated operating voltage U _v (V AC/DC)	500
Rated impulse withstand voltage U _{imp} (kV)	6
Utilization category	AC23-23A
Rated frequency (Hz)	50-60
Operating temperature (°C)	-25 + 70
Mechanical endurance (cycles)	30000
Mechanical endurance with motor control (cycles)	30000
Electrical endurance (cycles) at I _n	3000
Electrical endurance (cycles) at 0.5 I _n	30000
Dimensions (W x H x D) (mm) 4P	140 x 105 x 100
Weight (kg)	2.7 (4P)
Earth leakage type	Integrated
Adjustable sensitivity (A)	0.03 - 0.3 - 1 - 3
Adjustable tripping (s)	0 - 0.3 - 1 - 3 (with 0.03 A possible only 0s)

5.2 Breaking capacity (kA)

	U _m /I _{sc}	Breaking capacity (kA) & I _{sc}			
		3P-4P	3P-4P	3P-4P	3P-4P
IEC 60947-2	220/240 V AC	40	60	80	100
	380/415 V AC	25	36	50	70
	440/460 V AC	20	30	40	60
	480/500 V AC	8	16	18	20
	I _{sc} [% I _{sc}]	100	100	100	100
Rated making capacity under short circuit I _{sm}					
	I _{sm} (kA) at 415V	52.5	75.6	105	154
NEMA AB-1	220/240 V AC	40	60	80	100
	480/500 V AC	8	16	18	20

5.3 Rated current (I_n) at 40°C / 50°C

I _n (A)	Assigned current trip			
	thermal		magnetic	
	L1-L2-L3	N	L1-L2-L3	N
100	100	100	1000	1000
160	160	160	1600	1600
200	200	200	2000	2000
250	250	250	2500	2500

5.4 Power losses per pole under I_n

Circuit breaker

Lugs	Power losses per pole (W)			
	I _n (A)			
	100	160	200	250
	7.7	13.7	16.6	20.4

Values in the table are referred to single phase and they are misured with cold breaker (with hot breaker, increase of 10% must be considered)

5.5 Load operations

Loads operation	
Rated current (A)	I _n = 250A
Opening (N)	45
Closing (N)	78
Reset (N)	75

Technical sheet: F01365EN/04

Update: 14/11/2019

Creation: 25/05/2011

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

DPX³ 250 + earth leakage

Thermal magnetic and trip-free switches

DPX³-I 250 + earth leakage

Reference(s) : 420 226/ 227/ 228/ 229
 420 256/ 257/ 258/ 259
 420 286/ 287/ 288/ 289
 420 626/ 627/ 628/ 629
 420 298

5.6 Functioning in particular conditions

5.6.1 Temperature

I _n (A)	Temperature T _a (°C)																		
	-25	-20	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
100	115	132	139	126	123	120	117	112	107	100	100	90	84						
160	236	211	205	201	197	192	179	163	160	160	143	134							
200	270	264	256	251	246	240	224	203	200	200	179	168							
250	338	330	320	314	308	300	280	256	250	250	224	210							

5.6.2 Altitude

Altitude (m)	2000	3000	4000	5000
U _n (V)	500	430	380	330
I _n (A) (T _a = 40°C/50°C)	I _n	0.98 x I _n	0.93 x I _n	0.9 x I _n

5.6.3 Use at 400 Hz

Not possible with this release.

6. CONFORMITY

DPX³ range of product concerning circuit-breakers and switch-disconnectors are in full compliance with the EN/IEC standard 60947-2 and 60947-3 respectively.

The certificate are issued by LOVAG and/or by IECEE CB-scheme certification scheme.

All the product range are CE, CCC, EAC, ANCE marked.

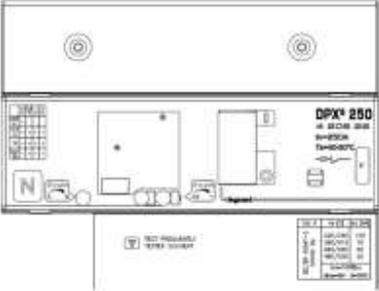
DMX³ are full in compliance with the Shipping Register of Lloyds, RINA, Bureau Veritas, Germanische Lloyds, Norske Veritas and ABS.

* Tropical climate* :

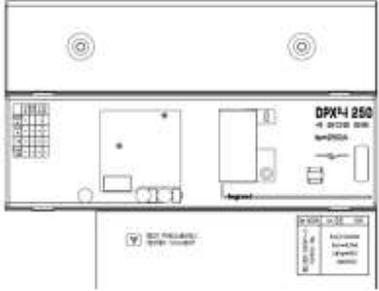
- execution II (all climates) according to IEC 60947-1 Annex Q, Cat. F.

6.1 Marking

Circuit breaker :



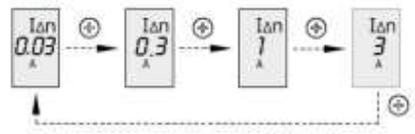
Switch:



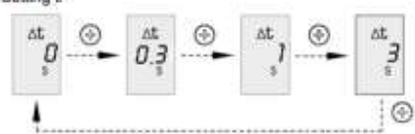
7. NAVIGATION

Setup mode

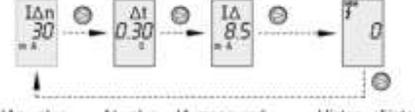
Setting ΔI_n



Setting t



ATTENTION: after 5" of permanence on display of the new protection value ΔI_n or time Δt, it is automatically set.



I_{Δn} value set Δt value set I_Δ measured value present History of interventions for differential intervention

8. EQUIPMENTS AND ACCESSORIES

8.1 Releases

- Shunt releases
 - 12 V ac/dc ref. 4 210 12
 - 24 V ac/dc ref. 4 210 13
 - 48 V ac/dc ref. 4 210 14
 - 110-130 V ac ref. 4 210 15
 - 200-277 V ac ref. 4 210 16
 - 380-480 V ac ref. 4 210 17
- Maximum power = 400 VA / W
- Undervoltage releases
 - 12 V ac/dc ref. 4 210 18
 - 24 V ac/dc ref. 4 210 19
 - 48 V ac/dc ref. 4 210 20
 - 110-130 V ac/dc ref. 4 210 21
 - 200-240 V ac ref. 4 210 22
 - 277 V ac ref. 4 210 23
 - 380-415 V ac ref. 4 210 24
 - 440-480 V ac ref. 4 210 25
- Maximum power = 4 VA
- Circuit breaker opening time < 50 ms
- Time-lag undervoltage releases (800ms)
 - Time-lag modules with voltage:
 - 230 V ac ref. 0 261 90
 - 400 V ac ref. 0 261 91
 - Release:
 - To be equipped with a time-lag module ref. 4 210 98

Technical sheet: F01365EN/04

Update: 14/11/2019

Creation: 25/05/2011

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO

DPX³ 250 + earth leakage

Thermal magnetic and trip-free switches

DPX³-I 250 + earth leakage

Reference(s) : **420 226/ 227/ 228/ 229**

420 256/ 257/ 258/ 259

420 286/ 287/ 288/ 289

420 626/ 627/ 628/ 629

420 288

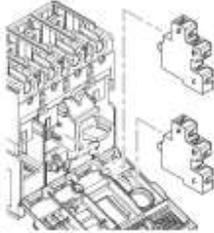
8.2 Auxiliary contact

set of connectors for aux contacts ref. 4 210 44
 aux contacts (1NC and 1 NO) for all rotary handles ref. 4 210 10
 signalling contact plugged-in version ref. 4 210 48
 Changeover switch 3A – 250 VAC ref. 4 210 11

To show the state of the contacts or opening of the DPX³ on a fault:
 Auxiliary contact (standard) **OC**
 Fault signal **CTR**

Auxiliary contact		
Nominal voltage [V _a]	V (AC or DC)	24 to 250
Intensity (A)	24 V DC	5
	48 V DC	1.7
	110 V DC	0.5
	230 V DC	0.25
	110 V AC	4
	230/250 V AC	3

Configurations:
 DPX³ 250 → 1 auxiliary contact + 1 fault signal



8.3 Rotary handles

Direct

- DPX³ direct rotary handle ref. 4 210 01
- DPX³ emergency direct rotary handle ref. 4 210 03

Vari-depth handle IP55

- DPX³ vari depth rotary handle ref. 4 210 04
- DPX³ emergency vari depth rotary handle ref. 4 210 05

Locking accessories

- Ronis type flat key random for direct rotary handle ref. 4 210 06
- Profalux type star key random for direct rotary handle ref. 4 210 07
- Ronis type flat key random for vari-depth handle ref. 4 210 08
- Profalux type star key random for vari-depth handle ref. 4 210 09
- Ronis type flat key (cod. EL43525) for direct rotary handle ref. 4 228 00
- Ronis type flat key (cod. EL43363) for direct rotary handle ref. 4 228 01
- Ronis type flat key (cod. EL43525) for vari-depth handle ref. 4 228 02
- Ronis type flat key (cod. EL43363) for vari-depth handle ref. 4 228 03

8.4 Mechanical accessories

Insulated shields (phase barriers)

- Set of 36 ref. 4 210 70

Sealable terminal shields

- sealable terminal shield for rear terminals 3P ref. 4 210 52
- sealable terminal shield for rear terminals 4P ref. 4 210 53
- sealable terminal shield for front spreaders 3P ref. 4 210 56
- sealable terminal shield for front spreaders 4P ref. 4 210 57

8.5 Connection accessories

Cable terminals

- terminals for Cu/Al cables kit (3P) - flex 1x120mm², rigid 1x150mm², lugs 28.5 x 8 x 8.5mm ref. 4 210 30
- terminals for Cu/Al cables kit (4P) - flex 1x120mm², rigid 1x150mm², lugs 28.5 x 8 x 8.5mm ref. 4 210 31
- screw terminals for bar connections (3P) ref. 4 210 79
- screw terminals for bar connections (4P) ref. 4 210 80

Front spreaders

- DPX³ front spreaders for 3P DPX³ 250 (set of 3) ref. 4 210 34
- DPX³ front spreaders for 4P DPX³ 250 (set of 4) ref. 4 210 35

Rear terminals

- DPX³ flat rear terminals for 3P DPX³ 250 (set of 3) ref. 4 210 38
- DPX³ flat rear terminals for 4P DPX³ 250 (set of 4) ref. 4 210 39

8.6 Plug-in version

Bases

- front/rear terminals plug-in base 3P DPX³ 250 ref. 4 210 42
- front/rear terminals plug-in base 4P (with or without earth leakage module) ref. 4 210 43

Locking accessories

- Ronis type flat key (cod. ABA90GEL6149) for plug-in base ref. 4 210 45
- Profalux type star key (cod. HBA90GPS6149) for plug-in base ref. 4 210 46
- padlock accessory for plug-in base ref. 4 210 47

8.7 Motor operator

- side motor operator 24-230 Vac/dc ref. 4 210 80
- front motor operator 24-230 Vac/dc ref. 4 210 81

Locking accessories for front motor operator

- Ronis type flat key (cod. ABA90GEL6149) for front motor operator ref. 4 210 62
- Profalux type flat key (cod. HBA90GPS6149) for front motor operator ref. 4 210 63
- padlock selector for front motor operator ref. 4 210 84

Locking accessories for side motor operator

- Ronis type flat key (cod. ABA90GEL6149) for side motor operator ref. 4 210 65
- Profalux type flat key (cod. HBA90GPS6149) for side motor operator ref. 4 210 66
- padlock selector for side motor operator ref. 4 210 67

8.8 Mounting on rail fixing plate

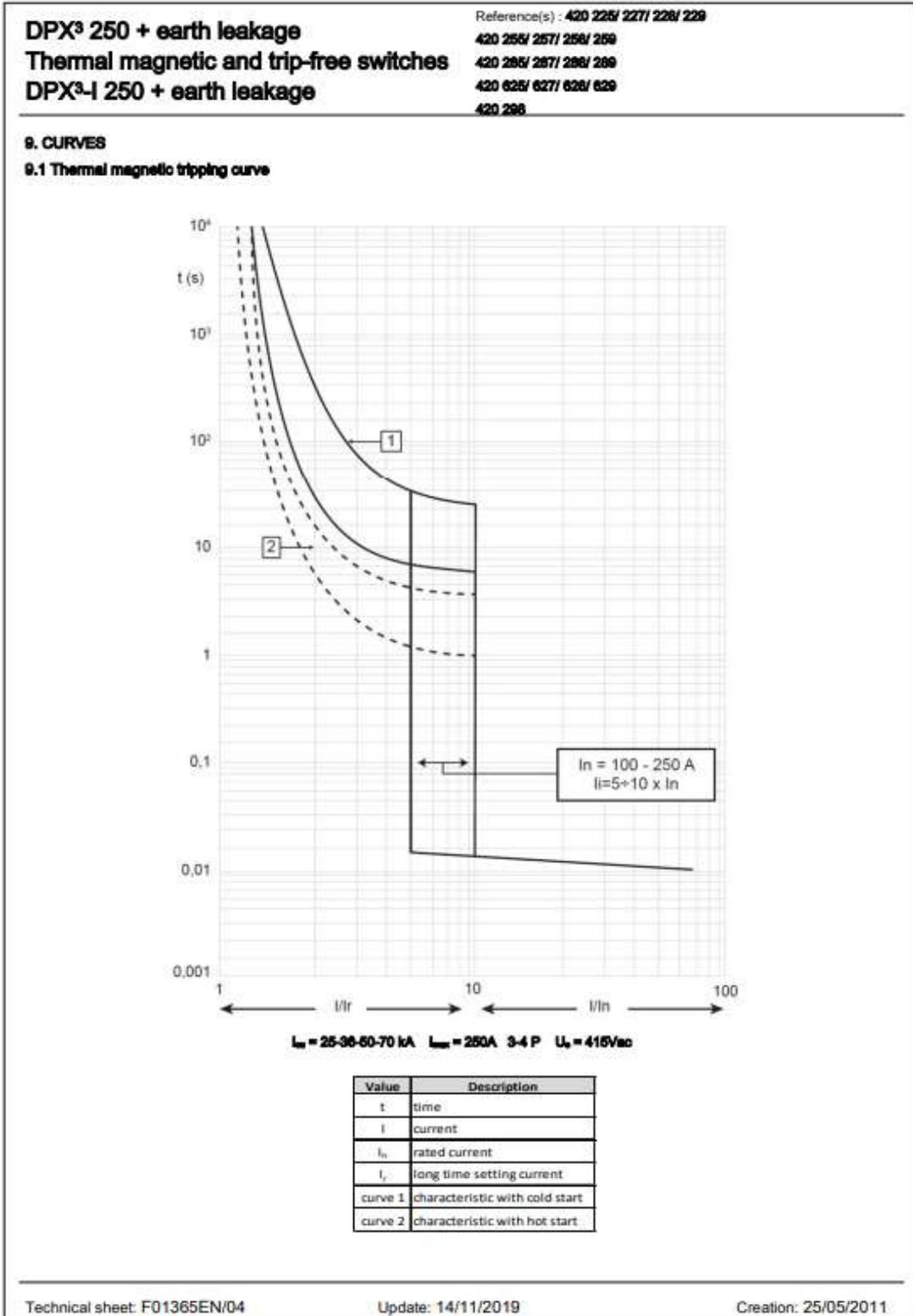
- DPX³ 250 3P/4P with earth leakage module ref. 4 210 74
- DPX³ 160 3P/4P with side mounting motor operator ref. 4 210 89

8.9 Spare parts

- Fixing screws (set of 4) for plate installation ref. 4 210 81
- Battery kit (batteries + extractor) for 1 breaker ref. 4 210 82
- Fixing screws (set of 12) for DIN installation ref. 4 210 84
- Mini USB cap (for 20 device) - light grey colour ref. 4 210 89
- Plug-in base kit (for 1 breaker 3P or 4P) ref. 4 210 91
- Compact terminal shields 4P (set of 2) ref. 4 210 97
- Generic seals kit (for 4x seal kit) ref. 4 210 95

Technical sheet: F01365EN/04
Update: 14/11/2019
Creation: 25/05/2011

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EDIFICIO TRIGUEROS DE VERACRUZ, MÉXICO



ANEXO 2 - PRESUPUESTO

Presupuesto.

- Cuadro de Precios Unitarios. MO, MT, MQ.
- Cuadro de Precios Auxiliares y Descompuestos.
- Cuadro de Precios nº1. En Letra.
- Cuadro de Precios nº2. MO, MT, MQ, RESTOS DE OBRA, COSTES INDIRECTOS.
- Presupuesto con Medición Detallada. Por capítulos.
- Resumen de Presupuesto. PEM, PEC, PCA.

Cuadro de mano de obra

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad (Horas)	Total (Euros)
1	Oficial 1ª Electricista	20,130	40,000 h.	805,20
2	Ayudante-Electricista	17,100	40,000 h.	684,00
3	Oficial 1ª Construcción	23,050	40,000 h.	922,00
4	Peón Especializado Construcción	20,340	40,000 h.	813,60
5	Oficial 1ª Metal	20,130	40,000 h.	805,20
6	Especialista Metal	17,100	40,000 h.	684,00
7	Capataz de construcción	23,810	40,000 h.	952,40
			Importe total:	5.666,40

Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	Fusible cilíndrico de 20 Amperios especialmente indicado protección de circuitos de corriente continua en aplicaciones fotovoltaicas. Proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos.	5,100	48,000 ud.	244,80
2	Base portafusible para fusible cilíndrico de 20 Amperios Talla: 10 x 38.	5,450	48,000 ud.	261,60
3	Dispositivo de protección frente a sobretensiones tipo 2 con tensión asignada de 1000 V y poder de corte de 40 kA.	71,780	48,000 ud.	3.445,44
4	Panel Solar 550W Monocristalino Tensite es un panel solar de alta eficiencia y tamaño compacto que ofrece una excelente capacidad de captación de energía. Las Placas Solares 550W son especialmente recomendables para instalaciones de gran tamaño debido a su rendimiento mejorado en comparación con los paneles solares convencionales. Este panel está compuesto por células de silicio monocristalino PERC, lo que le permite alcanzar una eficiencia óptima. Además, dentro de la gama de paneles solares de 24V, el Panel Solar 550W Monocristalino Tensite destaca por su máxima corriente de salida de 13.98A, lo que lo convierte en una opción muy potente para satisfacer las necesidades energéticas.	154,940	270,000 ud.	41.833,80
5	Línea de alimentación panel-inversor con cable Al USE-2 4 AWG 600 V.	2,300	4.800,000 m.	11.040,00
6	Magnetotérmico + diferencial DPX ³ 250 4 polos 200A 25kA. Automático de caja moldeada magnetotérmico diferencial - versión fija - Térmico ajustable de 0,8 a 1 In - Magnético ajustable de 5 a 10 In - Diferencial electrónico integrado con pantalla LCD - Sensibilidad ajustable: 0,03 - 0,3 - 1 - 3A - Disparo ajustable: 0 - 0,3 - 1 - 3 s (0 s solo con sensibilidad 0,03 A) Poder de corte Icu 25 kA (400 V~) - Número de polos: 4P - In: 200A . - Cumplen la norma UNE-EN 60947-2 .	6.558,040	3,000 ud.	19.674,12
7	Dispositivo magnetotérmico tripolar de corriente nominal 200 A y 690 V de tensión.	2.716,450	3,000 ud.	8.149,35
8	El Inversor Huawei SUN2000-50KTL-M3 Trifásico es un inversor de conexión a red preparado para ser instalado en viviendas o industrias que son alimentadas con corriente trifásica. Este inversor cuenta con una eficiencia del 98.5% a una potencia de 50kW y 55kV, por lo que este inversor se convierte en una excelente opción para instalaciones de conexión a red en negocios, naves industriales y sitios que requieran de una potencia de este calibre. Los 4 MPPT que incorpora este inversor se caracterizan por trabajar a un rango de tensión entre 200V y 1000V y por contar con un máximo de 8 entradas, 2 por cada MPPT.	3.330,920	3,000 ud.	9.992,76
9	Línea de alimentación inversor-red con cable de cobre de sección 107mm ² 4/0 AWG y revestimiento THW-LS.	13,520	90,000 m.	1.216,80
10	Hornacina prefabricada de hormigón, para alojamiento de caja de protección y medida de energía eléctrica, de 760x250x1750 mm de dimensiones exteriores, formada por cemento, árido, fibras de acero y polipropileno, con base de 840x500x500 mm de dimensiones exteriores.	295,000	1,000 ud.	295,00

Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
11	Hornacina prefabricada de hormigón, para alojamiento de caja de protección y medida de energía eléctrica, de 760x250x1200 mm de dimensiones exteriores, formada por cemento, árido, fibras de acero y polipropileno, con base de 840x500x500 mm de dimensiones exteriores.	237,000	2,000 ud.	474,00
12	La Estructura Inclinada Horizontal 20° 2 Paneles es un tipo de soporte para poder situar los paneles solares sobre una cubierta que no tiene inclinación. La Estructura Inclinada Horizontal 20° 2 Paneles otorga a los paneles, dispuestos horizontalmente sobre ella, una inclinación de 20° respecto a la superficie a la que se instala la estructura. Sus patas son triángulos premontados y cerrados con una gran superficie de apoyo. Esta Estructura Inclinada Horizontal 20° 2 Paneles es válida para paneles que midan 1.5x2.5m como máximo y de cualquier tipo de espesor de perfil.	199,280	135,000 ud.	26.902,80
13	Bandeja perforada 60x150 para canalización de líneas de baja tensión.	9,800	330,000 m.	3.234,00
			Importe total:	126.764,47

Cuadro de maquinaria

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad	Total (Euros)
1	Montacarga eléctrico 1000 kg.	31.583,890	1,000 ud.	31.583,89
			Importe total:	31.583,89

Cuadro de precios auxiliares

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1 Instalación Eléctrica DC				
1.1	01.01		Portecciones correspondientes a la parte de corriente continua de la instalación.	
	01.01.01	48,000 ud.	Fusible gPV 20 A 1000 Vdc	5,100 244,80
	01.01.02	48,000 ud.	Base Portafusible	5,450 261,60
	01.01.03	48,000 ud.	Sobretensiones iPRD40r 40KA 1000DC -...	71,780 3.445,44
		3,000 %	Costes indirectos	3.951,840 118,56
			Precio total por	4.070,40
Son cuatro mil setenta Euros con cuarenta céntimos				
1.2	01.02		Generadores eléctricos fotovoltaicos.	
	01.02.01	270,000 ud.	TENSITE EM550-PH Monocristalino PERC	154,940 41.833,80
		3,000 %	Costes indirectos	41.833,800 1.255,01
			Precio total por	43.088,81
Son cuarenta y tres mil ochenta y ocho Euros con ochenta y un céntimos				
1.3	01.03		Cableado correspondiente a la parte de continua.	
	01.03.01	4.800,000 m.	Al USE-2 21,20mm2 4 AWG	2,300 11.040,00
		3,000 %	Costes indirectos	11.040,000 331,20
			Precio total por	11.371,20
Son once mil trescientos setenta y un Euros con veinte céntimos				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2 Instalación Eléctrica AC				
2.1	02.01		Portecciones correspondientes a la parte de corriente alterna de la instalación.	
	02.01.01	3,000 ud.	Diferencial DPX3 250 4P 200A 25kA	6.558,040
	02.01.02	3,000 ud.	Disyuntor Eaton NZM.-ME..NA de 3 polo...	2.716,450
		3,000 %	Costes indirectos	27.823,470
			Precio total por	28.658,17
			Son veintiocho mil seiscientos cincuenta y ocho Euros con diecisiete céntimos	
2.2	02.02		Inversor eléctrico para el sistema fotovoltaico.	
	02.02.01	3,000 ud.	Huawei SUN2000-50KTL-M3	3.330,920
		3,000 %	Costes indirectos	9.992,76
			Precio total por	10.292,54
			Son diez mil doscientos noventa y dos Euros con cincuenta y cuatro céntimos	
2.3	02.03		Cableado correspondiente a la parte alterna de la instalación eléctrica.	
	02.03.01	90,000 m.	Cu THW-LS 107mm2 4/0 AWG	13,520
		3,000 %	Costes indirectos	1.216,800
			Precio total por	1.253,30
			Son mil doscientos cincuenta y tres Euros con treinta céntimos	

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3 Obra Civil				
3.1	03.01		Hornacinas prefabricadas para la aparamenta de protección.	
	03.01.01	1,000 ud.	Hornacina Prefabricada de Hormigón 760...	295,000
	03.01.02	2,000 ud.	Hornacina Prefabricada de Hormigón 760...	237,000
		3,000 %	Costes indirectos	769,000
			Precio total por	792,07
			Son setecientos noventa y dos Euros con siete céntimos	
3.2	03.02		Estructura de Soporte para los Paneles	
	03.02.01	135,000 ud.	Estructura Inclinada Horizontal 20º 2 Pan...	199,280
		3,000 %	Costes indirectos	26.902,800
			Precio total por	27.709,88
			Son veintisiete mil setecientos nueve Euros con ochenta y ocho céntimos	
3.3	03.03		Bandeja Perforada	
	03.03.01	330,000 m.	Bandeja perforada 60x150	9,800
		3,000 %	Costes indirectos	3.234,000
			Precio total por	3.331,02
			Son tres mil trescientos treinta y un Euros con dos céntimos	

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
4 Mano de Obra				
4.1	04.01		Mano de obra correspondiente a la parte eléctrica de la instalación.	
	04.01.01	40,000 h.	Oficial 1ª Electricista	20,130 805,20
	04.01.02	40,000 h.	Ayudante-Electricista	17,100 684,00
		3,000 %	Costes indirectos	1.489,200 44,68
			Precio total por	1.533,88
			Son mil quinientos treinta y tres Euros con ochenta y ocho céntimos	
4.2	04.02		Mano de obra correspondiente a la parte de obra civil de la instalación.	
	04.02.01	40,000 h.	Oficial 1ª Construcción	23,050 922,00
	04.02.02	40,000 h.	Peón Especializado Construcción	20,340 813,60
	04.02.03	40,000 h.	Oficial 1a Metal	20,130 805,20
	04.02.04	40,000 h.	Especialista Metal	17,100 684,00
	04.02.05	40,000 h.	Capataz de construcción	23,810 952,40
		3,000 %	Costes indirectos	4.177,200 125,32
			Precio total por	4.302,52
			Son cuatro mil trescientos dos Euros con cincuenta y dos céntimos	

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
			5 Maquinaria		
5.1	05.01		Maquinaria de Elevación		
	05.01.01	1,000 ud.	Montacarga eléctrico 1000 kg.	31.583,890	31.583,89
		3,000 %	Costes indirectos	31.583,890	947,52
			Precio total por		32.531,41
			Son treinta y dos mil quinientos treinta y un Euros con cuarenta y un céntimos		

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1 Instalación Eléctrica DC			
1.1	Portecciones correspondientes a la parte de corriente continua de la instalación.	4.070,40	CUATRO MIL SETENTA EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS
1.2	Generadores eléctricos fotovoltaicos.	43.088,81	CUARENTA Y TRES MIL OCHENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS
1.3	Cableado correspondiente a la parte de continua.	11.371,20	ONCE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS
2 Instalación Eléctrica AC			
2.1	Portecciones correspondientes a la parte de corriente alterna de la instalación.	28.658,17	VEINTIOCHO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS
2.2	Inversor eléctrico para el sistema fotovoltaico.	10.292,54	DIEZ MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.3	Cableado correspondiente a la parte alterna de la instalación eléctrica.	1.253,30	MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
3 Obra Civil			
3.1	Hornacinas prefabricadas para la apartamentada de protección.	792,07	SETECIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS CON SIETE CÉNTIMOS
3.2	Estructura de Soporte para los Paneles	27.709,88	VEINTISIETE MIL SETECIENTOS NUEVE EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS
3.3	Bandeja Perforada	3.331,02	TRES MIL TRESCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON DOS CÉNTIMOS
4 Mano de Obra			
4.1	Mano de obra correspondiente a la parte eléctrica de la instalación.	1.533,88	MIL QUINIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS
4.2	Mano de obra correspondiente a la parte de obra civil de la instalación.	4.302,52	CUATRO MIL TRESCIENTOS DOS EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS
5 Maquinaria			
5.1	Maquinaria de Elevación	32.531,41	TREINTA Y DOS MIL QUINIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1 Instalación Eléctrica DC		
1.1	Portecciones correspondientes a la parte de corriente continua de la instalación. <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	3.951,84 118,56	4.070,40
1.2	Generadores eléctricos fotovoltaicos. <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	41.833,80 1.255,01	43.088,81
1.3	Cableado correspondiente a la parte de continua. <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	11.040,00 331,20	11.371,20
	2 Instalación Eléctrica AC		
2.1	Portecciones correspondientes a la parte de corriente alterna de la instalación. <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	27.823,47 834,70	28.658,17
2.2	Inversor eléctrico para el sistema fotovoltaico. <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	9.992,76 299,78	10.292,54
2.3	Cableado correspondiente a la parte alterna de la instalación eléctrica. <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	1.216,80 36,50	1.253,30
	3 Obra Civil		
3.1	Hornacinas prefabricadas para la aparamenta de protección. <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	769,00 23,07	792,07
3.2	Estructura de Soporte para los Paneles <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	26.902,80 807,08	27.709,88
3.3	Bandeja Perforada <i>Materiales</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	3.234,00 97,02	3.331,02
	4 Mano de Obra		
4.1	Mano de obra correspondiente a la parte eléctrica de la instalación. <i>Mano de obra</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	1.489,20 44,68	1.533,88
4.2	Mano de obra correspondiente a la parte de obra civil de la instalación. <i>Mano de obra</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	4.177,20 125,32	4.302,52
	5 Maquinaria		
5.1	Maquinaria de Elevación <i>Maquinaria</i> 3 % <i>Costes indirectos</i>	31.583,89 947,52	32.531,41

Cuadro de precios nº 2

PRESUPUESTO Y MEDICION

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 Instalación Eléctrica DC

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	. Protecciones correspondientes a la parte de corriente continua de la instalación.					1,000	4.070,40	4.070,40
1.2	. Generadores eléctricos fotovoltaicos.					1,000	43.088,81	43.088,81
1.3	. Cableado correspondiente a la parte de continua.					1,000	11.371,20	11.371,20

Total presupuesto parcial nº 1 ... 58.530,41

PRESUPUESTO PARCIAL N° 2 Instalación Eléctrica AC

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	. Protecciones correspondientes a la parte de corriente alterna de la instalación.					1,000	28.658,17	28.658,17
2.2	. Inversor eléctrico para el sistema fotovoltaico.					1,000	10.292,54	10.292,54
2.3	. Cableado correspondiente a la parte alterna de la instalación eléctrica.					1,000	1.253,30	1.253,30

Total presupuesto parcial n° 2 ... 40.204,01

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 Obra Civil

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1	. Hornacinas prefabricadas para la aparamenta de protección.					1,000	792,07	792,07
3.2	. Estructura de Soporte para los Paneles					1,000	27.709,88	27.709,88
3.3	. Bandeja Perforada					1,000	3.331,02	3.331,02

Total presupuesto parcial nº 3 ... 31.832,97

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 4 Mano de Obra

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1	. Mano de obra correspondiente a la parte eléctrica de la instalación.							
						1,000	1.533,88	1.533,88
4.2	. Mano de obra correspondiente a la parte de obra civil de la instalación.							
						1,000	4.302,52	4.302,52

Total presupuesto parcial nº 4 ... 5.836,40

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 5 Maquinaria

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
5.1	. Maquinaria de Elevación					1,000	32.531,41	32.531,41

Total presupuesto parcial nº 5 ... 32.531,41

RESUMEN POR CAPITULOS

CAPITULO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC	58.530,41
CAPITULO INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC	40.204,01
CAPITULO OBRA CIVIL	31.832,97
CAPITULO MANO DE OBRA	5.836,40
CAPITULO MAQUINARIA	32.531,41
REDONDEO.....	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....	<u>168.935,20</u>

EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS CIENTO SESENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS.

Proyecto: Presupuesto Instalación Fotovoltaica Edificio Trigueros

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Instalación Eléctrica DC	58.530,41
Capítulo 2 Instalación Eléctrica AC	40.204,01
Capítulo 3 Obra Civil	31.832,97
Capítulo 4 Mano de Obra	5.836,40
Capítulo 5 Maquinaria	32.531,41
Presupuesto de ejecución material	168.935,20
0% de gastos generales	0,00
0% de beneficio industrial	0,00
Suma	168.935,20
21% IVA	35.476,39
Presupuesto de ejecución por contrata	204.411,59

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DOSCIENTOS CUATRO MIL CUATROCIENTOS ONCE EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

ANEXO 3 - PLANOS



TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para un edificio de oficinas en Veracruz, México

Situación

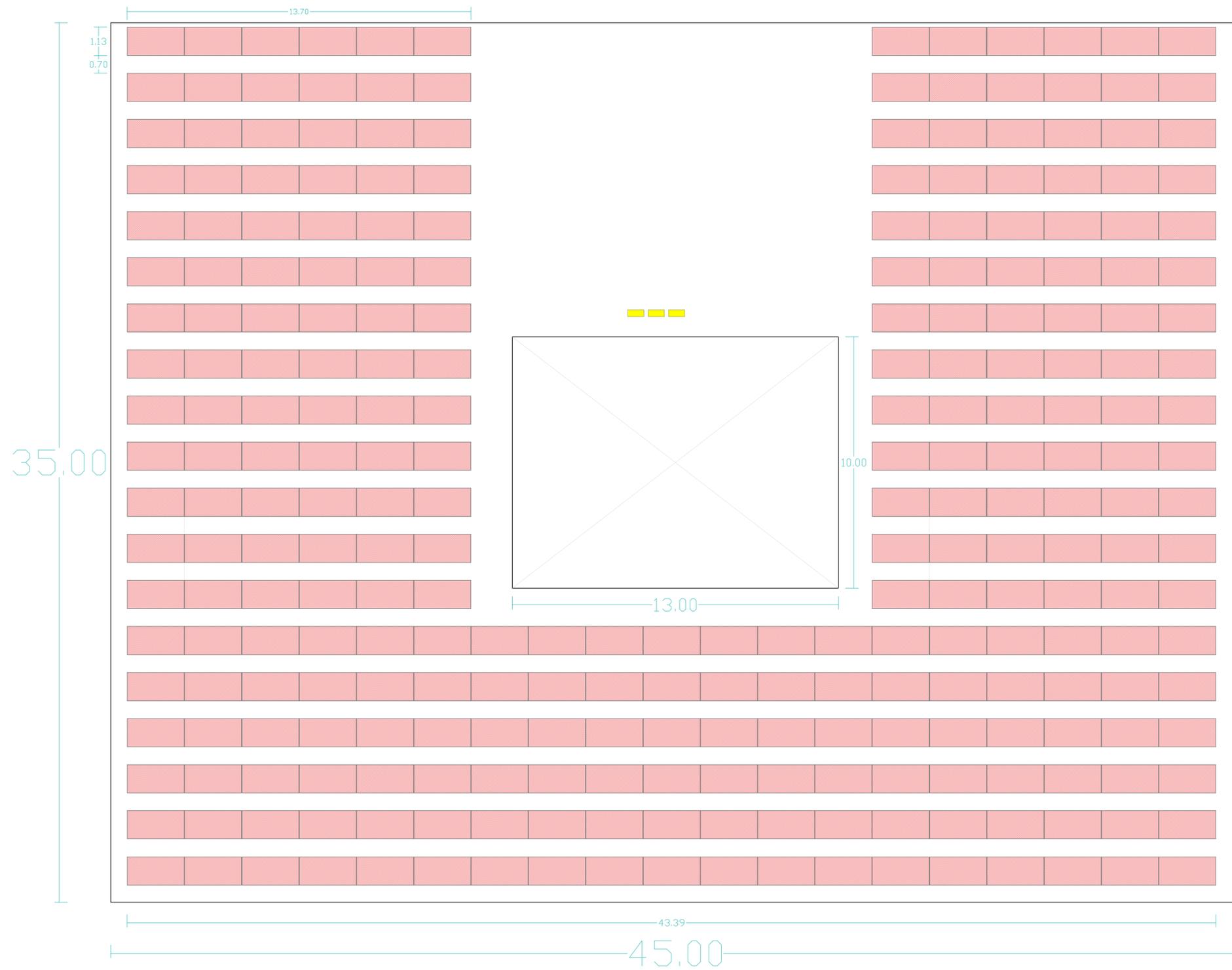
S/E

Junio 2024

Avda. Ignacio Zaragoza, S/N, Colonia centro, 91700, Veracruz (México)

AUTOR
Vicente Martínez Tomás

Nº PLANO 1



SÍMBOLO	DENOMINACIÓN
	TENSITE EM550-PH panel solar 550W
	SUN2000-50KTL-M3 inversor solar 50kW

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para un edificio de oficinas en Veracruz, México

Implantación

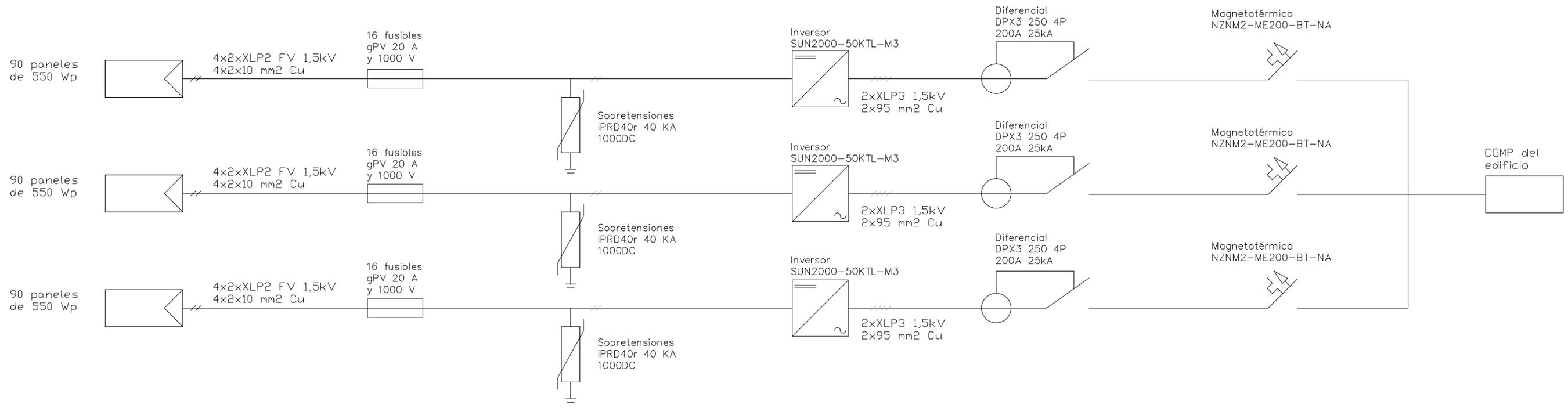
S/E

Junio 2024

Avda. Ignacio Zaragoza, S/N, Colonia centro, 91700, Veracruz (México)

AUTOR
Vicente Martínez Tomás

Nº PLANO 2



TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para un edificio de oficinas en Veracruz, México

Esquema unifilar

S/E

Junio 2024

Avda. Ignacio Zaragoza, S/N, Colonia centro, 91700, Veracruz (México)

AUTOR

Vicente Martínez Tomás

Nº PLANO 3