

PREDIMENSIONAMIENTO DE INSTALACION FOTVOLTAICA CON APLICACIÓN EN UN ORGANISMO DEL ESTADO

BALIÑO, Eduardo Marcos⁽¹⁾

ORTEGA María Eugenia⁽²⁾

VINANTE Humberto⁽³⁾

DOI: <https://doi.org/10.33871/26747170.2023.5.3.8192>

1 Ingeniero Electricista (UTN), Esp. en Aplicaciones de la Tecnología Nuclear (Inst. Balseiro)/Armada Argentina. Puerto Belgrano. Buenos Aires Argentina. e-mail: edumaba@yahoo.com.ar

2 Profesora de Matemática (ISFDN°79), Dip. en Eficiencia Energ. y Energías Renovables (UNRaf)/ Armada Argentina. Puerto Belgrano. Buenos Aires Argentina.

3 Ingeniero Industrial (UNCUYO), Esp. en Aplicaciones de la Tecnología Nuclear (Inst. Balseiro) /Solar E. Mendoza. Argentina

RESUMEN: En el marco de la adhesión de la Argentina a los compromisos internacionales que conllevan a la implementación de políticas orientadas al avance en torno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el país ha definido metas específicas para distintas áreas de gobierno, y diseñado programas a partir de los cuales garantizar el cumplimiento de dichas metas, para ello se requiere de la participación de una diversidad de instituciones y actores, tanto en el nivel nacional, como en el provincial y municipal. Por requerimiento de las autoridades del Partido de Villarino, quienes asumieron un fuerte compromiso en cuanto al cuidado del medio ambiente se refiere, entre otras cosas mediante la firma del Pacto Global de Alcaldes; y siendo estos miembros integrantes de la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (RAMCC), se realizó el presente estudio, dada su positiva influencia sobre la protección de recursos, disminución de costos de provisión de servicios energéticos y mitigación de problemas ambientales asociados a la producción, transporte, distribución y consumo de la energía, como parte del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROUREE). En este sentido el proyecto busca la posibilidad de generación propia a través del empleo de energías renovables, contribuyendo a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂) reflejando, además, ahorros energéticos y económicos. La instalación predimensionada es del tipo Solar Fotovoltaica on gridd sin almacenamiento, con la capacidad necesaria para abastecer la mayor demanda posible del complejo del Palacio Municipal.

Palabras clave: Eficiencia, Sostenible, Sustentable, Renovable.

INTRODUCCIÓN

El estudio consiste en determinar una potencia de diseño necesaria para definir el equipamiento de una instalación solar con paneles fotovoltaicos de manera de poder cubrir la demanda energética del municipio. Para el dimensionamiento se analizan distintas alternativas basadas en datos de facturación y registros de mediciones; dichos valores son incorporados en un software específico, el PVSyst; potente herramienta de diseño, que permite la selección de tipo y potencia de paneles, inversores, y configuración física de los mismos adaptada a las necesidades de cada instalación.

El estudio contempla, para el diseño de la instalación, la orientación e inclinación de los paneles solares con un análisis de asoleamiento de manera de optimizar el rendimiento y poder definir el emplazamiento óptimo utilizando el software Ecotec Analysis como herramienta de cálculo.

El edificio en estudio cuenta con abastecimiento de energía a través de cuatro medidores de acceso en baja tensión, suministrados por la empresa Edesur S.A. (Empresa Distribuidora Sur S.A.). El proyecto establece como base de diseño la inyección de energía solar a través de las mismas acometidas quedando dividida la planta de generación en cuatro fuentes constituidas cada una por los paneles solares con una configuración serie paralelo y su respectivo inversor. Por ser un edificio de la administración pública, en donde la jornada laboral es mayoritariamente a la mañana, no se considera en el diseño baterías de respaldo por no haber actividad nocturna.

Los Datos empleados para el cálculo son: Registro de energía de los cuatro puntos de suministro (Facturaciones correspondientes a la empresa Distribuidora de Energía Eléctrica EDES S.A. Período: año 2020); registro de consumos horarios de corriente por medidor (Período: dos semanas mes de abril año 2021; Software de cálculo PVSyst. Base meteorológica empleada (datos climatológicos importados para la localidad de Médanos desde Meteonorm).

Se contó con información adicional a saber: Planos de planta del Municipio; planos del Municipio con descripción de cubiertas y registros fotográficos de equipamiento y sectores.

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

1.1. Demanda energética

Para un balance energético anual, se analiza la demanda anual a través de datos de facturación y se coteja con la energía calculada por medio de los datos de potencia de la instalación con los correspondientes factores de uso y de simultaneidad. A su vez para el diseño se tomaron registros de corriente y picos de consumo.

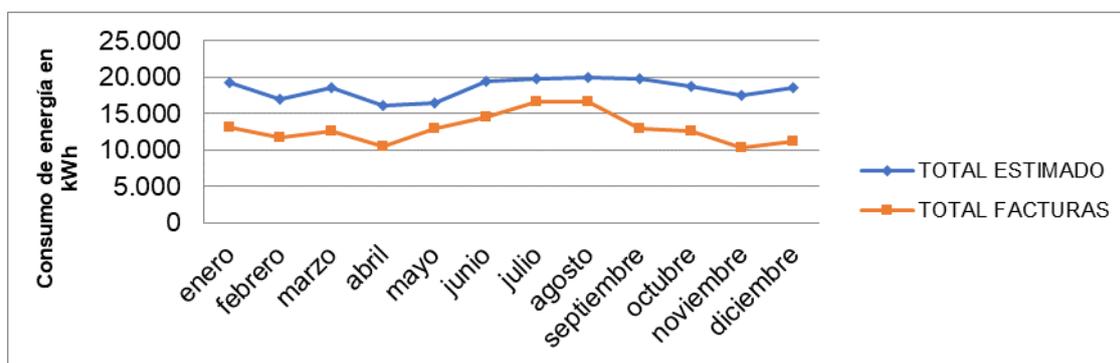


Figura 1 Demanda de energía anual del edificio

CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA DEL EDIFICIO: ~ 156.000 kWh (registros facturación año 2020)

CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA DEL EDIFICIO: ~ 220.000 kWh (estim. c/datos de Pot. inst.)

A nivel de evaluación energética del predio, se tienen en cuenta y se calcularon los indicadores que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 Indicadores Energéticos

INDICADOR	VALOR	UNIDADES
Índice de consumo energético por área total	6,41	$\frac{\text{kWh}}{\text{mes} \cdot \text{m}^2}$
Índice de consumo energético por persona	36,91	$\frac{\text{kWh}}{\text{mes} \cdot \text{persona}}$
Índice de Potencia instalada por área total	15,97	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
Índice de Potencia instalada por persona	92,02	$\frac{\text{W}}{\text{persona}}$
Índice de emisiones de CO ₂ por área total	2,74	$\frac{\text{Kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{mes} \cdot \text{m}^2}$
Índice de emisiones de CO ₂ por persona	15,80	$\frac{\text{Kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{mes} \cdot \text{persona}}$

1.2. Hipótesis de diseño

- ✓ Esquema eléctrico: Conservando la disposición de alimentación eléctrica actual a través de cuatro medidores.
- ✓ Configuración Ongrid sin almacenamiento - Paneles e inversor “por cada medidor”.

1.3. Criterio adoptado

- ✓ En base a los registros de energía y los datos de consumos medidos, se determina la potencia de diseño de cada uno de los sistemas.
- ✓ Elección de situación más desfavorable: Mes en el que sucede el solsticio de invierno, mes de Junio.
- ✓ Realización de dos simulaciones con ángulo de inclinación óptima e inclinación de estructuras solidarias a los techos.
- ✓ Análisis de sombras para determinación de la disposición de los paneles.

1.4. Análisis de demanda de potencia y energía

Dado que el dimensionamiento de las instalaciones ON GRID requiere una estimación lo más precisa posible de la potencia pico propia de cada circuito para determinar la potencia del inversor, y la cuantificación de la cantidad de energía a suministrar para el dimensionamiento de los paneles, se realiza el cómputo de dicho valor de potencia y el dimensionamiento de los paneles generadores cotejando dos criterios de cálculo, por un lado a través de los registros de facturación y por otro lado por los valores obtenidos durante un período de medición, con la premisa de que puedan generar la energía que permite administrar la potencia del inversor en cuestión.

1.4.1. Potencia estimada de cálculo

Se establece la potencia máxima calculada mediante registros de intensidad en mediciones realizadas en horario laboral, valores contrastados con la determinación de la potencia a partir de los datos de facturación realizando una estimación de horas equivalentes, adoptándose como valor el que resulta mayor entre las dos situaciones.

1.4.1.1. Determinación de potencia mediante análisis de registros

Los datos obtenidos mediante las mediciones se observan en Tabla N° 2.

Tabla 2 Registro de consumos promedio quincenal

Variable	PROMEDIO DE REGISTROS HORARIOS								PICO DE POTENCIA
	07:00hs	08:00hs	09:00hs	10:00hs	11:00hs	12:00hs	13:00hs	14:00hs	
	Medidor M ₁ - N° 613001069								
[A]	23,05	25,88	27,20	27,49	27,38	23,42	21,5	20	41,4
[KW]	4,82	5,41	5,68	5,74	5,72	4,89	4,49	4,18	8,65
	Medidor M ₂ - N° 186441								
[A]	49,28	57,37	47,48	58,05	60,57	56,11	49,64	56,24	88,6
[KW]	10,29	11,99	9,92	12,13	12,65	11,72	10,37	11,75	19,10
	Medidor M ₃ - N° 613001586								
[A]	8,40	8,63	11,92	8,94	10,52	10,17	8,99	7,34	26,7
[KW]	1,75	1,80	2,49	1,86	2,19	2,12	1,87	1,53	5,81
	Medidor M ₄ - N° 003660135								
[A]	14,67	15,47	14,75	16,17	17,94	16,32	14,29	16,02	30,2
[KW]	3,06	3,23	3,08	3,38	3,75	3,41	2,98	3,34	6,57

1.4.1.2. Determinación de potencia mediante la estimación de las horas equivalentes

Las mediciones de intensidades, potencia trifásica y consumo de energía realizadas durante dos semanas, en horario laboral, a lo largo del mes de abril de 2021 muestran que la potencia consumida en la tarde es el 32% de la de la mañana para el medidor M₁, 67% para el M₂, 40% para el M₃ y 58% para el M₄ (Centro de Monitoreo). En los cálculos se considera la relación 0,5 para los medidores M₁, M₂ y M₃ y 0,58 para M₄.

Se estima que la demanda fuera del horario laboral (de 14 a 7 hs) y durante los días feriados es la mitad de la potencia media en el horario de la mañana. Se determina así el número equivalente de horas a plena potencia mensuales y con el consumo mensual y número de horas equivalentes a plena potencia “promedio” se calcula la potencia máxima de 7 a 14. Se elige la del mes de mayor consumo. Los valores de potencias obtenidos se observan en Tabla N° 3

Tabla 3 Potencias obtenidas utilizando método de las horas equivalentes

Medidor	Potencia de diseño (KW)
M ₁ - N° 613001069	4,96
M ₂ - N° 186441	20,58
M ₃ - N° 613001586	2,34
M ₄ - N° 003660135	8,99

1.5. Dimensionamiento de las instalaciones para cada punto de acceso de energía

1.5.1. Potencias de los inversores

Medidor M₁: potencia pico calculada 8,65 Kw; potencia inductor 10 kw

Medidor M₂: potencia pico calculada 20,58 Kw; potencia inductor 25 kw

Medidor M₃: potencia pico calculada 5,81 Kw; potencia inductor 6 kw

Medidor M₄: potencia pico calculada 10,97Kw; potencia inductor 15 kw

1.5.2. Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos

1.5.2.1. Orientación:

Dado que la orientación de los edificios emplazados en el predio es de aproximadamente 11° Oeste (respecto al Norte), se realizan los cálculos tomando esos grados

como ángulo en el diseño, respetando el trazado de las calles y adoptado una configuración de paneles que siga la línea de las estructuras de los techos.

1.5.2.2. Inclinación:

- Inclinación óptima de los paneles 36° respecto de la horizontal, para esta alternativa será necesario considerar el correspondiente dimensionamiento de estructuras soportes adicionales.
- Inclinación de los paneles 5°/10° apoyados directamente sobre las cubiertas, paneles ocultos a la vista.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos indicados de potencia, orientación e inclinación se efectuaron simulaciones teniendo en cuenta la georeferenciación del lugar. Además se presentan tablas comparativas entre energía producida por la instalación solar y la consumida según los registros de facturación por medidor. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Medidor N°1

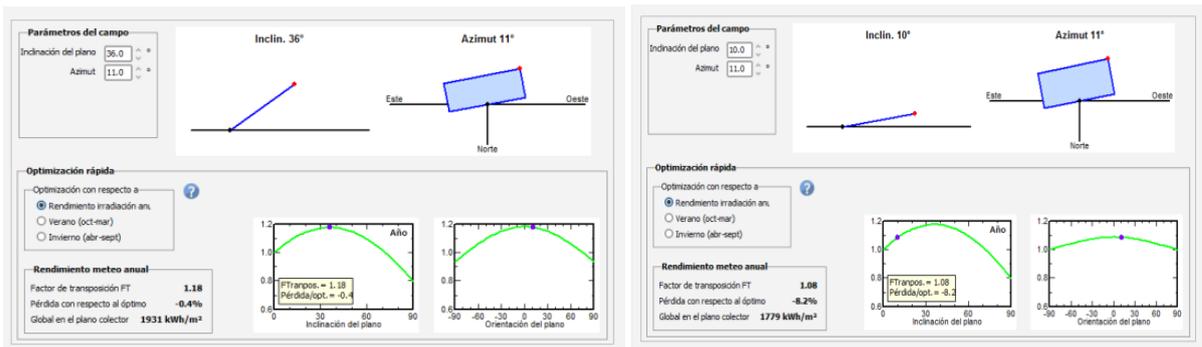


Figura 2 Factor de transposición medidor M₁: a-Inclinación 36° b- Inclinación 10°

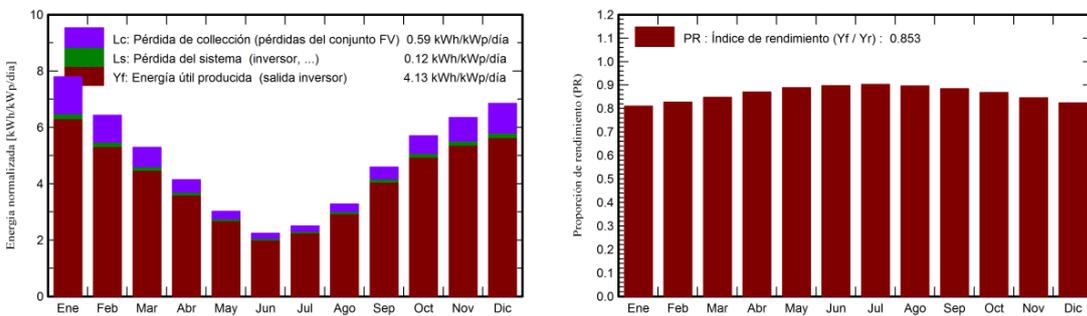


Figura 3 Energías del sistema e Índice de rendimiento para M₁, Inclinación 10°

Tabla 4 Rendimiento de la instalación para M₁

FECHA	CONSUMO kWh EA	E. ENTR.- Incl. 36°	% SOLAR	E. ENTR.- Incl. 10°	% SOLAR
-------	----------------	---------------------	---------	---------------------	---------

DICIEMBRE	1627	1646	101%	1819	112%
NOVIEMBRE	1575	1564	99%	1675	106%
OCTUBRE	1797	1629	91%	1594	89%
SEPTIEMBRE	1739	1429	82%	1267	73%
AGOSTO	2068	1189	57%	946	46%
JULIO	1999	1002	50%	727	36%
JUNIO	2152	884	41%	626	29%
MAYO	2085	1175	56%	866	42%
ABRIL	1974	1382	70%	1124	57%
MARZO	1912	1577	82%	1444	76%
FEBRERO	1950	1527	78%	1550	79%
ENERO	1949	1868	96%	2034	104%
	22877	16872	74%	15672	69%

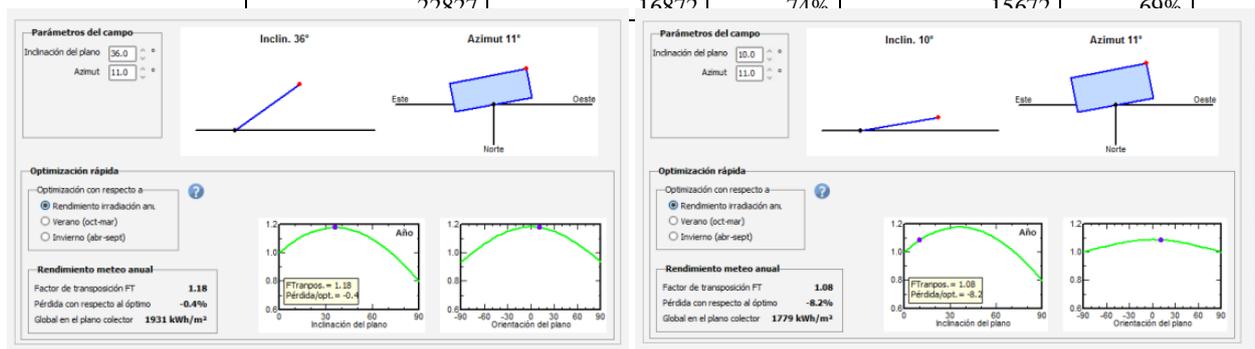


Figura 4 Factor de transposición medidor M2: a-Inclinación 36° b- Inclinación 10°

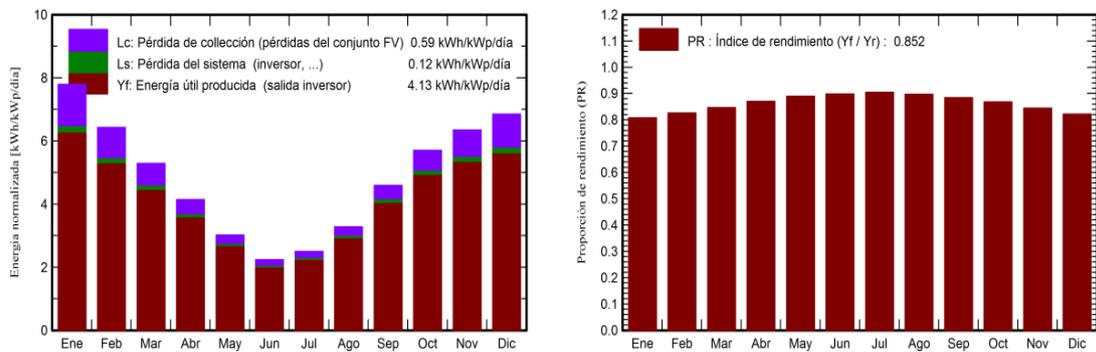
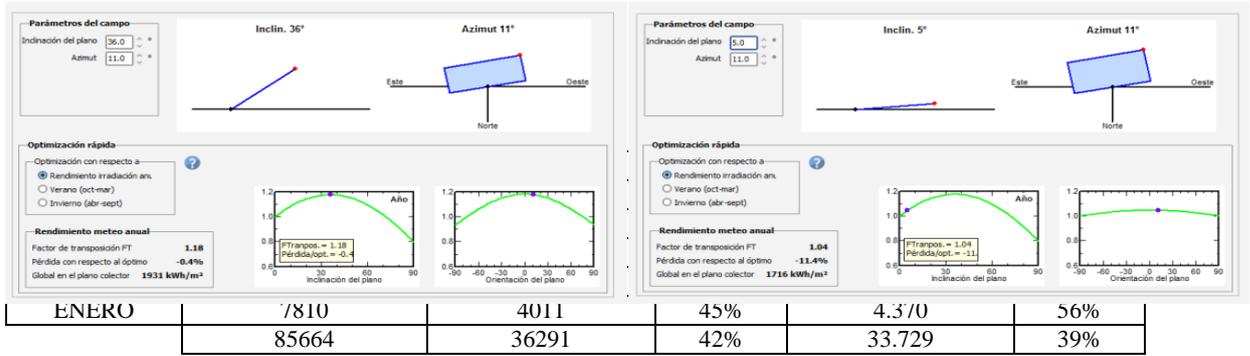


Figura 5 Energías del sistema e Índice de rendimiento para M2, Inclinación 10°

Tabla 5 Rendimiento de la instalación para M2

FECHA	CONSUMO kWh EA	E. ENTR.- Incl. 36°	% SOLAR	E. ENTR.- Incl. 10°	% SOLAR
DICIEMBRE	6599	3537	61%	3.909	59%
NOVIEMBRE	5823	3363	56%	3.602	62%
OCTUBRE	6299	3506	54%	3.433	55%
SEPTIEMBRE	6825	3075	44%	2.728	40%
AGOSTO	8772	2561	29%	2.041	23%



Medidor N°3

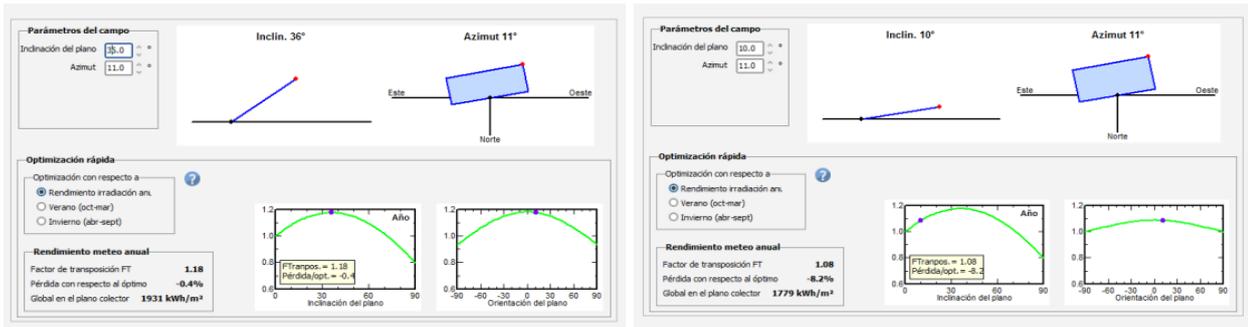


Figura 6 Factor de transposición medidor M3: a- inclinación 36° b- inclinación 10°

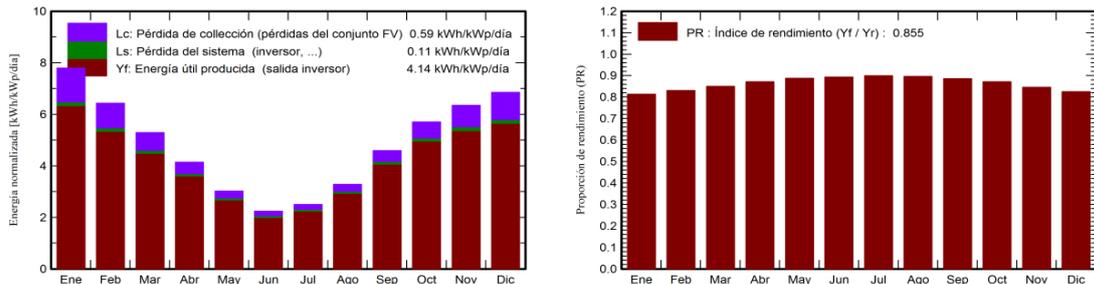
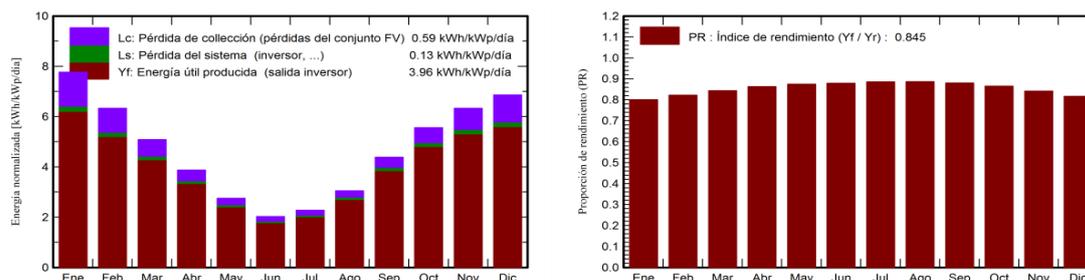


Figura 7 Energías del sistema e Índice de rendimiento para M3, Inclinación 10°

Tabla 6 Rendimiento de la instalación para M3

FECHA	CONSUMO kWh EA	E. ENTR.- Incl. 36°	% SOLAR	E. ENTR.- Incl. 10°	% SOLAR
DICIEMBRE	564	759	135%	841	149%
NOVIEMBRE	545	721	132%	773	142%
OCTUBRE	795	755	95%	739	93%
SEPTIEMBRE	770	661	86%	585	76%
AGOSTO	1052	550	52%	437	42%
JULIO	1017	462	45%	334	33%
JUNIO	754	408	54%	288	38%
MAYO	731	543	74%	399	55%
ABRIL	649	640	99%	520	80%
MARZO	629	731	116%	669	106%
FEBRERO	673	706	105%	718	107%
ENERO	672	865	129%	942	140%
	8851	7801	88%	7.245	82%

Medidor N°4

Figura 8 Factor de transposición medidor M₄: a-Inclinación 36° b- Inclinación 10°Figura 9 Energías del sistema e Índice de rendimiento para M₄, Inclinación 10°Tabla 7 Rendimiento de la instalación para M₄

FECHA	CONSUMO kWh EA	E. ENTR.- Incl. 36°	% SOLAR	E. ENTR.- Incl. 5°	% SOLAR
DICIEMBRE	2453	1879	77%	2084	85%
NOVIEMBRE	2453	1792	73%	1915	78%
OCTUBRE	3715	1869	50%	1789	48%
SEPTIEMBRE	3592	1639	46%	1388	39%
AGOSTO	4698	1364	29%	1006	21%
JULIO	4547	1149	25%	749	16%
JUNIO	3180	1015	32%	640	20%
MAYO	3179	1349	42%	896	28%
ABRIL	2711	1584	58%	1202	44%
MARZO	2711	1803	67%	1595	59%
FEBRERO	2625	1741	66%	1749	67%
ENERO	2625	2119	81%	2312	88%
	38489	19303	50%	17325	45%

1.6. Asoleamiento del terreno

Para la determinación de las interferencias y pérdidas, tanto con PVSyst como con los ábacos de Asoleamiento de la Guía del Recurso Solar de la Secretaría de Energía, fue necesario modelar las zonas de proyección de sombras a lo largo del año, utilizando la herramienta Ecotec Analysis donde se realizó un modelo digital 3D de todas las estructuras del predio. A partir de este estudio se seleccionaron aquellas cubiertas que no tuviesen o tuviesen la menor interferencia. Se usó la base de datos de Meteororm para la determinación de las condiciones meteorológicas del lugar.

Las sombras sobre el predio en los solsticios de invierno y verano son las siguientes:

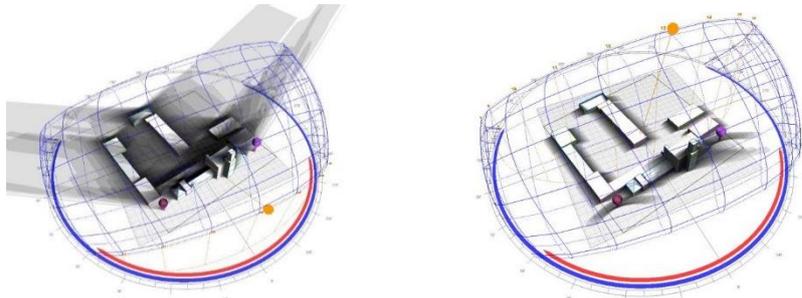


Figura 10 Solsticios: a- 21 de Junio (invierno) b -21 de Diciembre (verano)

1.7. Determinación de las cubiertas

El edificio cuenta con una disposición de cubiertas con posibilidad de ser utilizadas para la implantación de los paneles según siguiente detalle:



Figura 11 Foto aérea del predio, identificación de posibles cubiertas

En los diagramas de sombras y concretamente los correspondientes a los días de los solsticios, se observa que el sector sur del edificio 12 es el único que permanece todo el año sin sombras, y particularmente el 21 de junio, así como la poca iluminación que presentan las cubiertas 4, 7, 8 y 11; que fueron descartadas como posibles lugares de emplazamiento.

1.8. Elección de superficies:

Medidor M₁: Cantidad de paneles: 26

Superficie elegida: Cubierta 15 – Superficie disponible 332 m² en chapa galvanizada.

Medidor M₂: Cantidad de paneles: 56

Superficie elegida: Cubierta 9' - Superficie disponible 120m², material constitutivo chapa galvanizada (Porción de la cubierta 9 libre de sombras).

Medidor M₃: Cantidad de paneles: 12

Superficie elegida: Cubierta 10 - Superficie disponible 205m², material constitutivo chapa galvanizada.

Medidor M₄: Cantidad de paneles: 30

Superficie elegida: Cubierta 12 (mitad sur) - Superficie 472m², material constitutivo canalón fibrocemento.

1.9. Selección de sistemas y emplazamientos sugeridos

1.9.1. Circuito correspondiente a Medidor M₁

Cubierta 15 - Superficie disponible 332 m², material constitutivo chapa galvanizada.

Arreglo constituido por:

- Módulos: 26 unidades de 400Wp, (en 2 cadenas de 13), marca Jinkosolar, modelo JKM400M-72.
- Superficie total ocupada: 52,31m²
- Inversor: 1 unidad de 10Kw marca Schneider Electric, modelo Conext TL 10000 E
- Energía producida anualmente: 15.672Kwh/año
- Rendimiento anual de la instalación:
69% (inclinación 10° siguiendo la estructura de los techos)
74%(inclinación óptima 36° prever para su instalación los soportes adecuados).

1.9.2. Circuito correspondiente a Medidor M₂

Cubierta 9' - Superficie disponible 120m², material constitutivo chapa galvanizada (Porción de la cubierta 9 libre de sombras).

Arreglo constituido por:

- Módulos: 56 unidades de 400Wp, (en 4 cadenas de 14), marca Jinkosolar, modelo JKM400M-72.
- Superficie total ocupada: 112,67m²
- Inversor: 1 unidad de 25Kw marca Schneider Electric, modelo Conext CL 25000 E
- Energía producida anualmente: 33.729Kwh/año
- Rendimiento anual de la instalación:
39% (inclinación 10° siguiendo la estructura de los techos)
42%(inclinación óptima 36° prever para su instalación los soportes adecuados).

1.9.3. Circuito correspondiente a Medidor M₃

Cubierta 10 - Superficie disponible 205m², material constitutivo chapa galvanizada.

Arreglo constituido por:

- Módulos: 12 unidades de 400Wp, (en 2 cadenas de 6), marca Jinkosolar, modelo JKM400M-72.
- Superficie total ocupada: 24,14m²
- Inversor: 1 unidad de 6Kw marca AEG, modelo AS-IC01-6000-2
- Energía producida anualmente: 7.245Kwh/año
- Rendimiento anual de la instalación:
82% (inclinación 10° siguiendo la estructura de los techos)
88%(inclinación óptima 36° prever para su instalación los soportes adecuados).

1.9.4. Circuito correspondiente a Medidor M₄

El circuito correspondiente al centro de monitoreo actualmente tiene una instalación realizada, de la misma no se pudo acceder a los datos técnicos, los módulos se encuentran ubicados sobre la cubierta 11, dicha cubierta presenta sombras considerables durante gran parte del año, la cubierta más apta para la instalación de los paneles sería la mitad sur de la 12. La distribución calculada para este sector es la siguiente:

Cubierta 12 (mitad sur) - Superficie 472m², material constitutivo canalón fibrocemento.

Arreglo constituido por:

- Módulos: 30 unidades de 400Wp, (en 3 cadenas de 10), marca Jinkosolar, modelo JKM400M-72.
- Superficie total ocupada: 60,36m²
- Inversor: 1 unidad de 15Kw marca Schneider Electric, modelo TL 10000 E
- Energía producida anualmente: 17.325Kwh/año
- Rendim. anual de la instalación:
45% (inclinación 5° siguiendo la estructura de los techos)
50% (inclinación óptima 36° prever para su instalación los soportes adecuados).

1.10. Cómputo total

- ✓ Módulos: 124 unidades de 400Wp.
- ✓ Inversores: 1 unidad de 10Kw; 1 unidad de 25Kw; 1 unidad de 6Kw; 1 unidad de 15Kw.
- ✓ Cableado necesario para la totalidad de las configuraciones.
- ✓ Soportes adicionales para lograr la inclinación de los paneles de decidir el ángulo de 36°.
- ✓ Medios de sujeción para la vinculación a las estructuras portantes de las cubiertas con el objeto absorber los esfuerzos del viento.

CONSIDERACIONES FINALES

Al momento de definir la instalación se deberán tener presentes los siguientes aspectos:

- Estudio de estructuras para montaje.
- Sistema eléctrico: De acuerdo a las mediciones realizadas, el sistema eléctrico presenta un importante desequilibrio de corrientes por fase, por lo que debe hacerse una redistribución de cargas para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Normativa vigente: Referente a un Sistema ONGRID sin inyección a la red de distribución ni almacenamiento.
- Los equipamientos fueron dimensionados para lograr abastecer la demanda del edificio en las condiciones actuales de funcionamiento, cubriendo aproximadamente un 25 % en promedio de la energía demandada en el mes de peor rendimiento y aproximadamente un 100 % en promedio en el mes de mejor rendimiento, asegurando una cobertura anual en promedio del 60%.
- Un estudio de eficiencia puede optimizar las condiciones de consumo y así aumentar el porcentaje de energía provista por los paneles solares.
- Debido a la magnitud del sistema, se recomienda tener presente que la adquisición de forma separada de cada tipo de equipamiento puede conducir a complicaciones al momento de su instalación.
- Al momento de la instalación se deberán contemplar no solo aspectos técnicos sino también la normativa vigente.
- Constituyendo el presente informe un asesoramiento contribuyente al estudio integral de eficiencia energética en edificios públicos, es dable aclarar que finalizado dicho estudio, con las conclusiones a las que se arribe, como ser: buenos hábitos de consumo, recambio de determinados elementos, implementación de automatización de equipamientos, entre otras; las condiciones de borde para el dimensionamiento de las instalaciones de alimentación fotovoltaica pueden verse modificadas considerablemente en beneficio del sistema en general.

REFERENCIAS

Navntoft, Christian; Biurrún, Nicolás; Cristófalo, María Paz; Cuccorese, Santiago; Ramos Defferrari, Ignacio & Raggio, Daniel. Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica. 1º edición Revisada. ISBN 978-987-47110-4-5 [Versión digital]. Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética. Secretaría de Energía. Presidencia de la Nación. República Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires 2019.

Norma IRAM 210012 (1994). Sistemas Solares Fotovoltaicos. Método de dimensionamiento simplificado. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales

Navntoft, Christian & Cristófalo, María Paz. Guía del Recurso Solar. 1 Edición Revisada. ISBN 978-987-47110-1-4. [Versión digital]. Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética. Secretaría de Energía. Presidencia de la Nación. República Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires 2019.

AEA 90364-Parte 7-Sección 712 (2015). Reglamentación de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles. Reglas particulares para las Instalaciones y Lugares especiales. Sistemas de Suministro mediante sistemas de energía mediante paneles solares fotovoltaicos. Asociación electrotécnica Argentina.

Wills Rosalie; Milke James A., Royle Sara & Steranka Kristin. Best Practices for Commercial Roof-Mounted Photovoltaic System Installation. Springer Verlag. ISBN 978-1-4939-2882-8

Manual PVSyst V7 (2021). [Versión digital] Software desarrollado por Grupo de Energía. Instituto de Ciencias del Medio Ambiente. Universidad de Ginebra

Manual de Ecotec Analysis (2011) [Versión digital]. Software desarrollado por Asidek.

Manual de Meteororm. [Versión digital]. Software desarrollado por compañía fabricante suiza Meteotest AG.

Alexandre, Charles K. & Sadiku Matthew N. O. Fundamentos de circuitos eléctricos Quinta Edición ISBN: 978-607-15-0948-2. The McGraw-Hill Companies México 2013.

Submetido em: 08/2023

Aprovado em: 09/2023