



Simulación de un dispositivo de refrigeración de paneles solares por disipación de calor

Jorge Villena García

Francisco Ángel Fernández Hernández

29 de Julio de 2020



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| uma.es

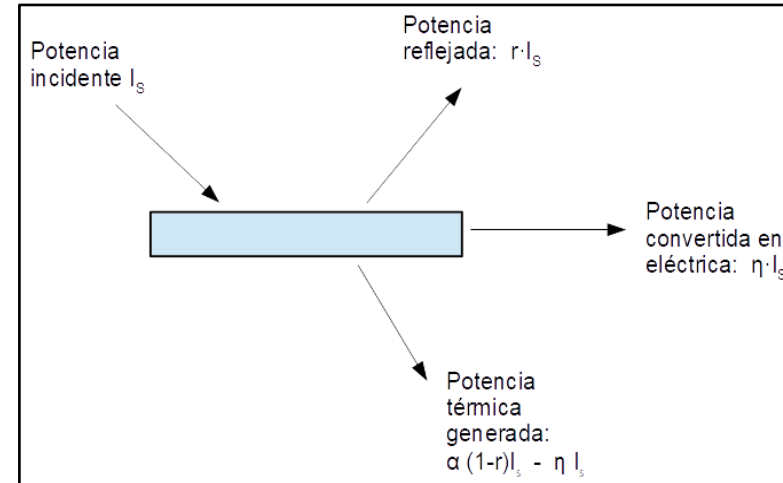


Contenido

- Objetivo y descripción general del trabajo
- Fundamentos teóricos
- Modelos de las simulaciones
- Resultados obtenidos
- Conclusiones

Objetivo y descripción del trabajo

Las células solares
convierten gran parte de
la luz recibida en calor

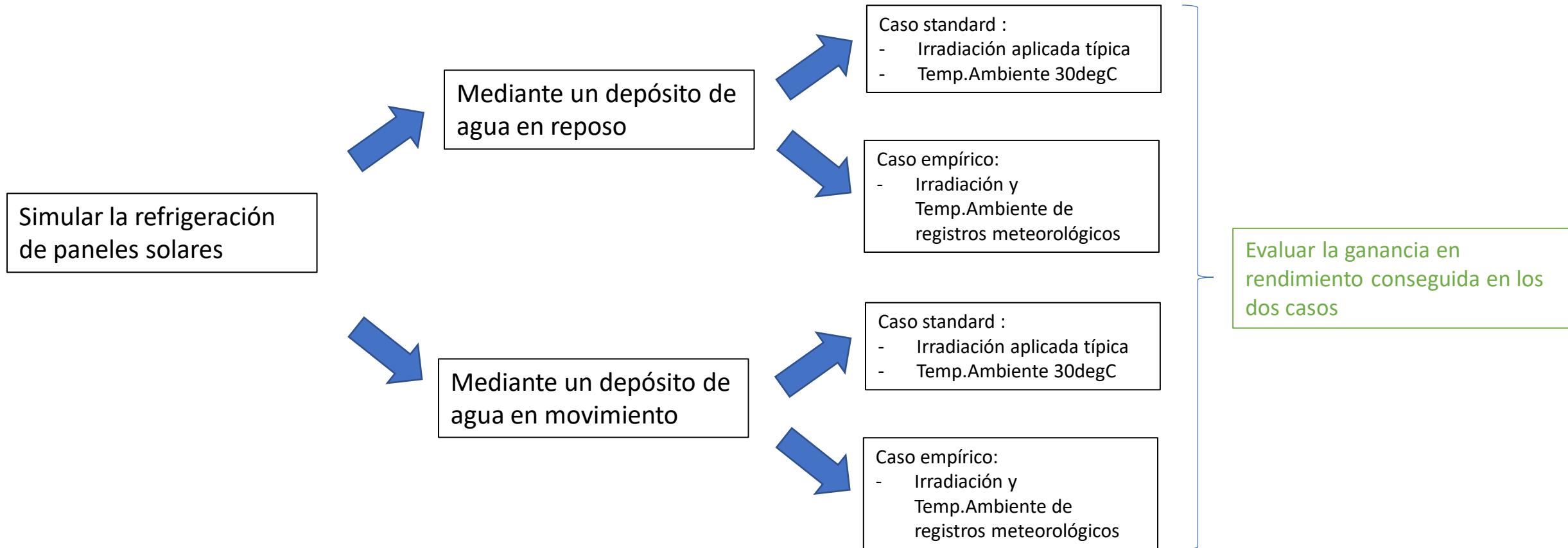


Altas temperaturas
de trabajo



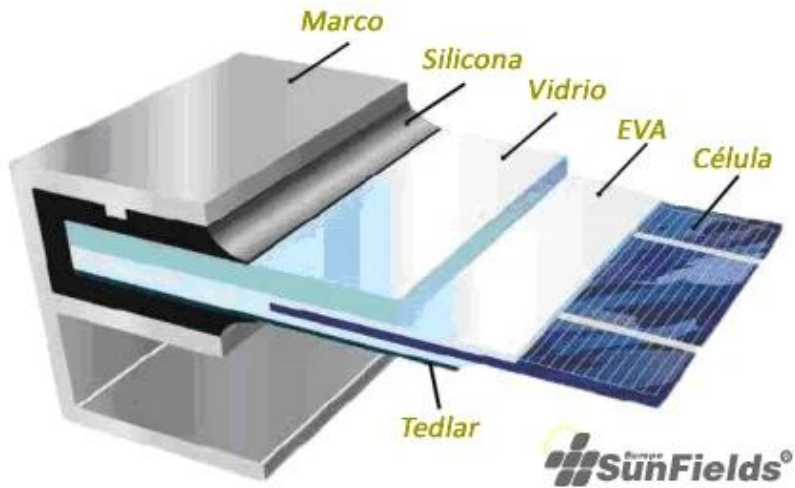
Baja el rendimiento,
se disminuye el
tiempo de vida, etc

Objetivo y descripción del trabajo

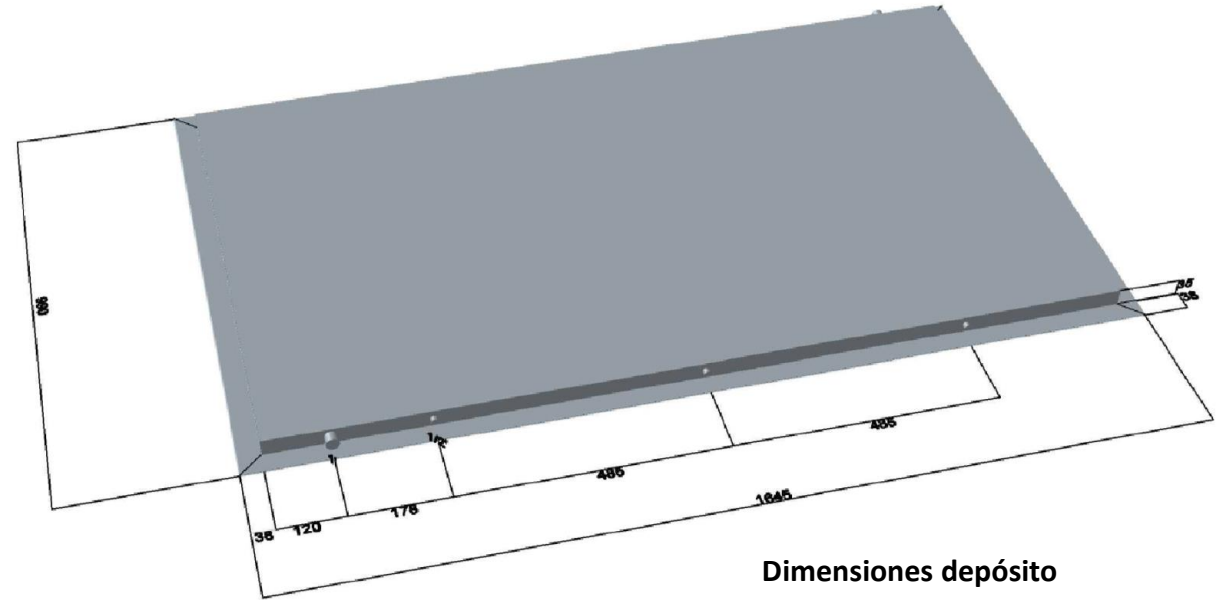


Objetivo y descripción del trabajo

Estructura de un panel solar



Esquema del depósito de agua ideado



Dimensiones depósito

Ancho	1001 mm
Largo	1645 mm
Grosor	35 mm

Fundamentos teóricos

Irradiancia standard aplicada a la placa:
800 W/m²



Cálculo del calor generado por la placa

Necesario para estimar el caudal de
agua necesario en el caso de agua en
movimiento



Aplicando los parámetros
característicos de la placa



576 W/m²

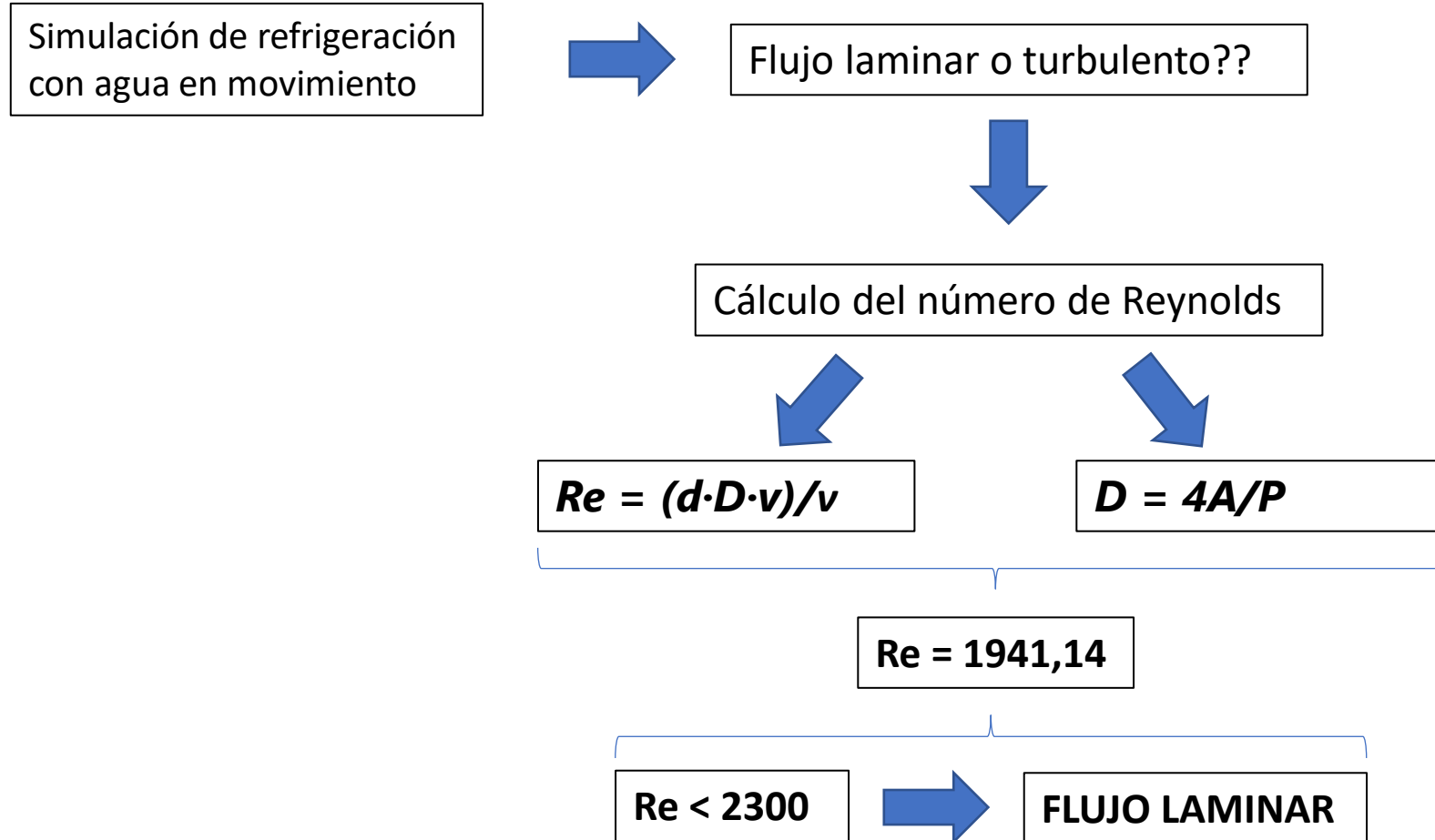


Cálculo del caudal
para un salto de
5degC



71,28 litros/h

Fundamentos teóricos

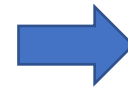


Fundamentos teóricos

Cálculo del rendimiento del panel solar en función de la temperatura alcanzada



$$\eta = \eta_R(1 - b_1(t_C - t_R) + b_2 \cdot \ln(I_S/1000))$$



El objetivo es minimizar t_C

Parámetros necesarios para el cálculo de η

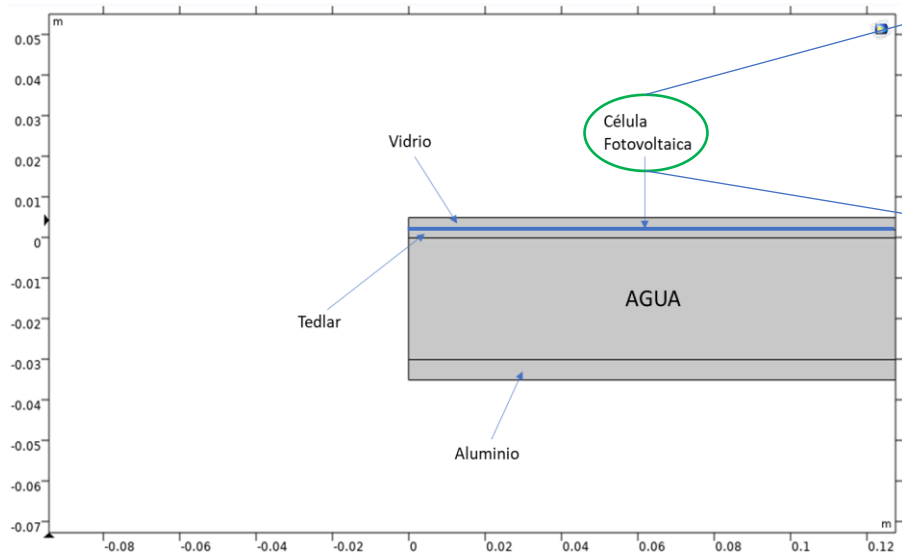
$b_1 = 0.005$	Parámetros propios de la célula solar
$b_2 = 0.052$	
$\eta_R = 10-13\%$	Rendimiento de referencia a 25°C
t_C	Temperatura de la célula solar
$t_R = 25^\circ\text{C}$	Temperatura de referencia de la célula solar
I_S	Irradiancia solar recibida

Modelos de las simulaciones

GEOMETRÍA Y MATERIALES

Material de capas finas

Geometría 2D



Layer	Material	Rotation (°)	Thickness (m)	Mesh order
Layer 4	EVA (mat1)	0.0	he	2
Layer 3	Silicon (solid,bulk) (mat3)	0.0	hs	2
Layer 2	EVA (mat1)	0.0	he	2

Interface	Position (m)	Material
Layer 4 down	0	From layer
Layer 4-Layer 3	he	From layer
Layer 3-Layer 2	he+hs	From layer
Layer 2 up	2*he+hs	From layer



Medidas y grosores de la geometría

Name	Expression	Value	Description
Lx	1001[mm]	1.001 m	Ancho del panel
Ly	hg+ht	0.005 m	Grosor Panel (sin contar...)
Ld	35[mm]	0.035 m	Grosor Depósito
La	5[mm]	0.005 m	Grosor Aluminio depósito
hg	3[mm]	0.003 m	Grosor Vidrio
he	100[um]	1E-4 m	Grosor EVA
hs	160[um]	1.6E-4 m	Grosor Célula
ht	2[mm]	0.002 m	Grosor Tedlar

Modelos de las simulaciones

Físicas usadas y condiciones de contorno

Refrigeración con agua en reposo



Transferencia de calor en sólidos y líquidos

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q$$

Refrigeración con agua en Movimiento



Transferencia de calor en sólidos y líquidos



Módulo de flujo laminar con fluido incompresible

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q$$

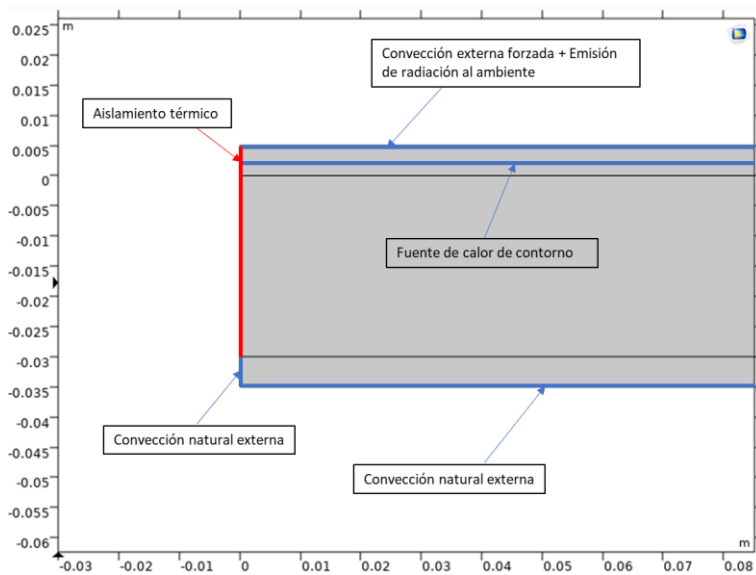
$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho (u \cdot \nabla) u = \nabla \cdot [-pI + K] + F$$

$$\rho \nabla \cdot u = 0$$

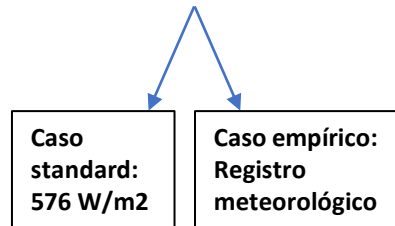
Modelos de las simulaciones

Condiciones de contorno

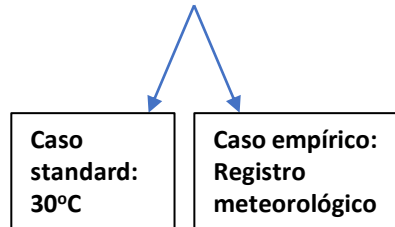
Refrigeración con agua en reposo



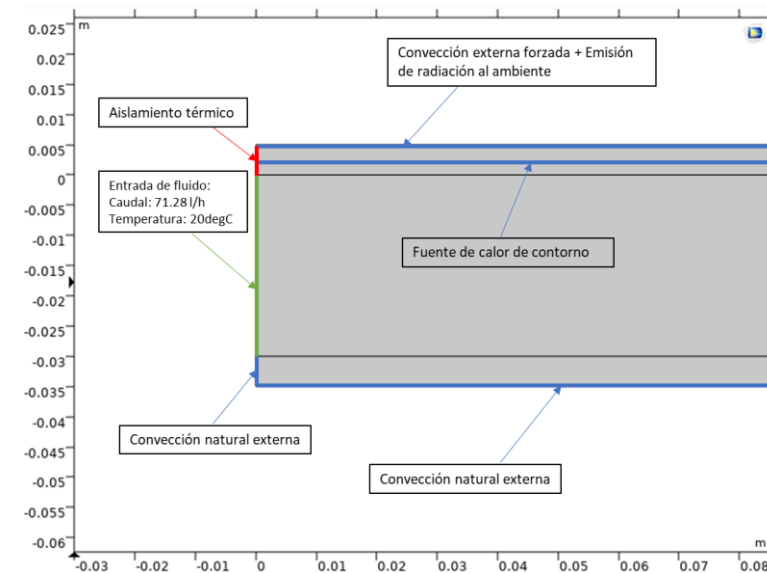
Fuente de calor



Temp. Ambiente



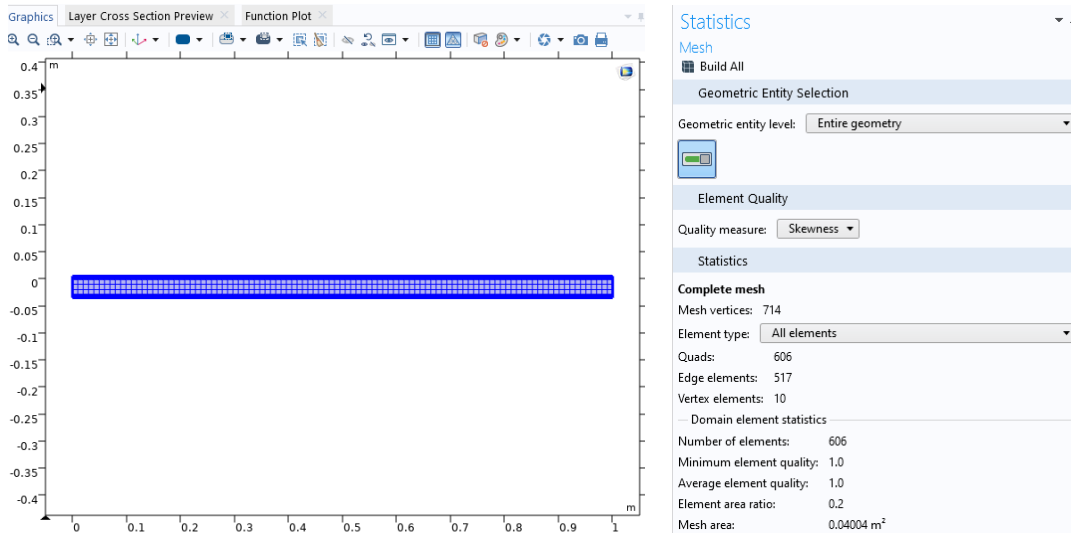
Refrigeración con agua en Movimiento



Modelos de las simulaciones

Mallado y estudios usados

Mallado

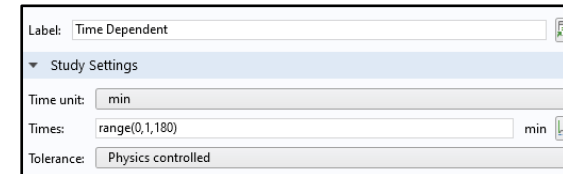


Mapeado extremadamente fino

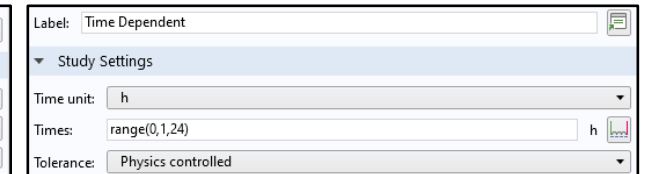
Estudios usados



Estudio usado en el caso standard:
Temporal de 180min de duración



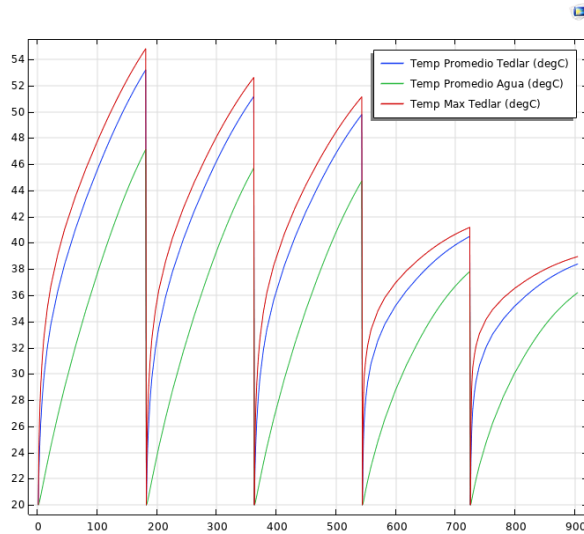
Estudio usado en el caso empírico:
Temporal de 24h de duración



Resultados obtenidos

Caso standard

Refrigeración con agua en reposo

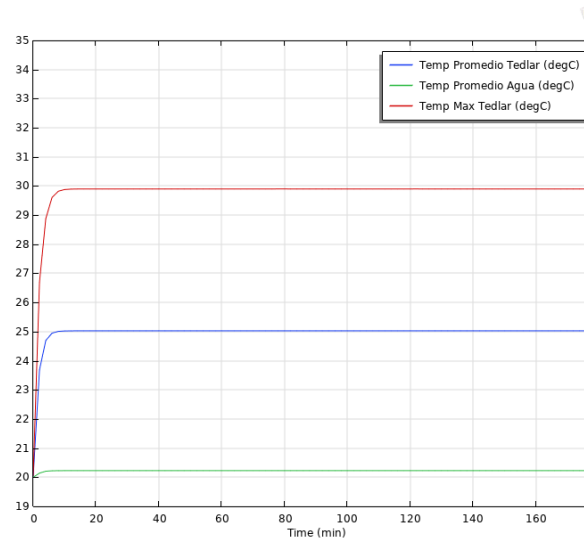


↓

$\eta = 10,9\%$

$\Delta\eta = 0,7\%$

Refrigeración con agua en movimiento



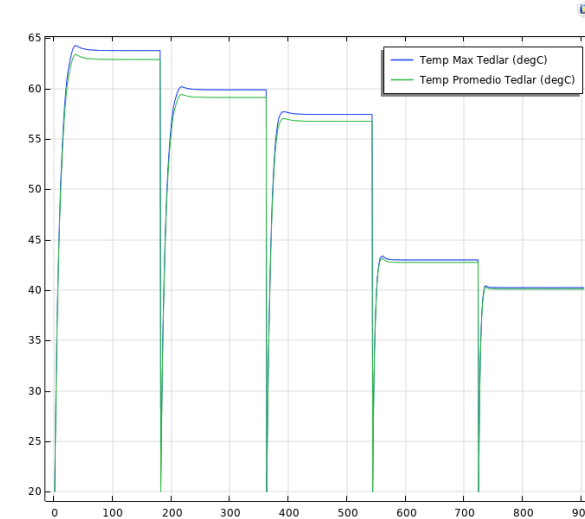
↓

$\eta = 12,5\%$

$\Delta\eta = 2,5\%$



Sin refrigeración



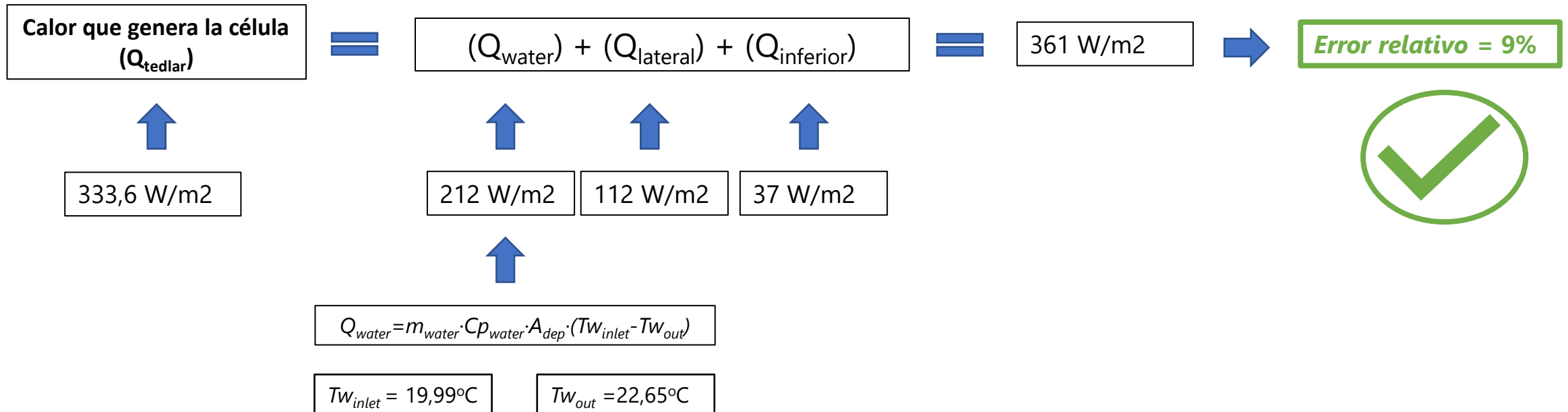
↓

$\eta = 10,2\%$

Resultados obtenidos

Caso standard

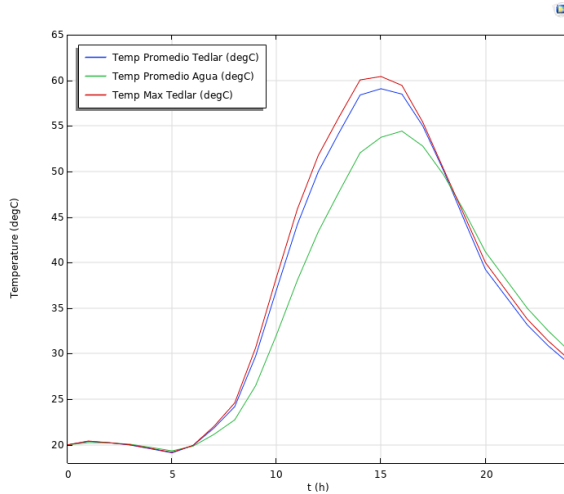
Comprobación del balance de energías



Resultados obtenidos

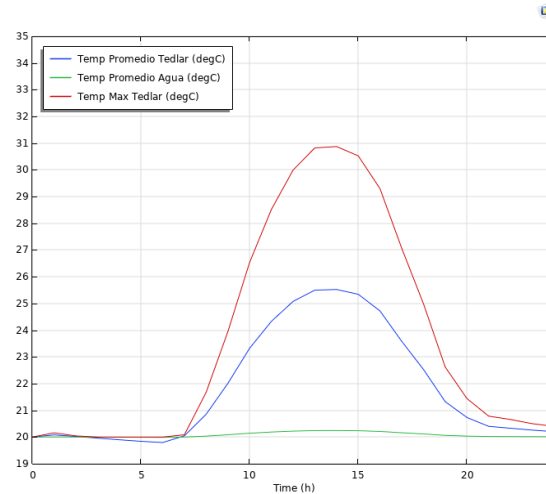
Caso empírico: Barcelona

Refrigeración con agua en reposo



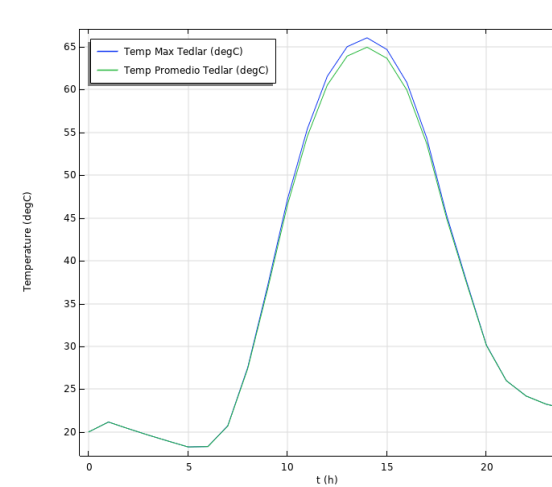
$\Delta\eta_{Max} = 0,64\%$

Refrigeración con agua en movimiento



$\Delta\eta_{Max} = 2,29\%$

Sin refrigeración

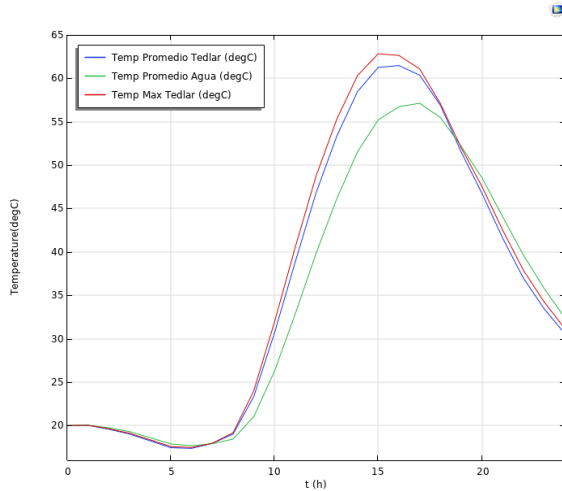


	Agua estancada BCN	Agua movimiento BCN
Horas	Diferencia Respecto No Agua	Diferencia Respecto No Agua
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	-	-
7	-0,08	0,04
8	0,19	0,38
9	0,42	0,85
10	0,57	1,34
11	0,63	1,75
12	0,64	2,05
13	0,59	2,22
14	0,39	2,29
15	0,28	2,2
16	0,09	2,05
17	-0,07	1,77
18	-0,32	1,32
19	-0,49	0,97
20	-0,64	0,57
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	-	-

Resultados obtenidos

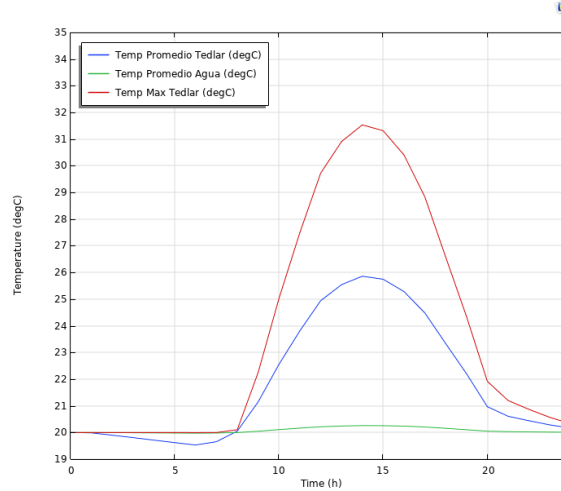
Caso empírico: Madrid

Refrigeración con agua en reposo



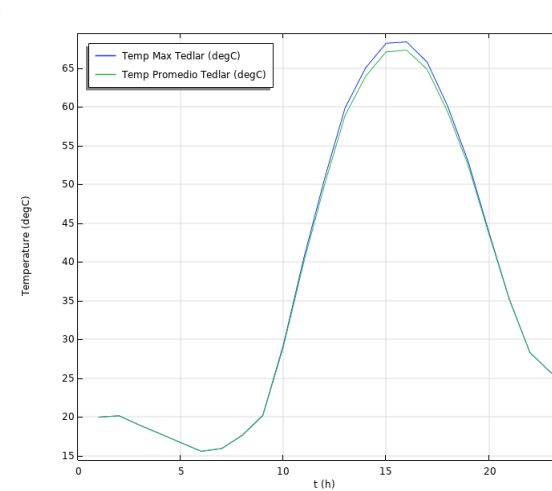
$\Delta\eta_{Max} = 0,72\%$

Refrigeración con agua en movimiento



$\Delta\eta_{Max} = 2,41\%$

Sin refrigeración

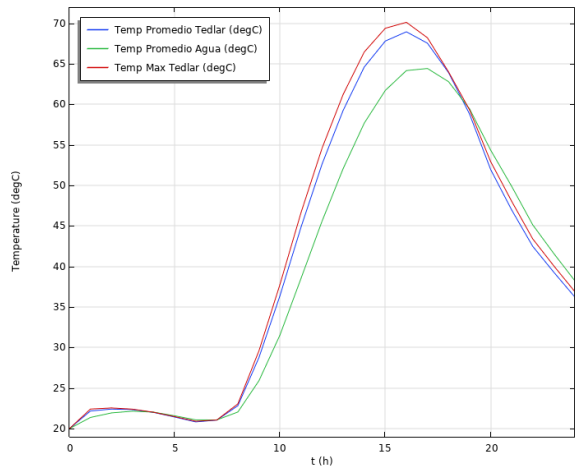


	Agua estancada Madrid	Agua movimiento Madrid
Horas	Diferencia Respecto No Agua	Diferencia Respecto No Agua
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	-	-
7	-0,02	-0,15
8	0,07	0,01
9	0,35	0,46
10	0,56	1,01
11	0,65	1,51
12	0,72	1,96
13	0,83	2,22
14	0,51	2,39
15	0,36	2,41
16	0,20	2,22
17	-0,06	2,03
18	-0,27	1,71
19	-0,53	1,27
20	-0,80	0,86
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	-	-

Resultados obtenidos

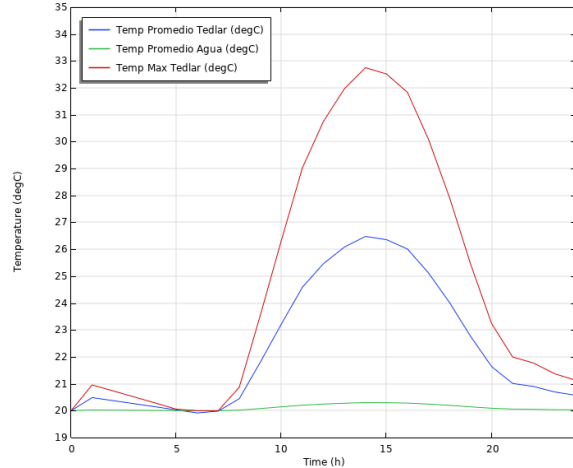
Caso empírico: Sevilla

Refrigeración con agua en reposo



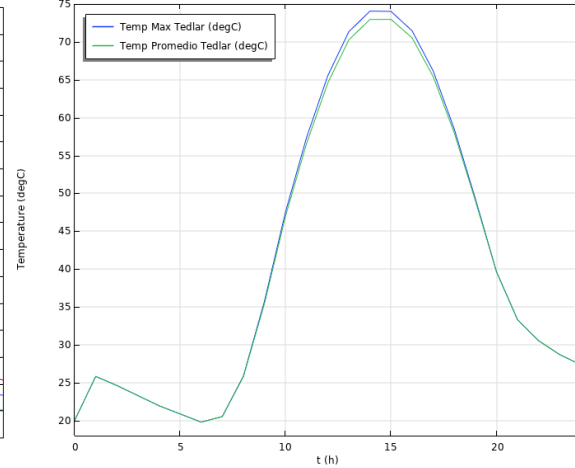
$\Delta\eta_{Max} = 0,71\%$

Refrigeración con agua en movimiento



$\Delta\eta_{Max} = 2,70\%$

Sin refrigeración

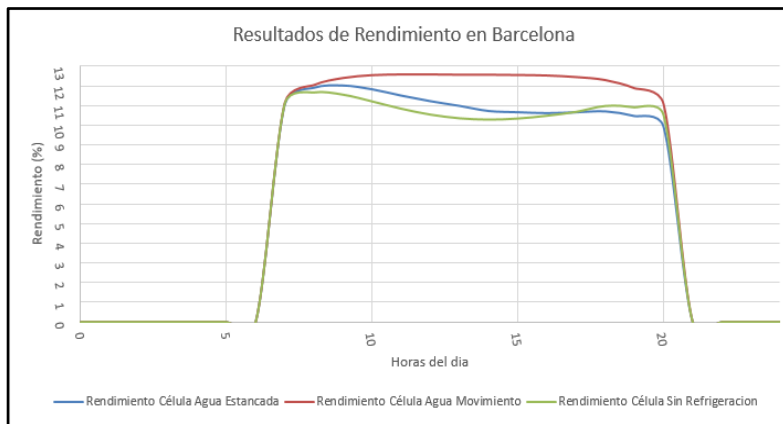


	Agua estancada Sevilla	Agua movimiento Sevilla
Horas	Diferencia Respecto No Agua	Diferencia Respecto No Agua
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	-	-
7	-0,04	0,03
8	0,18	0,32
9	0,40	0,79
10	0,63	1,38
11	0,77	1,85
12	0,71	2,26
13	0,66	2,56
14	0,49	2,69
15	0,30	2,70
16	0,09	2,55
17	-0,13	2,34
18	-0,36	1,99
19	-0,65	1,55
20	-0,86	1,07
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	-	-

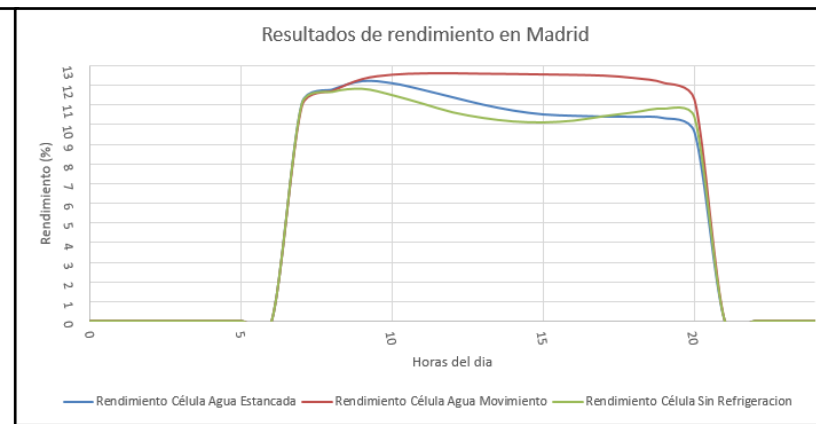
Resultados obtenidos

Caso empírico: Rendimientos en función de la hora del día

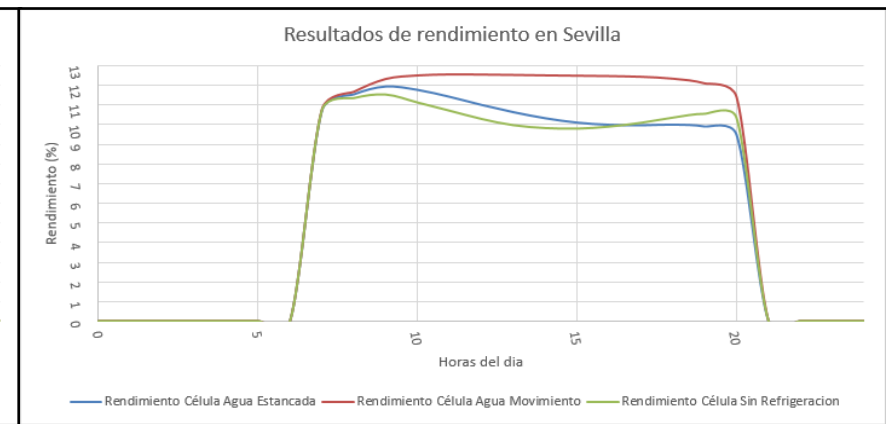
BARCELONA



MADRID



SEVILLA



Conclusiones

Podemos concluir que:

- La refrigeración con agua en reposo aporta una ganancia de rendimiento que a priori parece pequeña (0,7% aproximadamente para todos los casos estudiados).
 - Esta ganancia puede suponer un aumento de energía considerable para instalaciones fotovoltaicas medias y grandes.
- La refrigeración con agua en movimiento genera resultados extremadamente buenos (2,5% de ganancia aproximadamente).
 - Hay que tener cautela con estos resultados, pero el balance de energías aporta cierta validez a los resultados
- Los resultados de las simulaciones realizadas en este estudio siempre se tendrán que validar con resultados experimentales, y el modelo esta sujeto a cambios

GRACIAS POR VUESTRA ATENCION !!!!!!!

MU COM



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| uma.es



Addlink
Software Científico

 **COMSOL**