



**HACIA EL AUTOCONSUMO** / Cubierta Vegetal en los Talleres y  
Cocheras del Metropolitano de Granada / Placas fotovoltaicas en los metros  
andaluces

**Luis Ramajo Rodríguez / Agencia de Obra Pública de  
la Junta de Andalucía**

**Movilidad Urbana Sostenible**

Soluciones Energéticas y Ambientales para un metro más eficiente

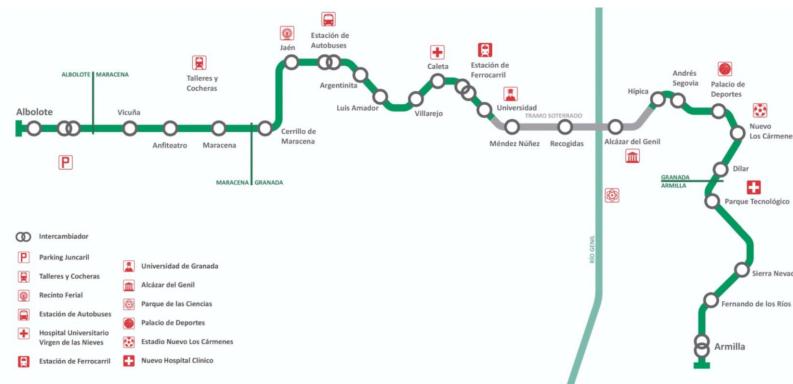
**Alamys**  
Asociación Latinoamericana de  
Metros y Subterráneos

**M**  
Metropolitano  
de Granada

**A**  
Junta  
de Andalucía



## Metro de Granada



**FERROCARRILES  
METROPOLITANOS**  
*de Andalucía >*

AGENCIA DE OBRA PÚBLICA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

**PITMA 2030**  
**50 % Motorizados.**  
De ellos 80-87%  
en veh privado.  
Solo 10-13 % en  
TP.

Metro de Sevilla



## Tren de la Bahía de Cádiz



## Movilidad Urbana Sostenible

Soluciones Energéticas y Ambientales para un metro más eficiente

Asociación Latinoamericana de  
Metros y Subterráneos

M Metropolitan  
de Granada

 Junta  
de Andalucía

## Beneficios ambientales del transporte ferroviario metropolitano de la Junta de Andalucía

| Año 2019                  | Usuarios   | Toneladas GEI evitadas | Desplazamientos evitados |
|---------------------------|------------|------------------------|--------------------------|
| Metro de Granada          | 11.700.000 | 4.166                  | 3.022.500                |
| Metro de Málaga           | 6.880.000  | 2.274                  | 1.720.000                |
| Metro de Sevilla          | 16.998.191 | 9.925                  | 5.765.220                |
| Las tres infraestructuras | 35.578.191 | 16.365                 | 10.507.720               |

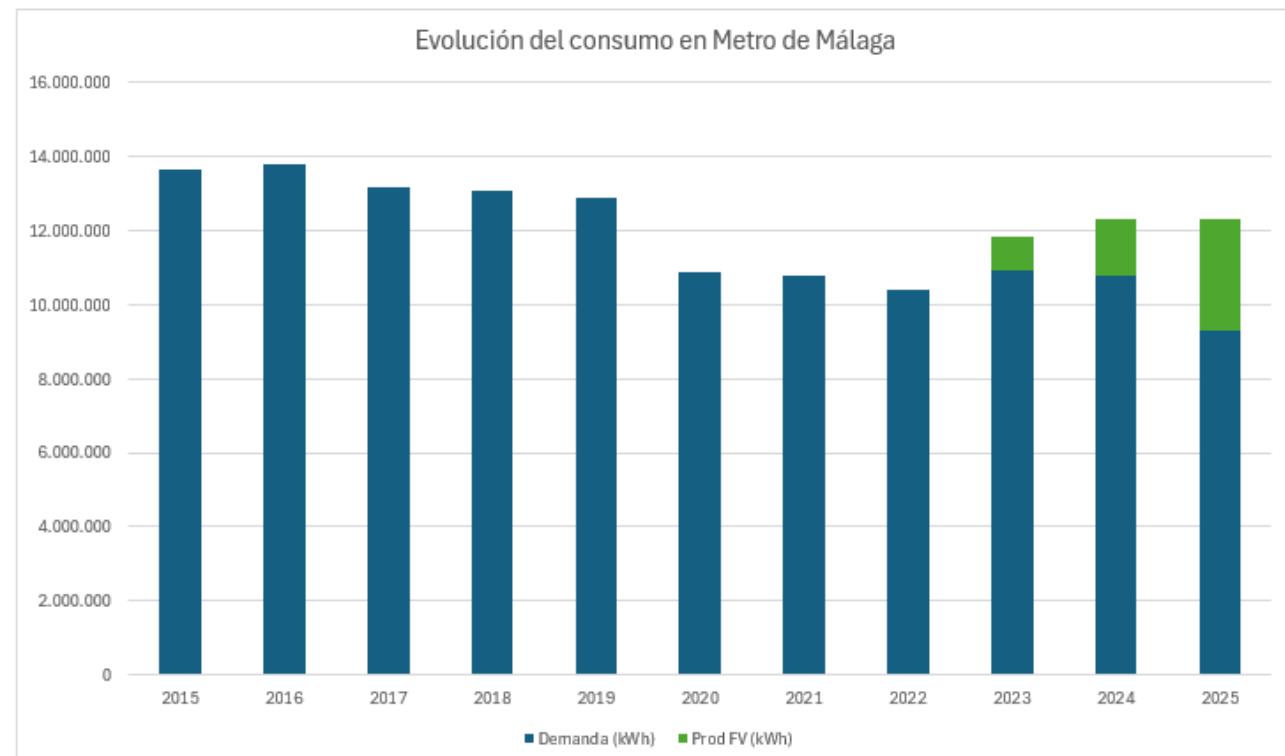
| Año 2023                           | Usuarios          | Toneladas GEI evitadas | Desplazamientos evitados |
|------------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|
| Metro de Granada                   | 14.180.797        | 6.870                  | 4.017.892                |
| Metro de Málaga                    | 13.606.294        | 4.080                  | 3.401.574                |
| Metro de Sevilla                   | 20.429.032        | 11.980                 | 5.958.468                |
| Trambahía                          | 1.976.278         | 1.708                  | 741.100                  |
| <b>Las cuatro infraestructuras</b> | <b>50.192.401</b> | <b>24.638</b>          | <b>14.119.034</b>        |

100% del suministro eléctrico procedente de fuentes 100% renovables.

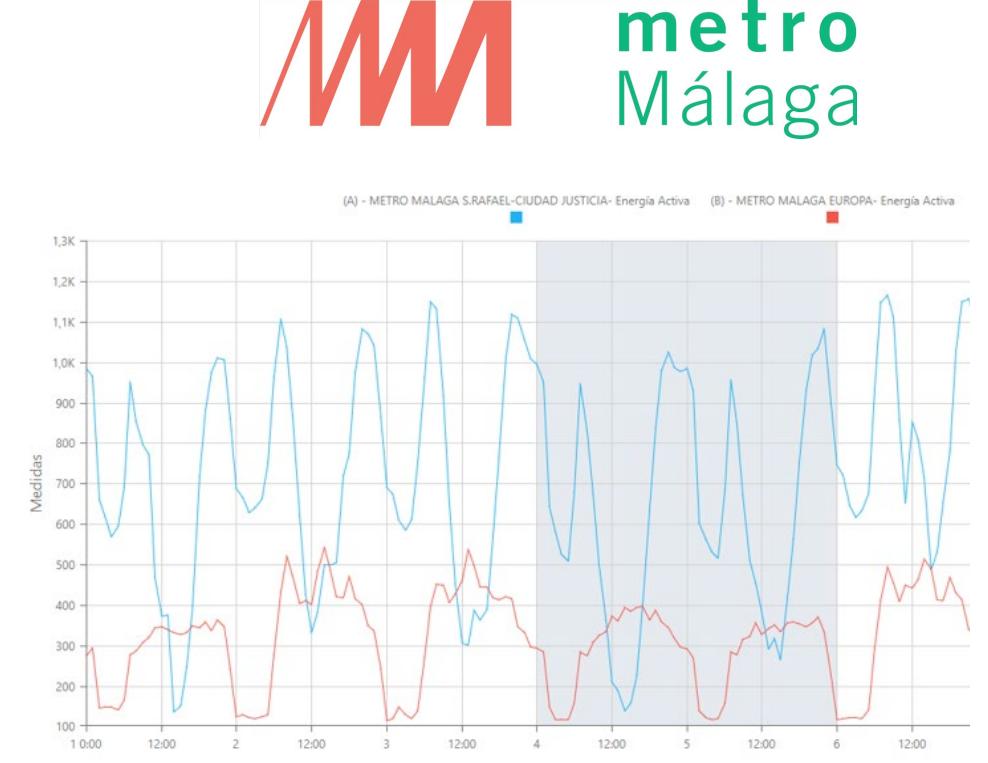
Metro de Sevilla y Metro de Málaga compensan sus emisiones directas de CO2.

## HACIA EL AUTOCONSUMO

|                            | Fase 0 - Cubierta taller | Fase 1      |          | Fase 2 - Recinto TYC | Fase 3 - Recinto TYC | Fase 1 + 2 + 3 |
|----------------------------|--------------------------|-------------|----------|----------------------|----------------------|----------------|
|                            |                          | Recinto TYC | Paradas  |                      |                      |                |
| Nº paneles                 | 218                      | 1025        | 25       | 769                  | 1900                 | 3719           |
| kWp instalados             | 47                       | 558,6       | 13,6     | 423,0                | 1092,5               | 2087,7         |
| Prod. anual estimada (GWh) | 0,08                     | 0,9         | 0,004115 | 0,681                | 1,7601               | 3,3457         |
| % Autoconsumo              | -                        | 7,50%       | 0,03%    | 5,68%                | 14,67%               | 27,88%         |
| Fecha puesta en marcha     | Inicio de la explotación | dic-22      |          | ene-24               | dic-24 (estimada)    | -              |



## HACIA EL AUTOCONSUMO



En esta imagen, se observa la curva de carga de las dos acometidas con las que contamos en Metro de Málaga. La línea roja representa actualmente la acometida de EUR, la cual no cuenta con fotovoltaica asociada. Se observa claramente como en las horas centrales del día, el consumo es máximo, mientras que durante la noche baja notablemente. Por otro lado, la acometida de San Rafael (línea azul), muestra como al inicio del servicio el consumo sube, después a las horas centrales baja gracias al autoconsumo (compramos menos electricidad), y conforme se va el sol, el consumo vuelve a subir. Al llegar la noche, el consumo vuelve a bajar.

**AUTOCONSUMO: 28 % en 2024**



## HACIA EL AUTOCONSUMO

| Ubicación                       | Instalación | Superficie m2            | Potencia KW | Energía GWh |
|---------------------------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|
| Edificio de Talleres            | 15 años     | 3.000 m2                 | 300         | 0,45        |
| Talleres y cocheras. Estaciones | Marzo 2023  | 2.000 placas<br>5.800 m2 | 1.300       | 2           |



**AUTOCONSUMO: 19 % en 2024**



## HACIA EL AUTOCONSUMO





Metropolitano  
de Granada

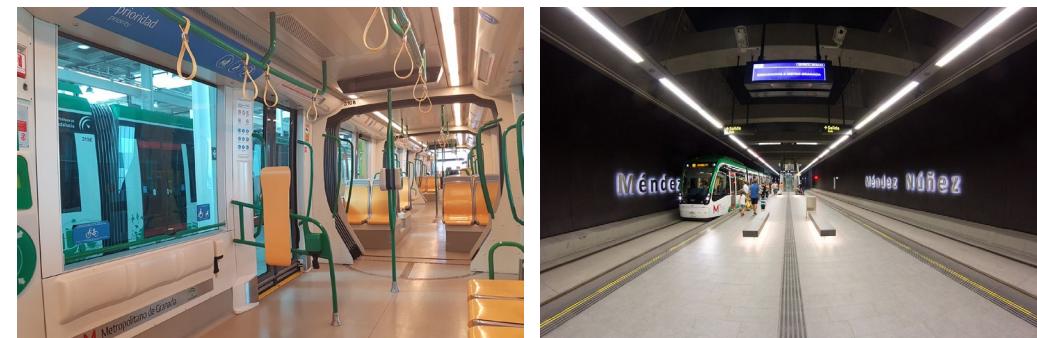
### Elaboración de Plan de Acción en 2020.

- Certificación energética
- Sistema de Gestión Calidad Energía
- Cristales bajo emisivos.
- Instalación de toldos en edificio administrativo.
- Estudios lumínicos y sustitución luminarias MG
- Sustitución de fluorescentes por LED en unidades móviles.
- Uso eficiente de unidades móviles (conducción de bajo consumo)
- Instalaciones fotovoltaicas

### Otras medidas.

- Restauración vegetal Dominio Público.
- Sensores contaminación.
- Engrasadores (Ruidos).
- Carga eléctrica vehículos.

## Optimización energética y ambiental METRO GRANADA





Metropolitano  
de Granada

## Instalaciones fotovoltaicas METRO GRANADA

### Instalaciones fotovoltaicas en Metro de Granada para autoconsumo:

1. Talleres y cocheras. Marquesinas de aparcamiento oficinas.
2. Parking disuasorio de Juncaril.
3. Cubierta verde de playa de vías.

| Ubicación              | Módulos | Potencia KW | Energía GWh |
|------------------------|---------|-------------|-------------|
| Talleres y cocheras    | 675     | 321         | 0,43        |
| Juncaril               | 168     | 85,5        | 0,124       |
| Cubierta Playa de Vías | 1.729   | 811         | 1,57        |



Incluyendo perdidas en la energía, 1,151 GWh  
**22,7% del consumo eléctrico.**  
 2,4 millones de euros.

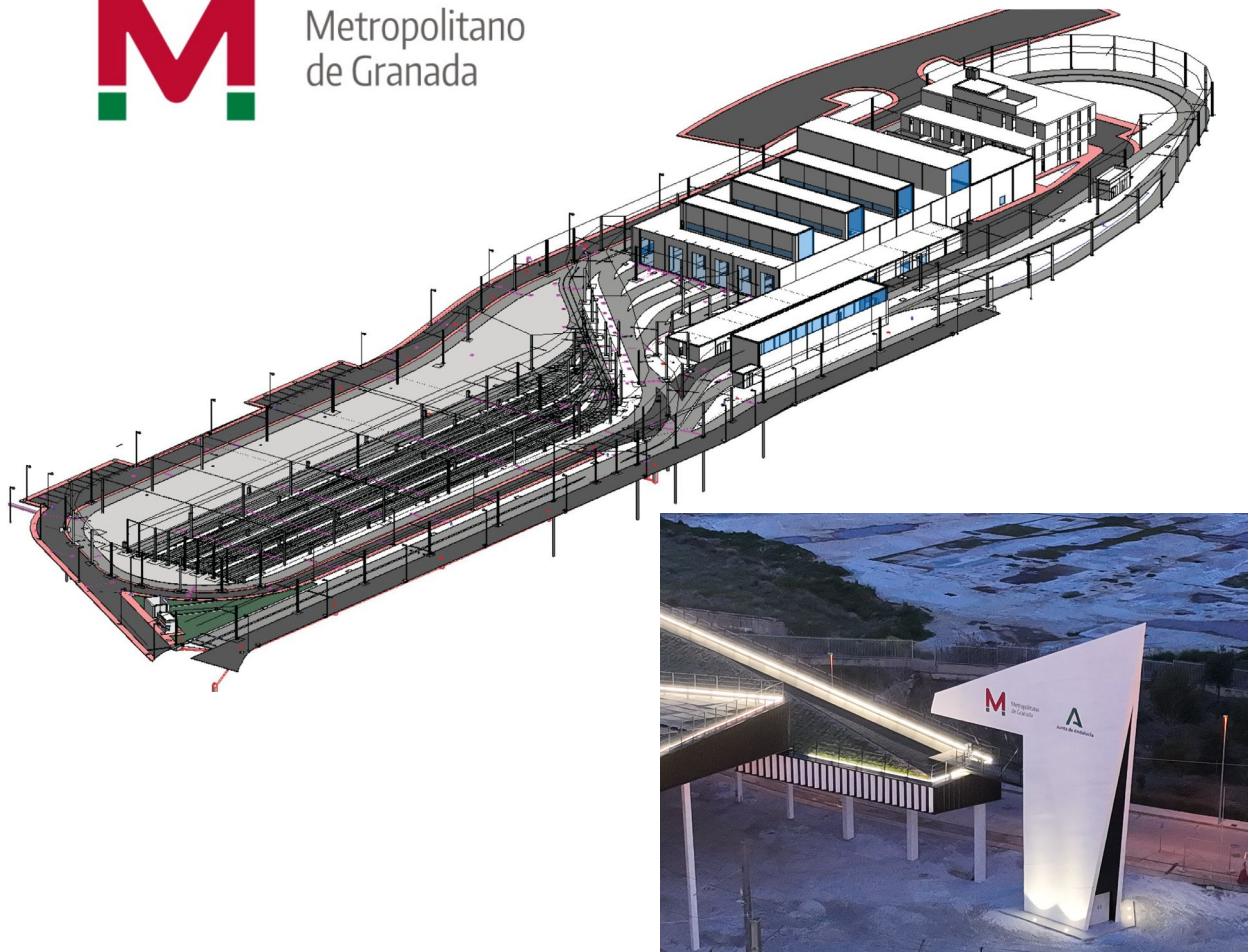
## Instalaciones fotovoltaicas METRO GRANADA



Metropolitano  
de Granada



## Cubierta verde sobre playa de vías METRO GRANADA



### Objetivos de la cubierta verde en playa de vías:

1. Proteger a los trenes estacionados de las inclemencias meteorológicas. Excesivo soleamiento en verano.
2. Favorecer las tareas de mantenimiento de los trenes y su vida útil.
3. Mejorar la eficiencia energética del Metro de Granada, gracias a la instalación de placas fotovoltaicas para el autoconsumo.
4. Zonas ajardinadas para favorecer la absorción de gases de efecto invernadero. Efecto aislante térmico.

## Cubierta verde sobre playa de vías METRO GRANADA

**Cubierta elevada** sobre 120 pilares de una altura máxima de 12 metros

Alberga 8 vías con capacidad para estacionar 32 trenes  
Superficie total en planta de 9.000 m<sup>2</sup>.

- Planta fotovoltaica: 4.000 m<sup>2</sup>
- Cubierta verde: 3.332,88 m<sup>2</sup>





Metropolitano  
de Granada

### Revegetación

Sistema de bandejas someras con distintas especies de *Sedum* (uña de gato), incluyendo además la plantación de elementos arbustivos de clima mediterráneo y porte bajo en el 30% del espacio (*Helychrisum*, *Macrochloa*, *Santolina*, *Teucrium* y *Thymus*)

Sistema de riego con programadores, 10 unidades de control distribuidas en los distintos paños, y 8.310 metro de tuberías PE de 16" con goteros autocompensantes.

Absorción estimada: 20 Tn eq de CO<sub>2</sub>.

Buen aislante térmico.

## Cubierta verde sobre playa de vías METRO GRANADA





# 29º Comités Técnicos Alamys

GRANADA / ESPAÑA

Movilidad  
Urbana  
Sostenible

Gracias por  
su atención

Soluciones Energéticas  
y Ambientales  
para un metro  
más eficiente



Asociación Latinoamericana de  
Metros y Subterráneos



Metropolitano  
de Granada



Junta  
de Andalucía

