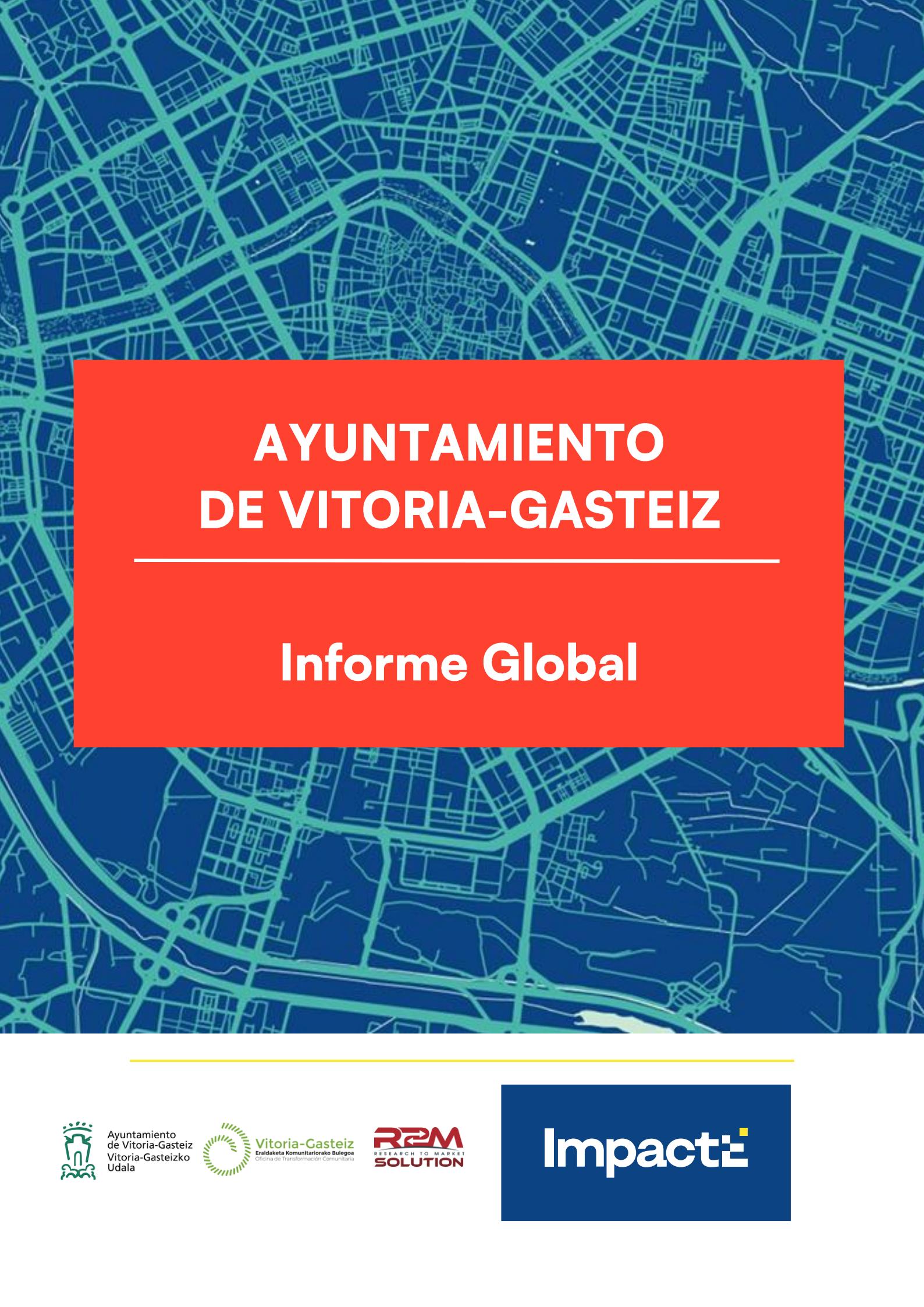


# ImpactE

Innovation to lead the energy transition





# AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ

---

## Informe Global



Ayuntamiento  
de Vitoria-Gasteiz  
Vitoria-Gasteizko  
Udala



Vitoria-Gasteiz  
Erlaketa Komunitarioako Bulegoa  
Oficina de Transformación Comunitaria



Impact

## Contenido

---

1. Introducción.....	4
1.1. ImpactE .....	4
1.2. Transición Energética Urbana.....	4
1.3. Estudio del recurso fotovoltaico .....	4
1.4. Consideraciones previas .....	4
1.5. Organización del documento.....	5
2. DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO.....	6
3. MUNICIPIO DE VITORIA-GASTEIZ .....	8
3.1. Potencia instalable.....	8
3.2. Potencial ahorro energético y económico .....	9
3.3. Potencial ahorro de emisiones.....	10
3.4. Cubiertas con mayor impacto.....	11
4. SECTOR RESIDENCIAL .....	12
4.1. Potencia instalable.....	12
4.2. Potencial ahorro energético y económico .....	13
4.3. Potencial ahorro de emisiones.....	14
4.4. Cubiertas con mayor impacto.....	15
5. SECTOR INDUSTRIAL.....	16
5.1. Potencia instalable.....	16
5.2. Potencial ahorro energético y económico .....	17
5.3. Potencial ahorro de emisiones.....	18
5.4. Cubiertas con mayor impacto.....	19
6. SECTOR TERCIARIO .....	20
6.1. Potencia instalable.....	20
6.2. Potencial ahorro energético y económico .....	21
6.3. Potencial ahorro de emisiones.....	22
6.4. Cubiertas con mayor impacto.....	23
7. RECOMENDACIONES.....	24
8. CONCLUSIONES .....	26
ANEXO A — Proceso de cálculo.....	27
A.1 Evaluación de la producción .....	27
A.2. Modelo 3D de la ciudad.....	27
A.3. Dimensionamiento.....	27
A.4. Producción.....	28
A.5 Evaluación de los impactos tecnico-económicos .....	28

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ImpactE

ImpactE es una empresa valenciana cuya misión es facilitar la transición energética y empoderar y sumar a la ciudadanía de forma activa en la transición energética. Misión que ImpactE pretende conseguir a través de la innovación técnica y social y el desarrollo de software.

### 1.2. Transición Energética Urbana

Actualmente la sociedad se encuentra en una situación de emergencia climática, un nuevo paradigma en el cual es preciso cambiar la relación que tienen la ciudadanía con la energía y como interactúa con ella. Este cambio de sistema es conocido como transición energética. Esta transición conlleva un cambio en la visión pasiva actual frente al sector energético, hacia un rol activo donde la ciudadanía deberá ser clave protagonista en este cambio.

¿Porque instalar fotovoltaica es clave en esta transición energética?

Por su triple impacto. Es una fuente de generación renovable, es decir, sostenible con el planeta. Es la tecnología actualmente más barata de instalación. Y tiene un gran poder social, ya que cualquier ciudadano puede instalar fotovoltaica en su vivienda, favoreciendo el empoderamiento y concienciación de esta. Además, fomenta un modelo descentralizado, potenciando a la generación cerca de la demanda y disminuyendo perdidas y cargas en el sistema.

### 1.3. Estudio del recurso fotovoltaico

El presente informe pretende responder a cuál es el potencial de aprovechamiento del recurso fotovoltaico en el municipio, así como en los sectores residencial, industrial y terciario.

Para ello, para cada edificio del municipio se ha dimensionado las instalaciones de autoconsumo que admitiría cada uno considerando las sombras por obstáculos cercanos, y optimizado su orientación e inclinación para maximizar su producción fotovoltaica. Asimismo, se han estimado todas las curvas horarias de demanda de cada inmueble del municipio, para hacer el balance energético con la producción generada por las instalaciones fotovoltaicas y estimar el impacto energético, económico y ambiental en todo el municipio. El procedimiento de cálculo se detalla en el ANEXO A — Proceso de cálculo.

La anterior información se presenta geolocalizada en el presente informe de manera que la se pueda conocer las áreas del municipio con mayor potencial fotovoltaico de cara a definir estrategias y priorizar.

### 1.4. Consideraciones previas

El presente estudio evalúa el potencial fotovoltaico del municipio bajo dos supuestos escenarios:

- Escenario de potencias instalables máximas, consistente en un escenario ideal en el cual se aprovecha en cada edificio la máxima superficie de cubiertas libre de sombras y con suficiente espacio para albergar instalaciones fotovoltaicas. Representa, por tanto, la máxima capacidad que tendría el municipio de generar y aprovechar la energía fotovoltaica.
- Escenario de **potencias óptimas**, que representa la potencia recomendada instalar de acuerdo al consumo de cada parcela catastral y que será igual o menor a la máxima. Este escenario es considerado más realista y factible dada la legislación y costes actuales, minimizando el periodo de retorno y maximizando la cobertura renovable o autosuficiencia.

Aunque el escenario de potencias máximas sería el idóneo ambientalmente, no suele darse en la práctica, ya que se suelen tratar de instalaciones sobredimensionadas en

relación al consumo eléctrico de los usuarios en las que gran parte de la generación fotovoltaica termina siendo exportada a la red eléctrica. Bajo el esquema de precios de compensación actuales y siguiendo el mecanismo de compensación económica del RD244/19 se minimiza el retorno de la inversión cuando se tienen excedentes reducidos y altas tasas de autoconsumo. Por ello, se ha evaluado este **este** escenario más factible técnica y económico en el que las instalaciones han sido dimensionados bajo criterios económicos (minimización del periodo de retorno) y ambientales (maximización de la cobertura renovable).

Por otro lado, los sectores socio-económicos se han clasificado a partir de los usos según catastro asociados a cada inmueble del municipio de acuerdo con las agrupaciones mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Asociación de sectores socio-económicos con usos catastrales de los inmuebles.

Sector	Usos según catastro
Residencial	Residencial
Terciario	Oficina, Deportivo, Ocio, Enseñanza, Cultural, Comercial, Público, Sanidad, Est. Servicio, Religioso, Espectáculos, Hotel
Industrial	Industrial
Otros usos	Agrario, Almacén, Obra, Soportal, Porche, Aparcamiento, Depósito, Suelo, Otros, Elem. Comunes, Jardín

## 1.5. Organización del documento

El presente documento presenta el potencial fotovoltaico máximo del municipio de Vitoria-Gasteiz. Se presenta el potencial de forma agregada para todo el municipio en su conjunto y de forma desagregada para cada uno de los sectores del mismo.

En la sección 2. DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO se presenta un breve análisis catastral de las parcelas del municipio, para conocer los usos principales por cuantía y por área ocupada. Seguidamente se presentan los resultados de potencial fotovoltaico del municipio en una primera sección 3. MUNICIPIO DE VITORIA-GASTEIZ de forma global para todo el municipio seguido del potencial desagregado en las secciones 4. SECTOR RESIDENCIAL, 5. SECTOR INDUSTRIAL Y 6. SECTOR TERCARIO. La penúltima sección, 7. RECOMENDACIONES, presenta una discusión a partir de los datos y resultados obtenidos de cara a optimizar y priorizar la planificación energética del municipio. La última sección, 8. CONCLUSIONES, presenta los resultados más destacados del estudio.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO

El municipio de Vitoria-Gasteiz dispone de 20.268 edificios y 378.933 inmuebles con usos variados: principalmente, residencial, almacenamiento, comercial, deportivo y agrario.

En total, tal y como se observa en la Figura 2, **entre los principales usos**, el 33,9 % de los inmuebles son de uso residencial, 32,9 % almacenes, 27,1 % suelo, 2,8% comercial y 1,2 % oficina.

Asimismo, en la Figura 3, se muestran las superficies construidas del municipio asociadas a cada uso catastral. Se mantienen proporciones similares habiendo, entre los principales usos, 1.309 ha de uso residencial, 671 ha de almacenes, 590 ha de uso suelo, 130 ha de uso comercial y 95,6 ha de uso oficina.



Figura 1. Vista satélite del municipio de Vitoria-Gasteiz.

Número de inmuebles por uso

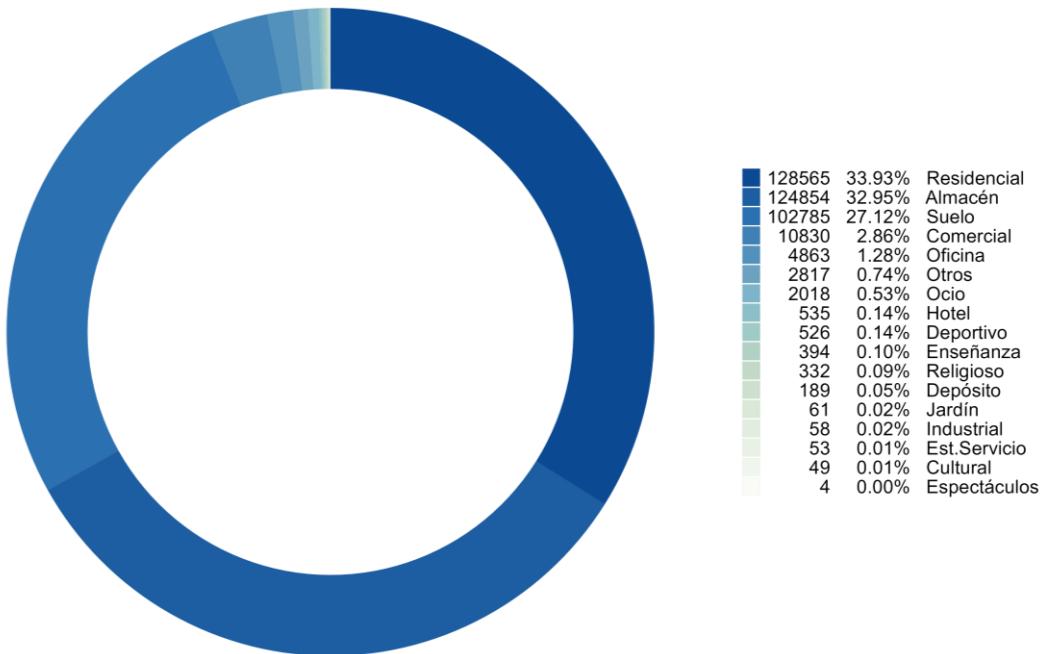


Figura 2. Número de inmuebles del municipio según su uso catastral.

Superficie construida por uso ( m<sup>2</sup> )

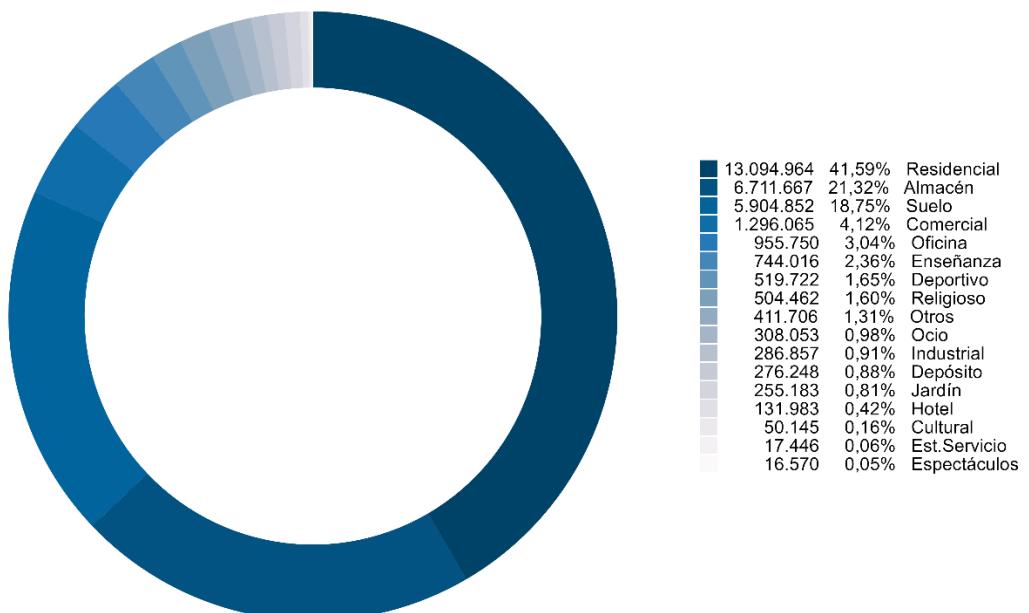


Figura 3. Superficie total construida por uso catastral.

### 3. MUNICIPIO DE VITORIA-GASTEIZ

A continuación, se muestra el impacto que tendría el autoconsumo fotovoltaico en el municipio aprovechando la superficie de cubiertas aptas para albergar instalaciones fotovoltaicas.

#### 3.1. Potencia instalable

En todo el municipio se podría instalar en energía fotovoltaica una potencia total máxima de 793,1 MWp, que corresponden a 1.705.652 paneles, y una **potencia total óptima** de 310,2 MWp, que corresponden a 667.125 paneles.

En el escenario de potencia instalable máxima se podría autoconsumir directamente alrededor del 23,7% de su demanda, mientras que en el escenario con potencias instalables óptimas se cubriría hasta el 21,9%.

En el balance anual, el escenario de potencias instalables máximas permitiría generar el **67,4%** de las necesidades energéticas anuales del municipio, mientras que mediante las potencias óptimas se cubriría el 26,5%.

Tabla 2. Potencial fotovoltaico en todo el municipio.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Potencia de paneles	MWp	793,1	310,2
Número de paneles	-	1.705.652	667.125
Energía autoconsumida	%	23,7	21,9
Tasa de cobertura del consumo energético del municipio	%	67,4	26,5

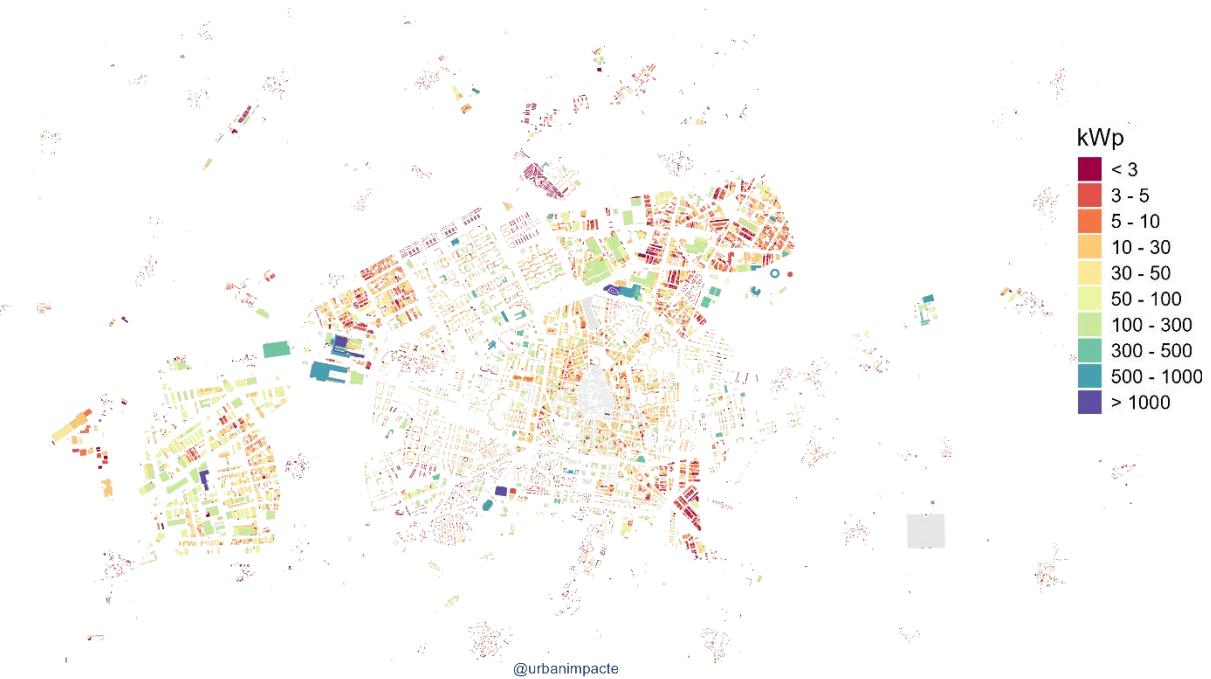


Figura 4. Potencia instalable óptima para todos los edificios del municipio.

### 3.2. Potencial ahorro energético y económico

Con toda la potencia instalable máxima el municipio podría generar 807,7 GWh anuales de energía solar y, con la potencia instalable óptima, 318,0 GWh.

En el escenario de potencias instalables máximas la energía generada podría llegar a cubrir la demanda anual eléctrica de 230.765 viviendas de media, mientras que en el de potencias óptimas se cubriría la demanda de 90.865 viviendas de media.

La generación total solar permitiría un ahorro anual para potencias instalables máximas y óptimas de en torno a 61,4 y 57,5 millones de euros, respectivamente. Pese a ser 2,5 veces mayor energía generada, el ahorro económico conseguido es únicamente 1,14 veces superior y ello se debe al actual esquema de precios de compensación según el mecanismo de compensación económica del RD244/19.

Tabla 3. Potenciales impactos energéticos y económicos del autoconsumo en todo el municipio.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Generación de energía fotovoltaica	GWh/año	807,7	318,0
Consumo eléctrico de viviendas equivalentes a la producción fotovoltaica	-	230.765	90.865
Ahorro económico	M€/año	61,4	57,5

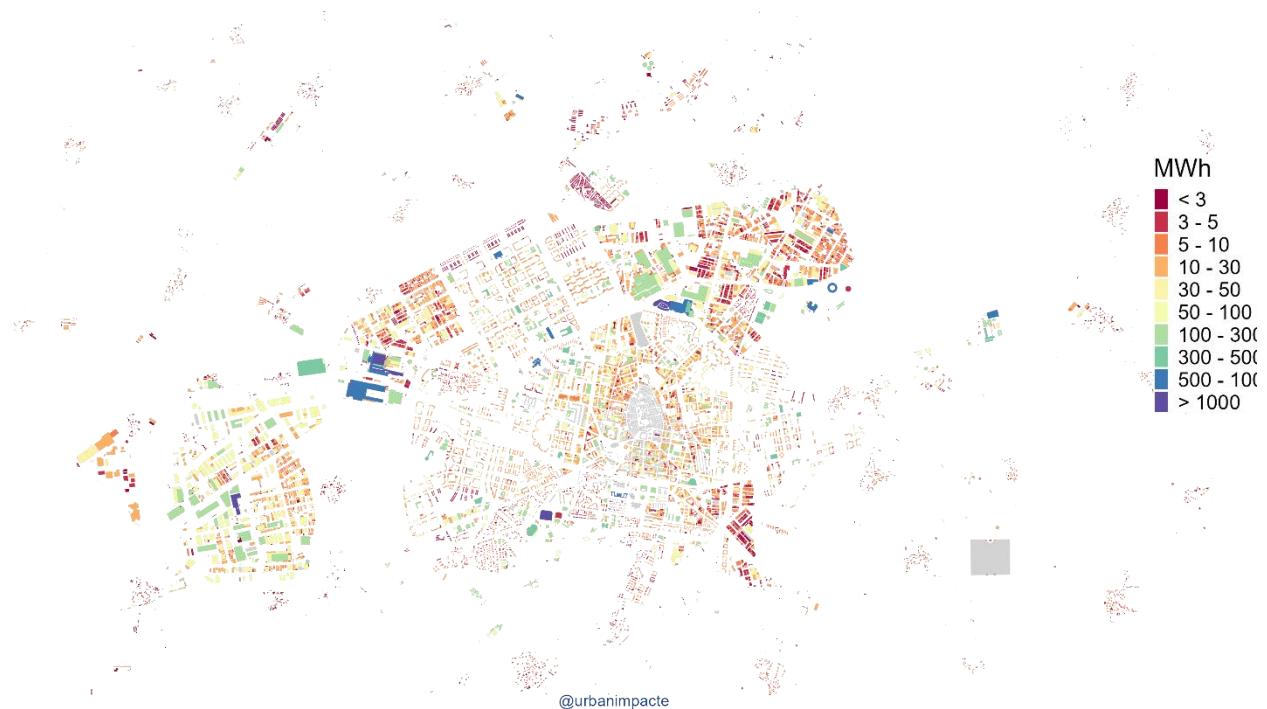


Figura 5. Producción fotovoltaica anual en todos los edificios del municipio, para el escenario con potencias instalables óptimas.

### 3.3. Potencial ahorro de emisiones

La energía solar total generada permitiría ahorrar para los escenarios de máximas y óptimas potencias instalables 97.001,9 y 38.195,2 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, respectivamente

Asimismo, este ahorro de emisiones de gas de efecto invernadero equivaldría a plantar 3.079.425 y 1.212.546 árboles, respectivamente, y mantenerlos a lo largo de la vida útil de la instalación. Con las emisiones ahorradas se podrían recorrer hasta 598,8 y 235,8 millones de km en coche al año, respectivamente.

Tabla 4. Potenciales impactos ambientales del autoconsumo en todo el municipio.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Ahorro de emisiones	tCO <sub>2</sub> /año	97.001,9	38.195,2
Árboles plantados	-	3.079.425	1.212.546
Millones de km de coche evitados	Mkm/año	598,8	235,8

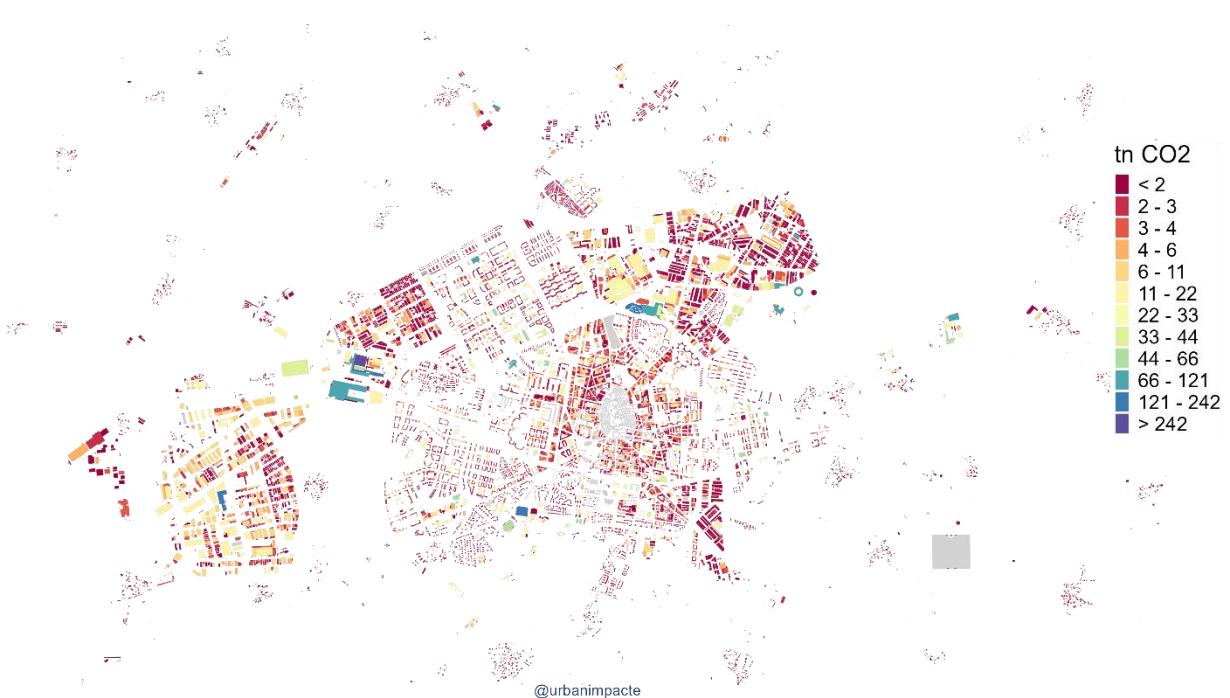


Figura 6. Emisiones anuales evitadas en todos los edificios del municipio, para el escenario con potencias instalables óptimas.

### 3.4. Cubiertas con mayor impacto

A continuación, se muestran los 10 edificios con mayor espacio de cubierta apto para instalar paneles fotovoltaicos y, por tanto, constituyen los edificios que más impacto tendrían sobre el potencial global del municipio. Todos ellos por encima de los 2.998,2 kWp para potencias máximas y 650,0 kWp para potencias óptimas.

Tabla 5. Clasificación de las cubiertas de todo el municipio con mayor capacidad para albergar fotovoltaica. Tabla izqda. potencias máximas y tabla dcha. con potencias óptimas.

	Dirección	Potencia instalable máxima (kWp)		Dirección	Potencia instalable óptima (kWp)
1	BIDEGANA 1	3.992,3		1	LOS HUETOS AVENIDA 73
2	ARTAPADURA 11	3.801,4		2	ZARAMAGA 1
3	ZURRUPITIETA 27	3.657,4		3	JUNDIZ CALLE 12
4	CANTABRICO AVENIDA 3	3.526,0		4	AMADEO G SALAZAR P 3
5	ASKARRA 20	3.424,0		5	LOS HUETOS AVENIDA 73
6	ZARAMAGA 1	3.411,2		6	LOS HUETOS AVENIDA 73
7	PORTAL DE GAMARRA 3	3.302,2		7	ZARAMAGA 1
8	CANAL SANTO TOMAS 2	3.291,7		8	PORTAL DE ZURBANO 30
9	PADULETA 4	3.058,2		9	LOS HUETOS AVENIDA 73
10	CANTABRICO AVENIDA 3	2.998,2		10	CAPELAMENDI 24



Figura 7. Top 10 de cubiertas del municipio con mayor potencia instalable, para el escenario con potencias instalables óptimas.

## 4. SECTOR RESIDENCIAL

### 4.1. Potencia instalable

En el sector residencial del municipio se podría instalar en energía fotovoltaica una potencia total máxima de 148,5 MWp, que corresponden a 319.366 paneles, y una potencia total óptima de 117,1 MWp, que corresponden a 251.729 paneles.

En el escenario de potencia instalable máxima se podría autoconsumir directamente alrededor del 27,4 % de su demanda, mientras que en el escenario con potencias instalables óptimas se cubriría hasta el 26,7 %.

En el balance anual, el escenario de potencias instalables máximas permitiría generar el 65,4% de las necesidades energéticas anuales del municipio, mientras que mediante las potencias óptimas se cubriría el 51,5%.

Tabla 6. Potencial fotovoltaico en el sector residencial.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Potencia de paneles	MWp	148,5	117,1
Número de paneles	-	319.366	251.729
Energía autoconsumida	%	27,4	26,7
Tasa de cobertura del consumo energético del municipio	%	65,4	51,5

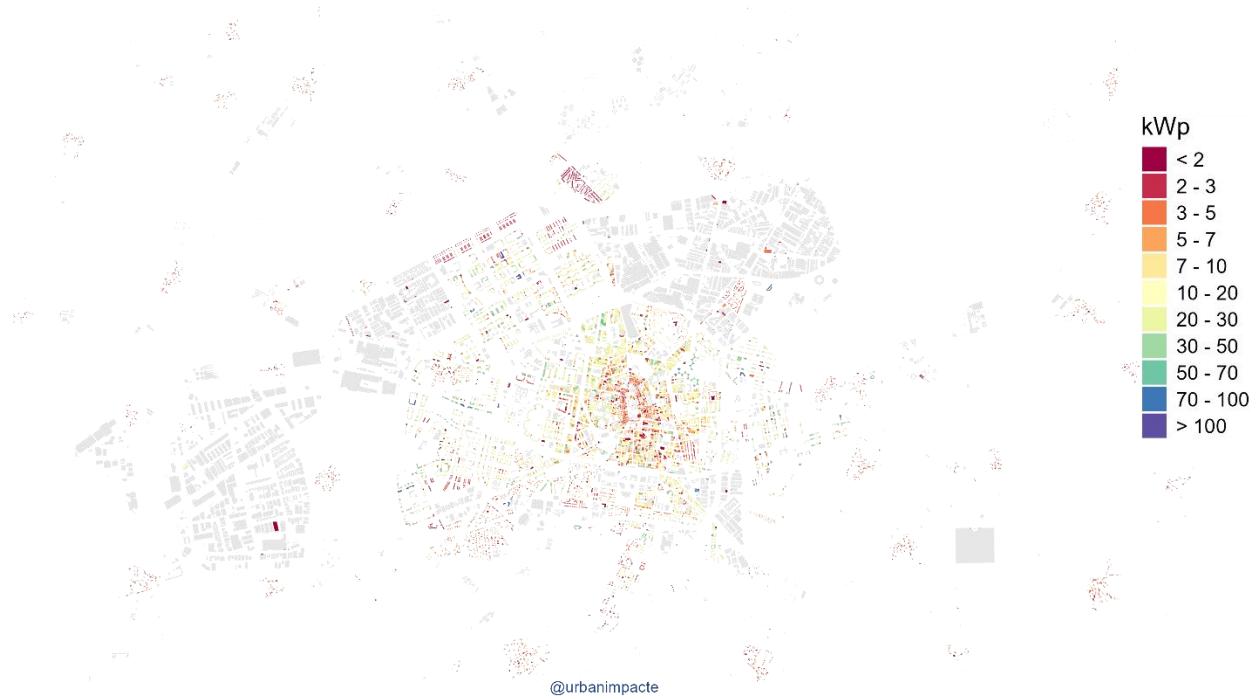


Figura 8. Potencia instalable óptima asignada a los edificios con usos de tipo residencial.

## 4.2. Potencial ahorro energético y económico

Con toda la potencia instalable máxima podría generar 154,1 GWh anuales de energía solar y, con la potencia instalable óptima, 121,4 GWh.

En el escenario de potencias instalables máximas la energía generada podría llegar a cubrir la demanda anual eléctrica de 44.038 viviendas de media, mientras que en el de potencias óptimas se cubriría la demanda de 34.680 viviendas de media. La generación total solar permitiría un ahorro anual para potencias instalables máximas y óptimas de en torno a 24,9 y 23,5 millones de euros, respectivamente. Pese a 1,3 veces mayor energía generada, el ahorro económico conseguido es únicamente 1,1 veces superior y ello se debe al actual esquema de precios de compensación según el mecanismo de compensación económica del RD244/19.

Tabla 7. Potenciales impactos energéticos y económicos del autoconsumo el sector residencial.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Generación de energía fotovoltaica	GWh/año	154,1	121,4
Consumo eléctrico de viviendas equivalentes a la producción fotovoltaica	-	44.038	34.680
Ahorro económico	M€/año	24,9	23,5

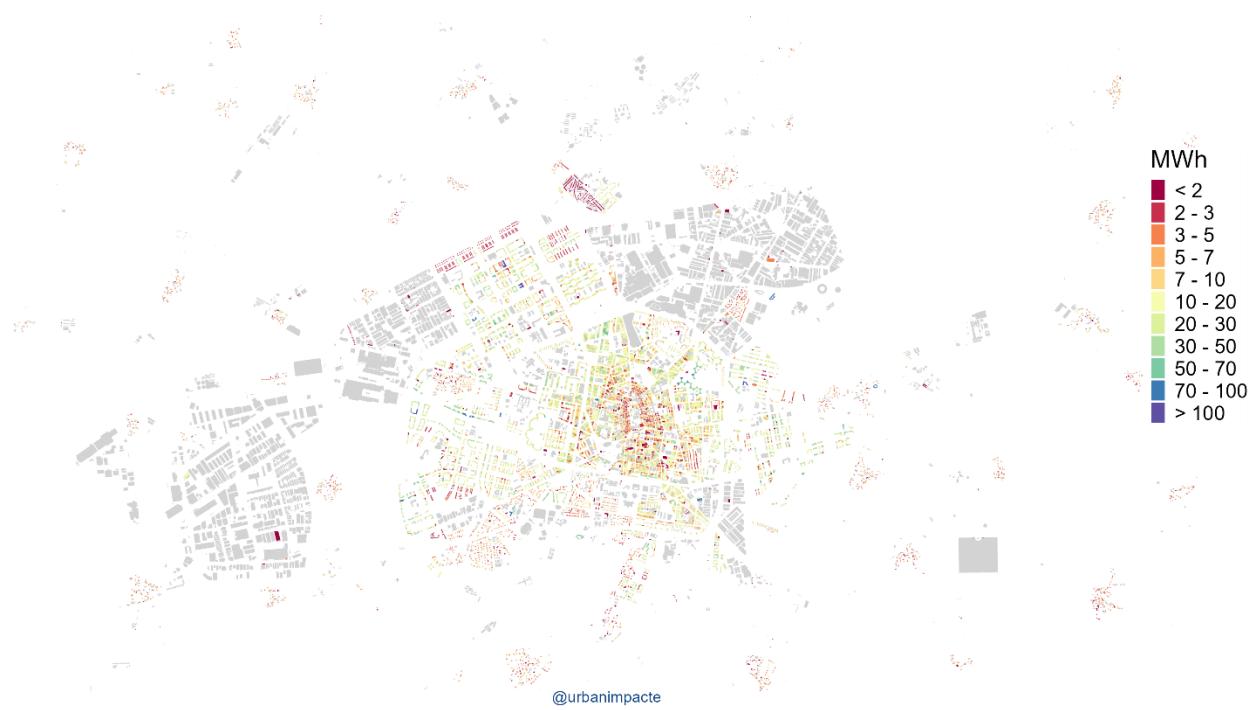


Figura 9. Producción fotovoltaica anual en los edificios con usos de tipo residencial, para el escenario con potencias instalables óptimas.

#### 4.3. Potencial ahorro de emisiones

La energía solar total generada permitiría ahorrar para los escenarios de máximas y óptimas potencias instalables 18.511,4 y 14.577,5 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, respectivamente

Asimismo, este ahorro de emisiones de gas de efecto invernadero equivaldría a plantar 587.662 y 462.779 árboles, respectivamente, y mantenerlos a lo largo de la vida útil de la instalación. Con las emisiones ahorradas se podrían recorrer hasta 114,3 y 90,0 millones de km en coche al año, respectivamente.

Tabla 8. Potenciales impactos ambientales del autoconsumo en el sector residencial.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Ahorro de emisiones	tCO <sub>2</sub> /año	18.511,4	14.577,5
Árboles plantados	-	587.662	462.779
Millones de km de coche evitados	Mkm/año	114,3	90,0

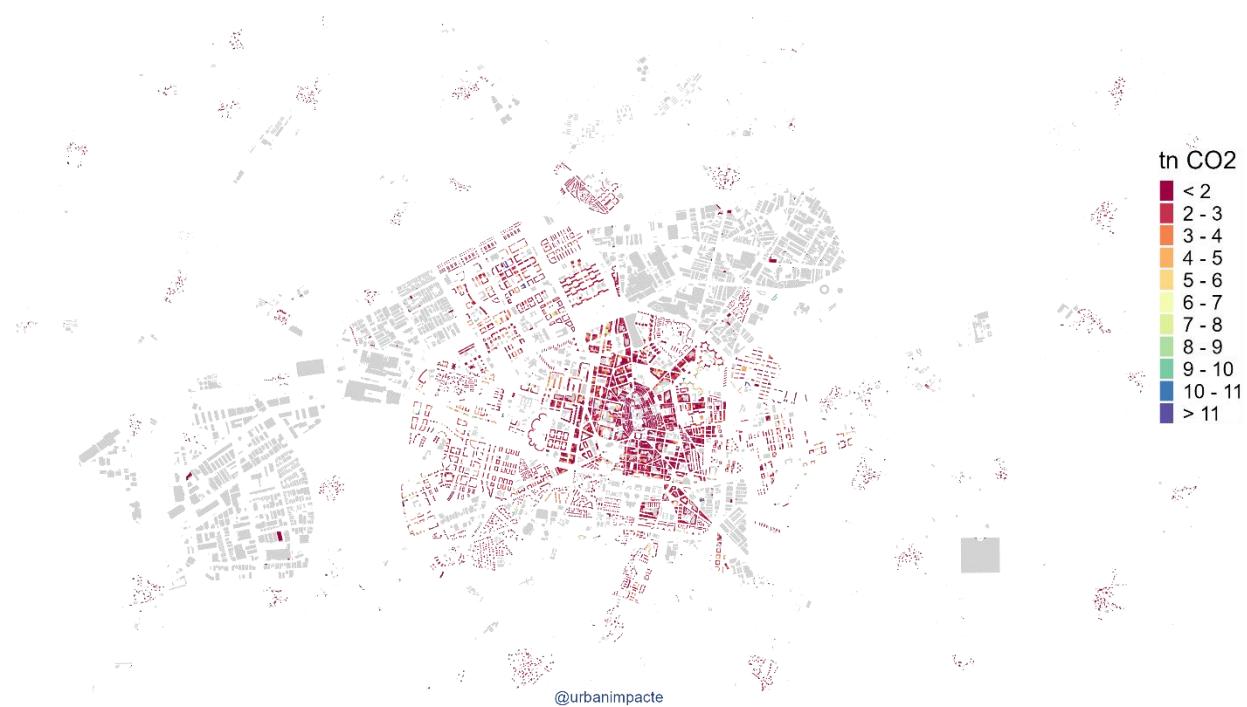


Figura 10. Emisiones anuales evitadas en los edificios con usos de tipo residencial, para el escenario con potencias instalables óptimas.

#### 4.4. Cubiertas con mayor impacto

A continuación, se muestran los 10 edificios de carácter residencial con mayor espacio de cubierta apto para instalar paneles fotovoltaicos y, por tanto, constituyen los edificios que más impacto tendrían sobre el potencial global del sector residencial. Todos ellos por encima de los 125,3 kWp para potencias máximas y 79,8 kWp para potencias óptimas.

Tabla 9. Clasificación de las cubiertas del sector residencial con mayor capacidad para albergar fotovoltaica.

	Dirección	Potencia instalable máxima (kWp)		Dirección	Potencia instalable óptima (kWp)
1	GETARIA 15	297,4	1	GETARIA 15	149,9
2	VIENA 2	197,2	2	DONOSTIA SAN SEBASTI 23	128,6
3	PORTAL DE ZURBANO 4	186,5	3	VIENA 2	114,8
4	DONOSTIA SAN SEBASTI 23	182,4	4	AVD. NACIONES UNIDAS 38	100,6
5	ARKAUTI/ARCAUTE 13	165,5	5	OYON 53	95,4
6	GRAN SOL 2	154,0	6	LAS TRIANAS 15	94,2
7	LAS TRIANAS 15	141,8	7	VALLADOLID 2	92,5
8	GREGORIO ALTUBE PZ 4	131,0	8	ZABALGANA, AVDA. DE 62	86,8
9	ALTO DEL PRADO,CAM. 10	128,3	9	HORTALEZA 3	85,8
10	LOGROÑO 20	125,3	10	OCEANO PACIFICO 19	79,8



Figura 11. Top 10 de cubiertas del sector residencial con mayor potencia instalable, para el escenario con potencias instalables óptimas.

## 5. SECTOR INDUSTRIAL

### 5.1. Potencia instalable

En el sector industrial de Vitoria-Gasteiz se podría instalar en energía fotovoltaica una potencia total máxima de 12,0 MWp, que corresponden a 25.823 paneles, y una potencia total óptima de 12,0 MWp, que corresponden a 25.820 paneles.

En el escenario de potencia instalable máxima se podría autoconsumir directamente alrededor del 6,3% de su demanda, mientras que en el escenario con potencias instalables óptimas se cubriría hasta el 6,3%.

En el balance anual, el escenario de potencias instalables máximas permitiría generar el 2,2% de las necesidades energéticas anuales del municipio, mientras que mediante las potencias óptimas se cubriría el 2,2%.

Tabla 10. Potencial fotovoltaico en el sector industrial.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Potencia de paneles	MWp	12,01	12,0
Número de paneles	-	25.823	25.820
Energía autoconsumida	%	6,3	6,3
Tasa de cobertura del consumo energético del municipio	%	2,2	2,2

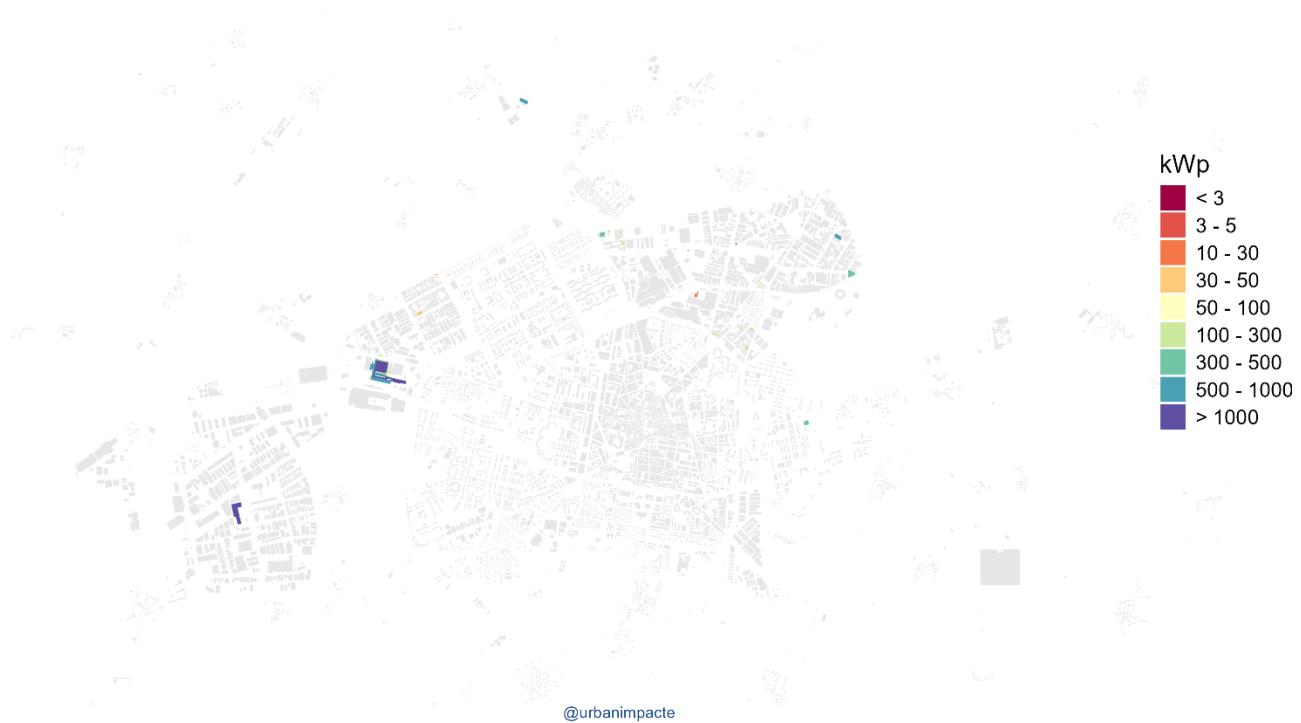


Figura 12. Potencia instalable óptima asignada a los edificios con usos de tipo industrial.

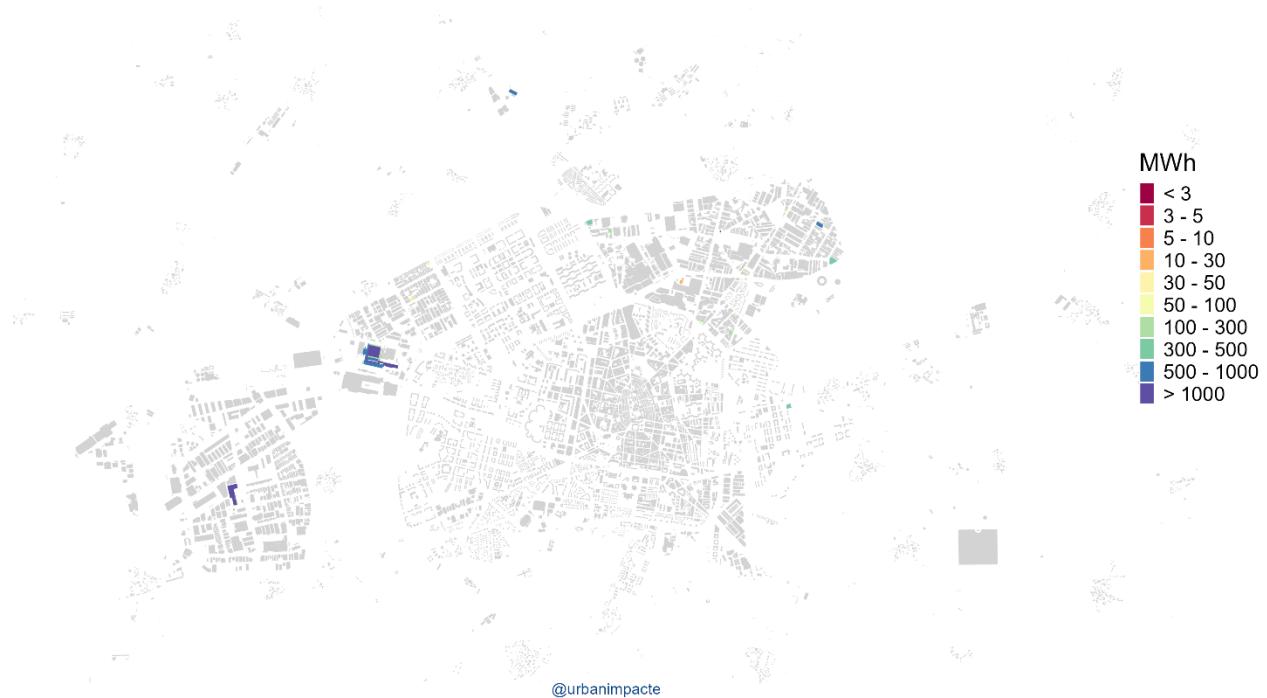
## 5.2. Potencial ahorro energético y económico

Con toda la potencia instalable máxima sobre el sector industrial se podría generar 12,5 GWh anuales de energía solar y, con la potencia instalable óptima, 12,5 GWh.

En el escenario de potencias instalables máximas la energía generada podría llegar a cubrir la demanda anual eléctrica de 3.582 viviendas de media, mientras que en el de potencias óptimas se cubriría la demanda de 3.581 viviendas de media. La generación total solar permitiría un ahorro anual para potencias instalables máximas y óptimas de en torno a 2,3 y 2,3 millones de euros, respectivamente.

Tabla 11. Potenciales impactos energéticos y económicos del autoconsumo el sector industrial.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Generación de energía fotovoltaica	GWh/año	12,5	12,5
Consumo eléctrico de viviendas equivalentes a la producción fotovoltaica	-	3.582	3.581
Ahorro económico	M€/año	2,3	2,3



### 5.3. Potencial ahorro de emisiones

La energía solar total generada permitiría ahorrar para los escenarios de máximas y óptimas potencias instalables 1.505,5 y 1.505,3 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, respectivamente

Asimismo, este ahorro de emisiones de gas de efecto invernadero equivaldría a plantar 47.794 y 47.788 árboles, respectivamente, y mantenerlos a lo largo de la vida útil de la instalación. Con las emisiones ahorradas se podrían recorrer hasta 9,3 y 9,3 millones de km en coche al año, respectivamente.

Tabla 12. Potenciales impactos ambientales del autoconsumo en el sector industrial.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Ahorro de emisiones	tCO <sub>2</sub> /año	1.505,5	1.505,3
Árboles plantados	-	47.794	47.788
Millones de km de coche evitados	Mkm/año	9,3	9,3

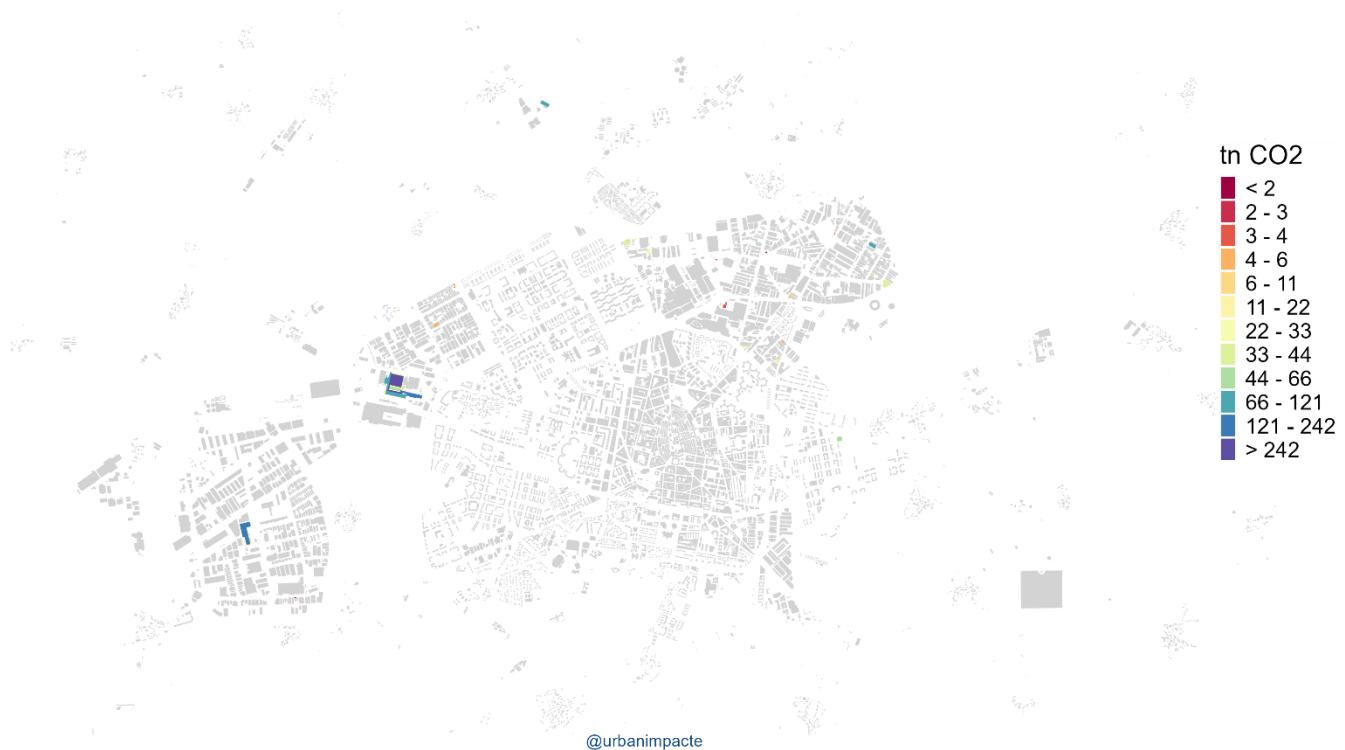


Figura 14. Emisiones anuales evitadas en los edificios con usos de tipo industrial.

## 5.4. Cubiertas con mayor impacto

A continuación, se muestran los 10 edificios de carácter industrial con mayor espacio de cubierta apto para instalar paneles fotovoltaicos y, por tanto, constituyen los edificios que más impacto tendrían sobre el potencial global del sector industrial. Todos ellos por encima de los 322,1 kWp para potencias máximas y 79,8 kWp para potencias óptimas.

Tabla 13. Clasificación de las cubiertas del sector industrial con mayor capacidad para albergar fotovoltaica.

	Dirección	Potencia instalable máxima (kWp)		Dirección	Potencia instalable óptima (kWp)
1	LOS HUETOS AVENIDA 73	2.090,8	1	GETARIA 15	149,9
2	JUNDIZ CALLE 12	1.727,1	2	DONOSTIA SAN SEBASTI 23	128,6
3	LOS HUETOS AVENIDA 73	1.231,7	3	VIENA 2	114,8
4	LOS HUETOS AVENIDA 73	849,9	4	AVD. NACIONES UNIDAS 38	100,6
5	LOS HUETOS AVENIDA 73	691,4	5	OYON 53	95,4
6	CAPELAMENDI 24	650,0	6	LAS TRIANAS 15	94,2
7	ARANGIZ	595,5	7	VALLADOLID 2	92,5
8	LOS HUETOS AVENIDA 73	501,5	8	ZABALGANA, AVDA. DE 62	86,8
9	PORTAL DE ELORRIAGA 26	363,4	9	HORTALEZA 3	85,8
10	PORTAL DE ARRIAGA 78	322,1	10	OCEANO PACIFICO 19	79,8



Figura 15. Top 10 de cubiertas del sector industrial con mayor potencia instalable, para el escenario con potencias instalables óptimas.

## 6. SECTOR TERCIARIO

### 6.1. Potencia instalable

En el sector terciario se podría instalar en energía fotovoltaica una potencia total máxima de 251,5 MWp, que corresponden a 540.903 paneles, y una potencia total óptima de 148,6 MWp, que corresponden a 319.503 paneles.

En el escenario de potencia instalable máxima se podría autoconsumir directamente alrededor del 24,5% de su demanda, mientras que en el escenario con potencias instalables óptimas se cubriría hasta el 22,8%.

En el balance anual, el escenario de potencias instalables máximas permitiría generar el 64,9% de las necesidades energéticas anuales del municipio, mientras que mediante las potencias óptimas se cubriría el 38,6%.

Tabla 14. Potencial fotovoltaico en el sector terciario.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Potencia de paneles	MWp	251,5	148,6
Número de paneles	-	540.903	319.503
Energía autoconsumida	%	24,5	22,8
Tasa de cobertura del consumo energético del municipio	%	64,9	38,6

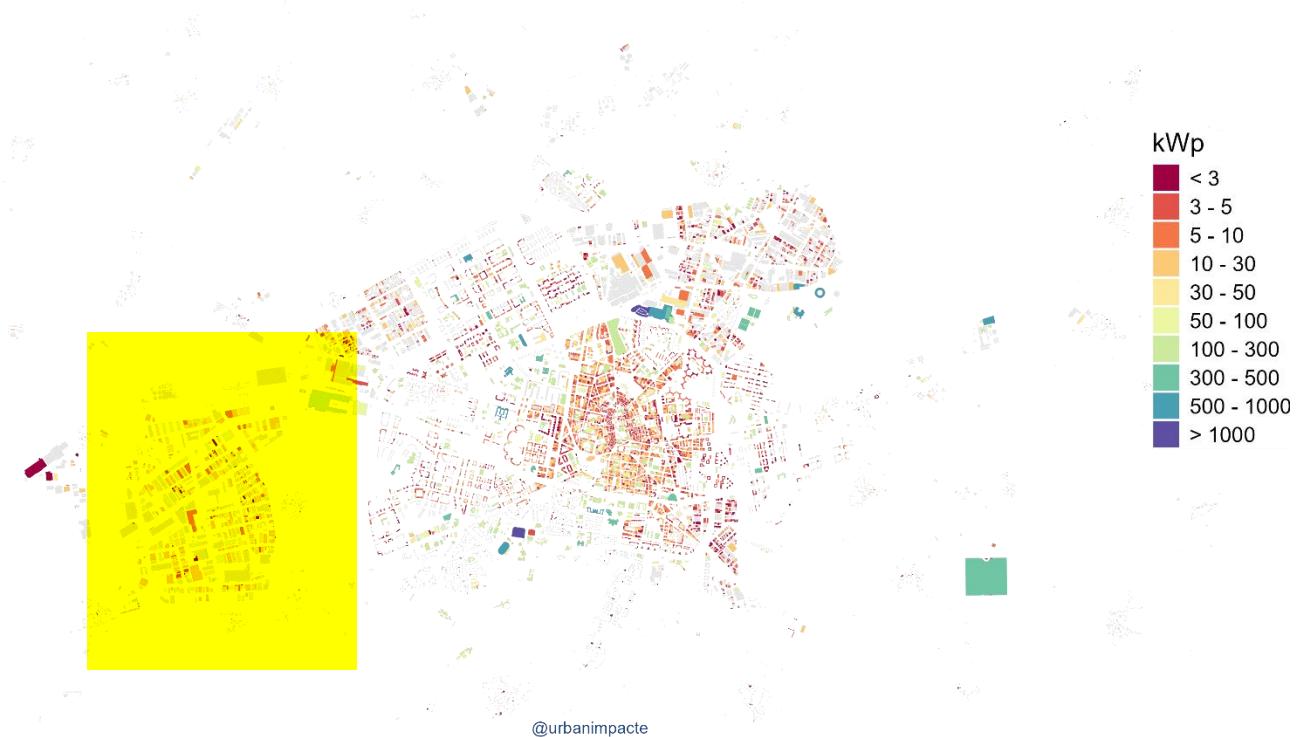


Figura 16. Potencia instalable óptima asignada a los edificios con usos de tipo terciario.

## 6.2. Potencial ahorro energético y económico

Con toda la potencia instalable máxima se podría generar 254,6 GWh anuales de energía solar y, con la potencia instalable óptima, 151,3 GWh.

En el escenario de potencias instalables máximas la energía generada podría llegar a cubrir la demanda anual eléctrica de 72.754 viviendas de media, mientras que en el de potencias óptimas se cubriría la demanda de 43.238 viviendas de media.

La generación total solar permitiría un ahorro anual para potencias instalables máximas y óptimas de en torno a 27,6 y 26,6 millones de euros, respectivamente.

Tabla 15. Potenciales impactos energéticos y económicos del autoconsumo en el sector terciario.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Generación de energía fotovoltaica	GWh/año	254,6	151,3
Consumo eléctrico de viviendas equivalentes a la producción fotovoltaica	-	72.754	43.238
Ahorro económico	M€/año	27,6	26,6

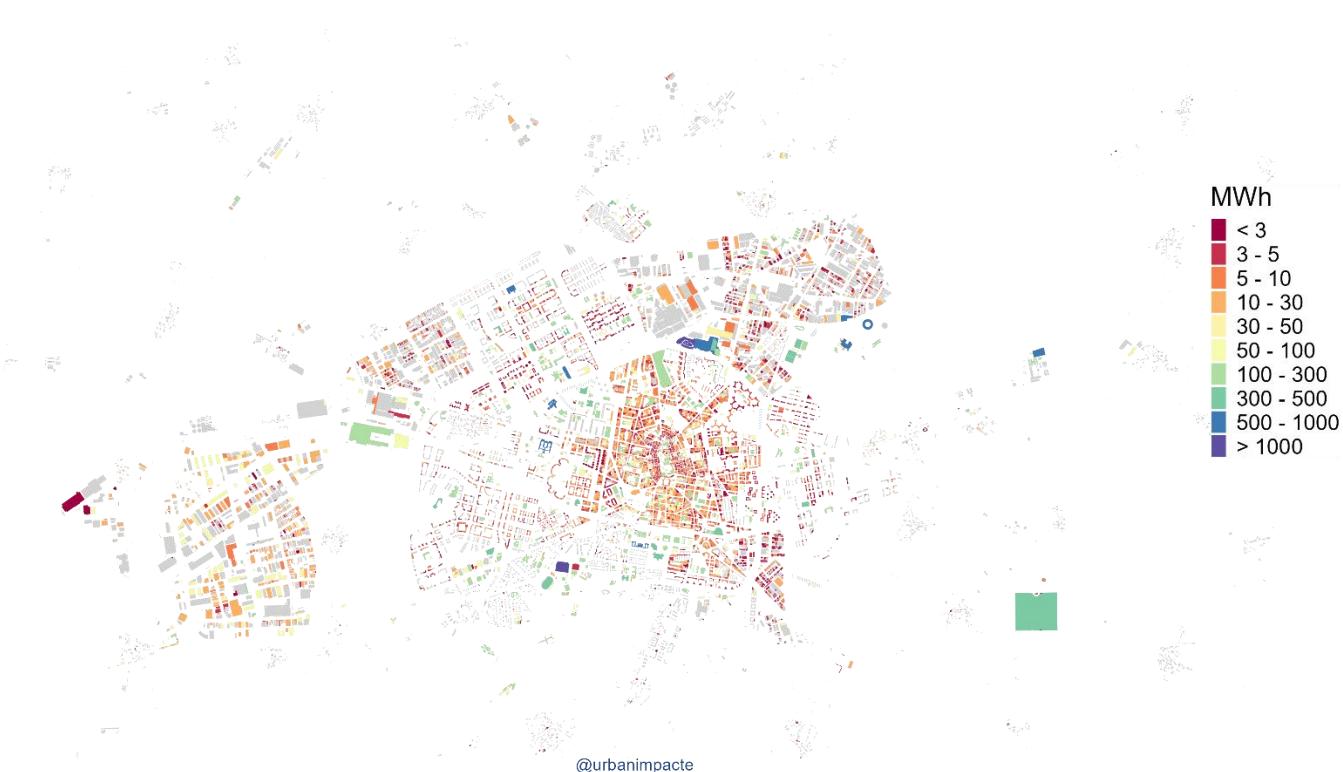


Figura 17. Producción fotovoltaica anual en los edificios con usos de tipo terciario, para el escenario con potencias instalables óptimas.

### 6.3. Potencial ahorro de emisiones

La energía solar total generada permitiría ahorrar para los escenarios de máximas y óptimas potencias instalables 30.582,2 y 18.174,9 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, respectivamente

Asimismo, este ahorro de emisiones de gas de efecto invernadero equivaldría a plantar 970.864 y 576.982 árboles, respectivamente, y mantenerlos a lo largo de la vida útil de la instalación.

Con las emisiones ahorradas se podrían recorrer hasta 188,8 y 112,2 millones de km en coche al año, respectivamente.

Tabla 16. Potenciales impactos ambientales del autoconsumo en el sector terciario.

Escenario	Unidades	Potencia instalable máxima	Potencia instalable óptima
Ahorro de emisiones	tCO <sub>2</sub> /año	30.582,2	18.174,9
Árboles plantados	-	970.864	576.982
Millones de km de coche evitados	Mkm/año	188,8	112,2

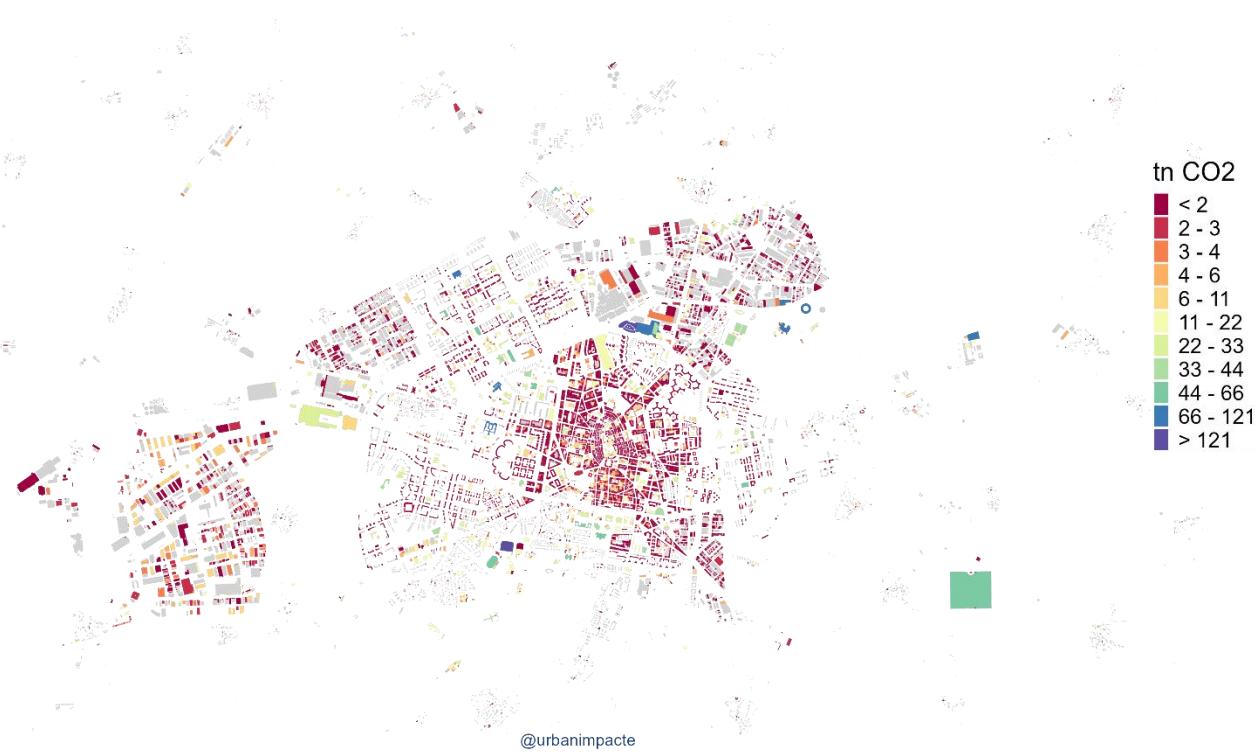


Figura 18. Emisiones anuales evitadas en los edificios con usos de tipo terciario, para el escenario con potencias instalables óptimas.

## 6.4. Cubiertas con mayor impacto

A continuación, se muestran los 10 edificios del sector terciario con mayor espacio de cubierta apto para instalar paneles fotovoltaicos y, por tanto, constituyen los edificios que más impacto tendrían sobre el potencial global del sector terciario. Todos ellos por encima de los 1.099,1 kWp para potencias máximas y 561,7 kWp para potencias óptimas.

Tabla 17. Clasificación de las cubiertas del sector terciario con mayor capacidad para albergar fotovoltaica.

	Dirección	Potencia instalable máxima (kWp)		Dirección	Potencia instalable óptima (kWp)
1	OTAZU 100	9.701,8	1	ZARAMAGA 1	1.798,9
2	ZARAMAGA 1	3.411,2	2	AMADEO G SALAZAR P 3	1.323,8
3	ARKAUTI/ARCAUTE 101	1.934,1	3	ZARAMAGA 1	828,9
4	AMADEO G SALAZAR P 3	1.898,5	4	PORTAL DE ZURBANO 30	767,1
5	ZARAMAGA 1	1.798,9	5	JOSE ACHOTEGUI 3	638,4
6	JLUIS COMPAÑON COMPA 1	1.253,7	6	PORTAL DE ZURBANO 23	627,2
7	ELGETA 2	1.160,0	7	LA BIOSFERA,PASEO DE 2	600,1
8	ELGETA 2	1.116,0	8	ARKAUTI/ARCAUTE 101	592,5
9	ALBERT EINSTEIN 37	1.107,4	9	LANDABERDE 31	569,7
10	ELGETA 2	1.099,1	10	BEATO T ZUMARRAGA 67	561,7



Figura 19. Top 10 de cubiertas del sector terciario con mayor potencia instalable, para el escenario con potencias instalables óptimas.

## 7. RECOMENDACIONES

El escenario de potencia instalables óptimas constituye el marco más factible de implementar por parte de la ciudadanía dados los costes y el marco normativo actual establecido en el RD244/2019, ya que el potencial de ahorro mediante la compensación de excedentes es limitado frente al potencial ahorro de autoconsumo directo de energía fotovoltaica, resultando las instalaciones óptimas ajustadas a las curvas de consumo de los usuarios minimizando sus excedentes. Por todo ello, el escenario con mejores períodos de retorno para los usuarios es el de las potencias óptimas. Se recomienda, por tanto, tomar los valores referentes a los datos y resultados derivados del análisis teniendo en cuenta la potencia óptima.

Para minimizar la generación de emisiones, se recomienda en primer lugar promocionar el autoconsumo en los edificios industriales del municipio. Ya que pese a una mucha menor tasa de ocupación del territorio consiguen con el menor número de actuaciones una tasa de ahorro del orden del sector residencial, que es el predominante en el municipio. Implicará que con un mucho menor número de actuaciones seremos capaces de obtener un máximo impacto.

En su conjunto, en un escenario con potencias instaladas óptimas se podría reducir el 25,6 % de las emisiones generadas por el consumo eléctrico total del municipio. La implementación de instalaciones de autoconsumo en los edificios residenciales supondría un ahorro de hasta el 9,8 % de las emisiones generadas en todo el municipio por consumir electricidad de la red. Asimismo, implementando el autoconsumo sobre el sector industrial y el terciario se alcanzaría un ahorro de emisiones del 1,0 % y 12,2 % respectivamente. Asimismo, para el escenario de potencias óptimas las instalaciones fotovoltaicas en el municipio generarían una producción anual que cubriría hasta el 26,5 % de toda su demanda anual. Esta cobertura anual en el sector industrial es inferior a la del municipio, con un 2,2 %. En el sector residencial es muy significativa alcanzando un 51,5 % y algo inferior para el sector terciario con un 38,6 %.

El sector residencial tendría una mayor cobertura horaria de su consumo eléctrico mediante el autoconsumo, estando 26,7 % de su demanda horaria alineada con la generación fotovoltaica, mientras que el sector industrial y terciario presentan una tasa de autoconsumo del 6,3 % y 22,8 %, respectivamente. En este sentido los edificios con varios inmuebles residenciales y locales comerciales serán los que presenten un mayor ahorro económico en términos relativos reduciendo el periodo de retorno.

Con todo lo anterior, desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental se aconseja fomentar el autoconsumo en el sector industrial, ya que este supone el sector que precisa las menores actuaciones para liderar la transición energética, y, desde un punto de vista socioeconómico, promocionar el autoconsumo el sector residencial. Por tanto, se recomienda impulsar y priorizar también el sector residencial por el efecto transformador y de replicación del modelo entre la ciudadanía.

Se precisará de medidas adicionales si se desea minimizar el consumo eléctrico de red como la promoción de la mejora de eficiencia de equipos domésticos, rehabilitación de edificios o el fomento de hábitos de consumo más sostenibles.

Tabla 18. Resumen de indicadores de autoconsumo fotovoltaico de todo el municipio agrupados por sectores.

		Demanda eléctrica GWh/ año	Potencia fotovoltaica instalable MWp	Número de paneles	Autoconsumo %	Cobertura de necesidades energéticas %	Producción fotovoltaica GWh/ Año	Consumo eléctrico de viviendas equivalentes a la producción fotovoltaica Viviendas	M€/ Año	tCO <sub>2</sub> /año	Ahorro de emisiones	Árboles plantados	Mill km/ año
Potencia máxima	Municipio	1.198,7	793,1	1.705.652	23,7	67,4	807,7	230.765	61,4	97.001,9	3.079.425	598,8	
	Residencial	235,5	148,5	319.366	27,4	65,4	154,1	44.038	24,9	18.511,4	587.662	114,3	
	Industrial	570,9	12,0	25.823	6,3	2,2	12,5	3.582	2,3	1.505,5	47.794	9,3	
	Terciario	392,3	251,5	540.903	24,5	64,9	254,6	72.754	27,6	30.582,2	970.864	188,8	
	Otros	0,0	429,8	924.205	36,9	368,9	436,8	124.785	13,3	52.453,4	1.665.187	323,8	
Potencia óptima	Municipio	1.198,7	310,2	667.125	21,9	26,5	318,0	90.865	57,5	38.195,2	1.212.546	235,8	
	Residencial	235,5	117,1	251.729	26,7	51,5	121,4	34.680	23,5	14.577,5	462.779	90,0	
	Industrial	570,9	12,0	25.820	6,3	2,2	12,5	3.581	2,3	1.505,3	47.788	9,3	
	Terciario	392,3	148,6	319.503	22,8	38,6	151,3	43.238	26,6	18.174,9	576.982	112,2	
	Otros	0,0	65,9	141.637	29,4	56,9	67,3	19.233	11,3	8.084,5	256.649	49,9	

## 8. CONCLUSIONES

El estudio presenta y analiza el potencial de generación de energía solar fotovoltaica del municipio de Vitoria-Gasteiz a nivel de todo el municipio y para cada sector productivo del municipio. Las principales conclusiones del estudio son:

- El municipio de Vitoria-Gasteiz en su conjunto podría llegar a cubrir el 67,4 % de sus necesidades energéticas con energía solar fotovoltaica en el escenario de potencia instalable máxima, siendo la tasa de autoconsumo del 23,7 %. En el caso de la estrategia de potencia óptima instalable, las necesidades energéticas se podrían cubrir en un 26,5% con una tasa de autoconsumo del 21,9%. Es por ello que para la transición energética será estrictamente necesario combinar otras actuaciones de eficiencia energética y producción de energías renovables, como puede ser la rehabilitación energética de edificios.
- Cubriendo todos los tejados del municipio con energía solar fotovoltaica, la ciudadanía en su totalidad podría llegar a alcanzar un ahorro de 61,4 millones de euros anuales, evitando una emisión a la atmósfera de 97.001,9 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, que representaría de forma estimada una reducción del 65,1 % de las emisiones generadas por el consumo eléctrico total del municipio.
- Se estima un impacto notable en el ahorro promedio en el término de energía de la factura eléctrica de 165 €/año por vivienda y 12.576 €/año por industria y 477 €/año por inmueble de uso terciario.
- El sector industrial pese a tener la menor tasa de ocupación del territorio, 0,02 % frente al 33,9 % del sector residencial, consigue una tasa similar de ahorro de emisiones, 3,6 % frente al 34,4 % del sector residencial del total de emisiones que se pueden evitar en Vitoria-Gasteiz con energía fotovoltaica. Este sector permite, con un menor número de actuaciones conseguir un impacto representativo de ahorro de emisiones.
- Los resultados demuestran que debe priorizarse las políticas energéticas y de promoción sobre el sector industrial frente a cualquier otro sector. Sin embargo, se recomienda impulsar de manera similar el sector residencial por el factor transformador, de implicación y de escalabilidad entre la ciudadanía.
- Por último, se considera los sectores industrial y residencial como los estratégicos y motores del cambio para el alcance de un modelo energético más sostenible.

## ANEXO A — PROCESO DE CÁLCULO

### A.1 Evaluación de la producción

El modelo de cálculo del potencial fotovoltaico tiene varias partes diferenciadas: Modelo 3D de la ciudad, dimensionamiento y producción. A continuación, se describe cada uno de los apartados en detalle.

Se parte de información geográfica para hacer el cálculo con la mayor precisión, teniendo en cuenta las geometrías y obstáculos de la zona urbana estudiada. Por un lado, se modela la instalación teniendo en cuenta los niveles máximos dada toda la superficie de cubierta disponible. Por otro lado, se evalúa la producción en base al consumo del edificio. Para lo cual se dimensiona la instalación óptima acorde al mismo.

### A.2. Modelo 3D de la ciudad

El primer paso es la creación de un modelo 3D del área de estudio. Esto se consigue utilizando algoritmos propios de identificación, clasificación y análisis de información espacial a partir de datos espaciales de fuentes abiertas y mediante el cual obtenemos un gemelo digital que incluye tanto la geometría, como los posibles obstáculos propios de estos elementos (ascensor, equipos de climatización, barandillas, etc). Además de las construcciones y elementos asociados, se modela el arbolado y se incluye en el análisis por interacción en el estudio de viabilidad por potencial afección de las sombras proyectadas.

### A.3. Dimensionamiento

Una vez obtenido el gemelo digital, el siguiente paso es obtener las superficies interesantes para tener instalaciones fotovoltaicas y cuál es su diseño óptimo. Primero se obtienen las áreas de interés. El proceso se describe en la Figura 20.

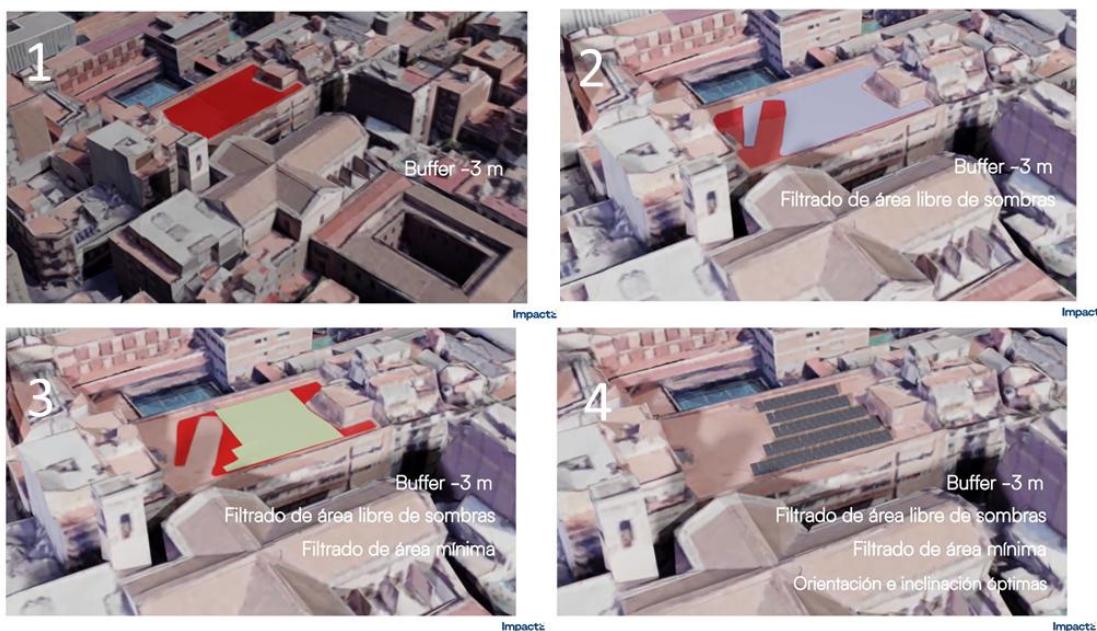


Figura 20. Proceso de cálculo de las instalaciones en las cubiertas.

- Seleccionar las superficies de interés que pueden tener instalaciones.
- Dejar una zona de seguridad con respecto al borde, para evitar tener que instalar líneas de vida y facilitar el mantenimiento.
- Proyectar las sombras de los obstáculos que ve la instalación (edificios colindantes, árboles, chimeneas etc), para eliminar las zonas que no sería interesante instalar paneles.

- D. Regularizar el área obtenida, quitando las zonas conflictivas donde no cabrían paneles.
- E. Elegir el punto representativo de la superficie, en el cual se calcularán las sombras de la instalación.

Mediante este proceso, se obtienen los metros cuadrados útiles de cada superficie y el punto representativo del área.

#### A.4. Producción

En el modelo anterior se obtienen, los metros cuadrados útiles de superficie de cubierta y las sombras proyectadas sobre el punto representativo. En este módulo se obtiene tanto el número como la inclinación y orientación óptimas de los paneles sobre la superficie útil que maximiza la generación de energía de la instalación. Con ello además se obtiene la radiación incidente y finalmente su generación eléctrica anual hora a hora. Además, se obtiene la instalación óptima dado el consumo del propio edificio.

Conociendo la orientación e inclinación de la superficie estudiada, la distancia mínima que debemos dejar por seguridad entre paneles y el perfil de sombras, se obtienen las posibles distribuciones de los paneles sobre la misma. Para determinar la inclinación, número de paneles y orientación de los mismos se optimizan dichas variables para maximizar su generación de energía con algoritmos propios.

De esta forma, se obtienen los kWp máximos instalables, la curva de radiación que reciben los mismos en cada hora del año ( $\text{kWh/m}^2$ ) y la densidad máxima de paneles sobre dicha superficie ( $\text{kW/m}^2$ ). Finalmente, con la potencia obtenida, la curva de radiación y las características de diseño de la instalación, se obtiene la curva de generación eléctrica horaria máxima que podría generar la instalación diseñada. Se limita a 100 kWp la potencia nominal para no cambiar de modalidad de autoconsumo y poder conformar las comunidades energéticas.

Por otro lado, se obtiene la potencia óptima a partir del consumo. Esta potencia óptima corresponde con la que maximiza el autoconsumo de la instalación, pero no compromete la rentabilidad de la misma. Con dicha potencia se recalcula la instalación sobre la superficie útil, la curva de radiación que reciben los paneles en cada hora del año, la densidad de paneles sobre dicha superficie y la curva de generación eléctrica horaria de la instalación.

#### A.5 Evaluación de los impactos tecno-económicos

El modelo de casación evalúa la viabilidad y los impactos que generaría la instalación modelada. La casación es el proceso de repartición horario de la energía producida por la instalación, proceso del cual se obtiene la energía total autoncosumida y excedente que permite calcular los impactos potenciales de la instalación evaluada.

Este modelo está alimentado, por las curvas de demanda y las curvas de generación descritas en este mismo apartado. El modelo utiliza para la evaluación de los impactos de la instalación el resultado de la curva de producción de la instalación óptima y no la máxima calculada.

El modelo de casación evalúa hora a hora el autoconsumo y los excedentes de la instalación, almacenando esta información para calcular los ahorros y costes. El modelo hace una comprobación mensual (como indica el Real Decreto 244/2019) sobre la compensación, ya que no se puede compensar una cantidad de energía mayor que la consumida de red.

Con los términos energéticos de consumo vertido y compensación (hora a hora) y sabiendo el precio en cada hora, se calcula el coste de la factura eléctrica considerando la presencia de la instalación fotovoltaica modelada. El ahorro en la factura será pues, la diferencia entre la nueva factura y la anterior previa a la instalación. Se obtiene en este punto el ahorro total, la energía total autoconsumida, la cobertura renovable (porcentaje de la demanda cubierto por fotovoltaica), las emisiones evitadas y el periodo de retorno de la instalación.



# Impact<sup>E</sup>

Innovation to lead the energy transition



Teléfono

+34 687 129 545



Correo

[hello@urbanimpacte.com](mailto:hello@urbanimpacte.com)



[www.urbanimpacte.com](http://www.urbanimpacte.com)