



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# Desarrollo de ecoparques industriales en Uruguay

Estudio de caso desde el punto de vista energético

Antonella Tambasco Graña

Programa de Posgrado en Ingeniería de la Energía  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

Montevideo – Uruguay  
Diciembre de 2024



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# Desarrollo de ecoparques industriales en Uruguay

Estudio de caso desde el punto de vista energético

Antonella Tambasco Graña

Tesis de Maestría presentada al Programa de Posgrado en Ingeniería de la Energía, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Magíster en Ingeniería de la Energía.

Director:

Ph.D. Prof. Mario Ibarburu

Director académico:

SCAPA-IEN

Montevideo – Uruguay

Diciembre de 2024

Tambasco Graña, Antonella

Desarrollo de ecoparques industriales en Uruguay /  
Antonella Tambasco Graña. - Montevideo: Universidad de  
la República, Facultad de Ingeniería, 2024.

XV, 171 p.: il.; 29, 7cm.

Director:

Mario Ibarburu

Director académico:

SCAPA-IEN

Tesis de Maestría – Universidad de la República,  
Programa en Ingeniería de la Energía, 2024.

Referencias bibliográficas: p. 110 – 117.

1. sostenibilidad, 2. energía, 3. ecoparque industrial,  
4. escala, 5. eficiencia energética. I. Ibarburu, Mario,  
. II. Universidad de la República, Programa de Posgrado  
en Ingeniería de la Energía. III. Título.

INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

---

Doctor Prof. Pedro Galione

---

Doctor Prof. Gabriel Pena

---

Magíster Prof. Rafael Laureiro

Montevideo – Uruguay  
Diciembre de 2024

# Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi tutor Mario Ibarburu por su tiempo y los espacios de intercambio para culminar la tesis.

Esta tesis no hubiera sido posible sin la apertura y tiempo que me brindaron el instalador y el gestor del parque industrial y todas las empresas que compartieron su información. Espero que les sea útil en un futuro cercano.

A los técnicos de la Dirección Nacional de Industrias, Silvana, Emilio y Federico que me formaron en el desarrollo de los parques industriales en Uruguay, así como a la Dirección Nacional de Zonas Francas y UTE por responder todas las consultas.

A mis compañeros y gerentes de la Dirección Nacional de Energía que me brindaron sus conocimientos específicos en diversos temas a lo largo de este proceso, en particular Andrés, Lourdes y todos los de DAEE.

A la UdelaR y ANII por permitir el acceso a través del Portal bibliográfico Timbó Foco a publicaciones científicas de todas partes del mundo.

A Raúl, mis padres, mi hermana y mis amigos que siempre estuvieron para dar una palabra de aliento y hacer que todo sea más fácil.

## RESUMEN

En esta tesis se presenta un estudio de caso de la aplicación del concepto de ecoparque industrial desde el punto de vista energético en Uruguay.

Los parques industriales se han expandido en el mundo con el objetivo de promover el crecimiento económico de empresas de diferentes tamaños. Sin embargo, las aglomeraciones industriales pueden tener impactos negativos en el área donde se desarrollan. Para mitigar estos impactos desde principios del siglo XXI se promueve el desarrollo y la transformación de ecoparques industriales. La simbiosis industrial, la incorporación de criterios de eficiencia energética y la gestión integrada de los recursos son las medidas necesarias, desde el punto de vista energético, para convertirse en un ecoparque industrial.

Uruguay cuenta un marco regulatorio que brinda incentivos para la instalación de parques industriales y zonas francas.

Si bien se conoce el consumo energético del sector industrial no se cuenta con información detallada de los parques industriales, por lo que se analizaron metodologías de relevamiento energético y se ajustó a un diseño específico para relevar usos energéticos mixtos (industriales y de servicios). Se aplicó la metodología en un parque industrial de Uruguay y se evaluó si las medidas de eficiencia energética implementadas en ecoparques industriales tendrían impactos ambientales y económicos positivos en el parque de estudio. Al igual que lo que sucede en otros países, varias de las medidas tienen un impacto positivo alto pero también una inversión adicional que debe ser realizada de manera coordinada entre las empresas y el desarrollador del parque.

Para incentivar la implementación de las medidas, se analizaron los incentivos actuales del Estado con el marco regulatorio vigente y se identificaron modificaciones que podrían a futuro contribuir a la transformación a ecoparques industriales en Uruguay.

Palabras claves:

sostenibilidad, energía, ecoparque industrial, escala, eficiencia energética.



## ABSTRACT

This thesis presents a case study on the application of the industrial ecopark concept from an energy perspective in Uruguay.

Industrial parks have proliferated globally with the aim of fostering economic growth across companies of varying scales. Nonetheless, industrial agglomerations can have adverse impacts on their surrounding areas. To mitigate these effects, the development and transformation of industrial ecoparks have been advocated since the early 21st century. Key measures from an energy standpoint include industrial symbiosis, the integration of energy efficiency criteria, and comprehensive resource management.

Uruguay has a regulatory framework of incentives for the establishment of industrial parks and free trade zones.

Despite knowledge of the industrial sector's energy consumption, detailed information on industrial parks was lacking. Consequently, energy survey methodologies were adopted, with a specific framework designed for mixed-use (industrial and service) parks. This methodology was applied to an Uruguayan industrial park to assess whether energy efficiency measures implemented in industrial ecoparks could yield positive environmental and economic impacts. As observed in other nations, while many measures yield substantial positive impacts, they necessitate additional investment that must be coordinated between companies and park developers.

To encourage the implementation of these measures, the current state incentives within the existing regulatory framework were analyzed, and modifications were identified that could, in the future, contribute to the transformation into industrial ecoparks in Uruguay.

Keywords:

sustainability, energy, ecoindustrial park, scale, energy efficiency.

# Lista de figuras

2.1	Parques industriales (en azul), parque tecnológico (en verde) y zonas francas (en rojo), elaboración propia . . . . .	16
2.2	Sur del País - Parques industriales (en azul), parque tecnológico (en verde) y zonas francas (en rojo), elaboración propia . . . . .	16
3.1	Marco general de ecoparques industriales, ONUDI[10] . . . . .	20
3.2	Ecoparques industriales OCDE y no-OCDE, Banco Mundial . . . . .	24
3.3	Ocurrencia de criterios ecoeficientes en los 168 parques encuestados, FOEN [15] . . . . .	25
4.1	Sector industrial - Consumo final energético por fuente Uruguay, BEN[20] . . . . .	32
4.2	Sector industrial - Consumo final energético por fuente, basado en información de IEA (2023) . . . . .	33
4.3	Participación por consumo por uso energético . . . . .	35
4.4	Consumo total mensual del parque por energético . . . . .	44
4.5	Consumo mensual por empresa . . . . .	45
4.6	Consumo mensual por empresa en horario llano . . . . .	46
4.7	Consumo quinceminutal por día laborable . . . . .	46
4.8	Participación en energía de todos los usos del parque industrial . . . . .	48
4.9	Participación en potencia por uso eléctrico del parque industrial . . . . .	49
4.10	Participación en energía por uso eléctrico del parque industrial . . . . .	50
4.11	Consumo de energía eléctrica mensual por tramo horario en zona franca . . . . .	51
4.12	Representación gráfica del parque industrial . . . . .	52
5.1	Flujo de energía en tep - Elaboración propia basada en los datos de las empresas, diagrama elaborado con RAWGraphs[31] . . . . .	59

5.2	Flujo de emisiones de CO <sub>2</sub> - Elaboración propia basada en los datos de las empresas, diagrama elaborado con RAWGraphs[31]	59
5.3	Factor de emisiones del Sistema Interconectado Nacional - Elaboración propia basada en los datos de DNE[20]	77
5.4	Correlación temperatura media con consumo mensual de empresa en parque de estudio - Basado en consumo de empresa y temperatura de INIA	86
5.5	Medidas identificadas e impacto	92
2.1	33 ecoparques industriales en países en desarrollo estudiados por ONUDI [68]	164
2.2	Sistema de indicadores de desempeño del parque propuesto por Tikhanov et al. [49]	168

# Lista de tablas

3.1	Tipos de ecoparques industriales . . . . .	18
3.2	Medidas implementadas en los ecoparques, Banco Mundial 2016[14] . . . . .	27
4.1	Subsectores industriales del Balance de Energía Útil 2020 . . . . .	34
4.2	Energéticos . . . . .	38
4.3	Usos energéticos . . . . .	40
4.4	Tecnologías por uso . . . . .	41
5.1	Emisiones de CO <sub>2</sub> por tonelada equivalente de petróleo en Uru- guay [20] . . . . .	58
5.2	Tabla de materiales caso base . . . . .	72
5.3	Tabla de materiales caso eficiente . . . . .	72
5.4	Resumen de inversión, ahorro de emisiones y monetarios de me- didas cuantificadas . . . . .	91
5.5	Comparativo de tarifas de mediano y gran consumidor con sus- criptor con generación, en pesos uruguayos. Basado en pliego tarifario UTE Mayo 2024 . . . . .	100
5.6	Costos con tarifas de suscriptor con generación, Mayo 2024 . . . . .	100
1.1	Energía eléctrica . . . . .	133
1.2	Usos de energía eléctrica . . . . .	134
1.3	Combustibles fósiles . . . . .	134
1.4	Usos combustibles fósiles . . . . .	135
1.5	Datos indicadores . . . . .	135

# Lista de siglas

- ASHRAE** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers 65
- BEN** Balance Energético Nacional 33, 58
- CIU** Cámara de industrias del Uruguay 13
- COP** Coeficiente de Performance 63, 64
- DNE** Dirección Nacional de Energía x, 33, 34, 71, 72, 77, 103
- EPI** Ecoparques industriales 17, 24, 163, 164, 165, 167
- FMAM** Fondo para el Medio Ambiente Mundial, GEF 165, 166
- FOEN** Federal Office for the Environment 25
- GEI** Gases de efecto invernadero 19, 166
- GLP** Gas Licuado de Petróleo 37, 47, 58, 107
- I+D+i** Investigación, desarrollo e innovación 7
- INIA** Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria x, 86
- IRAE** Impuesto a las rentas de las actividades económicas 7, 9, 10, 94, 95, 96
- IVA** Impuesto de valor agregado 7
- MA** Ministerio de Ambiente 11
- MIEM** Ministerio de Industria, Energía y Minería 13, 36, 93, 94, 99
- OCDE** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos 33
- ONUDI** Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial 3, 19, 20, 22, 104, 165, 167
- PCTP** Parque Científico tecnológico de Pando 7, 13
- PTI** Parque Tecnológico Industrial del Cerro 13, 36
- UNIT** Instituto Uruguayo de Normas Técnicas 82
- UdelaR** Universidad de la República 79
- Ursea** Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua 62, 84
- tep** tonelada equivalente de petróleo ix, 59

# Tabla de contenidos

Lista de figuras	IX
Lista de tablas	XI
Lista de siglas	XII
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2 Parques industriales: Concepto y marco regulatorio</b>	<b>3</b>
2.1 Concepto de parque industrial . . . . .	3
2.2 Desarrollo de parques industriales en el mundo . . . . .	4
2.3 Marco normativo y de promoción de parques industriales en Uruguay . . . . .	6
2.3.1 Promoción de inversiones . . . . .	6
2.3.2 Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial . . . . .	10
2.3.3 Resumen del marco normativo . . . . .	12
2.4 Parques industriales, parques tecnológicos y zonas francas operativas en Uruguay . . . . .	13
2.4.1 Parques científico-tecnológicos en operación . . . . .	13
2.4.2 Zonas francas en operación . . . . .	13
2.4.3 Parques industriales aprobados por la Ley N° 17.547 . . . . .	14
2.4.4 Parques industriales aprobados por la Ley N°19.784 . . . . .	15
<b>3 Ecoparques industriales</b>	<b>17</b>
3.1 Definición y alcance de ecoparques industriales . . . . .	17
3.1.1 Gestión del parque . . . . .	21
3.1.2 Desempeño ambiental . . . . .	21
3.1.3 Desempeño social . . . . .	22
3.1.4 Desempeño económico . . . . .	23

3.1.5	Indicadores de desempeño y vínculo con energía . . . . .	23
3.2	Desarrollo de los ecoparques industriales en el mundo . . . . .	24
3.3	Metodologías de análisis y medidas energéticas en ecoparques industriales . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Elección del parque de estudio, diseño y diagnóstico energético</b>	<b>31</b>
4.1	Energía del sector industrial en Uruguay . . . . .	31
4.2	Elección del parque de estudio . . . . .	35
4.3	Diseño del diagnóstico . . . . .	37
4.4	Resultados del diagnóstico de usos y consumos energéticos del parque . . . . .	42
4.4.1	Consumo total de energía . . . . .	43
4.4.2	Consumo de electricidad . . . . .	44
4.4.3	Consumo por uso en el parque . . . . .	47
4.5	Relevamiento primario en zona franca y evaluación de metodología	50
<b>5</b>	<b>Propuestas de medidas de eficiencia energética en el parque de estudio e incentivos del Estado para su implementación</b>	<b>53</b>
5.1	Medidas identificadas . . . . .	54
5.1.1	Simbiosis industrial . . . . .	55
5.1.2	Usos energéticos comunes no productivos . . . . .	62
5.1.3	Diseños constructivos . . . . .	71
5.1.4	Incorporación de energías renovables compartidas . . . . .	74
5.1.5	Sistema de gestión de la energía . . . . .	82
5.1.6	Gestión de residuos . . . . .	87
5.1.7	Resumen de medidas de eficiencia energética e impactos .	90
5.2	Incentivos del Estado para la aplicación de medidas de eficiencia energética para la conversión a ecoparques . . . . .	93
5.2.1	Instrumentos de Eficiencia energética y economía circular	93
5.2.2	Instrumentos dentro del marco regulatorio de parques industriales y zonas francas en Uruguay . . . . .	96
5.2.3	Efectos de posibles modificaciones en el marco regula- torio del sector eléctrico y de incentivos aplicable a los parques . . . . .	98
<b>6</b>	<b>Consideraciones finales</b>	<b>104</b>

<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>110</b>
<b>Glosario</b>	<b>117</b>
<b>Apéndices</b>	<b>118</b>
Apéndice 1 Formularios y cálculos. . . . .	119
1.1 Formularios cortos en línea . . . . .	119
1.2 Formulario relevamiento energético empresas . . . . .	133
1.3 Informe empresas . . . . .	136
1.4 Hterm base . . . . .	143
1.5 Hterm mejora . . . . .	146
1.6 Cálculos medidas . . . . .	149
<b>Anexos</b>	<b>153</b>
Anexo 1 Material legislativo . . . . .	154
Anexo 2 . . . . .	157
2.1 Empresas instaladas en los parques industriales . . . . .	157
2.2 Ecoparques industriales en el mundo . . . . .	161
2.2.1 El ecoparque ejemplo: Kalundborg - Dinamarca . . . . .	161
2.2.2 Rantasalmi – Finlandia . . . . .	162
2.2.3 Caledonia – Canadá . . . . .	162
2.2.4 Italia . . . . .	163
2.2.5 Ecoparques en países en desarrollo . . . . .	163
2.3 Indicadores ecoparques . . . . .	168
2.4 Recurso solar . . . . .	169
2.5 Marco regulatorio de energía en zonas francas y parques indus- triales . . . . .	170

# Capítulo 1

## Introducción

El objetivo de la tesis es analizar la aplicabilidad en Uruguay del concepto ecoparque industrial desde el punto de vista energético, a través de un estudio de caso en profundidad de un parque industrial uruguayo y el relevamiento primario de otros parques y zonas francas con actividad industrial. El concepto de “ecoparque industrial”, que se ha desarrollado internacionalmente, incorpora a la definición de parque industrial, la sostenibilidad económica, ambiental y social basándose en la gestión integrada y el uso eficiente de los recursos dentro del parque.

Para lograr el objetivo de la tesis, en el capítulo 2 se identifica el desarrollo de parques industriales en el mundo, el marco regulatorio que aplica en Uruguay y el desarrollo de parques industriales en el país.

Si bien el concepto de ecoparque industrial existe hace más de 20 años es necesario estudiar si existen ecoparques industriales en el mundo en funcionamiento y cómo el uso eficiente de la energía es relevante para los ecoparques. Esto se desarrolla en el capítulo 3 donde se relevan los ecoparques operativos y, de la bibliografía internacional, se identifican las soluciones de eficiencia energética propuestas para los ecoparques.

Se decide evaluar la aplicación del concepto en un parque en Uruguay y para esto es necesario realizar el diagnóstico energético del mismo. En el capítulo 4 se estudian relevamientos energéticos de Uruguay y la región, se ajusta la metodología de diagnóstico, y se aplica a través de entrevistas y visitas pre-

senciales a las empresas dentro del parque. Esta metodología permite relevar usos y consumos energéticos de sector industrial y de servicios para diferentes equipos y tipos de empresas.

Se realiza, para las distintas empresas dentro del parque, el relevamiento de equipos y de consumos por tipo de energético, y de las variables independientes que afectan el consumo de energía. De acuerdo a los tipos de empresas dentro de los parques y zonas francas de Uruguay, identificadas en el capítulo 2, se ajusta la metodología para que pueda ser utilizada por otros parques.

La implementación de medidas de eficiencia energética, basadas en el aprovechamiento de las economías de escala y las potenciales complementariedades y sinergias (por compartir espacios comunes, corta distancia entre empresas y procesos industriales vinculados, entre otros), contribuye a la disminución de los impactos ambientales, además de la reducción de los costos operativos para las empresas allí instaladas. Es por esto que en el capítulo 5 se analiza si existen medidas que optimicen el uso de la energía con la información recolectada en el capítulo 4 del parque de estudio y las medidas implementadas en los ecoparques industriales en el mundo.

Para el parque de estudio, se cuantifican los ahorros energéticos, económicos y de emisiones de dióxido de carbono, por la implementación de medidas como simbiosis industrial, usos energéticos comunes no productivos, diseños constructivos, incorporación de energías renovables compartidas, aplicación de un sistema de gestión de la energía y la gestión de residuos.

Adicionalmente, se analizan los mecanismos de promoción en la normativa uruguaya del uso eficiente de la energía y los parques industriales, para evaluar si pueden hacer uso de instrumentos existentes o si con modificaciones en la regulación actual o nuevos instrumentos tendría sentido aplicar el concepto de ecoparques en Uruguay.

En el capítulo 6 se presentan las consideraciones finales sobre posibles trabajos a futuro y las barreras reales de aplicación del concepto de ecoparque industrial en el mundo y que deben ser consideradas en caso que se decida hacer la transición en Uruguay.

## Capítulo 2

# Parques industriales: Concepto y marco regulatorio

### 2.1. Concepto de parque industrial

Antes de estudiar el funcionamiento de los ecoparques industriales en el mundo y la aplicación normativa de los parques industriales en Uruguay, es necesario explicitar los diferentes conceptos de aglomeraciones industriales a través de las definiciones de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo, ONUDI [1]:

**Zona industrial:** “Simple solar reservado para la industria”.

**Área industrial:** “Terreno mejorado, dividido en parcelas con miras a la instalación de industrias y que se ofrece a la venta o en alquiler”.

**Parque industrial:** “Terreno urbanizado y subdividido en parcelas, conforme a un plan general, dotado de carreteras, medios de transporte y servicios públicos, que cuenta o no con fábricas construidas que a veces tiene servicios e instalaciones comunes y a veces no, y que está destinado para el uso de una comunidad de industriales”.

Además ONUDI[1] clasifica a los parques industriales según:

**Localización:** urbanos, suburbanos y rurales.

**Tipo de actividad:** especializado (dedicado a una industria en particular), compuesto (cuando contiene actividades diversas y no relacionadas entre sí) y auxiliar (cuando se integra por un grupo de pequeñas y medianas empresas que trabajan como proveedores de una industria mayor).

**El objetivo de política:** parque industrial de desarrollo o fomento (con el objetivo de generar actividad económica y empleo en una determinada zona) o de dispersión (objetivo de re-localizar emprendimientos industriales previamente ubicados en otras partes de una ciudad).

**El patrocinador:** parques industriales estatales (nacionales o departamentales y/o municipales), parques industriales privados (sociedades con fines de lucro, consorcios y/o cooperativas) y parques mixtos o privados con asistencia estatal.

Por otra parte, se han desarrollado aglomeraciones que no solamente promueven el desarrollo industrial, compuestas por empresas y áreas de investigación[2], los cuales se denominan parques científico-tecnológico.

La Asociación Internacional de Parques Científicos y Áreas de Innovación desarrolla la definición que abarca parque tecnológico, tecnopolo o parque de investigación, donde además del desarrollo se promueve la innovación y el intercambio con el sector académico.[3]

## 2.2. Desarrollo de parques industriales en el mundo

Los parques industriales surgen en Reino Unido y Estados Unidos a finales del siglo XIX pero recién después de la mitad del siglo XX se expanden en otros países desarrollados de Europa con el objetivo de promover la localización industrial en ciertas zonas. Hoy son un instrumento utilizado también en los países en desarrollo, como estrategia de industrialización y crecimiento económico.

Los primeros parques fueron desarrollados como grandes áreas de producción y almacenamiento. Luego sobre 1980 las áreas de investigación y tecnología comenzaron a ocupar más espacio lo que evolucionó en mayor cantidad de empresas brindando servicios dentro y fuera del parque, alcanzando la incorporación de industrias de tecnologías de la información y alta especialización industrial. Sobre finales de 1990 se comenzaron a establecer las redes y cooperación entre parques de diferentes países.

En el caso de **Europa** el primer parque industrial se estableció en el año 1896 en Reino Unido bajo las políticas regionales y de ordenamiento territorial. A partir de 1980 Alemania promovió la creación de una cantidad importantes de parques industriales para pequeñas y medianas empresas con fondos públicos con el objetivo de que se desarrollaran en innovación y tecnología mediante el esfuerzo conjunto. Dentro de los apoyos establecidos por la Unión Europea, hasta el día de hoy se destinan fondos públicos para la innovación y el desarrollo, donde se considera a los parques industriales como una forma de conexión entre la ciencia y la implementación.[4]

En el caso de **Asia**, en particular China, según informe de la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Cantón [5], “China se ha desmarcado de la concepción clásica de parque, apostando desde el comienzo de su apertura económica por un modelo de crecimiento basado en zonas de desarrollo. El concepto “Zona de Desarrollo” (ZD) amplía la noción de parque industrial, pasando de ser un simple conglomerado de fábricas a ser áreas que pueden incluir parques de diferentes tipologías, así como ciudades, infraestructuras de transporte, de generación de energía, etc.”. A principios de 1980 China promovió estas zonas mediante incentivos fiscales, que continúan desarrollándose por la proximidad a los mercados, la existencia de una red de proveedores y de clústeres industriales, entre otros beneficios aunque ya no estén operativos los incentivos. Hoy existen miles de zonas de desarrollo en China, varias de alto nivel tecnológico.

En el caso de **América Latina** [6], los parques industriales surgieron en algunos países a principios de 1950 pero recién en 1970 se comenzaron a establecer políticas de promoción con objetivos específicos como: las políticas de desarrollo nacional, el desarrollo regional, el apoyo a pequeñas y medianas empresas, la respuesta a la expansión de industrias, el ordenamiento de zonas de aglomeración, la atracción de inversiones extranjeras, el aprovechamiento de economías de escala y la reducción de costos de organización e infraestructura.

El relevamiento de los parques industriales en los diferentes continentes demuestra que el concepto tiene aplicación y sigue en expansión por diversos objetivos principalmente de desarrollo económico.

## 2.3. Marco normativo y de promoción de parques industriales en Uruguay

La Ley N° 17.547 del año 2002 y su decreto reglamentario N° 524/005 establecieron hasta 2019 el régimen de promoción de parques industriales en Uruguay, actualizada por la Ley N° 19.784. En la Ley N° 17.547 se definen a los parques industriales como “aquella fracción de terreno de propiedad pública o privada, urbanizada y subdividida en parcelas, dotadas de servicios públicos y privados e instalaciones comunes, con fines de instalación y explotación de establecimientos productivos y servicios conexos”.

En lo que tiene que ver con la regulación de Uruguay respecto a aglomeraciones de empresas en una localización geográfica también se definen “puerto libre” y “zona franca”.

**Puerto libre** [7]: Son recintos aduaneros portuarios donde es libre la circulación de mercaderías. Montevideo, Nueva Palmira, Fray Bentos y Colonia operan como puerto libre.

**Zona franca**[8]: “Áreas del territorio nacional, de propiedad pública o privada, delimitadas y cercadas de modo de delimitar su aislamiento del resto del territorio nacional...tienen por objeto la realización en las mismas de actividades industriales, comerciales y de servicios... Los usuarios de las mismas están exentos de todo tributo nacional creado o a crearse.” Las empresas instaladas aquí solo producen para los mercados de exportación pero pueden tener actividad industrial como los parques.

Uruguay tiene regímenes de promoción para los distintos tipos de aglomeraciones, e instrumentos de promoción de inversión para empresas individuales que contemplan las reglamentaciones ambientales y de uso del suelo.

### 2.3.1. Promoción de inversiones

#### Decreto-Ley N° 14.178 – Promoción industrial

En 1974 entró en vigor el Decreto-Ley 14.178 de “Promoción industrial” cuyo objetivo fue impulsar proyectos de inversión declarados de interés nacional a través de exoneraciones tributarias y asistencia crediticia. Se buscó promover la diversificación y aumento de exportaciones, la localización de industrias

nuevas o reformas en busca de mayor aprovechamiento de materias primas y mano de obra, la investigación tecnológica y capacitación y el desarrollo de servicios que apoyen al sector industrial y turístico.

### **Ley N° 16.906 y decretos reglamentarios – Promoción y protección de inversiones**

En 1998, sin derogar la ley anterior, se promulgó la Ley N° 16.906 que introduce nuevos beneficios y amplía los sectores de aplicación. Con importantes ajustes a partir del Decreto N° 455/007, reglamentado por los Decretos N° 02/012 y actualizaciones en los decretos N° 143/018 y N° 268/020. Para acceder a los beneficios de esta ley las empresas deben tributar impuesto a las rentas de las actividades económicas (IRAE) y el tipo de proyectos de inversión o sector de actividad deben estar promovidos por el Poder Ejecutivo.

La exoneración de IRAE a recibir por la empresa depende una matriz de indicadores; además exoneran impuesto al patrimonio de los bienes muebles que no tengan otros beneficios, las tasas y tributos a la importación si no son competitivos con la industria nacional e IVA de materiales y servicios para las obras civiles.

La matriz de indicadores pondera: generación de empleo, descentralización, aumento de exportaciones, utilización de tecnologías limpias, incremento de investigación y desarrollo e innovación (I+D+i) e indicadores sectoriales, que aumentan para micro y pequeña empresa. Es importante destacar el vínculo del indicador de producción más limpia con los objetivos de esta tesis ya que como indica el decreto vigente “los bienes que generen exoneraciones fiscales en este marco deberán contribuir a una producción más sostenible ambientalmente, sea mediante la eficiencia en el uso de los recursos como materias primas, agua y energía, la sustitución de combustibles fósiles por renovables, la reducción en la generación de residuos, efluentes y emisiones contaminantes incluyendo gases de efecto invernadero.”

Si bien ley no tiene un capítulo especial para parques industriales, en el Decreto N° 02/2012 le incrementa un 15 % el ponderador obtenido a las empresas que revistan la calidad de usuarios del Parque Científico tecnológico de

Pando (PCTP), o de parques industriales y le otorga un crédito fiscal por los aportes patronales asociados a la mano de obra durante un período de tres años. Este beneficio se otorga porque “existe una potencialidad de desarrollo aún no aprovechada por lo que corresponde otorgar beneficios adicionales a los de carácter general a efectos de desarrollar dicha capacidad. . .”.

El beneficio se mantiene en el Decreto vigente (N° 268/020) que incluye a las “actividades industriales y aquellas que realicen operaciones de almacenaje, acondicionamiento, selección, clasificación, fraccionamiento, armado, desarmado, manipulación o mezcla de mercaderías o materias primas, siempre que estén exclusivamente asociadas a las actividades industriales instaladas en los parques, generación de energía solar térmica o fotovoltaica, valorización y aprovechamiento de residuos, áreas de tecnologías de información y comunicación, biotecnología, industrias creativas.”

Las últimas incorporaciones en las diferentes reglamentaciones de la Ley de promoción de inversiones que pondera de manera positiva cadenas de valor, el aprovechamiento de residuos y la generación de energía a través de fuentes renovables, tienen un enfoque de sostenibilidad.

### **Ley N° 17.547 y decretos reglamentarios- Parques industriales**

En el año 2002 se promulga la ley de parques industriales N° 17.547, reglamentada por el Decreto N°524/005 en el año 2005. El propósito de la reglamentación es “estimular el crecimiento de la industria nacional, el incremento de la inversión, la creación de puestos de trabajo, la sustitución de importaciones, el crecimiento de las exportaciones, la apertura de nuevos mercados, el progreso tecnológico y la descentralización geográfica”. Los actores privados, la Corporación Nacional para el Desarrollo y los Gobiernos Departamentales, solos u asociados a privados, pueden instalar parques industriales si cuentan con la habilitación.

Esta reglamentación establece en Uruguay las definiciones y marco regulatorio para la instalación de los parques industriales y le brinda los beneficios de la Ley de promoción de inversiones. No presenta indicadores de producción más limpia propios y establece que para la determinación de las áreas o zo-

nas donde se puede instalar parques se tendrán en cuenta las disposiciones de ordenamiento territorial y medio ambiente.

### **Ley N° 19.784 - Promoción y Desarrollo de Parques Industriales y Parques Científicos – Tecnológicos**

En 2019 se aprobó una nueva ley (reglamentada por el Decreto N° 79/020 y actualizado por el Decreto N° 408/022) donde se incorpora la promoción de parques científicos y tecnológicos junto con los industriales (pudiendo instalarse en los mismos espacios o separados), apuntando a promover la generación de mayor valor agregado, la instalación de incubadoras de empresas e institutos de capacitación, la formación, investigación e innovación y se amplía el giro de actividad incorporando la categoría servicios. Además, el Poder Ejecutivo puede promover parques especializados según sector o área de actividad.

En esta actualización, se otorgan beneficios adicionales a los preestablecidos en normativas anteriores para los proyectos de inversión a realizarse como por ejemplo la facultad de otorgar hasta 15 % adicional de exoneración de IRAE. Para los instaladores se establece la posibilidad de otorgar también beneficios que pueden llegar a la exoneración de IRAE correspondiente al 100 % de la inversión, y de otros impuestos.

Los instaladores del parque son las personas jurídicas (públicas o privadas) que obtienen la habilitación del Poder Ejecutivo, previo informe de la Dirección Nacional de Industrias, para la instalación del parque y deben proveer la infraestructura y servicios comunes (realizado por si mismo o por un tercero denominado explotador). La infraestructura y servicios incluyen: la delimitación y límites, la caminería interna y acceso a sistema de transporte nacional, las áreas verdes, sistemas de prevención y combate de incendios. En cuanto a los servicios, en particular la energía, deberán asegurar que sea suficiente y adecuada al tipo de industrias que se instale dentro del parque. Si bien cada empresa tendrá un suministro propio de energía por ser usuarios diferentes, el instalador deberá asegurar la infraestructura mínima para las empresas.

En lo que tiene que ver directamente con la energía la Ley faculta a los entes públicos a brindar tarifas o precios promocionales para los bienes y ser-

vicios que provean a los parques. Esto permite brindar beneficios adicionales en las tarifas tomando en cuenta los potenciales costos que pueden implicar para la empresa. En el capítulo 5 se detallan los descuentos comerciales para las empresas habilitadas de los parques y se calcula el potencial beneficio económico para el caso de las empresas dentro del parque en estudio.

### **Ley N° 19.566 y decretos reglamentarios – Zonas francas**

En 1988, previo a la Ley de promoción de inversiones y a las de parques industriales, se aprueba la Ley N° 15.921 de zonas francas[8], que es modificada en 2017 por la Ley N° 19.566 y reglamentada por el Decreto N° 309/018. La reglamentación tiene como objetivo promover inversiones que diversifiquen la matriz productiva, generar empleo nacional, impulsar actividades de alto contenido tecnológico promoviendo la descentralización, favoreciendo al país en el comercio y flujos internacionales de inversión. Los usuarios de zonas francas están exonerados de IRAE.

Las zonas francas uruguayas, autorizadas previamente por el Ministerio de Economía y Finanzas, deben proporcionar a sus usuarios la infraestructura necesaria para su funcionamiento. La misma comprende tanto aspectos constructivos, con una urbanización mínima, así como servicios básicos (servicios eléctricos que incluyen instalación y distribución, saneamiento, comunicaciones, seguridad, vigilancia, etc.). Este marco legal tiene objetivos de desarrollo económico similares a los de los parques industriales, aunque las zonas francas tienen limitaciones en su relacionamiento económico con el resto del territorio nacional.

### **2.3.2. Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial**

#### **Ley N° 17.283 y otras reglamentaciones vinculadas – Medio ambiente**

No se puede analizar la instalación o promoción de industrias sin contemplar en primer lugar los aspectos ambientales exigidos por la reglamentación. En este sentido la Ley N° 17.283 “Ley General de Medio Ambiente”, en cumplimiento de lo previsto por la Constitución, establece previsiones generales básicas sobre la política nacional ambiental y la gestión ambiental.

En Uruguay, el régimen de Estudio de Impacto Ambiental existe desde la vigencia de la Ley N° 16.466 de Evaluación del Impacto Ambiental, de 1994 y su Decreto reglamentario N° 435/994, sustituido por el Decreto N° 349/005, que regula las autorizaciones ambientales. El Decreto mantuvo y actualizó lo relativo a la Autorización Ambiental Previa e incorporó otros tres instrumentos de gestión ambiental: la Viabilidad Ambiental de Localización, la Autorización Ambiental de Operación y la Autorización Ambiental Especial. Los complejos industriales deben realizar un estudio de impacto ambiental y contar con la autorización previa del Ministerio de Ambiente (MA).

En la página web de MA se encuentran los estudios de viabilidad ambiental de localización de los parques industriales, aunque los mismos no tienen al momento de la solicitud las características de las industrias que se instalarían allí.

### **Ley N° 18.308 – Ordenamiento territorial**

La Ley N° 18.308 de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible del año 2008 y los decretos reglamentarios N° 523/009 y N° 221/009 y actualizaciones establecen la elaboración según el ámbito: a) nacional-Directrices Nacionales y Programas Nacionales; b) regional: Estrategias Regionales; c) departamental: Directrices Departamentales, Ordenanzas Departamentales, Planes Locales y d) En el ámbito interdepartamental: Planes Interdepartamentales de ordenamiento territorial.

Los Gobiernos Departamentales tienen la competencia para categorizar el suelo, así como para establecer y aplicar regulaciones territoriales sobre usos, fraccionamientos, urbanización, edificación, demolición, conservación, protección del suelo y policía territorial, en todo el territorio departamental mediante la elaboración, aprobación e implementación de los instrumentos establecidos por esta Ley. Las directrices y ordenanzas departamentales son elaboradas y aprobadas por los Gobiernos Departamentales. El Poder Ejecutivo y los Gobiernos Departamentales, a través de los mecanismos que correspondan, pueden establecer incentivos a efectos de impulsar las acciones y determinaciones de los instrumentos de ordenamiento territorial.

El artículo 59 se refiere a las “Operaciones territoriales concertadas. Cooperación público-privada donde uno o más Gobiernos Departamentales o entidades privadas podrán constituirse sociedades comerciales de economía mixta...con el objeto de alcanzar para un área determinada, transformaciones territoriales, mejoras sociales, desarrollo productivo o elevación de la calidad ambiental.”.

Los distintos instrumentos de ordenamiento territorial deben contar con la aprobación del MVOT y MA sobre la evaluación ambiental estratégica del mismo.

### **2.3.3. Resumen del marco normativo**

Toda la normativa de promoción de inversiones, ambiental y de ordenamiento territorial mencionada anteriormente y utilizada como marco de análisis para la tesis se encuentra en el Anexo 1.

Desde 1974 Uruguay cuenta con una marco regulatorio de promoción industrial y a partir de 1988 comenzó a promover zonas francas con el objetivo de diversificar la matriz productiva, generar empleo e impulsar actividades de alto contenido tecnológico favoreciendo la descentralización. En 2002, si bien ya había aglomeraciones industriales en el país se aprueba la primera ley específica para parques industriales (Ley N° 17.547) para estimular el crecimiento de la industria nacional.

En 2012 se comienzan a considerar los componentes ambientales en la promoción de inversión (Decreto N° 02/2012) y se otorgan mayores beneficios a la incorporación de equipamiento “limpio”. En 2019 se aprueba una nueva ley de parques industriales (Ley N° 19.784) que incrementa los beneficios tributarios a las empresas usuarias y a los instaladores de parques industriales estimulando la instalación de cadenas de valor, incubadoras de empresas, innovación, la asociatividad y la descentralización de las actividades económicas.

Por lo que existe un marco normativo de promoción para que se instalen en conjunto empresas y además se promueve la “producción más limpia”.

## 2.4. Parques industriales, parques tecnológicos y zonas francas operativas en Uruguay

A continuación se detallan los agrupamientos con actividad industrial operativos o aprobados en Uruguay hasta el año 2023. En el concepto de agrupamiento de unidades productivas y de investigación el Parque Tecnológico del Cerro (PTI) y el Parque Científico Tecnológico de Pando (PCTP), promovido por la Intendencia de Montevideo y por la Universidad de la República respectivamente, fueron los primeros en instalarse en Uruguay con anterioridad a la aprobación de la Ley de parques industriales.

### 2.4.1. Parques científico-tecnológicos en operación

- **Parque Científico Tecnológico de Pando (PCTP)** Creado por artículo N° 251 de la Ley de rendición de cuentas de 2007 y reglamentado por el Decreto N° 544/009 integrado por la Universidad de la República (específicamente Facultad de Química), MIEM, la Intendencia de Canelones y CIU. Dicho parque tiene como propósito integrar la innovación y el desarrollo científico producido al servicio de un conjunto de empresas que pretenden agregar valor a sus mercancías. La tecnología desarrollada integra las áreas de biotecnología, nanotecnología, bio-analítica, biofarmacia, alimentos y nutrición, entre otras.

### 2.4.2. Zonas francas en operación

- **Parque de las Ciencias S.A.:** Orientado a difusión científica y producción especializada en sectores de alto valor agregado del área de las ciencias de la vida y la salud.
- **Zona Franca Punta Pereira S.A.:** Orientada a la fabricación de celulosa, papel y sus derivados.
- **WTC Free Zone S.A.:** Principalmente empresas de servicios.
- **Zona Franca Nueva Palmira:** Zona franca estatal, administrada directamente por el Estado en Nueva Palmira.
- **Zona Franca Libertad - Lideral S.A.:** Se encuentra emplazada en el kilómetro 49 de la ruta nacional N° 1 y tiene espacio para almacenamiento e industrias.

- **Zona Franca de Colonia - Grupo Continental Zona Franca S.A.:** Cuenta con industrias, desarrollos logísticos y de negocios, ha venido impulsando proyectos económicos para la región, en particular PepsiCo.
- **Zona Franca Florida:** Con más de 200 empresas principalmente logísticas.
- **UPM Fray Bentos S.A.:** Se desarrolla gran parte del proyecto de UPM en Uruguay, incluyendo la Terminal portuaria asociada a la misma.
- **Zona Franca Colonia Suiza:** Está desarrollada y dirigida por un grupo empresarial de actividad comercial y fundamentalmente industrial.
- **ZONAMERICA S.A.:** Parque de negocios y tecnología con servicios corporativos.
- **CUECAR S.A.:** Orientada a la fabricación de celulosa por parte de la empresa UPM, así como la instalación de otras industrias vinculadas con estos procesos.
- **AGUADAPARK S.A.:** Localizada en la zona céntrica, cuenta con la infraestructura requerida en materia de tercerización de servicios internacionales.

Para este estudio solo se considerarán las zonas francas con actividad industrial.

### **2.4.3. Parques industriales aprobados por la Ley N° 17.547**

- **Plaza Industrial S.A “Zona Este”, Canelones:** Cuenta con 11 empresas de diferentes sectores. En 2012 solo contaba con 5 de ellas.
- **Parque Industrial Juan Lacaze, Colonia:** Es un emprendimiento actualmente de la Intendencia de Colonia, aunque se inició junto la Corporación Nacional para el Desarrollo. Operado desde 2013 por los ex-trabajadores de la textil Agolan formaron la Cooperativa Textil Puerto Sauce. Actualmente cuenta con 11 empresas instaladas de rubros alimentos, informática, metalúrgico, entre otros.
- **Parque industrial Paysandú, Paysandú:** Empresas relacionadas al desarrollo a paneles solares fotovoltaicos.
- **Parque tecnológico e industrial del Cerro, Montevideo:** En 2012 había 52 empresas instaladas, en 2017 77 empresas y en 2023 67 em-

presas. Los rubros son: alimentos, electrónica, madera, medioambiental, metalúrgica, naval, plástico, textil, vidrio, servicios.

- **Parque Industrial de Pando, Canelones:** Instaladas ANTEL, El Correo y Alliance Uruguay (industria de cloro-soda).
- **Parque Industrial Polo Logístico Ruta 5 (Grupo Ras - Persephone S.A.), Canelones:** Dentro del parque se encuentra Fundación Tecnolog, organización sin fines de lucro, que promueve dentro del sector logístico, la investigación, innovación y aplicación de nuevas tecnologías. Ahora pasó al nuevo regimen normativo.
- **Parque Productivo Uruguay (Grupo Logístico Del Sur S.A.) – Canelones**

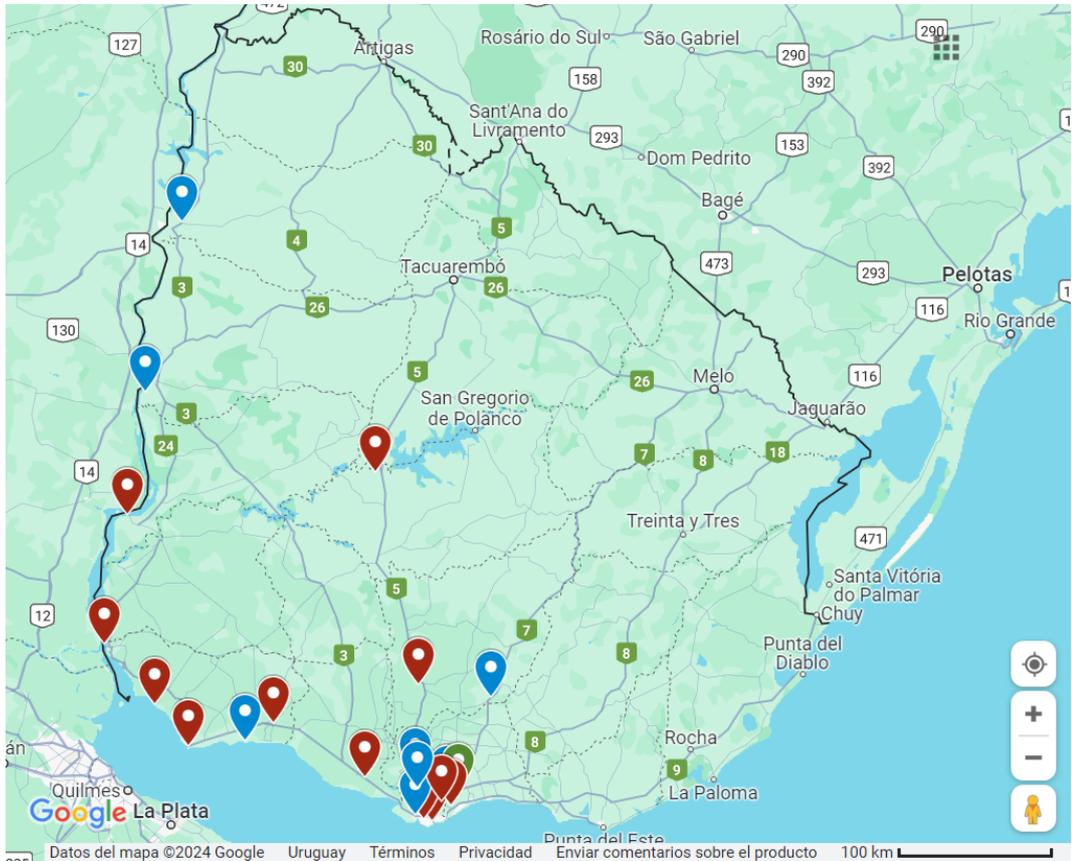
#### **2.4.4. Parques industriales aprobados por la Ley N°19.784**

- **Parque Industrial Empalme Olmos:** Olmos y una empresa de pinturas son las primeras empresas instaladas allí.
- **Parque Científico Tecnológico de Pando (PCTP):** Pese a tener su propia reglamentación aplicó para ser habilitado en la nueva normativa de parques industriales.
- **Parque Industrial Polo Logístico Ruta 5 (Grupo Ras - Persephone S.A.), Canelones -** Aplicó para ser habilitado en la nueva normativa en noviembre de 2023.

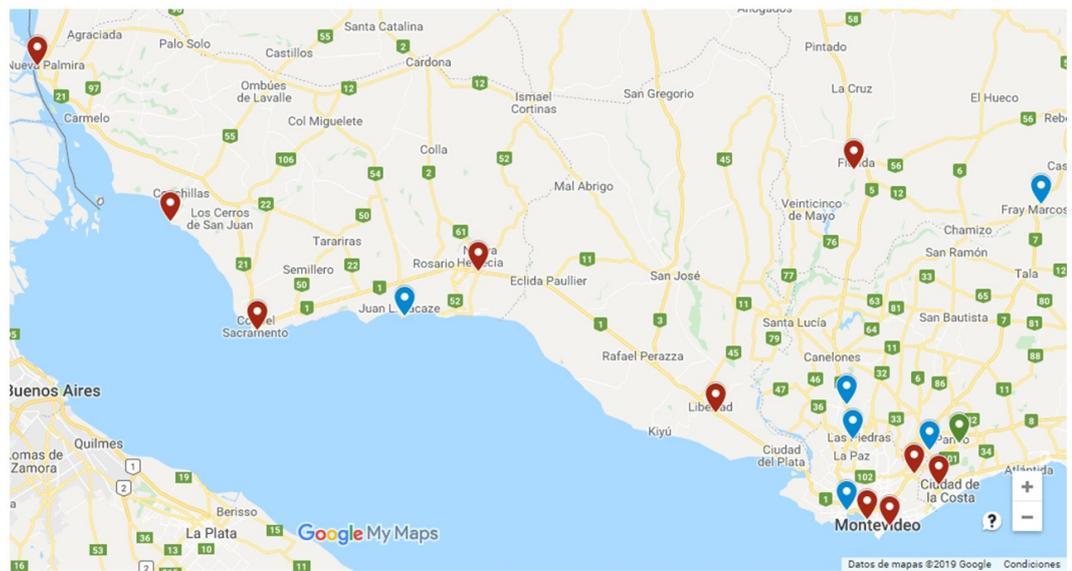
Parques aprobados sin actividad:

- **Parque Agroindustrial “Alto Uruguay”, Salto:** Habilitado desde 2012 pero no hay empresas instaladas desde esa fecha.
- **Parque Industrial Las Piedras (Millares S.A.), Canelones**
- **Ecopark – Barros Blancos, Canelones**

En el Anexo 2 se encuentra el detalle de empresas instaladas y subsector de actividad de los parques industriales activos.



**Figura 2.1:** Parques industriales (en azul), parque tecnológico (en verde) y zonas francas (en rojo), elaboración propia



**Figura 2.2:** Sur del País - Parques industriales (en azul), parque tecnológico (en verde) y zonas francas (en rojo), elaboración propia

# Capítulo 3

## Ecoparques industriales

En el capítulo 2 se definió a los parques industriales, el marco regulatorio y su desarrollo en Uruguay. Que existan parques industriales no es una condición suficiente para que sean transformen e instalen ecoparques. En este capítulo se desarrolla el concepto de ecoparques, el estado de situación mundial y además se analizan diversos autores que han estudiado los aspectos energéticos vinculados a los ecoparques y las metodologías de análisis para calcular los beneficios ambientales y económicos.

### 3.1. Definición y alcance de ecoparques industriales

El concepto de ecoparques industriales (EPI) fue establecido en 1992 en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, si bien ya existían algunos ecoparques industriales previo a este concepto acordado internacionalmente. Recién en 2005 se comenzaron a establecer en varias partes del mundo parques bajo esta modalidad.

Las organizaciones internacionales utilizan la definición de Lowe [9] que define a los ecoparques industriales como “un área para uso industrial en un sitio adecuado que garantice la sostenibilidad a través de la integración de aspectos sociales, económicos, y aspectos de calidad ambiental en su ubicación, planificación, administración y operaciones”. El complemento respecto a la definición de parques industriales es que los ecoparques incorporan criterios de sostenibilidad. En particular, la bibliografía señala que para que sean considerados

ecoparques se deben cumplir con requisitos de gestión del parque (adicionales a la normativa de cada país), que consideren aspectos ambientales, sociales y económicos.

Promover la instalación de parques industriales tiene efectos positivos en la colaboración entre las diferentes industrias y la eficiencia en el uso compartido de los recursos, pero si no se hace una gestión adecuada del parque puede tener impactos ambientales negativos mayores a los individuales por la mayor concentración de emisiones locales al aire, contaminación del agua y el suelo. Mitigar y gestionar los potenciales impactos es clave para que el parque sea sostenible. Según la publicación de Banco Mundial, “An International Framework for Eco-Industrial Parks” [10] la gestión integrada del parque también provee mayor acceso a apoyo técnico y financiamiento a las industrias, un aumento de competitividad y la disminución de gastos administrativos.

Chertow [11] define cinco tipos de ecoparques industriales de acuerdo al área geográfica y los tipos de intercambios tal como se detalla en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1:** Tipos de ecoparques industriales

Tipo 1: Intercambio de residuos	Se recuperan los residuos y son administrados y/o vendidos por un tercero.
Tipo 2: Dentro de la misma instalación, empresa u organización	Por lo general el intercambio es dentro de la misma organización pero en diferentes unidades productivas y en un solo sentido.
Tipo 3: Intercambio de empresas dentro del mismo área industrial	Los intercambios se producen principalmente en un área industrial definida. El intercambio incluye materiales, residuos y/o energía entre organizaciones cercanas.
Tipo 4: Intercambio dentro y fuera del área	Se vinculan e intercambian entre empresas existentes y nuevas dentro y fuera del área industrial.
Tipo 5: Entre empresas organizadas en una región amplia	Incluye intercambios en una amplia región espacial y un mayor número de empresas. Estos tipos de parques ecoindustriales incluyen algunos intercambios virtuales.

En Uruguay no hay ecoparques industriales en funcionamiento. Tal como se muestra en la tabla 3.1 los tipos 4 y 5 tienen intercambios más complejos

con otros actores fuera del parque, por lo que el enfoque de la tesis es estudiar la aplicabilidad de los ecoparques tipo 3 en Uruguay (diversos intercambios dentro del mismo parque).

La instalación de ecoparques industriales aporta al cumplimiento del Acuerdo de París ya que reducen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) directamente en el sector industrial e indirecto en el sector transporte, al optimizar el uso de los recursos (materia prima, subproductos, residuos y energía). Además los ecoparques, contribuyen al cumplimiento de los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [12]:

Objetivo 7 – “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.” Asegurando el acceso universal y aumentando la participación de energía renovable y la eficiencia energética.

Objetivo 8 – “Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.” Tratar de desvincular el crecimiento económico con el aumento de consumo y el deterioro ambiental.

Objetivo 9 – “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.” Se entiende que a 2030 las industrias deberían actualizarse para hacer un uso más eficiente de los recursos e incorporar tecnologías “limpias”.

Objetivo 12 - “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible”. Reportar los ciclos de vida de los productos, minimizar los impactos en ambiente y salud y reducir la generación de residuos.

Para obtener impactos positivos, considerando la situación actual de los parques industriales, ONUDI enumera cuatro principios que deben contemplar los ecoparques industriales:

1. Cumplir con las regulaciones locales y nacionales en materia social, ambiental, económica y de ordenamiento territorial. Cuando no se cuente con regulaciones nacionales se espera que el parque se alinee con estándares internacionales.
2. Establecer los requisitos de desempeño sociales, ambientales y económicos, adicionales al punto anterior. Se deben diseñar indicadores y metas en aquellos puntos de mayor influencia o impacto del parque.

3. Los indicadores deben ser fáciles de medir, monitorear y reportar. Para esto es importante contar con datos confiables.
4. Diseñar el ecoparque y su administración para que las empresas sean más competitivas. Buscar colaboración en la adquisición y uso de los suministros, servicios compartidos, estabilidad en los contratos de uso del parque y colaboración para cumplir con las reglamentaciones.



**Figura 3.1:** Marco general de ecoparques industriales, ONUDI[10]

Los indicadores de desempeño, según ONUDI[10] tal como se muestra en la figura 3.1 se agrupan en las siguientes categorías:

- **Gestión del parque:** salud ocupacional y seguridad, prevención de crímenes y lavado de activos, uso del suelo y ordenamiento territorial, propiedad intelectual;
- **Desempeño ambiental:** emisiones al aire, disposición de efluentes líquidos, manejo de residuos peligrosos, emisiones sonoras, energía, reciclaje, residuos, cambio climático;
- **Desempeño social:** derechos humanos, leyes laborales, no discriminación;
- **Desempeño económico:** balances auditables, creación de empleo, desarrollo de pequeñas y medianas empresas, fiscales y financieras.

A continuación se detallan las características de cada categoría.

### **3.1.1. Gestión del parque**

El gestor del parque es quien tiene que operar y mantener el parque, diseñar intercambios de conocimiento y propiciar el diálogo entre las diferentes empresas. Debe conocer los requerimientos energéticos, de personal, de gestión de residuos y administrativos de cada empresa, aunque en muchos casos no puede cambiar el modo de operación de las empresas, pero sí se pueden preestablecer ciertas condiciones que deben cumplir las empresas para integrar el parque. Tener un gestor del parque que interactúe entre las empresas y con los reguladores es eficiente, que además sea quien controle el cumplimiento de los requisitos sociales y ambientales e identifique oportunidades de colaboración siempre facilitando la comunicación y la formación, y asegure el acceso a los servicios y el mantenimiento de la infraestructura, son algunos de los beneficios de este punto.

Para evaluar los servicios del parque debe contar con una entidad/empresa para la operación y gestión de este. La misma debería proveer servicios, energía, recolección y tratamiento de residuos, seguridad, áreas comunes, además debe monitorear los indicadores ambientales, sociales y económicos del parque y los riesgos de accidentes ambientales. Se debería llevar un plan sobre los espacios disponibles del parque, infraestructura e instalaciones requeridas y tipos de industrias convenientes. Como indicadores todas las empresas deben tener un contrato con la empresa gestora/administradora del parque, al menos el 75 % deben estar conformes con los servicios e infraestructura brindadas y se deben contar con reportes de desempeño desde el punto de vista ambiental, social y económico del parque, al menos cada seis meses.[10]

### **3.1.2. Desempeño ambiental**

Además de reducir impactos ambientales locales se busca en los ecoparques la generación de energía sin emisiones de carbono y el uso eficiente de los recursos en los procesos industriales, incluyendo la producción más limpia, simbiosis industrial y sinergias en los procesos, en la gestión del agua, los residuos y la energía. La instalación de empresas que intercambien residuos/materia prima, subproductos y energía apunta a la economía circular dentro del parque, reduciendo los costos para las empresas (estas medidas se desarrollan en las siguientes secciones). Contar en el parque con personal dedicado a la gestión

ambiental y energética, que puede incluir certificaciones internacionales y el monitoreo de los indicadores agrega valor al parque.

En energía se deben identificar oportunidades de mejora de los procesos y edificaciones, compartir servicios administrados por el gestor del parque y podría involucrar el desarrollo de energías renovables para el autoconsumo para disminuir emisiones. En los indicadores se busca que el parque tenga sistema de gestión en línea con las certificaciones internacionales (ISO 14001 e ISO 50001) para gestión y monitoreo. En cuanto al agua debería contar con reservorios y asegurar el acceso al mismo, así como un apropiado tratamiento proponiendo la reutilización. Para los residuos deben contar con un plan para la reducción y reutilización.

En las recomendaciones de ONUDI[10] aparecen objetivos cuantitativos como que el 40 % de las empresas con más de 250 empleados deberían contar con sistemas de gestión certificados y además, que el 90 % del consumo energético del parque debe estar medido y monitoreado. En energía se busca apoyar programas de eficiencia energética en al menos el 50 % de las empresas de mayor consumo, identificar oportunidades de intercambio de calor y que el uso de energía renovable sea igual o mayor que el promedio nacional. En cuanto a residuos y agua, se plantea reutilizar al menos el 20 % de los residuos sólidos como materia prima en otro proceso industrial y que menos del 50 % de los residuos terminen en vertederos. Contar un plan de aguas tanto para efluentes como pluviales. Monitorear emisiones de gases de efecto invernadero y tener un plan ambiental que tenga en cuenta el ecosistema local.

### **3.1.3. Desempeño social**

En los aspectos sociales se deben seguir las regulaciones nacionales y los estándares internacionales respecto a salud ocupacional y seguridad laboral contando al menos el 75 % de las empresas de más de 250 empleados con sistemas funcionando. Métodos de prevención de acoso, encuestas laborales a los empleados, empresas con planes de capacitación, que el porcentaje de mujeres en puestos de trabajo sea superior al 20 %, y realizar encuestas y actividades con la comunidad local.

### **3.1.4. Desempeño económico**

Se debe contar con planes para generación de empleo contemplando diversidad, inclusión y género, evaluando las distancias que recorren los trabajadores. Cantidad de empleos directos y contratos permanentes superior al 25 %, más del 25 % de las empresas debería usar proveedores y servicios locales y más del 90 % de los servicios propios del parque ser provistos por empresas locales. Debe promover la instalación de nuevas empresas en el parque incluyendo el acceso a los servicios (agua, energía, caminería, servicios comunes) con una ocupación promedio en cinco años del 50 %. El uso eficiente de los recursos, tanto materia prima como energía, contribuyen a la minimización de costos, atrayendo nuevas inversiones. En la tesis no se analizan los aspectos de empleo y salud ocupacional.

### **3.1.5. Indicadores de desempeño y vínculo con energía**

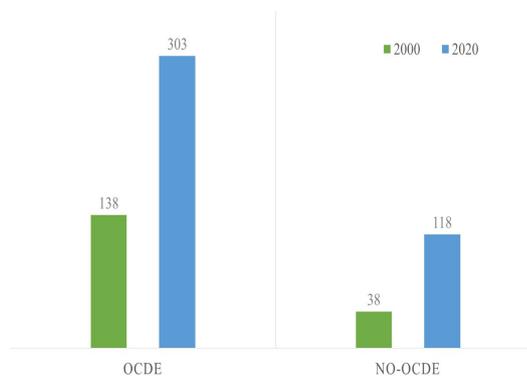
En las categorías de gestión del parque y de desempeño ambiental, pero que tienen impacto en las otras dos, es donde la energía aparece como uno de los indicadores principales. En la construcción de los indicadores se considera: la instalación de sistemas de gestión de la energía, el monitoreo de consumos de energía y el aseguramiento del acceso a la energía, así como las oportunidades de infraestructura compartidas para la generación de energía y la eficiencia energética en los procesos. Además se repiten medidas específicas como la utilización de calor residual en diferentes procesos, la reutilización de residuos, el aprovechamiento de usos energéticos comunes, entre otras opciones que permitan bajar los costos y generar beneficios ambientales de reducción de emisiones.

En el capítulo 5 de la tesis se evalúa cómo aporta un gestor en el parque (que cumple más funciones que el instalador) a la mejora de la gestión de los recursos en particular de la energía. En los indicadores de desempeño ambiental de los ecoparques industriales es donde aparecen la gestión integrada de la energía y la identificación de medidas de eficiencia energética para alcanzar las metas. Su aplicabilidad también es evaluada en el capítulo 5 en el parque de estudio.

## 3.2. Desarrollo de los ecoparques industriales en el mundo

Más allá de las definiciones teóricas es necesario conocer la aplicación del concepto de ecoparque en diferentes regiones del mundo y cuales son las características principales de los mismos. Dinamarca, Alemania y Finlandia establecieron ecoparques por los altos costos de la energía y los recursos limitados promoviendo la eficiencia energética y la simbiosis industrial, previo al desarrollo internacional del concepto. En la década del noventa Estados Unidos, Canadá, Japón y otros países europeos incorporaron EPI, así como China e India principalmente enfocados en disminuir la contaminación y hacer una gestión adecuada de residuos. A partir del 2000, con políticas de apoyo desde los gobiernos de Japón, China y Corea del Sur, se comenzaron a desarrollar más rápidamente para impulsar la competitividad y modernización de los parques industriales. En la sección 2.2 del Anexo se detallan los ecoparques operativos y los apoyos para su desarrollo.

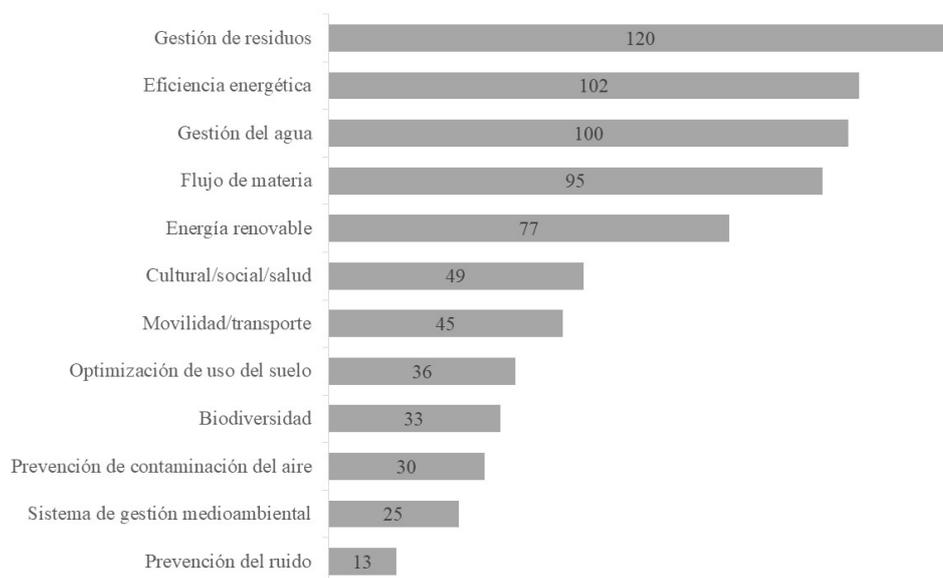
Según el relevamiento del Banco Mundial [13] al 2020 existían más de 400 parques industriales a nivel mundial que se consideran a sí mismos ecoparques industriales. La International Development Research Council (IRDC) estima que en el mundo existen cerca de 12.600 parques en 90 países, por lo que 400 ecoparques no es un número relevante pero existe un crecimiento sostenido ya que a principios del siglo XXI no superaban los 200 EPI, como muestra la figura 3.2. En el año 2016 el Banco Mundial [14] indicaba que el 59% de los ecoparques correspondían a la actualización de parques existentes (retrofit).



**Figura 3.2:** Ecoparques industriales OCDE y no-OCDE, Banco Mundial

La Unión Europea define eco-innovación como “cualquier forma de innovación que apunte a un progreso significativo y demostrable hacia la meta del desarrollo sostenible, reduciendo los impactos en el medio ambiente o logrando un uso más eficiente y responsable de los recursos naturales, incluida la energía”. Bajo el programa ECOINNOVERA de European Research Area Network de la Comisión Europea en 2014 la Federal Office for the Environment (FOEN) de Suiza realizó encuestas en 168 parques que incorporaron eco-innovación en 27 países: 18 europeos, 7 de Asia, Australia y Estados Unidos [15]. De estos parques 131 se encontraban en operación, 33 en diseño y 4 detenidos.

Al analizar los eco-criterios adoptados por los parques se identifica la gestión de flujos (materias primas, subproductos y residuos, el agua) y la eficiencia energética como los criterios de mayor ocurrencia. 120 parques tienen sitios de acopio y en muchos de los casos plantas de reciclaje y de tratamiento de residuo peligrosos en el sitio. De las encuestas se desprende que es posible realizar el tratamiento en los parques y bajar los costos y traslados.



**Figura 3.3:** Ocurrencia de criterios ecoeficientes en 168 parques encuestados, FOEN [15]

En el caso de la eficiencia energética, aparece en segundo lugar en la figura 3.3 por la combinación de medidas. Por un lado, la simbiosis industrial, la mejora en la gestión y en el transporte reducen los consumos energéticos, y por otro lado la generación conjunta de energía y la mejora de eficiencia di-

recta en los procesos. El estudio menciona como ejemplo a la empresa química BASF que desarrolló un sistema de eficiencia energética integrado y de alto rendimiento para la industria química, llamado Verbund. En Ludwigshafen, Alemania se encuentra el mayor de los parques de la empresa y que está replicado en otras partes del mundo.

El intercambio de materiales, que aparece en el cuarto lugar de ocurrencia, también está directamente relacionado con la eficiencia energética. Corea del Sur, China e India incluyen dentro de sus programas de promoción el impulso a las cadenas industriales o la simbiosis dentro del parque que contribuye al intercambio de energía, materiales y agua. En algunos casos, como Génova también se promueve el intercambio de materiales entre el parque y la ciudad.

La **simbiosis industrial** aparece como la medida cero para la implementación de ecoparques industriales y está asociada a la adopción común de criterios para la gestión de residuos, eficiencia energética y flujos de materiales. Como indica Chertow, “la simbiosis industrial involucra a industrias tradicionalmente separadas en un enfoque colectivo para lograr una ventaja competitiva que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua y/o subproductos.” [11]. Que exista simbiosis implica que hayan usos mixtos con procesos productivos diversos, esto se da cuando hay cadenas productivas dentro del parque y la gestión de los flujos de materiales se realiza en conjunto. La simbiosis contribuye a la reconversión de parques en ecoparques.

En lo que tiene que ver con las energías renovables, la incorporación de tecnologías de mediana o gran escala tendría costos comparativos menores a la instalación individual, pero requiere una administración y gestión ya que las industrias presentan variados consumos. Existen parques industriales que utilizan residuos de biomasa para la generación de calor y electricidad por ejemplo en Suecia, Holanda o granjas solares de generación de energía eléctrica en China. Existen diversas experiencias de instalación de energía solar, eólica y biomasa en diferentes escalas y combinaciones tanto para la producción de energía eléctrica como de calor, pero no es el factor común en los ecoparques.

En 2016 el Banco Mundial [14] publicó un informe donde reunió experiencias de diferentes países en la implementación de ecoparques industriales, para

que sirva de guía con un paso a paso para la implementación en otros países. Si se comparan los resultados de la encuesta antes mencionada con el informe del Banco Mundial, donde se relevaron 212 parques, la gestión de residuos y eficiencia energética son también los criterios más adoptados por los ecoparques (tabla 3.2).

**Tabla 3.2:** Medidas implementadas en los ecoparques, Banco Mundial 2016[14]

Gestión de residuos	109	51 %
Eficiencia energética	106	50 %
Simbiosis industrial	95	45 %
Flujo de materia	75	35 %
Energía renovable	74	35 %
Gestión del agua	70	33 %

### 3.3. Metodologías de análisis y medidas energéticas en ecoparques industriales

En esta sección se realiza un relevamiento de las publicaciones relacionadas con ecoparques industriales identificando diferentes países o regiones. Se buscó identificar medidas de eficiencia energética implementadas, barreras y apoyos para la implementación de los ecoparques, para evaluar su aplicabilidad en el parque de estudio en el capítulo 5. Además, se recopilan metodologías de análisis para calcular beneficios ambientales y económicos por aplicar el concepto de ecoparque industrial y medidas de eficiencia energética.

En el anexo 2.2 se detalla la información de ecoparques industriales en países desarrollados y en vías de desarrollo. El abordaje de los estudios es a través de encuestas, entrevistas y relevamiento de información propia de los parques. Como se muestra en el anexo, el parque de Kalundborg en Dinamarca es el ecoparque industrial ejemplo y está operativo desde los años '70 siendo su principal medida la simbiosis industrial, luego el desarrollo de ecoparques industriales en el mundo se da a partir del año 2000 por lo que los estudios son de los últimos 20 años. En cuanto a los sectores productivos en los que más

se han desarrollado ecoparques aparecen las ramas químicas o petroquímicas, manufactura, textil, farmacéutica, agroalimenticia, teñido y automotriz.

Las barreras identificadas para la implementación de ecoparques industriales fueron: costos, riesgos, roles y responsabilidades, conocimiento y la regulación desactualizada. Además, debe existir una asociación de empresas o gestor para articular entre las diferentes empresas. Como se observa en la recopilación del anexo 2.2 existen diversas experiencias en el mundo de implementación de ecoparques industriales donde se incorporaron medidas de eficiencia energética, pero requirió, sobre todo en los parques más pequeños, del apoyo económico y de capacidades, de organismos internacionales o el propio Estado.

El éxito para que se desarrolle un ecoparque industrial, depende de la voluntad de cooperación entre las empresas y el gestor del parque asociado a los posibles beneficios individuales y colectivos. Es por esto, que la investigación internacional respecto a ecoparques industriales desarrolla modelos computacionales de análisis multivariados basados en la teoría de juego. Se analiza cuanto está dispuesto a ceder una empresa por el beneficio común o el solo beneficio de las otras empresas instaladas en el parque, como se comporta una empresa en base al comportamiento de las demás y cuál es el interés para la asociación y cooperación.

Los estudios buscan maximizar el beneficio económico o el beneficio ambiental y en algunos casos ambos, en muy pocos integran lo social (empleo, desarrollo local, etc.). Las optimizaciones se resuelven a través de programación lineal entera mixta ya que es equivalente a un problema de diseño de redes o de producción con actores independientes.

En particular, en lo relacionado a la energía en los ecoparques se busca la minimización de los impactos ambientales y maximización del beneficio económico por la reducción de consumo de energía, la generación de energía eléctrica a partir de energía renovable, la minimización de generación y el aprovechamiento de residuos. La mayoría de los estudios refieren a reconversión de parques industriales existentes, ya que en el desarrollo de nuevos parques las variables para la optimización del diseño tienen más incertidumbre por no conocer el tipo y tamaño de empresas a instalarse.

En 2014 Boix et al. [16] realizaron una recopilación de los métodos de optimización para el diseño de ecoparques industriales e identificaron que había pocos estudios de optimización de los flujos de energía dentro de los parques. Se mencionan más dificultades respecto a la optimización de otros flujos como agua, materias primas y subproductos, debido a la capacidad de almacenamiento de la energía, la distancia entre las plantas para la transferencia y los costos de las inversiones con repagos de largo plazo.

Afshari, Farel y Peng [17] indican que se deben considerar los flujos de energía y materiales de cada empresa, así como la posición de los tomadores de decisión (dueños o gerentes). Identifican que la mayoría de los estudios eran desde el punto de vista del gestor del ecoparque industrial y analizando solo el punto de vista de costos. Es por esto que desarrollan 3 modelos, 1) minimizar el costo total desde los consumidores de energía, 2) minimizar el impacto ambiental y 3) optimizar los intercambios de energía desde el punto de vista económico agregando la variable ambiental. Las variables de cada empresa que se incorporan al modelo son demanda y oferta de energía y distancia entre las plantas. El principal intercambio de energía se refiere a la transferencia de calor a través de generación de vapor y aprovechamiento de calor residual. Los indicadores son: Porcentaje de empresa que cubren su demanda energética y demanda ponderada, capacidad de la oferta de energía utilizada y minimización de emisiones de CO<sub>2</sub>. Como los costos de cañería son altos y no existen requisitos de disminución de emisiones, a pesar de que el modelo arroja resultados positivos existen barreras para la implementación.

El “Laboratoire de Génie Chimique” de la Universidad de Toulouse, a través de Boix, Montastruc, Mousqué y otros, continuó investigando procedimientos computacionales de optimización publicando en 2020 un modelo para minimizar los costos de energía en sistemas híbridos de generación de energía a través de fuentes renovables, cogeneración y conexión a la red eléctrica. Consideran también la interdependencia que se genera entre las empresas, o sea que los flujos de energía entre las empresas les aporten un beneficio económico pero que no sean tan complejo que afecte su producción.[18]

En 2022, Boix et al. [19] publican un nuevo procedimiento de optimización

donde incorporan el análisis de costo por “flexibilidad” considerando que una empresa del parque puede dejar de compartir con otra energía y no sobredimensionar la red. Compara los resultados de diseño para la demanda y oferta nominal de energía y con un valor de desviación de consumo, siendo un 5% más costoso para una flexibilidad de solo el 10%.

Estos estudios demuestran que además de identificar el beneficio ambiental y económico desde el punto de vista del parque también es necesario conocer las necesidades y roles de las empresas, para entender si están dispuestas a trabajar en conjunto.

Se recopilaron las medidas de eficiencia energética de modelos computacionales estudiados, siendo las más mencionadas en la bibliografía:

- Simbiosis industrial: aprovechamiento de subproductos, generación de vapor en conjunto y aprovechamiento de calor residual
- Incorporación de energías renovables compartidas y almacenamiento de energía en el ecoparque
- Sistema de gestión de la energía
- Gestión de residuos

En estos análisis aparece como condición necesaria, el acceso a la información de usos y consumos energéticos, siendo una barrera el acceso a los datos por no tener un sistema de gestión o por la confianza para dar acceso a los mismos. Es por esto que en el capítulo 4 se selecciona un parque industrial de Uruguay y se aplica una metodología para la realización del diagnóstico energético para evaluar el acceso a los datos y el tipo de consumos energéticos. En el capítulo 5 se analiza si las medidas recopiladas en la bibliografía y las que se identifican adicionales en el parque de estudio tiene beneficios económicos y ambientales para el parque.

Para analizar la incorporación de medidas en conjunto no es solo necesario definir desde que punto de vista se calculan los ahorros energéticos, sino también la forma de operación del parque y los acuerdos entre las empresas para funcionar.

# Capítulo 4

## Elección del parque de estudio, diseño y diagnóstico energético

Este capítulo se divide en cinco secciones. En la sección 4.1 se resume el balance energético del sector industrial en Uruguay para poder entender el contexto energético de los parques industriales del país. Luego se selecciona el parque de estudio (sección 4.2), se diseña la metodología para el diagnóstico energético específico de parques con actividad industrial-logística en Uruguay (sección 4.3) y se muestran los resultados del diagnóstico del parque de estudio (sección 4.4). En la última sección (4.5) se presenta el relevamiento primario en una zona franca, para evaluar el potencial de aplicación de la misma metodología en otros parques y zonas francas con actividad industrial-logística.

### 4.1. Energía del sector industrial en Uruguay

Las fuentes de información consultadas sobre datos energéticos del sector industrial en Uruguay son:

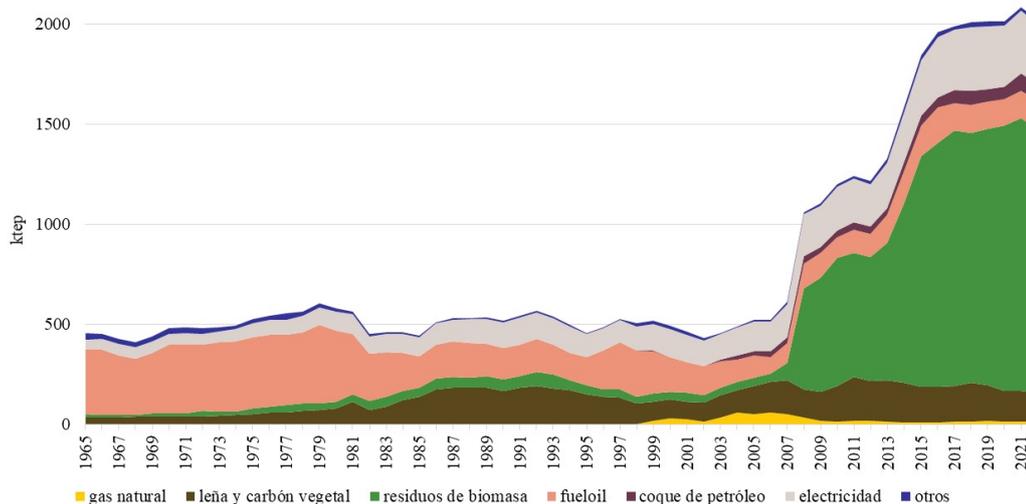
- Balance Energético Nacional (BEN)[20]
- Encuesta de consumos energéticos del sector industrial[21]
- Balance Nacional de Energía Útil del sector industrial[22]

Desde 1965 Uruguay reporta su Balance Energético Nacional(BEN)[20] con datos estadísticos de consumos y transformación de energía. Para la demanda de energía se presentan datos de consumo final por fuente y por sector incluyendo al sector industrial.

Hasta principios de los años 90' el sector industrial representaba alrededor del 30 % del consumo final de energía del país. En proporciones muy similares se encontraba el sector transporte y el sector residencial era el de mayor consumo.

Desde 1994 y hasta el 2007 esto se revertió pasando el sector transporte a ser el de mayor consumo e industria pasó a representar poco más del 20 %. A partir de la introducción de las plantas de celulosa el sector industrial se convirtió en el de mayor consumo de energía, alcanzando en 2022 el 42 %, donde el 62 % de ese consumo corresponde al sub-sector “papel y celulosa”.

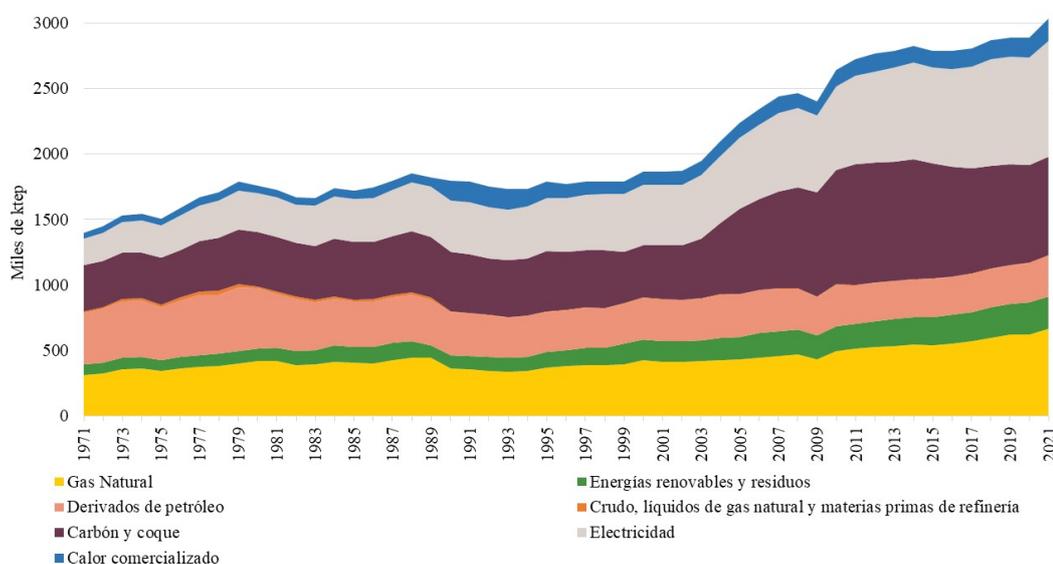
En cuanto al consumo por energético dentro del sector industrial los residuos de biomasa figuran en primer lugar como se observa en la figura 4.1, debido también a la instalación de las plantas de celulosa. El consumo absoluto de electricidad aumentó de 210 tep en 2008 a 300 tep en 2022, mientras que el fuel oil pasó de 124 a 146 tep en el mismo período y su participación en 2022 se mantuvo en 7 %.



**Figura 4.1:** Sector industrial - Consumo final energético por fuente Uruguay, BEN[20]

Si se compara el consumo del sector industrial por fuente con el resto del mundo se puede observar la clara diferencia con Uruguay donde los residuos

de biomasa y la leña son las fuentes principales mientras que en el resto del mundo los derivados de petróleo, carbón y gas natural aún siguen siendo en conjunto las principales fuentes aunque la electricidad está en crecimiento, tal como muestra en figura 4.2. Además el carbón mineral continua siendo representativo en el consumo industrial mundial mientras que en Uruguay nunca representó más del 3% (considerando carbón mineral y coque de petróleo).



**Figura 4.2:** Sector industrial - Consumo final energético mundial - participación por fuente, elaboración propia basado en información de la Agencia internacional de la Energía[23] (2023)

La información de consumos energéticos del sector industrial mundial, se basa en el reporte 2023 la Agencia Internacional de la Energía [23] considerando los datos individuales de los 38 países de la OCDE, 13 países asociados y los datos agrupados de África, Medio Oriente y los países no-OCDE de Asia, América y Europa.

En Uruguay, además del BEN, anualmente la Dirección Nacional de Energía (DNE) realiza la “encuesta de consumos energéticos del sector industrial” [21] a una muestra de industrias de acuerdo a criterios de consumo energético y tamaño de las empresas para generar indicadores adicionales. Esta encuesta para el año 2022 indica que el 76% del consumo energético del sector lo explican los 10 establecimientos con mayor consumo.

Como se ve en la sección del diagnóstico (4.4) al sumar el consumo de las empresas dentro de los parques industriales pasan a ser considerados como “grande” (entre 200 y 3.000 MWh/año) o “muy grande” (consumo mayor a 3.000 MWh/año o 750 tep/año de otros energéticos) en cuanto al consumo de energía, y por lo tanto el impacto por incorporación de medidas de eficiencia energética de las empresas en conjunto dentro de los parques podría ser significativo.

La DNE también realiza el Balance Nacional de Energía Útil del sector industrial[22], para determinar el consumo de las diferentes fuentes de energía asociado a los usos energéticos del sector, las tecnologías y la eficiencia de los equipos que se utilizan. Por recomendaciones internacionales se debe realizar con una frecuencia menor a 10 años. El último informe se publicó en 2020 con datos de 2016 y se compara con los estudios de 2006 y 2011.

En este relevamiento se definen grupos homogéneos de industrias de acuerdo a “factores estructurales” que tienen incidencia sobre el consumo de energía permitiendo agrupar por intensidad de energía útil total, estructura de consumo útil por uso y fuentes y similar rendimiento de los equipos que consumen energía. Se analiza para los siguientes subsectores:

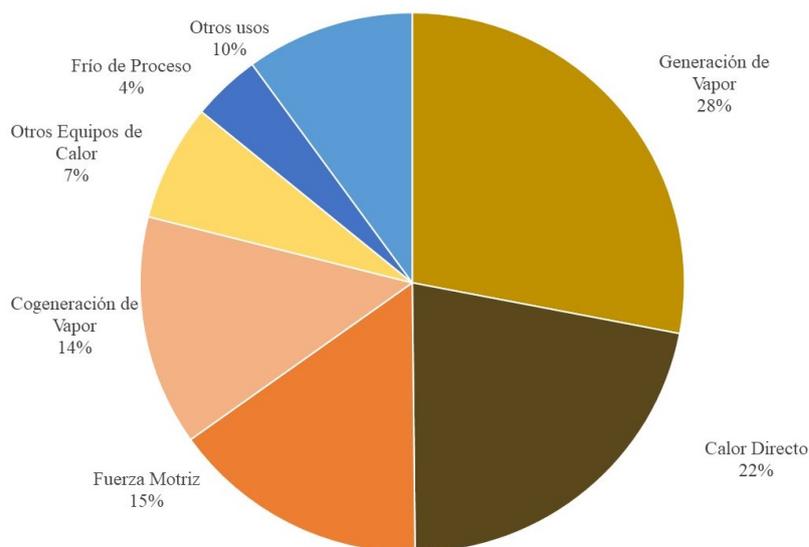
**Tabla 4.1:** Subsectores industriales del Balance de Energía Útil 2020

Frigoríficos	Otras Alimenticias	Cuero	Química, Caucho y Plástico
Lácteos	Bebidas y Tabaco	Madera	Cemento
Molinos	Textil	Papel y Celulosa	Otras Manufactureras

El balance de energía útil del sector industrial, además de un mayor detalle en cuanto las fuentes de energía consumidas por cada subsector analiza los usos principales.

Considerando las plantas de celulosa y papel, en el año 2016, la cogeneración de vapor corresponde al 54 % del consumo de energía neta, seguido por

calor directo (15%), fuerza motriz y generación de vapor (ambos 12%). Si se observan los datos el sector industrial pero sin plantas de celulosa, la participación por usos se modifica pasando a ser la generación de vapor (28%) el uso de mayor peso tal como se indica en la figura 4.3.



**Figura 4.3:** Participación por consumo por uso energético - basada en los datos del Balance Nacional de Energía Útil del sector industrial sin plantas de celulosa [22]

La metodología utilizada para realizar el Balance Nacional de Energía Útil del sector industrial del año 2020, se tomó como base para el diseño del diagnóstico en el parque seleccionado, desarrollado en la sección 4.3.

## 4.2. Elección del parque de estudio

Los parques industriales no tiene una categoría especial dentro de los datos estadísticos e informes de Uruguay, ya que cada empresa es un usuario independientes de energía. Por lo que no se contaba para la tesis con información de los consumos y usos energéticos de los parques industriales.

Se decidió diseñar una metodología de diagnóstico energético con relevamiento de información detallada y realizar un diagnóstico en uno de los parques y para evaluar su aplicación y que pueda ser utilizada por otros parques.

Tal como se describió en la sección 2.4 y el Anexo 2.1, hay once parques industriales aprobados y un parque científico tecnológico, no todos se encuentran operativos. Cuatro de los once parques tienen una variedad de tipos de empresas instaladas y por lo tanto diversidad de usos y fuentes y se encuentran operativos y en crecimiento hace más de diez años, por lo que se decide realizar el análisis en uno de esos.

Para seleccionar el parque en el cual realizar el relevamiento se mantuvo intercambio con la Dirección Nacional de Industrias del MIEM y se arribó a la conclusión de que esos cuatro parques podrían tener potencial, de acuerdo a las empresas instaladas, antigüedad del parque y servicios ofrecidos. Uno de ellos es el Parque tecnológico e industrial del Cerro (PTI) el cual tiene instalado más de 60 empresas en su mayoría micro y pequeñas industrias y de servicios por lo que el acceso a los datos podría ser más difícil.

Se enviaron correos electrónicos a los instaladores de los cuatro parques y se obtuvo interés de uno de los ellos. Este parque tiene dimensiones similares a otros parques de Uruguay (entre cinco y quince empresas instaladas), por lo que se decide hacer el estudio de caso allí. Este estudio incluye el diseño del formulario para el relevamiento de datos, reuniones presenciales y virtuales, y el procesamiento de los datos individuales para relevar medidas en conjunto. No se identifican las empresas, ya que así fue acordado con el parque para poder utilizar la información detallada.

En muchos de los parques industriales de Uruguay están instaladas empresas, que no tiene producción allí sino que utilizan el espacio para realizar servicios logísticos de almacenamiento y frío de productos importados o fabricados en otra zona del país. Este tipo de usos para servicios de almacenamiento y distribución tienen consumos energéticos significativos en los parques lo que conlleva a diseñar un tipo de relevamiento que considere los usos industriales y de servicios con la misma importancia.

Se estableció contacto con el gestor del parque industrial en abril de 2023 donde se realizó una primera entrevista y se tomó conocimiento del tipo de empresas instaladas y funcionamiento. Cada empresa opera de manera independiente, cada una con su suministro de energía eléctrica y realizan la compra

individual de gas natural y de GLP según corresponda.

El instalador del parque fue quien lo construyó y es el propietario de las edificaciones, si bien la mayoría de las empresas alquilan las naves con contratos de largo plazo y se han mantenido en el tiempo. El servicio de tratamiento de efluentes es realizado por el instalador del parque. Los residuos generados son papel, cartón, nylon, envases de plástico y pallets de madera. Estos son procesados por empresas tercerizadas que cada usuario del parque contrata por su cuenta.

Para poder hacer el diagnóstico energético del parque fue necesario contactar individualmente, con el apoyo del gestor, a cada una de las empresas. En el mismo mes de abril se comenzó el contacto y en mayo se realizaron las primeras entrevistas presenciales. Como se utilizaron los datos reales de consumos de las empresas no se identifican los nombres de las mismas tal como se estableció en los acuerdos de acceso a la información con cada una de ellas.

Complementariamente, se analizó que el régimen de zonas francas presentaba un marco legal de aplicación diferente en lo que respecta a la energía por lo que se mantuvo reunión con la Dirección Nacional de Zonas Francas para evaluar si alguna de las zonas francas instaladas podría tener actividad industrial similar a la operación de un parque industrial. Se verificó que si existen varias zonas francas con actividad industrial-logística, sin considerar a las plantas de celulosa o de concentrados, y se contactó a dos de las zonas francas obteniendo interés y participación de una de ellas. Este análisis complementario se desarrolla en la sección [4.5](#).

### **4.3. Diseño del diagnóstico**

El diseño de la metodología de relevamiento y diagnóstico se realizó para que pueda ser utilizado por otros parques industriales de Uruguay y también sirve como herramienta de seguimiento de consumos e indicadores para las empresas dentro de los parques.

Uruguay no tiene esta información publicada y es necesario contar con los datos individuales y encontrar las variables que afectan el consumo de energía

de las empresas dentro del parque, para poder luego agrupar fuentes, usos y forma de consumo del mismo. En las primeras entrevistas se identificó que las empresas contaban con los datos contables de gastos en energía, pero no todas tenían sistematizados los consumos energéticos por fuente y por uso necesarios para poder evaluar medidas en conjunto.

Para identificar esta información se diseñó un breve formulario de acceso en línea para las empresas (apéndice sección 1.1) y un formulario pormenorizado en hojas de cálculo (apéndice sección 1.2) que fue completado con los datos relevados en las visitas a las empresas. Para completar la información se relevaron las placas de datos de los equipos y se realizaron entrevistas y consultas mediante correo electrónico a las empresas.

Para el diseño del relevamiento se consideraron las definiciones del Balance de Energía Útil [22] y también otro instrumento de la Dirección Nacional de Energía, la Línea de Asistencia para la Eficiencia Energética [24], que cuenta con un formulario en hojas de cálculo para la cuantificación de ahorros energéticos por la implementación de medidas de eficiencia energética, y están precargados las fuentes de energía y los usos principales.

El listado de energéticos de estos instrumentos incluye 18 energéticos, que se muestran en la tabla 4.2. En el formulario diseñado se precargaron todos los energéticos, y se separaron en tres hojas: consumos de electricidad, de biomasa y de combustible fósil (agrupando los energéticos). La tabla 1.1 del Apéndice corresponde a la hoja de “electricidad”.

**Tabla 4.2:** Energéticos

1.Biodiésel	7.Electricidad	13.Queroseno
2.Coque de carbón	8.Fueloil	14.Leña
3.Carbón mineral	9.Gasolina	15.Residuos de biomasa
4.Coque de petróleo	10.Gas natural	16.Supergás (GLP)
5.Carbón vegetal	11.Gasoil	17.Solar
6.Diésel oil	12.Gas propano	18.Otros

En el parque analizado solo se utilizan cuatro energéticos: electricidad, gas natural, supergás (GLP) y el gasoil de respaldo para generadores. Para el relevamiento de los energéticos las fuentes de información de las empresas son las siguientes:

### **Electricidad**

- Facturas de energía eléctrica de UTE por tramo horario
- Usuarios web de UTE
- Registros contables de gastos de energía eléctrica
- Medidores internos de áreas o equipos de la empresa
- Medidores de generación propia de energía renovable y datos en línea de generación y datos de facturación de energía saliente de UTE
- Sistemas de gestión de energía propio

### **Gas natural**

- Facturas de empresa proveedora de gas con medidor
- Registros contables de gastos de gas natural
- Medidores internos de áreas o equipos de la empresa
- Sistemas de gestión de energía propio

### **Supergás (GLP)**

- Facturas de compra de GLP
- Registros contables de gastos de GLP
- Medidores propios de consumo de GLP
- Mediciones de flujo de aire caliente según uso y eficiencia del equipo
- Sistemas de gestión de energía propio

Para la determinación de los usos en los que se utiliza la energía, además de los informes y formularios utilizados por la Dirección Nacional de Energía [22] y [24] se tomaron en cuenta el “Manual de Energía Útil Balances 2017” de OLADE [25] y los usos relevados en la bibliografía internacional relacionada a ecoparques.

Zhao et al.[26] realizan un diagrama de flujo de energía-emisiones de carbono adaptando los diagramas de Sankey, comúnmente utilizados para flujos de energía a nivel nacional y regional, partiendo de las fuentes de energía utilizadas dentro del parque hasta los usos por empresa. En el caso de Zhang et al.

[27] para diseñar el modelo de consumo de energía del parque, separa las tareas continuas de las discretas de los procesos industriales. Identifica las subtareas y la potencia de cada una en un ratio para entender cuales se pueden modificar para optimizar los procesos, para esto identifica los usos energéticos según el tipo de empresa.

Considerando toda esta información en el formulario diseñado además de los usos y consumos se completa la información de horas y horario por uso para identificar usos comunes en simultáneo entre las empresas. En la tabla 4.3 se identifican los usos y en la 4.4 las tecnologías asociadas a cada uso.

**Tabla 4.3:** Usos energéticos

Cogeneración	Fuerza motriz
Generación de vapor	Frío de proceso
Calentamiento de agua	Iluminación
Calor directo	Transporte interno
Climatización de ambientes	Electroquímicos
Cocción	Usos no productivos

Estos energéticos y usos están precargados en el formulario diseñado. Para que el mismo sea intuitivo de completar, y que a las empresas les sirva para actualizar año a año, se incluye una hoja principal donde se selecciona el energético que corresponde y se redirecciona a una hoja específica de ese energético (agrupado en electricidad, biomasa y combustible fósil).

Se utilizó un código de colores en todas las hojas del formulario donde las celdas resaltadas en naranja son para completar con datos numéricos y las celdas en gris son listas desplegables para seleccionar, tal como se muestra en el Apéndice 1. La hoja auxiliar que genera las listas desplegables es visible para que puedan actualizar y agregar por ejemplo nuevas tecnologías o equipos específicos según el tipo de empresa. En esa hoja están definidas las tecnologías para cada uso (tabla 4.4), basadas en las mismas referencias mencionadas anteriormente y para cada tecnología se definieron las variables claves que determinan el consumo.

**Tabla 4.4:** Tecnologías por uso

Uso	Tecnología	Uso	Tecnología
Calentamiento de agua	Caldera de agua caliente	Frío de proceso	Chiller
Calentamiento de agua	Calefones usos productivos	Frío de proceso/climatización de ambientes	Bombas de calor tipo split
Calentamiento de agua	Bombas de calor para calentamiento agua	Generación de vapor	Generador de vapor
Calentamiento de agua	Calderas de fluido térmico	Iluminación	Fluorescentes e IM
Calentamiento de agua	Calentadores	Iluminación	Halógena/halogenuros metálicos
Calor directo/Cocción	Hornos	Iluminación	Incandescentes
Calor directo	Secaderos	Iluminación	LED
Calor directo/Cocción	Reactores	Iluminación	Sodio Alta Presión/Baja Presión
Fuerza motriz	Motores	Iluminación	Vapor de Mercurio
Fuerza motriz	Turbina	Transporte interno	Autoelevadores
Fuerza motriz	Bombas hidráulicas o eléctricas	Transporte interno	Cintas transportadoras
Fuerza motriz	Compresores	Electroquímicos	Procesos electroquímicos
Fuerza motriz	Ventiladores	Usos no productivos	Otros: Acondicionadores de aire
Fuerza motriz	Prensa	Usos no productivos	Otros: Computadores, servidores
Fuerza motriz	Molino	Usos no productivos	Calefones, electrodomésticos

Las características a relevar por tecnología para el caso de usos de energía eléctrica son:

- Potencia
- Horas de uso diarias
- Horario de uso
- Días al mes
- Cantidad de equipos de misma potencia
- Variador de velocidad por equipo
- Frecuencia
- Carga
- Temperatura requerida o demanda de refrigeración/calor

Para usos como cogeneración, generación de vapor, calentamiento de agua, calor directo y cocción que utilizan GLP, fueloil, gas natural o biomasa se releva según el equipo:

- Presión de vapor
- Producción de vapor o flujo de agua por hora

- Horas de uso diarias
- Horario de uso
- Días al mes
- Temperatura de agua de alimentación y recuperación
- Temperatura de humos de chimenea
- Presión de trabajo
- Tipo de fluido a calentar
- Temperatura entrada y salida de fluido
- Temperatura de trabajo
- Recirculación de aire
- Flujo de aire
- Precalentamiento de aire
- Recuperación de gases
- Humedad producto entrada y salida

Con el detalle de tecnologías y la información de las variables se calculan los consumos por uso por empresa del parque y se comparan con los consumos totales de energía, volviendo a relevar las horas y características de uso en caso de detectar diferencias, y se le incorpora un factor de uso de los equipos si corresponde. Además se comparan los consumos totales de energía con los consumos por uso de todo el parque. En el formulario también se releva además de las horas de uso de los equipos, variables independientes que afecta el consumo como materia prima, producto, temperatura y los residuos generados.

#### **4.4. Resultados del diagnóstico de usos y consumos energéticos del parque**

El relevamiento de campo en el parque industrial estudiado implicó al menos dos visitas por empresa, acceso a datos históricos de consumo de energía y otros intercambios vía correo electrónico y videollamada.

De las once empresas instaladas en el parque, ocho se catalogan como grandes (consumo anual de energía eléctrica entre 200 y 3000 MWh) y el resto corresponden a pequeñas. Dentro de las ocho empresas grandes, tres tienen un consumo mayor a los 1000 MWh/año. Además existe un consumo bajo de

energía eléctrica en las oficinas del parque.

Se obtuvo información detallada de siete empresas instaladas. Tres empresas decidieron no participar porque solo tienen almacenamiento por lo que el único energético es electricidad y los usos son iluminación, transporte interno y otros usos no productivos (computadoras y acondicionadores de aire para el área de oficinas) con consumos bajos. Por temas de disponibilidad horaria y de acceso a los datos no se contó con información detallada de la empresa restante. Es una de las tres empresas de mayor consumo del parque que solo se obtuvo información general sobre los energéticos.

Empresas instaladas en el parque	<b>11</b>
Empresas con actividad industrial	4
Empresas solo con almacenamiento	5
Empresas con almacenamiento de productos en frío	2
Empresas relevadas con toda la información	<b>7</b>

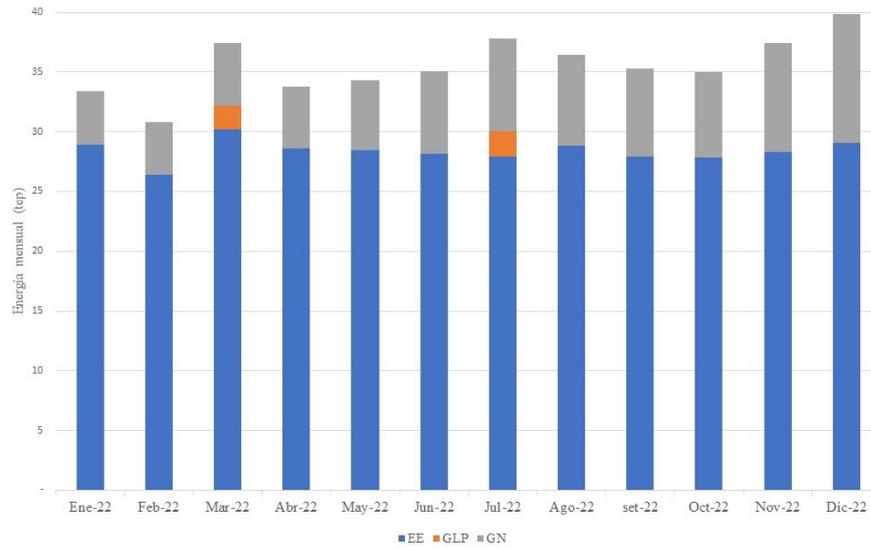
#### 4.4.1. Consumo total de energía

Cada empresa lleva sus registros individuales y el parque no tiene registros de consumo, ya que como se mencionó anteriormente son clientes individuales de los servicios de energía y no se ofrece como servicio del parque la gestión de la energía. La mayoría de las empresas solo lleva un registro contable de la facturación de energía eléctrica, gas natural y gas licuado de petróleo.

El consumo anual de todas las fuentes de energía del parque, agrupando las empresas que respondieron supera los 430 tep/año<sup>1</sup>. Tal como se muestra en la figura 4.4, la electricidad es el principal energético, seguido de gas natural y último GLP (son los datos de compra de GLP, no tienen registro de consumo).

---

<sup>1</sup>El consumo anual se duplica si se considera el consumo de la empresa grande que no pudo aportar los datos en detalle. Todo el detalle del diagnóstico se basa en las siete empresas, pero si esta empresa se suma en la implementación de medidas en el parque los resultados serían mayores.



**Figura 4.4:** Consumo total mensual del parque por energético - Elaboración propia con datos proporcionados por cada empresa

#### 4.4.2. Consumo de electricidad

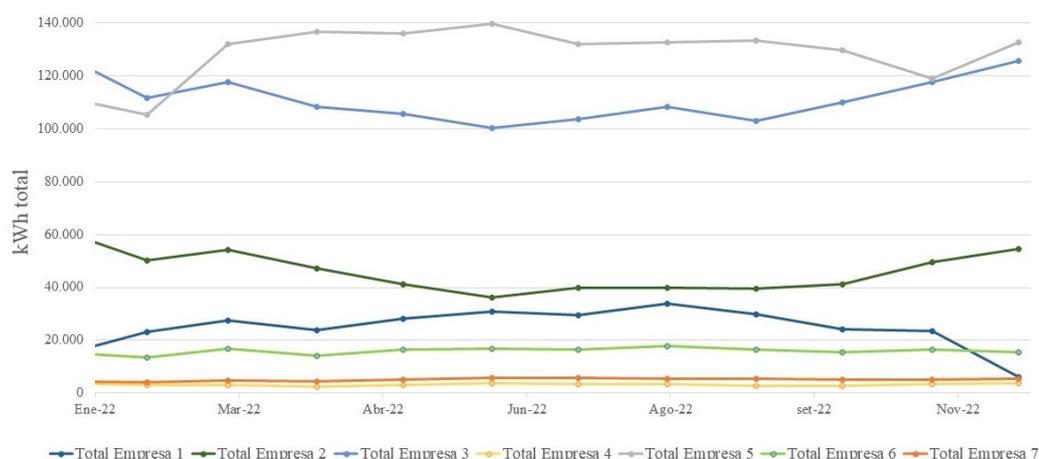
Al ser la electricidad el principal energético y utilizado por las siete empresas relevadas se profundiza en los resultados del análisis de los consumos y usos.

Para el análisis de la energía eléctrica se consideró la publicación realizada por Hernández et al. [28] donde estudia el comportamiento en entornos pequeños para determinar patrones de consumo de energía en los parques industriales. Identifica como clusters días laborable y no laborable, grupos de mes del año y consumo promedio por empresa. No incorpora los usos energéticos que generan ese consumo. Solo agrupa por comportamiento según día de la semana y mes del año.

Para determinar el consumo eléctrico agrupado por tramo horario según mes del año se utilizaron los datos de las facturas de UTE o del usuario web según el caso de cada una de las empresas para el año 2022. Solo una empresa cuenta con generación fotovoltaica en baja tensión, la energía que autoconsume se suma al consumo eléctrico en el horario de llano (7 a 18 horas), ya que es el horario de generación.

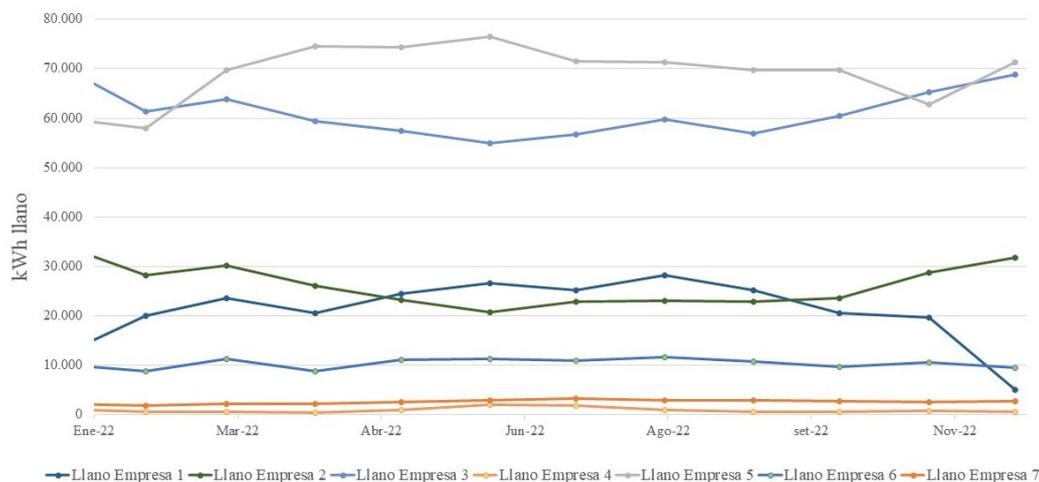
La suma del consumo de energía eléctrica de las siete empresas supera los 4023 MWh/año (345 tep/año). La suma de potencias contratadas en llano es de 1.940 MW y la potencia máxima leída supera los 1.100 MW. Cinco de las empresas están en la categoría MC1 (mediano consumidor de UTE), una en MC2 (en media tensión) y una en GC1(gran consumidor).

El consumo eléctrico presenta diferencias por tramo horario y época del año observando complementariedad entre las empresas en los diferentes meses de invierno y verano, tal como se aprecia en la figura 4.5 del consumo mensual de energía eléctrica de las empresas.



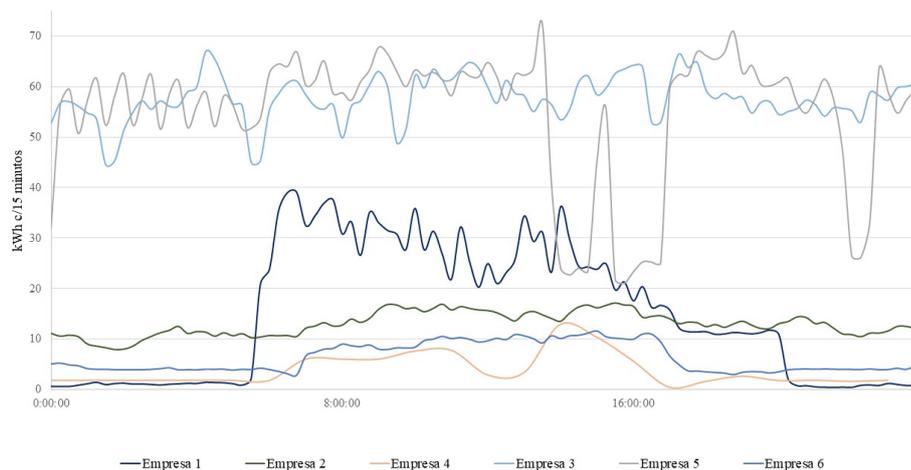
**Figura 4.5:** Consumo mensual por empresa - elaboración propia basada en datos de UTE proporcionados por cada empresa

En el horario llano (mayor cantidad de horas del día) todas las empresas están operando y tienen el mayor consumo y sigue la misma forma del consumo total como se muestra en la figura 4.6. Dos de las empresas (empresas 3 y 5) presentan el mayor consumo pero sus picos de consumo en los meses del año son al revés, mientras una de ellas su consumo disminuye de marzo a agosto en el otro caso es más alto en estos meses.



**Figura 4.6:** Consumo mensual por empresa en horario llano - elaboración propia basada en datos de UTE proporcionados por cada empresa

Al comparar los consumos mensuales de electricidad de cada empresa se detectan estacionalidades diferentes que dependen de los usos de cada una y las variables que afectan el consumo. Para profundizar en el análisis se observaron datos quinceminutales que las empresas compartieron a través de sus usuarios web de UTE para diferentes días de la semana en invierno y verano.



**Figura 4.7:** Consumo quinceminutal por día laborable - elaboración propia basada en datos de UTE proporcionados por cada empresa

Este primer análisis permite visualizar el consumo de energía eléctrica cada 15 minutos por empresa. De la figura 4.7 se comprueba que la empresas 2 y 3

tienen un consumo muy similar las 24 horas del día, y la empresa 5 con encendido y apagado de equipos toda la jornada y las restantes solo están operativas durante las nueve horas que se encuentran con personas trabajando dentro de la empresa, con un consumo mínimo el resto de las horas del día.

Por lo que una posible agrupación podría estar asociada a empresas con equipos encendidos las 24 horas del día y por otro lado empresas con usos solo en el horario de oficinas y días laborales (tres empresas en el primer grupo y cuatro en el segundo). Solo con los consumos quinceminutales, se identifican equipos que se encienden y apagan continuamente durante las horas operativas, asociados a producción y otros perfiles con menores variaciones asociados a servicios, para verificar esto es necesario el relevamiento de los usos energéticos.

#### 4.4.3. Consumo por uso en el parque

Los usos energéticos están asociados a los sectores de actividad de las empresas instaladas en los parques industriales. En el caso del parque en estudio los sectores de actividad de las once empresas son:

- Comercial y servicios (70 % empresas): subsector “**Actividades de transporte**” que incluyen manipulación de carga, almacenamiento y depósito.
- Sector industrial (30 % empresas): subsectores “**Otras alimenticias**” y “**Otras manufactureras**”.

Las empresas que utilizan el parque solo para almacenamiento a temperatura ambiente y distribución de productos consumen energía eléctrica y los usos energéticos son: iluminación, transporte interno y otros servicios no industriales (equipos informáticos, climatización de ambientes, etc.). Por otro lado, existen empresas de almacenamiento y distribución de productos en frío y congelado, dos industrias que consumen gas natural para generación de vapor y una industria que utiliza GLP para secado. Los usos de la energía y las tecnologías asociadas al parque de estudio son<sup>1</sup>:

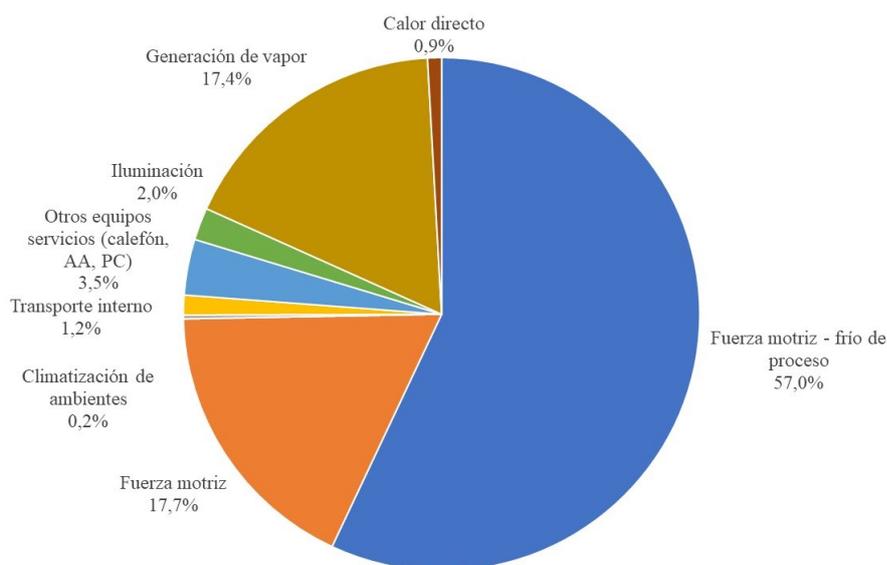
1. Fuerza motriz para frío de proceso: compresores y ventiladores
2. Fuerza motriz para producción: compresores, bombas y motores
3. Calor directo: secaderos con aire caliente a GLP

---

<sup>1</sup>Se extraen del listado de tecnologías por uso identificados en la tabla 4.4

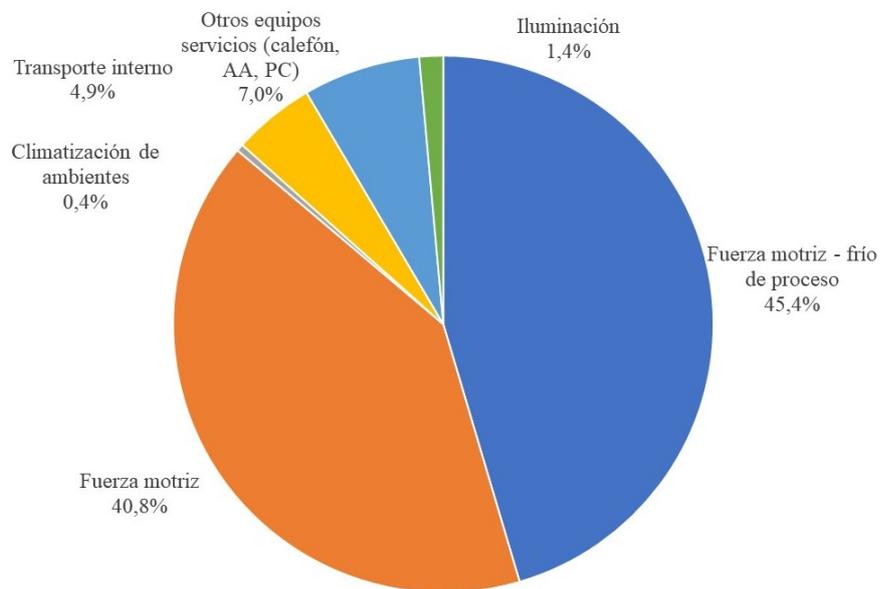
4. Generación de vapor: Generador de vapor a gas natural
5. Climatización de ambientes: bombas de calor
6. Iluminación: LED interior y exterior
7. Transporte interno: autoelevadores y transpaletas
8. Usos no productivos: Acondicionadores de aire, computadoras, servidores, calefones y pequeños electrodomésticos.

El diagnóstico energético demuestra un perfil de consumo, más allá del tamaño de las empresas, muy diferente al que figura en los estudios internacionales ya que el consumo de derivados de petróleo y gas es muy inferior a la energía eléctrica (como se observa en figura 4.4). La producción de vapor y el calor directo no son los usos principales del parque, como se presenta en la figura 4.8 y solo corresponden a dos empresas de las siete relevadas.



**Figura 4.8:** Participación por uso del parque industrial - cálculo de consumo anual, elaboración propia basada en datos de equipos instalados

Si se observan solo los usos que consumen energía eléctrica la figura 4.9 muestra el peso relativo de los diferentes usos eléctricos según la potencia instalada de los equipos, elaborado a partir de los datos de placa de los equipos y de la información proporcionada por las empresas. Solo una de las empresas contaba con medidores de energía dentro de la empresa y ninguna tiene un sistema informático de gestión de la energía.

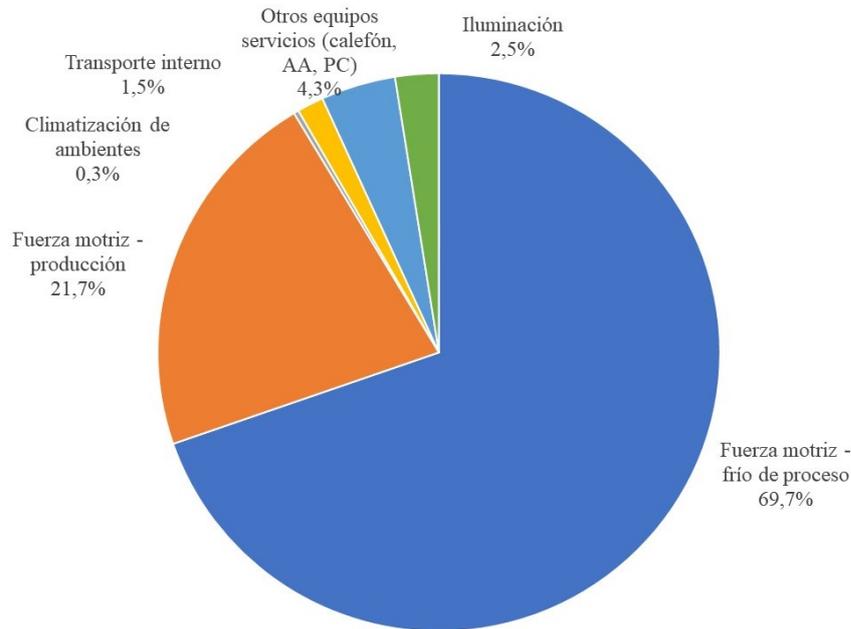


**Figura 4.9:** Participación en potencia por uso eléctrico del parque industrial - potencia máxima instalada, elaboración propia basada en datos de equipos instalados

Obviamente, esta potencia no es equivalente a la suma de la potencia medida ya que no se utilizan todos los equipos en simultáneo y no trabajan a potencia máxima todo el tiempo. Es por esto que también se verificó el consumo de energía real de cada empresa con el consumo mensual estimado de los equipos instalados según las horas de uso y rango de potencias, tal como se muestra en la figura 4.10. En el caso de los motores y compresores se ajustaron los rangos de potencia durante las horas de uso y en los otros equipos se volvieron a verificar las horas de uso y se realizaron los ajustes correspondientes con la información brindada por las empresas analizando para diferentes meses el consumo.

Del análisis de consumos, los otros usos (equipos de aires acondicionados, computadoras y otros equipos) representan el 7% de la potencia instalada y podrían tener medidas de eficiencia energética comunes a todas las empresas.

Por otra parte, en la determinación de medidas de eficiencia energética que contribuyan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el parque, tal como se analiza en el capítulo 5, el aprovechamiento de calor será importante, más allá de que solo dos empresas utilizan este energético.



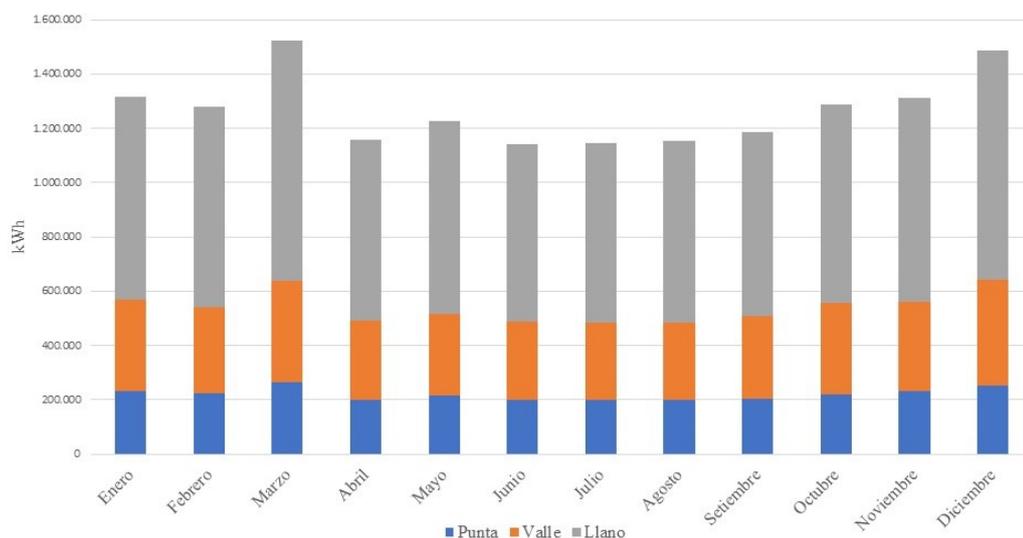
**Figura 4.10:** Participación por uso eléctrico del parque industrial - cálculo de consumo anual, elaboración propia basada en datos de equipos instalados

## 4.5. Relevamiento primario en zona franca y evaluación de metodología

La metodología utilizada para el diagnóstico energético del parque de estudio podría utilizarse para relevar otros parques industriales operativos en Uruguay. Si se mira el detalle de empresas del Anexo 2.1, se puede afirmar que varios de los parques cuentan con una combinación de servicios logísticos y empresas industriales por lo que la energía eléctrica será la fuente de energía principal del parque y seguramente tendrán consumos por transporte interno, iluminación, acondicionamiento térmico y otros usos no productivos dentro de los mismos en todos los casos.

Para evaluar esta aplicación también en zonas francas, como se mencionó en la sección 4.1, se contactó a una zona franca con actividad industrial y se mantuvieron entrevistas y acceso a datos de operación de la empresa más grande con actividad industrial. La situación es similar al parque analizado, existe una industria que es la mayor consumidora de la zona franca y tiene a sus vez empresas logísticas asociadas a su operación. En la zona estudiada las empresas cuentan con suministros independientes conectados a la red de

UTE, sin embargo no es el caso en las otras zonas francas, según lo indicado por la Dirección Nacional de Zonas Francas, donde hay distribución interna de energía.



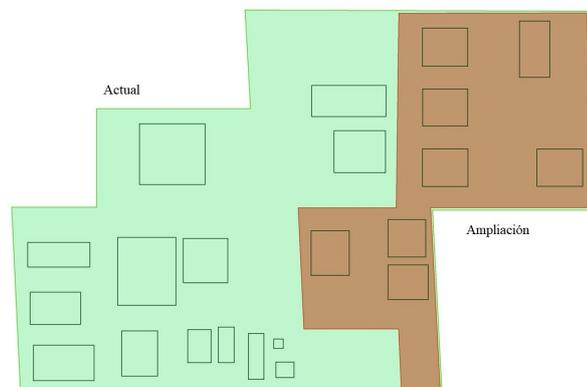
**Figura 4.11:** Consumo de energía eléctrica mensual por tramo horario en zona franca

Si bien se hizo un primer relevamiento y el consumo total de energía eléctrica es superior al del parque analizado (como muestra la figura 4.11), la situación de operación es similar. De las quince empresas con actividad industrial o logística una es de gran tamaño y el resto tienen consumo eléctrico asociado a servicios. Las empresas grandes y con consumos de energía altos tienen recursos y profesionales que dan seguimiento a los consumos energéticos así como medidores de energía dentro de las empresas que permiten identificar consumos por uso pero el resto solo tiene la información del gasto económico en energía, que es la misma situación que en el parque de estudio. Al ser empresas de alta tecnología ya tienen optimizados sus consumos energéticos, por lo que no se van a cuantificar las medidas de eficiencia energética específicas para la zona franca, aunque se tendrán en cuenta las diferencias respecto a los marcos regulatorios en caso de aplicar las mismas medidas que en el parque de estudio.

**Se puede resumir del diagnóstico al parque industrial para considerar en otros relevamientos que:**

- Hay empresas del rubro industrial (alimenticio y otras manufactureras) y empresas de rubro servicios (almacenamiento y distribución).
- El energético principal es la electricidad y tienen acceso a gas natural y GLP.
- No hay implementados sistemas de gestión de energía individuales en las empresas ni agrupados. Algunas de las empresas tienen seguimiento de usos y consumos.
- El uso principal es fuerza motriz (motores y compresores), tanto para producción como para frío de proceso.
- El servicio de tratamiento de efluentes es realizado por el instalador del parque
- Los residuos sólidos generados son papel, cartón, nylon, envases de plástico y pallets de madera. Los mismos procesados son por empresas tercerizadas que cada usuario del parque contrata por su cuenta.

La siguiente representación gráfica (4.12) muestra la distribución de las empresas y la ampliación proyectada en el parque que serán consideradas para el análisis de medidas de eficiencia energética.



**Figura 4.12:** Representación gráfica del parque industrial

Con la información recopilada del diagnóstico, en el capítulo 5 se analizan medidas de eficiencia energética y optimización de usos para el parque en particular y el marco regulatorio para su implementación.

## Capítulo 5

# Propuestas de medidas de eficiencia energética en el parque de estudio e incentivos del Estado para su implementación

En el capítulo 4 se describió el sector industrial de Uruguay desde el punto de vista energético y se detalló la metodología diseñada para la realización de diagnósticos energéticos en parques industriales con actividad industrial y de servicios. Se aplicó la metodología y se presentaron los resultados del diagnóstico del parque analizado y datos primarios de una zona franca.

En la sección 5.1 se analiza la aplicación de las medidas de eficiencia energética implementadas en ecoparques de otros países y de medidas particulares para el parque de estudio, que podrían ser replicables en otros parques.

Una vez analizados los ahorros energéticos, de emisiones de CO<sub>2</sub> y económicos de las medidas, en la sección 5.2 se analizan los incentivos existentes desde el Estado para la incorporación de medidas de eficiencia energéticas y de impacto ambiental positivo. Además, se identifican efectos de modificaciones regulatorias para la transformación de los parques industriales en ecoparques.

## 5.1. Medidas identificadas

En los ecoparques industriales, las medidas de eficiencia energética son desarrolladas por las empresas individualmente, en conjunto o por el gestor del parque. El cálculo de los beneficios depende del tamaño de las empresas y las interacciones entre ellas. Tal como se presentó en el capítulo 3 - sección 3.3, las medidas relacionadas con energía más implementadas en los ecoparques son:

- Simbiosis industrial: aprovechamiento de subproductos, generación de vapor en conjunto y aprovechamiento de calor residual
- Incorporación de energías renovables compartidas y almacenamiento de energía en el ecoparque
- Sistema de gestión de la energía
- Gestión de residuos

La incorporación de las medidas de eficiencia energética en los ecoparques, depende del tipo de actividades y usos energéticos además del acuerdo entre las empresas para la implementación y monitoreo de las mismas.

En Uruguay, en los parques industriales existen empresas de mayor tamaño asociadas a actividades industriales o servicios logísticos de frío con diferentes equipos y utilización de varios energéticos, junto con otras empresas cuyo principal energético es la energía eléctrica y los consumos se limitan a transporte interno, iluminación, climatización de ambientes y otros equipos menores. Por esto, los posibles intercambios de productos y energía que se podrían dar entre algunas empresas serían el aprovechamiento de calor residual entre ellas y la generación en conjunto de energía. Además en todos los parques hay empresas de mayor tamaño que tendrían un peso relativo más importante tanto en el diseño de las medidas como en los beneficios que podrían obtener.

En el parque de estudio, se identificaron los consumos de energía por uso, la operación de cada uso según horario y las variables independientes que afectan el consumo por empresa (este punto se desarrolla en la medida de “sistema de gestión de la energía”, sección 5.1.5). Debido a que muchas empresas no tienen equipos para producción, su consumo se debe a otros usos como climatización de ambientes, calentamiento de agua para servicios, entre otros. Por lo que

se propone evaluar, además de las medidas listadas anteriormente, medidas asociadas al diseño constructivo y a los usos comunes no productivos ya que otorga beneficios a todos los tipos de empresas.

De acuerdo a las características propias de los parques de Uruguay y al diagnóstico energético se evalúan las siguientes medidas de eficiencia energética:

- Simbiosis industrial: aprovechamiento de subproductos, generación de vapor en conjunto y aprovechamiento de calor residual
- Usos energéticos comunes no productivos
- Diseños constructivos
- Incorporación de energías renovables compartidas
- Sistema de gestión de la energía
- Gestión de residuos

A continuación se profundiza en cada una de las medidas y su posible aplicación en el parque en estudio. Se consideran para los costos las tarifas eléctricas un mediano consumidor (MC1), ya que aplica a cinco de las siete empresas relevadas, y en gran consumidor (GC3), en algunos casos, ya que si se adhieren a la nueva reglamentación de parque industrial tendrían el descuento comercial en el cargo de energía equivalente esa categoría tarifaria. En la sección 5.1.7 se presentan los resultados de las medidas.

### **5.1.1. Simbiosis industrial**

La simbiosis industrial debería ser la medida cero para la implementación de ecoparques industriales como indica Chertow [11] y se definió en el capítulo 3. La simbiosis industrial se alcanza cuando hay integración en los procesos productivos entre las empresas y los subproductos de una empresa son utilizados como materia prima en otros, además se utilizan los recursos de manera compartida. Se da un mayor aprovechamiento de los materiales y subproductos, cuando existen empresas que forman parte de la cadena de valor para la producción de un producto o servicio dentro del mismo parque.

Las cuestiones claves que Chertow identifica para que la simbiosis industrial y los ecoparques no se desarrollen en mayor medida son:

- Los costos de energía, agua y residuos que no influyen en la estructura de costos de cada empresa;
- La cantidad y tamaño de las empresas son muy diversos y los parques tienen muchos años operativos sin simbiosis o conexión entre las empresas;
- El impacto ambiental individual que puede ser negativo, por ejemplo si un subproducto o residuo de una empresa pasa a ser materia prima de otra empresa, ya que puede requerir un tratamiento adicional para alcanzar la misma calidad;
- El período de repago de los proyectos que puede ser extenso y diferente para cada empresa;
- La necesidad de planificación de manera colaborativa.

La economía circular apunta a la minimización de residuos y el aprovechamiento de subproductos utilizando de manera eficiente los recursos. La simbiosis industrial aporta a la economía circular ya que prioriza que existan procesos industriales diversos y conectados entre las diferentes empresas, de manera de aprovechar materiales y recursos energéticos. Los intercambios de recursos pueden ser desde el desarrollador del parque hacia distintas empresas o entre las empresas. El estudio del Banco Mundial [13] recopila diferentes casos de éxitos de economía circular donde identifica, entre otras medidas, que la simbiosis industrial permite la reutilización de materiales y el aprovechamiento de calor residual como materia prima o energía entre diferentes plantas.

De los parques industriales y zonas francas instaladas en el país solo hay complementariedad entre algunas empresas en cuanto a continuidad en procesos productivos (productos que son materia prima de otra empresa instalada) y en la utilización de subproductos. Por ejemplo las zonas francas de las plantas de celulosa incorporan el criterio de simbiosis industrial, fabricando dentro de la zona franca los insumos químicos para el proceso industrial y utilizando varias empresas la energía eléctrica generada a través de la biomasa que es subproducto del proceso principal. Es, en una escala menor, similar al tipo de ecoparque industrial de referencia detallado en el anexo 2.2.1 operativo desde 1972 en Dinamarca.

En el desarrollo de nuevos parques o la expansión de parques existentes en Uruguay se podrían incorporar desde el diseño estos criterios priorizando o

premiando empresas que tengan vínculo entre sus procesos o la posibilidad de aprovechar materiales. Si las empresas que se instalan dentro del parque tienen conexión entre los procesos, servicios y productos que elaboran, encontrar las sinergias entre ellas es más sencillo.

Para identificar la simbiosis entre las distintas empresas Fan et al. [29] proponen cuantificar en conjunto los flujos compartidos ya sea de masa como de energía. Diversos autores utilizan el análisis Pinch<sup>1</sup> para definir las necesidades de intercambio de calor y minimizar el uso de los servicios para calentamiento y enfriamiento (ahorro energético).

#### **5.1.1.1. Generación de vapor conjunto y aprovechamiento de calor residual**

Dentro de la simbiosis industrial, aparecen en la bibliografía como medidas de eficiencia energética, el aprovechamiento de calor residual, la generación de vapor en conjunto y la cogeneración de vapor y energía eléctrica, por el beneficio económico por economías de escalas y optimización de recursos, y el beneficio ambiental en la reducción de emisiones por disminución de consumo de energía.

Chae et al. [30] proponen una metodología para analizar el consumo de vapor en un parque en Korea y además desarrollan un modelo de programación lineal entera mixta para identificar intercambios que minimicen los costos totales de energía del ecoparque, compuesto por el costo de la compra del energético y los costos de la distribución del calor residual. En ese caso, la reestructuración del parque industrial para mayor cantidad de redes de calor residual, tiene altos costos de inversión pero da mayores beneficios económicos y ambientales en el largo plazo.

Para poder evaluar el beneficio de esta medida es necesario estimar las emisiones de dióxido de carbono del parque. Del diagnóstico energético del parque, considerando los consumos por uso estimados para el año 2022, se pueden representar los flujos de energía y carbono tomando como referencia el estudio que realiza Zhao, Zhang y Lv [26] para un parque de alta tecnología en China.

---

<sup>1</sup>Análisis termodinámico de los flujos para calcular la mínima diferencia de temperatura que cumple con los requisitos de los procesos para minimizar el consumo de energéticos.

Analizan el flujo de energía e incorporan las emisiones de CO<sub>2</sub>. A diferencia de los diagramas de flujo para países o regiones que muestran el consumo de energía por sector de actividad (industrial, comercial y servicios, etc.) desde la generación de energía, en este caso las salidas son los usos energéticos del parque.

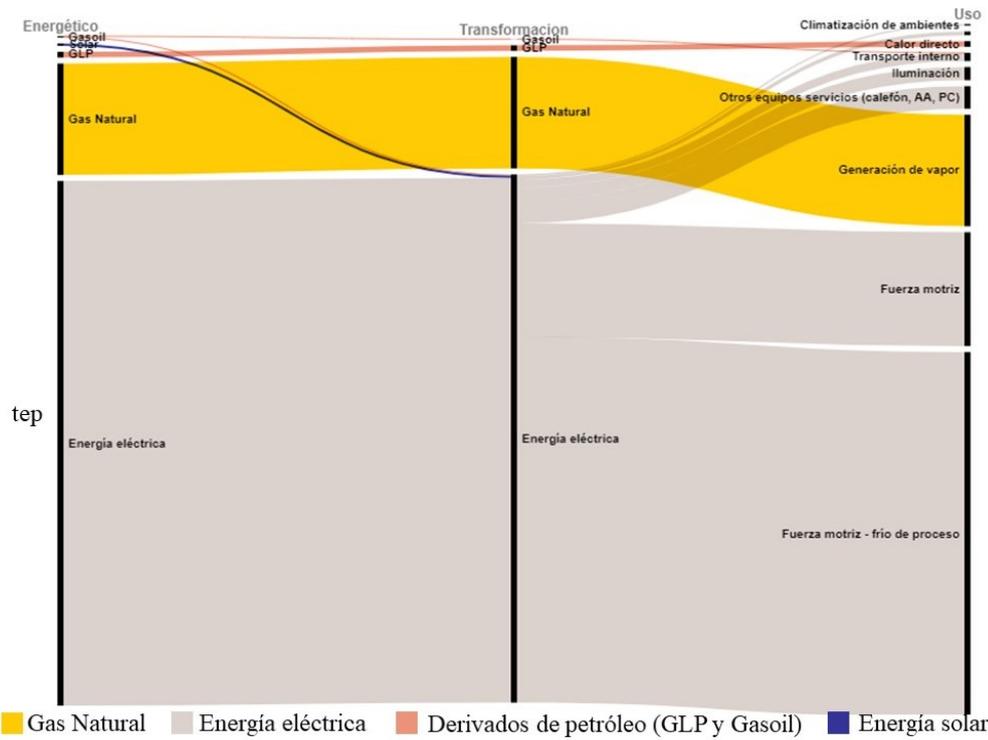
En el parque analizado ingresa energía eléctrica de la red, energía solar fotovoltaica en una de las empresas, gas natural, GLP y Gasoil (utilizado solo en generadores de respaldo para generación de energía eléctrica en casos cortos de suministro y uso esporádico en autoelevadores). Los usos que utilizan energía eléctrica representan el 81 % del consumo anual. En cambio, si se observan las emisiones anuales de CO<sub>2</sub>, el 40 % corresponden a gas natural.

Para el cálculo de emisiones se considera el factor de emisiones del Sistema Interconectado Nacional del año 2022 (60,14 t CO<sub>2</sub>/GWh ~ 0,70 t CO<sub>2</sub>/tep), el poder calorífico y factor de emisiones de gas natural, GLP y gasoil del BEN [20] (tabla 5.1), todos del año 2022 como los consumos.

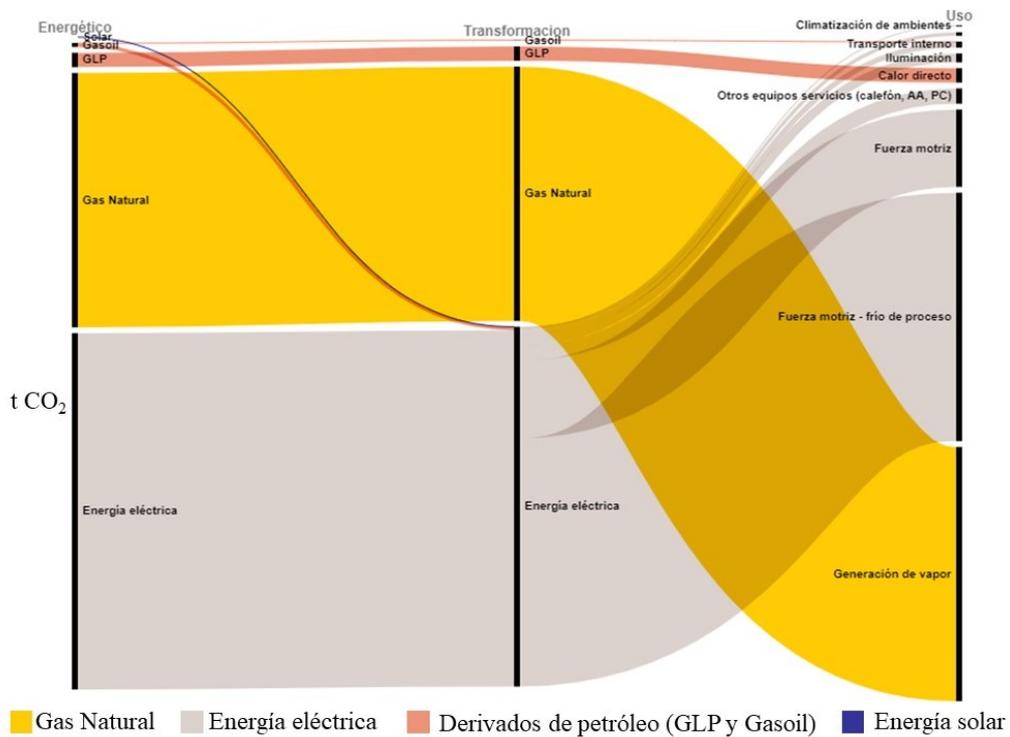
**Tabla 5.1:** Emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada equivalente de petróleo en Uruguay [20]

Energético	t CO <sub>2</sub> /tep
Electricidad	0,70
Gas Natural	2,35
Supergás	2,64
Gasoil	3,10
Gasolina	2,90

Las figuras 5.1 y 5.2 se elaboraron a partir del consumo total de energía por fuente y el consumo por uso. Los energéticos y usos se ordenan de mayor a menor, de abajo hacia arriba en las representaciones. Muestran la proporción en el consumo de energía anual por energético por uso y las emisiones de CO<sub>2</sub>, sin considerar pérdidas. Los equipos para fuerza motriz para frío de proceso son los de mayor consumo y la energía eléctrica es el energético de mayor proporción. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, la generación de vapor es el uso con mayor cantidad de emisiones debido al consumo de gas natural que tiene un factor de emisiones más alto que la energía eléctrica.



**Figura 5.1:** Flujo de energía en tep - Elaboración propia basada en los datos de las empresas, diagrama elaborado con RAWGraphs[31]



**Figura 5.2:** Flujo de emisiones de CO<sub>2</sub> - Elaboración propia basada en los datos de las empresas, diagrama elaborado con RAWGraphs[31]

## Aplicación en el parque de estudio

Existen dos plantas que consumen gas natural para generar vapor y el agua caliente la recuperan para precalentar el agua que ingresa a la caldera. Solo una de las empresas aportó información detallada de su caldera.

Con los datos de esa empresa se calculan los costos de cañería para cumplir con la condición de transporte de vapor producido o para aprovechar agua caliente residual.

Se solicitó una cotización aproximada en Uruguay con el siguiente detalle para cañerías de 4 pulgadas (25 m/s, flujo másico de alrededor de 2400 kg/h entre 5 y 7 bar):

- Fabricación, montaje, consumibles y soldadura calificada: 145 USD/m
- Materiales y fittings (hierro negro sin costura SCH 40): 47 USD/m
- Mano de obra aislación, fabricación y montaje: 94 USD/m
- Materiales de aislación, lana de roca de 75 mm de espesor y protección mecánica de chapa tipo aluminizada espesor 0,4 mm: 23 USD/m
- Total: 309 USD/m

La distancia entre empresas en el parque relevado tiene una variabilidad desde 50 a 1000 metros por lo tanto en la evaluación económica se calculan ambas distancias, pero también se deberían tener en cuenta la cantidad de conexiones, así como el flujo (temperatura y presión) que pueden compartir entre las empresas. Para los cálculos se estima que la empresa que aportó información detallada, podría utilizar vapor residual de la otra empresa (que es de mayor tamaño) y disminuir en un 10 % el consumo de gas natural (ahorro del 9.000 m<sup>3</sup> de gas natural al año).

	Inversión total (USD)	Ahorro energético anual (tep/año)	Ahorro de emisiones anual (tCO <sub>2</sub> /año)	Ahorro monetario anual (USD/año)
Costo 50 m	15.450	8,16	19	10.440
Costo 1000 m	309.000	8,16	19	10.440

Para distancias mayores a 200 metros el período de repago, para el ahorro del 10 % del gas natural, supera los 5 años. A este costo se le debería sumar el bombeo y la posibilidad de contar con tanques de almacenamiento aislados para agua caliente. Como no se cuenta con más detalle de la otra planta que utiliza vapor el cálculo es aproximado para evaluar costos de cañería y ahorros monetarios en función del costo del metro cúbico de gas natural evitado. Para poder aplicar estas medidas se debe trabajar con la presión y temperatura de trabajo de cada una de las plantas así como ajustar el costo de cañería y las pérdidas de acuerdo a la distancia y conexiones. Además el flujo depende de la sazonalidad, tipo de ciclo productivo y de la temperatura exterior.

En un futuro recambio de caldera o que las nuevas plantas que se instalen en el parque requieran calor o vapor, se podría dimensionar una caldera capaz de brindar el servicio de vapor para el parque, generado de manera centralizada. Para esto se debe contemplar la modalidad de producción y demanda horaria de vapor y evaluar la posibilidad de uso en horarios distintos o en conjunto con flujos diferentes.

#### **5.1.1.2. Aprovechamiento de subproductos**

Se evaluó si existía algún tipo de intercambio de materiales en el parque de estudio analizando procesos industriales, productos y subproductos. En la actualidad solo un producto alimenticio es utilizado como materia prima en otra empresa instalada en el parque y no existe ningún otro flujo compartido de energía, de subproductos ni de residuos sólidos. Tienen la planta de tratamiento de efluentes en común operada por el instalador del parque.

Para poder dimensionar cualquier solución en conjunto entre las empresas según las operaciones unitarias principales, las horas de funcionamiento y modalidad de operación es clave:

1. Identificar empresas que trabajan las 24 horas o solo turnos de oficina
2. Identificar usos que se mantienen 24 horas
3. Identificar procesos que se realizan por lotes y continuos con consumos energéticos asociados
4. Distinguir usos que se modifican según el horario y época del año

5. Generar indicadores por producción, temperatura, horario operativo y personas empleadas.

La simbiosis en el parque actual, casi no existe ni en los procesos industriales, el aprovechamientos de subproductos, ni de los flujos de calor. Sin embargo, ya está proyectada una expansión del parque y se podrían considerar las cadenas de valor y el aprovechamiento de productos y subproductos para la promoción de empresas que tengan conexiones en sus procesos productivos.

### **5.1.2. Usos energéticos comunes no productivos**

Podría considerarse este análisis dentro de la simbiosis industrial pero es independiente ya que se identifican medidas de eficiencia energética relacionadas con usos comunes que no dependen de la producción, por lo que no es un requisito que los procesos industriales o los flujos de energía de las empresas estén relacionados.

En particular, una ventaja de generar conglomerados de empresas es que se pueden brindar servicios a las personas que trabajan allí en conjunto. Una posibilidad es que este servicio sea brindado por un gestor del parque. Se identifican los siguientes servicios para el parque analizado:

- Agua caliente sanitaria para duchas
- Comedor
- Transporte de personas
- Transporte interno - autoelevadores eléctricos

#### **5.1.2.1. Agua caliente sanitaria para duchas**

En las empresas que tienen procesos productivos los vestuarios están dentro de su nave con duchas alimentadas por calentadores de agua eléctricos de acumulación de uso doméstico (calefones). El parque podría ofrecer la incorporación de bombas de calor para agua caliente sanitaria centralizando el servicio o sustituyendo los equipos existentes.

Hoy hay cuatro calefones de 100 litros (dos por empresa) en dos de las siete empresas relevadas. Tomando de la base de productos autorizados por eficiencia energética de Ursea[32] el consumo mensual para un calefón de 100

litros clase “A”, con una descarga diaria y un delta temperatura de 50 °C, es de 190 kWh/mes y un tiempo de calentamiento promedio de 3 horas (potencia nominal 1,5 kW). Suponiendo dos descargas diarias el consumo sería de 380 kWh/mes por calefón, 1.520 kWh/mes los 4 calefones al mes.

Las bombas de calor para agua caliente sanitaria tienen una eficiencia energética superior a los calefones ya que transfieren calor de una fuente externa al agua. El coeficiente de performance (COP) es superior a 3<sup>1</sup> dependiendo de las condiciones de operación, sin embargo su costo de adquisición es mayor. En Uruguay las bombas de calor se utilizaron primero en instalaciones para agua caliente para piscinas pero existen hoy tecnologías que el agua logra superar los 55 °C y por tanto utilizarse para duchas y limpieza.

En el caso de un calefón 100 litros de acero el precio promedio es de 350 USD (según sitios de compra en línea de Uruguay). Para el caso de las bombas de calor para agua caliente sanitaria los valores oscilan entre 2.300 y 5.000 USD, incluyendo tanque de acumulación de 200 litros.

La cantidad de calor considerando solo temperatura inicial y final del agua se puede calcular como:

$$Q = m * cp * \Delta T \quad (5.1)$$

m masa

cp Calor específico del agua= 1 kcal/kg

Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>C

$\Delta T$  diferencia de temperatura

Q Energía requerida

Siendo  $Q = 10.000 \text{ kcal} \sim 11,6 \text{ kWh}$ , la energía requerida para calentar 200 litros de agua. De acuerdo al etiquetado de eficiencia energética el consumo por descarga sería de 12,7 kWh porque en el ensayo se mide la diferencia de temperatura durante todo el tiempo de calentamiento así como las pérdidas por la aislación.

---

<sup>1</sup><https://www.gianni.com.uy/product-category/calefaccion/bombas-de-calor-calefaccion/termotanques/>

En el caso de la bomba de calor con un COP de 3,7 el consumo eléctrico para calentar 200 litros de agua disminuiría a 3,4 kWh por descarga y el consumo mensual total pasaría de 1.520 a 410 kWh (ahorro anual 13.320 kWh/año). Se sustituyen 4 calefones de 100 litros con dos descargas diarias por 2 bombas de calor de 200 litros. Si se considera una tarifa de mediano consumidor en baja tensión y que la utilización es en horario llano el ahorro monetario anual de todos los equipos es superior a los 1.700 USD/año. A más cantidad de usos mayor el ahorro anual comparativo.

	Inversión (USD)	Consumo energético anual (tep/año)	Emisiones anual (tCO <sub>2</sub> /año)	Costo energético anual (USD/año)
4 calefones de 100 litros - 2 descargas diarias	1.400	1,57	1,09	2.445
2 bombas de calor de 200 litros - 2 descargas diarias	6.000	0,42	0,30	660

Contar con una sala de vestuarios unificada en el parque permite que la inversión, que es mayor en bombas de calor que en calefones, se recupere más rápido, comprando equipos de mayor tamaño que tienen un costo menor en proporción. Además, si se acumulan más duchas diarias, el ahorro será mayor con la misma cantidad de equipos, siendo necesaria la gestión de horarios de manera de no tener que sobredimensionar el equipo. Esto requiere una inversión en la construcción del vestuario que no se incluyó para el parque actual, como ya está proyectada una ampliación se podrían construir ya agrupado el servicio.

#### 5.1.2.2. Comedor

En la misma línea de la medida anterior, considerando usos comunes, varias de las empresas cuentan con un área de comedor con iluminación y acondicionadores de aire para el horario de almuerzo o descanso. Si bien su uso es de pocas horas al día, centralizar el área de comedor disminuye la cantidad de equipos acondicionadores de aire necesarios para climatizar el área. Dependiendo el tipo de tarea y turnos de las empresas hasta se pueden defasar los

horarios de uso y de esa manera disponer de menor área para climatizar aunque aumentarían las horas de uso.

Debido a que se requiere climatización para frío y calor los equipos acondicionadores de aire reversible tipo dividido (aires acondicionados split) brindan ambos servicios. En este caso que el parque ya está construido y los equipos instalados, no sería la opción más económica ni sencilla de realizar pero como el parque cuenta con espacios disponibles y está realizando una ampliación se podría evaluar disponer de ese espacio, además el gestor del parque puede incorporar el seteo de temperatura y horarios de encendido.

Tomando de referencia la normativa de Montevideo [33], en el capítulo sobre la higiene de los locales industriales, los comedores entran dentro de la regulación de locales complementarios y es obligatorio cuando trabajan 30 operarios o más o que más de 5 operarios hagan horario continuo. Como requisito de espacio se indica 0,6 m<sup>2</sup> por persona y altura mínima del lugar de 2,4 o 2,2 metros en techos inclinados.

Las empresas del parque en estudio emplean alrededor de 350 personas de manera directa presencial. Algunas de ellas mantienen régimen de dos días de teletrabajo para los puestos de oficina, por lo que suponiendo una simultaneidad de 100 personas se requerirían 150 m<sup>2</sup> para cumplimiento considerando una separación de dos metros entre las mesas y el espacio para equipamiento.

Para determinar la demanda térmica se deben tener en cuenta las aberturas, orientación, materiales constructivos, renovación de aire, infiltraciones y la carga térmica generada por las personas y el equipamiento (calor latente y sensible). Este punto de las construcciones se aborda en la sección 5.1.3. Considerando solo el área y la actividad, ASHRAE indica para comedores un carga térmica de 140 W/m<sup>2</sup> por lo que la demanda estimada se calcula:

$$Q = S * k \tag{5.2}$$

$Q$  carga térmica en watts

$S$  superficie total

$k$  coeficiente para la actividad del lugar (comedor, restaurante) 140 W/m<sup>2</sup>

Por lo que el equipo a instalar sería de 72.000 BTU/h. La suma de los equipos instalados hoy en las empresas para área de descanso o comedores supera los 100.000 BTU/h (cinco equipos de 12.000 BTU/h y dos de 24.000 BTU/h). Esto indica que no se requieren tantos equipos si se unifica el comedor y disminuiría un 30 % la demanda de climatización. Para el área se podría instalar un sistema multisplit en lugar de unidades individuales exteriores, con 6 unidades interiores de 12.000 BTU/h. Para los cálculos se suponen 2 horas de uso diario.

El etiquetado de eficiencia energética en Uruguay solo abarca equipos inferiores a 20.460 BTU/h por lo que no se tiene un valor de energía medido para un equipo único y se utilizan los datos de los equipos de 12.000 BTU/h.

Se calcula el consumo energético y costo anual por instalar un equipo multisplit con 6 equipos de 12.000 BTU/h con velocidad variable o 6 equipos clase “C” y los 7 equipos hoy instalados en cada empresa (que superan los 100.000 BTU/h) con tarifa MC1. El ahorro energético del escenario más eficiente es de 1570 kWh/año y 210 USD/año.

	Inversión (USD)	Consumo energético anual (tep/año)	Emisiones anual (tCO <sub>2</sub> /año)	Costo energético anual (USD/año)
Aires en 7 empresas	3.400	0,41	0,28	630
6 aires acondicionados clase C	2.400	0,33	0,23	517
Equipo central con 6 aires acondicionados velocidad variable	4.270	0,27	0,19	420

### 5.1.2.3. Transporte de personas

La mayoría de los parque industriales en Uruguay se encuentran en zonas sub-urbanas y por lo tanto el acceso a los mismos es en vehículo particular u ómnibus. Si bien el consumo de combustible para que las personas asistan a trabajar al parque no está considerado en el consumo total de energía del mismo, en el concepto de ecoparque industrial se deben considerar los impactos

tanto sociales como ambientales que provocan la instalación de los parques. Por lo tanto, el modo en el que se transportan las personas para ir al parque y los movimientos internos dentro del parque deben ser tenidos en cuenta para ser un ecoparque. Los modos activos (caminata y bicicleta) no producen emisiones de gases efecto invernadero además de tener beneficios positivos en salud, sin embargo la distancia entre el parque y donde viven las personas conlleva a que este tipo de modos no sean los elegidos para trasladarse.

Si se coordina con otras empresas y zonas industriales se podría solicitar al Ministerio de Transporte un aumento de las frecuencias de servicios de ómnibus, o proporcionar servicios privados de remises, y generar incentivos para la utilización de transporte colectivo. También existen aplicaciones para compartir viajes y así disminuir consumo y emisiones o se podría hacer de manera más sencilla coordinando en una planilla interna del parque. De las 350 personas que trabajan en el parque al menos 200 utilizan vehículo particular y los estacionan dentro de los estacionamientos de cada empresa del parque.

A continuación se resumen los consumos de energía, emisiones de CO<sub>2</sub> y los costos de traslado al parque en transporte público por persona trasladada. Se asume un recorrido diario de 30 kilómetros y que la ocupación del ómnibus es de 40 pasajeros.

	Consumo energético anual (tep/año)	Emisiones anual (tCO <sub>2</sub> /año)	Costo energéticos o boletos anual (USD/año)
Auto combustión 30 km diarios	0,57	1,65	1.380
Viaje en ómnibus gasoil suburbano por persona	0,06	0,19	720
Viaje en ómnibus eléctrico suburbano por persona	0,02	0,01	720
Auto eléctrico 30 km diarios	0,12	0,09	440

Al considerar que 200 de los 350 traslados diarios se hacen en automóvil a combustión (57% de los viajes) el potencial de ahorro es superior a los 100 tep/año si se logran sustituir todos los viajes, pero esta medida no es

alcanzable ya que supone mejorar el transporte público y un cambio cultural de las personas. Según datos de la Intendencia de Montevideo [34], el 37 % de los viajes al trabajo son en auto. Se podría proponer como meta que de 57 % pasen a 37 % los viajes en auto (Pasar de 200 a 129 viajes en auto y aumentar los viajes en ómnibus). En ese caso, los ahorros por sustitución de viajes en auto por viajes en ómnibus a gasoil serían:

Ahorro energético anual (tep/año)	Ahorro emisiones (CO2/año)	Ahorro económico (USD/año)
35,8	102,9	46.953

Por otra parte, si se establecen más conexiones entre las empresas dentro del parque, se instala un comedor y vestuario común se recomienda la instalación de bicicletas y bicicletarios para evitar traslados internos en automóvil y disminuir los tiempos de viaje respecto a traslados a pie. Además, se debe dejar el acceso a duchas en los vestuarios para generar las condiciones de confort en caso de uso de bicicletas. Otra de las medidas que ya se implementa en algunas empresas del parque, es la posibilidad de teletrabajar.

En lo que tiene que ver con movilidad eléctrica, instalar cargadores de carga lenta de corriente alterna para vehículos livianos eléctricos, estimularía el recambio de las personas de vehículos a combustión a eléctricos por contar con un lugar para cargar el vehículo en el propio estacionamiento del trabajo. Un cargador en corriente alterna de entre 7,4-22 kW de potencia tiene un costo entre USD 800 y USD 5000.

Si bien en el parque analizado la mayoría de los servicios de transporte están tercerizados y los vehículos no quedan estacionados en el parque, si las empresas empiezan a incorporar camiones eléctricos se deberá contemplar el sistema de carga en corriente continua en potencias superiores a 50 kW. Estas tecnologías de carga ya están disponibles en Uruguay alcanzando potencias de 150 kW. El servicio de carga podrá ser ofrecido por el instalador del parque, que deberá contemplar el aumento de potencia del suministro para definir los costos del servicio.

Las medidas indirectas (estacionamiento de bicicletas, instalación puntos de carga, coordinación de viajes compartidos) pueden ser desarrolladas por

el gestor del parque o de manera conjunta entre las empresas con un costo operativo bajo.

#### **5.1.2.4. Transporte interno - autoelevadores eléctricos**

Otra de las medidas que se identifican en el parque de estudio es la gestión de los autoelevadores eléctricos. De los datos de las empresas relevadas figuran al menos 20 autoelevadores eléctricos, 1 autoelevador a gasoil y 9 transpaletas eléctricas (para movimiento de pallets a nivel del suelo). Existe una diferencia en las horas de operación vinculada al rubro de las empresas y la logística de recepción de materias primas, los productos para almacenar y la preparación de pedidos para distribución externa. Los fines de semana la actividad de los mismos baja quedando operativos menos del 20 %.

Todas las empresas tienen tarifas eléctricas multihorarias, por lo que la gestión de la carga de los equipos redundaría en un ahorro económico si se carga en el horario valle (00:00 a 07:00), por menor precio de energía pero también de potencia y no tener que sobrecontratar potencia en los otros tramos horarios. Se les consultó a las empresas y si bien algunas hacen gestión de carga para que sea solo de madrugada otras los dejan cargando al finalizar su uso.

El transporte interno es representativo en el consumo de energía y por tanto en los costos, en las empresas cuyo rubro principal es logístico con almacenamiento y distribución de productos sin servicios de frío. En el resto de las empresas es un consumo menor comparado con los otros usos. Si el parque pasa a ofrecer el servicio de autoelevadores, podría realizar una gestión más eficiente de la carga, disponer de un espacio dedicado y controlado automáticamente además de evaluar la posibilidad de reducir la cantidad de equipos considerando las horas inactivas y compartir los mismos. Esta medida requiere la colaboración entre las empresas para que ninguna tenga problemas operativos y así lograr una optimización en la operación de los equipos y que no sea solamente un centro de carga de baterías.

Los sistemas de carga dependen del tipo de batería. Las baterías de litio tienen mayor vida útil y mayor densidad gravimétrica de energía. Desde hace al menos cinco años se empezaron a comercializar en Uruguay autoelevadores

con baterías de litio. Hangcha, Heli, Jungheinrich y Toyota, son algunas de las marcas que se pueden conseguir en Uruguay de autoelevadores eléctricos con batería de litio y sistema de gestión de batería incorporado al vehículo. El espacio donde se cargan los equipos debe tener ventilación adecuada, en particular para baterías de plomo-ácido, un soporte con material aislante para el lugar de carga de las baterías y cumplir con todas las regulaciones de salud e higiene laboral.

Para autoelevadores de litio que transportan entre 1 y 2 toneladas, la potencia máxima es de 4 kW y la capacidad de la batería de 80 V y 125 Ah. Considerando que el mayor consumo es cuando el autoelevador está elevando productos y luego hay un porcentaje del tiempo sin movimiento y el resto trasladándose con o sin carga dentro de la empresa, el consumo de energía para 8 horas de uso por autoelevador se estima entre 10 y 25 kWh por día. En caso de requerir carga intermedia existen tecnologías de recambio de batería.

A continuación se resume los costos monetarios anuales con carga solo en valle comparado con no realizar gestión de la carga y que se conecta al finalizar la jornada donde carga el 10 % del tiempo en punta. Se supone una carga diaria de 10 kWh por equipo. Los veinte equipos operan de lunes a viernes y cuatro de ellos también están operativos de los fines de semana. Se consideran ambas tarifas como el gestor del parque (MC1) o si se mira el parque en conjunto como un usuario único (GC3).

Tipo de carga	Costo energético anual (USD)
Carga en valle (MC1)	3.400
Carga en valle (GC3)	3.200
Carga 10 % punta (MC1)	4.800
Carga 10 % punta (GC3)	3.500

Esta gestión integrada permitiría innovar en los tipos de equipos y gestión del transporte interno. La tesis de grado “Implementación de un sistema de vehículos auto-guiados en un centro de operaciones” [35] hace un estudio aplicado a sistemas automatizados de diferentes equipos para transporte interno en un centro logístico en Uruguay. Los vehículos se mueven de manera sincro-

nizada de acuerdo a las necesidades de distribución interna. Es posible adaptar los equipos existentes pero requiere de software y hardware si los recorridos son más complejos. Además incorporar este sistema también permite automatizar el momento de carga de los equipos y que se trasladen a su centro de carga, según las indicaciones dadas de porcentaje de batería, horas de utilización, etc. Por lo que podría considerarse a futuro en un estudio particular.

La incorporación de la gestión de carga puede ser sencilla, solo utilizando un espacio del parque para estacionamiento de los autoelevadores y que las cargas comiencen luego de las 00:00 horas, administrado por el gestor del parque, o puede ser más compleja y con mayor eficiencia cotizando un centro de carga de baterías y equipos auto-guiados.

### 5.1.3. Diseños constructivos

En Uruguay no existe aún un sistema de certificación de eficiencia energética aplicable a edificaciones industriales otorgado por el Estado. Los requisitos mínimos de construcción son determinados por cada gobierno departamental, la Intendencia de Montevideo en el Título III.I capítulo único de “reducción de demanda de energía por acondicionamiento térmico”, indica requisitos pero solo aplica a edificaciones destinadas a viviendas.[33]

Además, la DNE tiene a disposición una herramienta llamada “EDEE-edición para vivienda”[36] que permite calcular la demanda de calefacción y refrigeración de una vivienda y comparar el resultado con los requisitos de la reglamentación de Montevideo mencionada anteriormente (transmitancia térmica menor o igual a  $0,85 W/m^2K$ ). Las variables para determinar la demanda energética para calefacción y refrigeración son:

- Materiales constructivos y aislación térmica muros, pisos y techos y factor de huecos
- Materiales y conformación de aberturas: doble vidrio, ruptura de puente térmico,etc.
- Protecciones solares
- Cargas internas

Tomando los datos de la herramienta Hterm versión 3.0 del Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Arquitectura,

Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República financiado por DNE (salidas en Apéndice 1.2) se observa la variación en la transmitancia de los muros con la incorporación de cámara de aire o material aislante.

**Tabla 5.2:** Tabla de materiales caso base

<b>Materiales</b>	<b>Espesor (mm)</b>	<b>Resistencia térmica (<math>m^2.K/W</math>)</b>
Yeso (densidad 600)	15	0,083
Cámara de aire no ventilada	40	0,480
Ladrillo de prensa	120	0,148
Revoque (densidad 1800)	10	0,010

La transmitancia térmica del caso base (tabla 5.2) sería de  $1,12 W/m^2K$ . Si en lugar de utilizar ladrillo o bloques convencionales se sustituyen por bloques de hormigón celular curado en autoclave, que tiene mayor resistencia térmica por los materiales y microporos con aire, los resultados son los siguientes:

**Tabla 5.3:** Tabla de materiales caso eficiente

<b>Materiales</b>	<b>Espesor (mm)</b>	<b>Resistencia térmica (<math>m^2.K/W</math>)</b>
Yeso (densidad 600)	15	0,083
Cámara de aire no ventilada	40	0,480
Hormigón celular autoclave (d 800)	120	0,909
Revoque (densidad 1800)	6	0,006

La transmitancia térmica de esta caso (tabla 5.3) sería de  $0,63 W/m^2K$ , valor casi 50% menor y por tanto la demanda térmica también será menor, aunque se deben cuantificar los otros aspectos antes mencionados. Esta solución es de aplicación en los parques para espacios de oficinas, espacios comunes y almacenamiento a temperatura ambiente al momento de la construcción.

Existen certificaciones internacionales sobre edificaciones sostenibles en las que se evalúa el consumo de energía, emisiones al aire y generación de resi-

duos desde su construcción. Contar con esta certificación puede generar que se instalen nuevas empresas, en particular empresas multinacionales que tienen criterios de sostenibilidad para la selección del lugar donde se instalan, pero estos procesos tienen costos adicionales.

A nivel internacional existen certificaciones reconocidas como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), en las cuales una de las variables a medir es la energía y según la certificación incluye los materiales constructivos y también el equipamiento y las fuentes de energía.

En 2022 el organismo de certificación LSQA, lanzó en Uruguay la “certificación MAS” para edificios de viviendas, oficinas y educación y se evalúa “Energía, Agua, Bienestar Interior, Integración Social, Excelencia en la Gestión e Innovación”. Esta certificación es bastante reciente pero podría ser de interés como alternativa a las certificaciones internacionales.

### **Aplicación en el parque de estudio**

El parque en estudio tiene la modalidad de alquiler de las naves a empresas industriales y logísticas, por lo que los materiales y diseño de construcción están a cargo del instalador del parque. Los usuarios del parque se encargan de adaptar a sus requisitos específicos, por ejemplo mayor aislación para cámaras de frío y todo el diseño interno de las construcciones. Como los contratos de alquiler son de largo plazo existe estabilidad y confianza para que los usuarios realicen las inversiones y modificaciones internas.

Si bien la incorporación de mayor aislación, cambio en aberturas u orientación no son modificaciones aplicables de manera sencilla a las construcciones del parque, se pueden incorporar aleros o sistemas de cortinas para evitar el ingreso de sol directo en oficinas y espacios comunes en los meses de verano sin perder iluminación natural. Además para futuras construcciones en la ampliación se pueden utilizar las herramientas disponibles para incorporar desde el diseño de la construcción el menor consumo de energía para climatización de los ambientes al menos en oficinas y espacios comunes y evaluar en conjunto las ventajas de contar certificaciones internacionales.

La siguiente tabla resume la inversión en aleros considerando las tres fachadas con ventanas que son de oficinas con orientación al norte y por lo tanto disminuye el consumo para refrigeración. Tomando el estudio de Picción et al. [37] para una vivienda de Montevideo la propuesta es que la protección solar sea exterior y móvil y que se extienda cuando cuando el sensor de temperatura interior asociado registra 25 °C, en ese estudio el ahorro anual es de 4% pero considera todas las ventanas. En otros estudios internacionales se menciona una reducción del 30% de la ganancia de calor por la incorporación de toldos en fachadas norte.

Utilizando la herramienta de “EDEE-edición para vivienda”, la demanda de energía para refrigeración se reduciría un 5%. Si las tres empresas con oficinas con fachada norte, incorporan toldos retráctiles para utilizar de noviembre a marzo el ahorro para refrigerar con aire acondicionado es 88 kWh/año por oficina (considerando que cada oficina es de 30 m<sup>2</sup> y está operativa ocho horas al día). Los costos varían entre 60 y 300 USD dependiendo del sistema retráctil y dimensión de las ventanas. Con estos costos no sería rentable pero se debe ajustar el ahorro a las dimensiones de cada oficina.

	Inversión (USD)	Ahorro energético por empresa (kWh/año)	Ahorro monetario anual por empresa (USD/año)
Ahorro por alero (tarifa MC1)	150	44	12
Ahorro por alero (tarifa GC3)	150	44	8

#### 5.1.4. Incorporación de energías renovables compartidas

En la bibliografía las medidas vinculadas a la simbiosis industrial son las de mayor antigüedad, ya que el concepto de ecoparque industrial necesita que existan conexiones entre las empresas para maximizar los impactos positivos desde lo ambiental, social y económico. En estudios más recientes, se investiga la importancia de la instalación de generación de energía eléctrica a partir de

fuentes renovables dentro de los parques industriales, buscando disminuir los impactos ambientales negativos.

Feng et al. [38] estudian la posibilidad de aplicar el concepto de parque carbono neutral, durante la etapa de operación de un parque industrial. Para eso identifican las emisiones de CO<sub>2</sub> directas, por el consumo de energía primaria y las emisiones generadas en el proceso industrial; e indirectas por la generación de la electricidad o calor que es comprada por el parque. Aplican las medidas de eficiencia energética en el parque (iluminación, transporte, calor y generación de vapor y calor centralizado) y luego optimiza el sistema de generación de energía a partir de fuentes renovables.

En el análisis, calculan tres escenarios con instalación de paneles solares fotovoltaicos, calderas de biomasa utilizando un residuo orgánico del parque y la compra de créditos de carbono, variando el tamaño de la instalación. El escenario que les da mayor reducción de emisiones es el que tiene mayor generación de energía a partir de biomasa y además compra a terceros de créditos de carbono (accesible por el costo en China de estos). Sin embargo, concluyen que si costo de instalación de energía fotovoltaica sigue disminuyendo, esa será la mejor opción costo-efectiva para obtener la mayor reducción de emisiones absolutas.

En la misma línea de estudio, Butturi et al. [39] presentan una metodología de optimización para evaluar la simbiosis energética con integración de energía renovable desde tres puntos de vista: la minimización de costo para una empresa por la compra de energía, la maximización del beneficio ambiental y la perspectiva colectiva del eoparque considerando minimizar el impacto ambiental y los costos energéticos. El impacto ambiental lo cuantifica por la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto al factor de emisiones de la red. Optimiza incorporando biomasa, solar fotovoltaica y eólica.

Por otra parte, Theo et al. [40] analizan un sistema híbrido de generación de energía con almacenamiento. El modelo lo utiliza para calcular el mínimo almacenamiento de energía que necesitan, considerando las distintas tarifas eléctricas y la variabilidad de las renovables. Analiza el almacenamiento con baterías de plomo ácido, sulfuro de sodio y supercapacitores comparando cos-

tos, capacidad de almacenamiento y velocidad de descarga. Las baterías de plomo ácido son las que le dan mayor valor actual neto.

Como se desprende de los estudios anteriores, la instalación de generación de energía de fuentes renovables en el parque tiene como meta la reducción de emisiones y también de los costos de energía. En todos los estudios se busca la incorporación de energía renovable para las empresas del parque en conjunto ya que existen economías de escala en los costos de adquisición y operación, y se aprovecha la complementariedad en el consumo de las empresas.

### **Costos de instalación de generación de energía solar fotovoltaica**

En cuanto a los costos de inversión en energía solar fotovoltaica, Uruguay tomó de referencia el programa de techos solares de Chile [41] donde indica que “el precio más alto fue de 3,93 USD/Wp que corresponde a una planta de 5 kWp. Por el contrario, el precio más bajo fue de 0,91 USD/Wp que es de una planta de 160 kWp, por lo que se observa un claro efecto de economías de escalas”, si bien estos datos son de 2018, se comprobó que los costos por kWp son 4 veces menores en instalaciones de mayor tamaño.

La relación en el reporte del National Renewable Energy Laboratory (NREL)[42] de Estados Unidos es 1,5 y 2,2 veces menor. Para el primer cuatrimestre de 2023 presenta valores de 2,68 USD/W hasta 8 kW, de 1,76 USD/W para 3 MW y para gran escala menor a 1,20 USD/W.

En el caso de Reino Unido, Mandys et. al [43] relevaron en 2021 costos de electricidad de 0,13 USD/kWh para plantas hasta 50 kW y de 0,07 USD/kWh<sup>1</sup> para gran escala (1,9 veces menor costo).

El reporte de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA)[44] indica un costo total promedio ponderado, incluyendo instalación, de 0,88 USD/W para sistemas fotovoltaicos. Para todos los proyectos estuvo dentro de un rango de 0,57 USD/W a 1,88 USD/W. Por lo que, los costos de NREL son más altos que los de Chile e IRENA, igualmente el efecto por economía de escala es visible con costos entre 1,5 y 2,2 veces menores a mayor

---

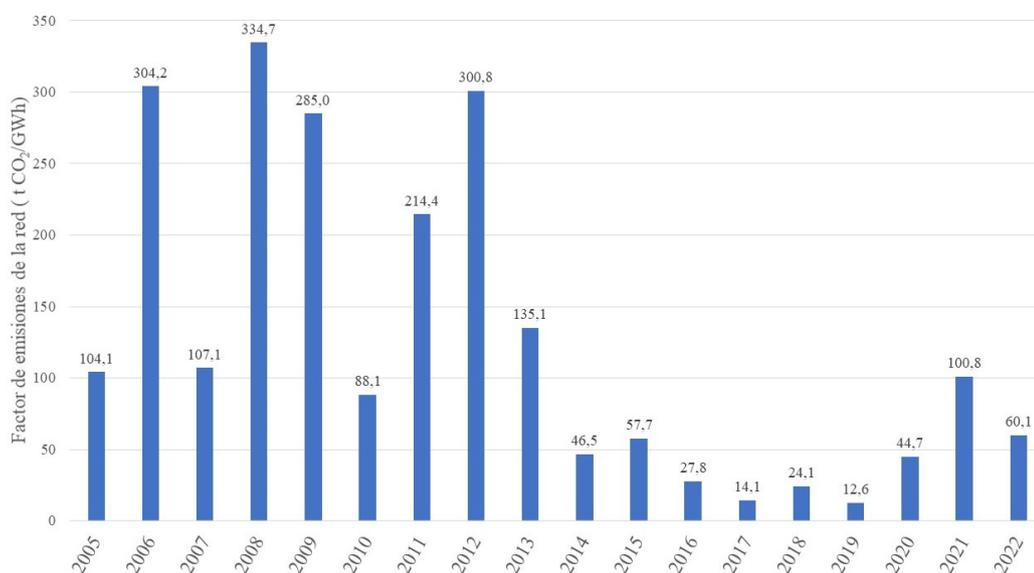
<sup>1</sup>Se consideró 1,35 libras por dólar, diciembre 2021

tamaño por lo que se utilizará esa relación para el caso de estudio.

### Reducción de emisiones por generación de energía a partir de solar fotovoltaica

En cuanto al ahorro de emisiones de dióxido de carbono por el consumo de energía eléctrica de origen renovable se debe comparar contra el factor de emisiones de la red eléctrica.

Para el caso de Uruguay el factor de emisiones de la red eléctrica ha disminuido desde el año 2015, con la diversificación de la matriz eléctrica como se demuestra en la figura 5.3. El factor de emisiones tiene variación anual, ya que depende del mix utilizado para la generación eléctrica (térmica a partir de combustibles fósiles, biomasa, hidroeléctrica, solar y eólica) y entregada a la red. Para el análisis del caso de estudio se considerará el factor de emisiones del sistema interconectado nacional del año 2022 (60,14 t CO<sub>2</sub>/GWh~0,70 t CO<sub>2</sub>/tep), mismo año que los consumo de energía, también se compara con el valor promedio 2015-2022<sup>1</sup> de 34,43 t CO<sub>2</sub>/GWh.



**Figura 5.3:** Factor de emisiones del Sistema Interconectado Nacional - Elaboración propia basada en los datos de DNE[20]

<sup>1</sup>No se considera el valor de 2021 por tratarse de un año particular de exportaciones

## Aplicación en el parque en estudio

En la bibliografía relevada, se analiza la instalación de un mix de energías renovables y en todos aparece la energía solar fotovoltaica. Para el parque de estudio se descarta el análisis de energía eólica porque no tendría aplicación en Uruguay ya que varios de los centros logísticos e industriales están en zonas cercanas al Aeropuerto Internacional de Carrasco, por lo tanto tienen limitaciones en altura. Además, la generación en horario diurno con energía eólica es menor con respecto a otros tramos horarios, y la perspectiva de costo futuro de esta tecnología es estable mientras que la tendencia de los costos de instalación de energía solar fotovoltaica es a la baja.

Lo interesante es mirar el parque como agregador de demanda, ya que como se detectó en el diagnóstico, hay complementariedad en la forma de consumo de las distintas empresas. El consumo de energía depende de la temperatura, siendo los meses de verano y las horas diurnas las de mayor consumo, esto debido a que las empresas que tienen mayor dependencia de la temperatura son las de mayor tamaño dentro del parque. Este tipo de demanda de energía coincide con las curvas de generación de la energía solar fotovoltaica, es por esto que se incorpora al análisis esta fuente.

Para el dimensionamiento del parque solar se tomó de referencia también a Hernández et al. [28] que consideran al parque industrial como una microred, y analizan el consumo de energía eléctrica de las empresas dentro del parque considerando un caso real en España. Hay distintos subsectores industriales y de servicios dentro de los parques industriales, por lo tanto consumen de diferente manera (horario, cantidad y uso) lo que permite maximizar el aprovechamiento de energía generada para autoconsumo, sin inyectar energía en la red.

En esta subsección se evalúa si existe algún beneficio económico y de gestión en la instalación en conjunto del parque fotovoltaico y cómo diseñarla, y en la sección 5.2 se analiza el marco regulatorio vigente que aplica a la instalación de energía renovable en Uruguay y si serían necesarios cambios en ese sentido.

Del diagnóstico del parque, presentado en el capítulo 4, para las siete empresas que aportaron datos se obtuvieron los siguientes datos globales:

- La suma de potencia contratada en el horario llano es de 2 MW.
- La suma de potencia máxima medida en el horario llano es de 1,1 MW.
- Las tres empresas más grandes suman el 83 % de la potencia contratada y el 78 % del consumo de energía en el horario llano.
- La energía eléctrica consumida en un año calendario promedio es de 4023 MWh y en el tramo horario llano 2318 MWh (se analizaron datos de todo 2022 y parcial 2023).

Se analiza la simultaneidad por uso de los equipos, considerando la potencia efectiva agrupada por tipo de equipos, y además con los datos de UTE quincenminutales se comparan los consumos respecto al balance teórico de energía con las potencias de los equipos y horas de uso.

Para dimensionar el sistema fotovoltaico se utiliza el reporte del recurso solar proporcionado por el Laboratorio de Energía de la UdelaR. Debido a la concentración de parques industriales y logísticos, zonas francas e industrias en el entorno de las ruta 8, ruta 101 y ruta 102, se obtienen los datos para la Latitud:-34.801 y Longitud: -56.003. La irradiación global en el plano horizontal promedio anual es de 4,53 kWh/m<sup>2</sup>día (ver Anexo 2.3) y el máximo valor es en el mes de enero de 7,25 kWh/m<sup>2</sup>día.[45]

La eficiencia de los paneles comercializados, según el Instituto Fraunhofer[46], pasó de 15 % a 20 % y los módulos de 400 Wp ocupan aproximadamente 2 metros cuadrados por panel. Por lo que para cubrir la demanda de energía en horario llano del parque se dimensiona un parque solar fotovoltaica de 1 MWp (considerando 20 % de eficiencia y sin inyección a la red eléctrica). Con 2500 paneles de 400 Wp que ocupan 5.000 metros cuadrados. El espacio necesario total podría alcanzar los 10.000 metros cuadrados del parque, y se podría instalar en espacios verdes del parque o sobre instalaciones comunes.

Como se demostró, hay economía de escala en la instalación en conjunto, comparado con que cada empresa instale, debido a que cuanto más pequeña es la instalación mayor es la proporción del costo la mano de obra en los costos totales. Por lo que promover una instalación en conjunto para autoconsumo en

los parques sería más rentable para las empresas agrupadas del parque que la instalación individual. Para esto se requiere un análisis del marco regulatorio que se detalla en la siguiente sección. A partir de mayo de 2024 comenzaron a regir nuevas tarifas para los suscriptores con generación que se comparan en la siguiente sección debido a que recién están operativas y sufrieron modificaciones entre enero y mayo.

Para la inversión se considera la instalación de 1 MW dividido en siete plantas solares fotovoltaicas (1.800.000 USD) o una única instalación (1.200.000 USD), utilizando los datos de NREL y de IRENA. Estos valores de inversión son conservadores. La energía anual evitada correspondería a 1577 MWh.

Considerando la vida útil de 20 años y una tasa de descuento real anual en dólares de 7,5%<sup>1</sup> el factor de recuperación de capital es de 9,81%<sup>2</sup> además se considera 7,4 USD/kW.año como costo de operación y mantenimiento según informe de IRENA [44] para América del Sur.

	Inversión total (USD)	Inversión anualizada con OyM (USD)	Ahorro monetario anual (USD/año)
Solar FV 1 MWp (GC3)	1.200.000	125.120	156.455
Solar FV 1 MWp (MC1)	1.200.000	125.120	211.000
Solar FV 1 MWp (dividido en 7 empresas con su tarifa)	1.800.000	183.980	194.736

No se consideran beneficios fiscales en la inversión ni los cambios en los costos de energía y potencia de la tarifa eléctrica. Esto se analiza en la siguiente sección. La energía evitada corresponde solo a la energía generada en horario llano que es autoconsumida en el parque industrial. Con la instalación de la planta solar fotovoltaica se reducen un 40% las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de electricidad del parque. Considerando el factor de emisiones de la

<sup>1</sup>Tasa social de descuento real de OPP es en pesos uruguayos, se supone que se cumple la versión relativa de la teoría de la paridad de los poderes de compra y se usa la misma tasa real en pesos uruguayos que en dólares.

<sup>2</sup>Este valor se determina con la tasa de descuento y la vida útil de la inversión, con ese factor se anualiza la inversión para comparar con los ingresos anuales necesarios. Cálculos

red eléctrica del año 2022, serían 95 tCO<sub>2</sub>/año o 55 tCO<sub>2</sub>/año con el factor promedio 2015-2022.

	Inversión anualizada con OyM (USD)	Ahorro consumo de energía (MWh/año)	Ahorro de emisiones CO <sub>2</sub> anual (tCO <sub>2</sub> /año)	Ahorro monetario anual (USD/año)
Solar FV 1 MWp (GC3)	125.120	1577	95	156.455
Solar FV 1 MWp (MC1)	125.120	1577	95	211.000
Solar FV 1 MWp (dividido en 7 empresas con su tarifa)	183.980	1577	95	194.736

Esta medida aporta a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del parque, aunque no sería la única opción para disminuir las emisiones para convertirse en eco-parque. Uruguay cuenta desde 2022 con el “Sistema de certificación de energía renovable” que acredita de forma electrónica la cantidad de energía eléctrica que se generó por fuentes renovables para un período determinado, y desde marzo de 2024 también los suscriptores con generación y los autoprodutores pueden solicitar que les acrediten su generación de origen renovable.

Esta herramienta le da información para que los usuarios luego cuantifiquen las emisiones por consumo de electricidad, y ofrece una alternativa a la autogeneración con fuentes de origen renovable, sin la necesidad de generar toda la energía consumida para reducir las emisiones. Si el objetivo del parque es convertirse en cero emisiones para el consumo de energía eléctrica, podría diseñar un sistema de generación a partir de fuente renovable sumando la acumulación en banco de baterías para utilizarlo solo cuando el despacho de energía eléctrica de la red no sea renovable. Este diseño podría estudiarse a futuro en Simsee (Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica) considerando diferentes estados aleatorios del sistema eléctrico uruguayo.

Tanto en el consumo de energía a partir de generación renovable propia, como en el consumo de la red cuando es de origen renovable, se estarán re-

duciendo las emisiones de dióxido de carbono. Se aclara que los mercados de certificaciones o la compra a generadores no son directamente una disminución de emisiones, podrían considerarse como mecanismos de compensación si se aceptan por las casas matrices de las empresas. No existe en Uruguay un mercado de carbono regulado desde el Estado.

### **5.1.5. Sistema de gestión de la energía**

La incorporación de un sistema de gestión de la energía implica la medición y monitoreo de los distintos consumos energéticos, la construcción de indicadores y la fijación de metas de uso más eficiente de la energía.

Uruguay adoptó las normas ISO internacionales, través de su organismo nacional de normalización, UNIT. Las normas UNIT-ISO 50.001 de sistemas de gestión de la energía son de adopción voluntaria y se pueden tomar de referencia para generar los documentos e indicadores de seguimiento.

La implementación de un sistema de gestión podría ser un servicio brindado por el gestor del parque. Las empresas de menor tamaño o que no tienen personas trabajando exclusivamente en el seguimiento de indicadores de energía se verían beneficiadas con el servicio. Además se podrían establecer metas comunes de reducción de consumo de energía. La certificación de un sistema de gestión UNIT-ISO 50.001 en Uruguay tiene un costo inicial de USD 5.000 y seguimiento anual de USD 2.200 y renovación cada tres años con un costo inferior al inicial. La incorporación de un sistema de gestión de la energía genera la reducción anual de consumo de energía y por lo tanto, de costos para las empresas. Fitzgerald et al. [47], demostraron que 83 industrias mejoraron en más de un 4% el desempeño energético y se mantuvieron en el tiempo.

Para poder monitorear el sistema de gestión y el cumplimiento de metas es necesario contar con indicadores globales del parque. A continuación se resume de la bibliografía indicadores de ecoparques industriales relativos a gestión de la energía y de flujos de materia primas y subproductos.

Felicio et al. [48] recopilan un listado de indicadores y proponen adicionales, considerando simbiosis entre empresas, el ciclo de vida, flujo de materiales

y ecoeficiencia. Debido a la variabilidad de procesos y tipos de industrias no es sencillo tener indicadores globales del parque. Las recomendaciones son:

“-Combinar impacto ambiental y flujo en una única medida considerando efectos de los distintos materiales.

-Considerar indicadores asociados a subproductos no solo producto final.

-Formular los indicadores de manera sencilla y tener posibilidad de acceso a los datos.

-Permitir el cálculo periódico para construir series temporales”.

Lo que identifican es que no alcanza con contabilizar todos los flujos de materiales (subproductos, productos y residuos) ya que su impacto ambiental puede ser diferente, no es lo mismo generar un residuo peligroso que cartón aunque sea la misma cantidad, por lo que proponen un índice resultado de la cantidad de materiales y su impacto ambiental (comparativo respecto a otros materiales), lo que hace que cuanto más se utilicen los subproductos dentro del parque mayor simbiosis existe y por tanto menor impacto se genera. Lo mismo es aplicable a flujos de energía contemplando el impacto.

Tikhanov et al.[49] definen un set de indicadores que los agrupa en:

“Factores internos” los que hacen que se instalen y desarrollen empresas eficientes energéticamente, por el tipo de empresas y flujo de materiales, condiciones que solo depende de las características internas del parque.

“Factores regionales y locales” como la ubicación, la logística y el acceso a materias primas, recursos energéticos y personas. Así como apoyo estatal y legislación clara. El set de indicadores se resume en el anexo 2.3.

Festel y Würmseher [50] comparan diferentes indicadores de costos de las empresas dentro de un parque en Alemania. Para determinar si la colaboración entre empresas genera un beneficio económico, compara costos de mantenimiento de infraestructuras para servicios (vapor, agua y aire comprimido). En particular para vapor compara los costos de mantenimiento por metro de las cañerías para empresas trabajando a diferente presión y evalúa un potencial de ahorro en función de la eficiencia de las diferentes empresas. A diferencia de los otros indicadores que contemplaban el impacto ambiental, este propone indicadores económicos de manera de evaluar si las empresas realizarían las inversiones que tienen impacto global en el parque según el beneficio individual.

Los indicadores recomendados por los organismos internacionales que se desarrollaron la sección 3.1 relacionados a energía son:

- Instalación de sistema de gestión (ISO 14001 o ISO 50001), al menos 40 % de empresas de más 250 personas con sistemas certificados.
- Monitoreo en línea de consumos energéticos y cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero. 90 % del consumo medido y monitoreado.
- Implementación de medidas de eficiencia energética. Al menos el 50 % de las empresas de mayor consumo del parque.
- Provisión por parte del parque de instalaciones para transferencia de agua y vapor entre empresas. Evaluar si existe potencial y realizar las mejoras necesarias.
- Matriz energética del parque con mayor o igual porcentaje de fuentes renovables que la matriz nacional.
- Reutilización de al menos el 20 % de subproductos o residuos en otro proceso industrial.
- Aseguramiento del acceso a servicios de energía de calidad.

### **Aseguramiento de calidad de los suministros de energía**

Dentro de los indicadores recomendados de gestión de la energía se encuentra el “aseguramiento del acceso a servicios de energía de calidad”. Esto corresponde tanto del suministro de energía eléctrica como de otros energéticos. En el parque industrial cada empresa cuenta con un suministro independiente de energía eléctrica y por lo tanto la empresa es la encargada de solicitar cambios en potencia contratada, tipo de tarifa y comunicar fallas. Lo mismo sucede con los otros energéticos.

La calidad del servicio de distribución de energía eléctrica se encuentra regulada y es monitoreada por Ursea. En particular, sobre la calidad del servicio técnico se evalúa por semestre: duración máxima de interrupción de energía, tiempo total de interrupciones en el período, frecuencia, frecuencia media de interrupciones de los consumidores de cada grupo y tiempo medio de interrupciones de consumidores de cada grupo. Se considera una interrupción si el tiempo es mayor o igual a tres minutos. Además se controla calidad del producto técnico a través de las perturbaciones de la red que pueden ser armónicos,

flicker y desbalance y el nivel de tensión.

Los huecos de tensión y cortes breves, pueden afectar equipos sensibles con componentes electrónicos. Las medidas para evitar problemas en estos equipos pueden estar a cargo de cada empresa, cuando determina la especificación de los equipos (tolerancias), la solicitud en la conexión a la red y/o contar con volantes de inercia o UPS (a batería) u otro tipo de almacenamiento de energía (por ejemplo capacitores). Estas soluciones y estudios también se podrían realizar en conjunto entre las empresas para sus equipos electrónicos y sensibles.

Hoy lo que hacen las empresas, para cortes puntuales mayores a tres minutos es tener generadores a gasoil individuales pero podría ser una gestión que también incorpore el parque, evaluando los costos comparativos con banco de baterías estacionarios. Si bien, con el marco regulatorio actual cada empresa tiene un suministro independiente, el parque podría realizar las evaluaciones de calidad de servicio y si las condiciones de contratación son adecuadas para los equipos que se están instalando así como incorporar equipos específicos.

### **Aplicación en el parque de estudio**

Como se desarrolló en el capítulo 4 las empresas del parque en estudio son diferentes en cuanto a tipo de actividad y tamaño y por eso no todas cuentan con sistemas de monitoreo y gestión de la energía. Por otra parte, el gestor del parque tampoco tiene acceso a los datos de operación y consumo de las empresas por lo que no puede hacer aportes a cada una de ellas.

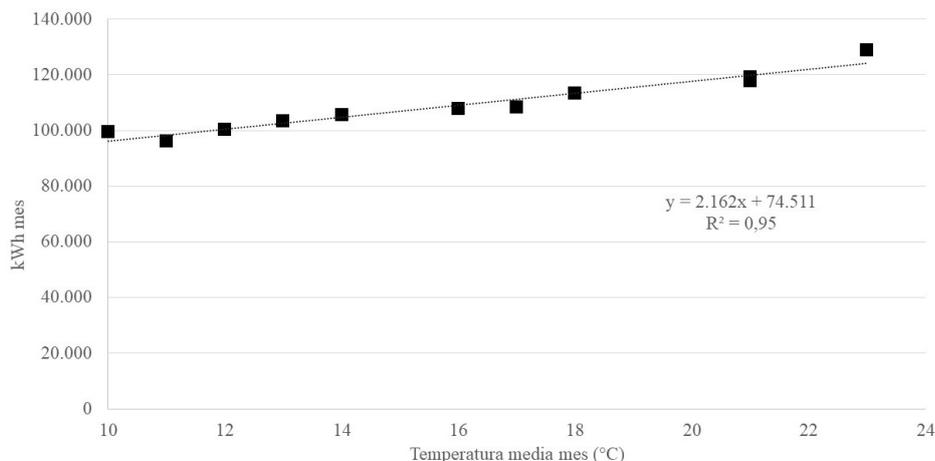
Como parte de la tesis se les entregó a cada empresa un informe individual para que cuenten con sus datos anuales sistematizados y algunas recomendaciones de mejora de eficiencia energética y/o ahorro económico individual. En el Apéndice 1 se muestra un informe ejemplo (sin datos que identifiquen a la empresa). De los datos relevados en el diagnóstico del parque se identificaron correlaciones entre el consumo de energía y la producción o la temperatura según el tipo de usos energéticos de las empresas. Debido a la diferencia de tamaño entre las empresas y tipos de uso no se establecieron correlaciones comunes a todo el parque.

Para la construcción de correlaciones con temperatura se utilizó la temperatura media por mes de los datos climáticos de estaciones meteorológicas de INIA estación Las Brujas [51] para el año 2022 y 2023 para identificar la dependencia del consumo de energía eléctrica y también de gas natural.

Para poder determinar mejoras totales en el parque no es suficiente con monitorear el consumo total de energía eléctrica y gas natural. Como primera etapa se puede llevar un control de consumo y evaluar en conjunto la instalación de un sistema de monitoreo en línea de los equipos principales. En el caso del parque en estudio corresponde a los equipos de fuerza motriz para frío de proceso y motores de equipos principales de producción.

En el caso de los usos de servicios (climatización de ambientes, iluminación interior y exterior, equipos informáticos) se pueden agrupar entre todas las empresas que operan 9 horas en días laborales y distinguir la simultaneidad de estos usos respecto a los usos específicos industriales que operan diferente, más aún si estos servicios logran ser brindados por el gestor del parque, se podría incorporar además gestión remota de equipos y automatización de encendido y apagado en función de día de la semana y horario.

En la siguiente figura 5.4 se muestra como ejemplo una de las correlaciones de consumo con temperatura identificadas.



**Figura 5.4:** Correlación temperatura media con consumo mensual de empresa en parque de estudio - Basado en consumo de empresa y temperatura de INIA

Indicadores de gestión de la energía que tendrían aplicación en el parque:

- Consumo total de energía por fuente energética
- Relación consumo total y producción mensual
- Relación consumo total y temperatura media mensual
- Costos energéticos
- Aseguramiento de calidad de suministro de energía
- Factor de emisiones de CO<sub>2</sub> del parque
- Cantidad de empresas que utilizan subproductos de otras empresas
- Cantidad de empresas que comparten recursos energéticos
- Consumo de energía de los equipos principales del parque
- Implementación de sistemas de monitoreo
- Monitoreo de consumos asociados al transporte de materias primas, producto y personas al parque
- Medidas de eficiencia energética implementadas

Con estos indicadores se pueden establecer metas comunes de disminución de emisiones, aprovechamiento de subproductos, flujos compartidos e implementación de medidas de eficiencia energética para convertirse en ecoparque.

### **5.1.6. Gestión de residuos**

El aprovechamiento de los subproductos y residuos entre plantas es de las medidas que más se aplican en los ecoparques industriales. Los residuos pueden tener una valorización energética directa y además al reducir los residuos a disponer también se reduce el transporte del mismo y por lo tanto las emisiones de dióxido de carbono. Los residuos sólidos analizados son papel, cartón y pallets de madera.

El Plan Nacional de Gestión de Residuos [52] indica que hay capacidades nacionales para la recolección y reciclaje del papel y cartón, aunque aún hay informalidad en el sector y un potencial de exportación que hace que el reciclaje no sea la opción siempre. En cuanto a los residuos plásticos como nylon que no están en contacto con el producto y solo se usan para asegurar el embalaje, las empresas también lo clasifican para su recolección.

Se solicitó cotización a empresas de Uruguay para la compactación de cartón y plástico en el propio parque de manera de reducir los viajes, pero que no asuma solo una empresa los costos. Esta medida requiere de personas que realicen la clasificación agrupada y genera un consumo eléctrico por el equipo a incorporar. Los equipos para compactar cartón, plástico, nylon pueden ir desde 7.000 a 50.000 dólares CIF dependiendo de la capacidad de procesamiento por hora y los tipos de materiales a procesar. La potencia motor de estos equipos varía entre 1 y 6 kW para procesar entre 30 y 800 kg/h. La compactación reduce el volumen y por lo tanto se pueden trasladar más residuos en el mismo viaje.

Otro de los residuos que se generan, que aún tiene un segundo uso son los pallets de madera. En varias de las empresas les llegan materias primas o productos para redistribuir en pallets que luego no tienen una reutilización propia en la empresa. Su reuso principal es la fabricación de otros elementos de madera, sin embargo puede ser que se transforme en residuo si están dañados o la oferta es mayor a la demanda de pallets para muebles y otros usos.

Se distinguen tres tipos de pallets: **1.** tratados con Arseniato de Cobre Cromatado (CCA por sus siglas en inglés), para resistir condiciones climáticas, y para su disposición final se consideran residuo peligroso; **2.** con tratamientos de control de plagas fumigados con bromuro de metilo que tampoco se pueden quemar en lugares abiertos; y **3.** solo con tratamiento térmico.

La gestión de este residuo implicaría trabajar en conjunto dentro del parque buscando la reutilización entre las propias empresas, en segundo lugar continuar con la venta a terceros o la gestión por operadores para el reuso y por último buscar alternativas para incineración. Existen en el mundo chipeadoras que también remueven los clavos y metales de los pallets generando un producto de alto poder calorífico ya que es madera seca. Se solicitó cotización a proveedores de Brasil, Argentina y Chile y costo de un equipo de chipeo de pallets sin remoción de clavos, ronda los 30.000 dólares.

En el caso de pallets tratados existen investigaciones para remover los metales pero requieren de tratamientos controlados y también los costos aumentan. Se citan algunas referencias de tratamientos con ácido sulfúrico [53],[54] y[55].

## Aplicación en el parque de estudio

En todos los casos del parque en estudio la gestión de los residuos sólidos es realizada por terceros de manera individual. Los residuos sólidos que se generan son: papel, cartón, pallets de madera y nylon. Según datos de las empresas, se generan promedio entre 500-600 pallets por mes y 2,5 toneladas de cartón y nylon como residuo por empresa. El parque no tiene una gestión centralizada de los residuos. En el caso del papel, cartón y nylon cada empresa terceriza el reciclaje. En el caso de los pallets tienen un valor de venta para reutilización aunque algunas empresas manifestaron la preocupación de que la demanda de pallets estaba disminuyendo y no tenían una alternativa para su procesamiento.

Como se manifestó por algunas empresas del parque la preocupación del aumento de los pallets de madera y también que algunos se dañaban y no se podían utilizar se buscaron algunas alternativas conectadas a la valorización energética. Hoy en día la cantidad de chips de madera que se podrían generar es baja y además las calderas del parque son a gas natural por lo tanto no se podrían utilizar directamente allí pero puede haber interés de otras empresas de recibir los chips de madera. En este caso también tiene una reducción en el volumen del residuo y por tanto una disminución de los viajes para transporte de este residuo.

Suponiendo que se evita un viaje semanal para traslado de los residuos el ahorro energético y monetario sería:

	Inversión (USD)	Ahorro emisiones anual (CO <sub>2</sub> /año)	Ahorro económico de combustible (USD/año)
Compactadora papel y cartón	7.500	1,6	860
Chipeadora	30.000	1,6	860

Es el ahorro de combustible solo por la disminución de un viaje semanal transportar los residuos, el ahorro económico será superior por disminución de costos totales del servicio, aunque se agregan costos por el consumo eléctrico

de los equipos y de una persona para la gestión interna de los residuos. No está cuantificado el ahorro por valorización energética porque hoy no tienen una caldera de biomasa en el parque y además el residuo es reutilizado y genera ingresos en las empresas.

### **5.1.7. Resumen de medidas de eficiencia energética e impactos**

A continuación se enumeran las medidas de eficiencia energética que se identificaron en la sección anterior. Para el caso de estudio se calcularon los consumos y costos energéticos, las emisiones de CO<sub>2</sub> para diversos usos energéticos y de generación de energía renovable. Las hipótesis y cálculos están en el Apéndice 1. Para la aplicación de las mismas es necesaria la coordinación entre las empresas y un acuerdo de qué priorizar.

Para las medidas sobre las que se tenía información detallada de consumos y usos se cuantificaron los beneficios que se presentan en la tabla 5.4. Estos valores son relativos ya que se puede ajustar el uso, cambiar la operación de una de las empresas y modificar los resultados del parque. Si se logra mayor colaboración pueden aumentar los ahorros en emisiones y monetario. No están considerados los incentivos existentes desde el Estado a la inversión en eficiencia energética y “producción más limpia” que son desarrollados en la sección 5.2.

En las medidas de diseño constructivo, no se cuantificaron las inversiones de construcciones nuevas, pero si se identificó una disminución del 50 % en la transmitancia térmica si se incorporan materiales más eficientes, tal como se desarrolló en la sección correspondiente.

Para la implementación de un sistema de gestión de la energía se consideran los costos de Uruguay y referencias de ahorros internacionales, se debe ajustar al plan que se implemente que puede ser gradual, construyendo indicadores y metas en conjunto. Lo primero sería incorporar personal calificado para la construcción de indicadores y la definición de metas. Luego, se podrán instalar medidores específicos.

**Tabla 5.4:** Resumen de inversión, ahorro de emisiones y monetarios de medidas cuantificadas

Medida		Descripción	Inversión total (USD)	Ahorro energético anual (tep/año)	Ahorro de emisiones anual (tCO2/año)	Ahorro monetario anual (USD/año)	Ahorro energético respecto a línea de base (%)
<b>Simbiosis industrial</b>	Generación de vapor en conjunto y aprovechamiento de calor residual	Cañería de 50 metros para aprovechamiento de vapor residual o agua caliente. Incluye mano de obra y materiales	15.450	8,16	19,17	10.440	10 %
<b>Usos energéticos comunes no productivos</b>	Agua caliente sanitaria para duchas	Incorporación de dos bombas de calor con almacenamiento de 200 litros. Dos descargas diarias.	6.000	1,14	0,80	1.785	73 %
	Comedor	Aires acondicionados de alta eficiencia en comedor común comparado con comedores individuales. 2 horas de uso diario.	4.277	0,13	0,09	210	33 %
	Transporte de personas	Sustitución del 20 % viajes en auto particular por viajes en ómnibus a gasoil	N/A	35,78	102,9	46.953	31 %
	Transporte interno - autoelevadores eléctricos	Gestión de carga centralizada solo en valle	N/A	N/A	N/A	1.263	N/A
<b>Diseños constructivos</b>	Aleros	Incorporación de aleros en tres fachadas norte de oficinas	150	0,02	0,02	35	5 %
<b>Energías renovables compartidas</b>	Energía solar fotovoltaica	Incorporación de paneles solares en instalaciones individuales de las empresas para autoconsumo en llano	1.800.000	135,59	95	194.736	35 %
	Energía solar fotovoltaica	Incorporación de paneles solares en instalación común de las empresas para autoconsumo en llano	1.200.000	135,59	95	156.455	35 %
<b>Sistema de gestión de la energía</b>	Sistema de gestión de la energía	Incorporación de sistema de gestión. Sin cuantificación de ahorros duplicada.	5.000				4 %
<b>Gestión de residuos</b>	Compactación de papel, cartón y nylon	Ahorro anual de combustible por disminución de 1 viaje semanal	7.500	0,53	1,6	858	N/A
	Gestión y chi-peo de pallets	Chi-peo para nuevos usos y ahorro anual de combustible por disminución de 1 viaje semanal	30.000	0,53	1,6	858	N/A

La figura 5.5 resume las medidas analizadas según:

- Impacto Económico
- Impacto Ambiental
- Inversión
- Costo operativo
- Necesidad de coordinación entre empresas
- Necesidad de cambios regulatorios
- Dificultad de aplicación en parques existentes

En verde se identifican impactos positivos altos (económicos y ambientales), inversiones bajas, baja dificultad de coordinación o fácil aplicación en parques existentes. Mientras que en rojo aplica a impactos positivos bajos (económicos y ambientales), inversiones altas y que requiere mucha coordinación o una alta dificultad aplicación en parques existentes, porque requiere modificaciones en inversiones ya realizadas y acuerdos entre las empresas.

Medidas									
		Impacto Económico	Impacto Ambiental	Inversión	Costo operativo	Necesidad de coordinación entre empresas	Necesidad de cambios regulatorios	Dificultad de aplicación en parques existentes	
Simbiosis industrial	Empresas y procesos de cadena de valor	Verde	Verde	Rojo	Amarillo	Rojo	Amarillo	Rojo	
	Generación de vapor en conjunto y aprovechamiento de calor residual	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Rojo	Verde	Amarillo	
	Aprovechamiento de subproductos	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Rojo	
Usos energéticos comunes no productivos	Agua caliente sanitaria para duchas	Rojo	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Amarillo	
	Comedor	Rojo	Rojo	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Verde	
	Transporte de personal	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo	Verde	Verde	Verde	
	Transporte interno - autoelevadores eléctricos	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde	Rojo	Verde	Verde	
Diseños constructivos	Aislación, aberturas, orientación	Amarillo	Amarillo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Rojo	
	Aleros, sistemas de cortinas	Rojo	Rojo	Amarillo	Verde	Verde	Verde	Verde	
Energías renovables compartidas	Energía solar fotovoltaica	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Rojo	Rojo	Amarillo	
Sistema de gestión de la energía	Monitoreo de consumos	Amarillo	Verde	Amarillo	Verde	Amarillo	Verde	Amarillo	
	Implementación de sistema de gestión	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Rojo	Verde	Amarillo	
	Aseguramiento de calidad de los suministros de energía	Rojo	Rojo	Rojo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	
Gestión de residuos	Compactación de papel, cartón y nylon	Rojo	Amarillo	Amarillo	Verde	Rojo	Verde	Verde	
	Gestión y chipeco de pallets	Rojo	Amarillo	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Amarillo	

**Figura 5.5:** Evaluación cualitativa de la aplicación de las medidas e impacto

## **5.2. Incentivos del Estado para la aplicación de medidas de eficiencia energética para la conversión a ecoparques**

Como se recopiló en el capítulo 3, varios de los países, sobre todo en vías de desarrollo, tienen programas de apoyo público o de organismos internacionales para la promoción de los ecoparques industriales. La transformación hacia ecoparques industriales requiere de una inversión inicial superior en muchas de las medidas de eficiencia energética además de la coordinación entre las empresas. Es por esto que, más allá de el beneficio ambiental y económico en la operación, su aplicación requirió en muchos casos de incentivos específicos.

En esta sección se analiza la aplicación de instrumentos y el marco legal operativo en Uruguay que podrían incentivar la incorporación de medidas de eficiencia energética dentro de los parques industriales para apoyar la conversión hacia ecoparques industriales.

### **5.2.1. Instrumentos de Eficiencia energética y economía circular**

En el año 2009 se aprobó la Ley N° 18.597 [56] de uso eficiente de la energía, la cual encomendó al MIEM a la elaboración del Plan Nacional de Eficiencia Energética operativo desde 2015. Dentro de los instrumentos de promoción de la eficiencia energética se encuentra la Línea de Asistencia para la Eficiencia Energética [24] que se tomó de referencia para la elaboración del diagnóstico en el parque de estudio, que puede ser utilizada por otros parques industriales para elaborar su línea de base de usos y consumos, identificar medidas de eficiencia energética y estimar los ahorros energéticos y económicos. En la convocatoria 2024, pueden postular empresas e instituciones de todos los rubros y se les reembolsa, hasta un tope dependiendo del tamaño de la empresa postulante, el estudio realizado por una empresa de servicios energéticos. En este caso el parque en sí no sería el postulante sino las empresas individuales o el parque solo por los usos energéticos comunes. Se podría, ajustando las bases, estimular la presentación de las empresas dentro del parque en conjunto, otorgando un tope mayor de reembolso.

Para la implementación de las medidas de eficiencia energética se puede hacer uso de los beneficios adicionales de la Ley de Promoción de Inversiones detallados en la sección 3.1, donde las empresas con actividad industrial, almacenamiento y fraccionamiento vinculado al parque, así como valorización y aprovechamiento de residuos, entre otros, tienen un 15 % adicional de exoneración de IRAE.

Los programas “Oportunidades circulares” [57], Biovalor (finalizado) [58], “Compromiso de Residuos” [59] e “Impulsa verde” [60] son instrumentos nacionales públicos y públicos-privados que tuvieron apoyo de cooperación internacional para su operación que apuntan a la promoción de la economía circular, siendo la valorización energética de residuos y la simbiosis industrial medidas para promover el desarrollo sostenible de las industrias del país. El Fondo Industrial [61] también sería de aplicación si las medidas apuntan a cambios tecnológicos en el proceso productivo o a buenas prácticas de producción y desempeño ambiental, entre otras.

Luego de implementar medidas de eficiencia energética, las empresas podrían postularse a otro instrumento del MIEM llamado Certificados de Eficiencia Energética, que implica un reconocimiento económico por el ahorro energético en la vida útil de las medidas implementadas.

Además, por su vínculo directo con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Fondo Verde para el Clima, podrían ser mecanismos interesantes para apalancar inversiones que se decidan realizar en los parques. Por otra parte, UNIDO, Banco Mundial y GIZ están enfocados en la promoción de estos parques, y han desarrollado una “guía de aplicación” y financiado bajo algunos programas el desarrollo de ecoparques como se detalló en el capítulo 3.

Estos instrumentos de promoción operativos apuntan a derribar barreras de inversión y acortar períodos de repago para la implementación de medidas de eficiencia energética, si bien, salvo la ley de promoción de inversiones que tiene un beneficio extra si la empresa está dentro de un parque industrial o científico tecnológico, todos los otros instrumentos son aplicables a las empresas

dentro del parque independientemente de estar instaladas allí. Para promover la transformación a ecoparques sería interesante generar ponderadores extras o considerar ahorros energéticos de medidas grupales generados en el parque.

### **Aplicación en el parque de estudio**

En la sección 5.1 las inversiones no tienen incorporados los beneficios de IRAE y la postulación a instrumentos de eficiencia energética. En el caso del beneficio en IRAE depende de los niveles de ingresos y personal de cada empresa o de la tributación del instalador del parque por lo que se calcularon los beneficios de manera conservadora.

Para la aplicación de los beneficios de Ley de Promoción de Inversiones y su decreto reglamentario, las medidas propuestas puntuarían en la matriz de indicadores en: **empleo** por la contratación de personas para el monitoreo y seguimiento de indicadores por la implantación de un sistema de gestión de la energía, además puntúa en **descentralización** por ubicación, podría considerarse en **innovación** a las medidas de aprovechamiento de calor con gestión de demanda entre las empresas y obviamente en **“inversión en tecnologías limpias”**.

Para el indicador de “inversión en tecnologías limpias”, existe un listado taxativo de tecnologías que son consideradas como inversión computable. A continuación se detallan las tecnologías incluídas en ese listado, ordenadas de acuerdo a las medidas que se proponen para el parque de estudio:

- Simbiosis industrial: uso compartido de recursos y economía circular.
- Usos comunes no productivos: Equipos de acondicionamiento de aire con tecnología Inverter, las bombas de calor con acumulación de agua, incorporación de vehículos eléctricos y sistemas de carga.
- Diseños constructivos: aislamiento térmico de techos, doble vidrio y protecciones solares.
- Incorporación de energías renovables y almacenamiento de energía.
- Gestión de residuos: reducción en generación, reciclaje, reuso y valorización de residuos.

Como se desprende del listado anterior, todas las inversiones propuestas aplicarían a este beneficio. En el caso de la energía solar fotovoltaica y de los

vehículos eléctricos aplican condiciones particulares de porcentaje de inversión sobre el total y topes. Además de todos los aspectos anteriores donde puntuarían, las empresas tienen el beneficio adicional de 15 % por ubicarse en un parque industrial pudiendo alcanzar una exoneración de IRAE que representa el 50 % de la inversión a descontar en 7 años.

### **5.2.2. Instrumentos dentro del marco regulatorio de parques industriales y zonas francas en Uruguay**

En cuanto a los parques industriales y científico tecnológicos, la Ley más reciente de 2019 (Ley N° 19.784 y modificaciones) explicitó que las empresas públicas pueden brindar tarifas promocionales a los parques industriales (el detalle de reglamentación se encuentra en el anexo 2.5).

En particular, para la energía eléctrica se permitió que UTE establezca un cargo de energía, igual al que correspondería para el consumo global del parque como un único suscriptor, manteniendo los cargos fijos correspondientes a cada consumo individual. Tomando en consideración estas reglamentaciones, UTE aprobó una resolución en 2021 para aplicar un descuento comercial en el cargo de la energía (\$/kWh).

Considerando la potencia global del parque y el nivel de tensión en el que está conectado al sistema interconectado nacional (SIN), el descuento comercial antes mencionado equipara el cargo de energía en cada tramo horario (punta, valle o llano) al cargo de energía del mismo tramo de las tarifas GC2 o GC3. Este descuento varía entre un 7 % y un 44 % dependiendo de la tarifa de la empresa y el tramo horario.

El parque en estudio se habilitó con la Ley de parques anterior y no se adhirió a la nueva Ley, por lo tanto las empresas del parque no realizaron la solicitud para aplicar el descuento. En caso que se adhiriera al nuevo régimen, considerando el pliego tarifario y las modificaciones ya previstas a diciembre 2024, el ahorro económico solamente por solicitar el beneficio, sería USD 100.000 (21 % respecto a costo actual) analizando las siete empresas que brindaron información detallada en el parque solamente por solicitar el beneficio.

Como se detalló en el capítulo 2 de los parques industriales instalados en Uruguay, tres se pasaron al nuevo régimen regulatorio y podrían aplicar al beneficio aunque hasta junio de 2024, ningún parque industrial había hecho la solicitud a UTE, les queda a las empresas adherirse para aplicar el descuento.

Este beneficio aplica a cada empresa en particular, pero podría ser realizada por gestor de la energía si incorporan esta figura dentro del parque. Sería más conveniente aún si las empresas del parque primero centralizan sus usos energéticos y realizan las medidas de eficiencia energética correspondientes, y luego el gestor hace la solicitud y obtienen el descuento comercial.

Como se desarrolló en el capítulo 2 existen zonas francas con actividad industrial en Uruguay, que podrían convertirse en ecoparques industriales, aunque su régimen regulatorio y de promoción es diferente que el de los parques industriales. En particular, para los servicios de energía, la Ley de zonas francas N° 15.921 y modificaciones en Ley N° 19.566 define en el artículo 24 que “Los organismos públicos que suministren insumos o servicios a los usuarios de las zonas francas podrán establecer para éstos tarifas promocionales especiales...Los monopolios de los servicios del dominio industrial y comercial del Estado no regirán en las zonas francas.”. Tal como está establecido en el decreto reglamentario N° 309/018, los desarrolladores de zonas francas deberán proveer la instalación y distribución de energía eléctrica por sí mismo o por un tercero. Un ejemplo de esto es Zonamérica, que realiza distribución a la interna de la zona franca pero además tiene una planta solar fotovoltaica operativa desde 2017 para autoconsumo.

Además está establecido el marco legal de las transacciones de energía eléctrica entre las zonas francas y el territorio nacional no franco a través del decreto N° 116/014[62](ver anexo 2.5), quedando reglamentadas las condiciones de adquisición y generación de energía en territorio franco con no franco. Si bien las zonas francas no pueden aplicar al descuento comercial de UTE, ya tienen un marco regulatorio que le permite hacer medidas en conjunto entre las empresas y aprovechar la economía de escala por ejemplo en la generación de vapor y aprovechamiento de calor residual, incorporación de energía renovable, gestión de residuos y usos comunes no productivos.

### **5.2.3. Efectos de posibles modificaciones en el marco regulatorio del sector eléctrico y de incentivos aplicable a los parques**

Las empresas instaladas en los parques industriales son suscriptores y toman la energía de UTE, que les aplica las categorías tarifarias de mediano consumidor y gran consumidor según la potencia y el nivel de tensión. El beneficio específico en energía eléctrica que se generó con la Ley de parques busca promover, también desde lo energético, la aglomeración de empresas en este caso de diversos consumos de energía eléctrica, brindando costos de energía correspondientes a grandes consumidores. Tal como se estudió en el capítulo 4, las empresas se complementan en cuanto a horarios de consumo y meses del año por lo que una gestión coordinada permitiría demandar una menor potencia necesaria para la operación en conjunto del parque.

Las medidas identificadas en los ecoparques industriales y que podrían tener aplicación en el parque de estudio y en otros parques en Uruguay, requieren inversión adicional y la coordinación entre las empresas, por eso se identificaron instrumentos existentes para derribar esas barreras.

Las empresas del parque en estudio no tienen un consumo de energía individual elevado para convertirse en agentes del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica (MMEE) y comprarle al propio gestor del parque la energía de origen renovable, además deberían pagar cargos por el uso de las instalaciones del SIN (cargos de peajes) correspondientes. Para solicitar ingresar al MMEE como agente gran consumidor debe tener una potencia contratada mayor o igual a 1.500 kW. En ese caso los cargos de peajes aprobados para 2024 para instalaciones de distribución de 22 kV, 15 kV y 6,4 kV y para subtransmisión son definidos por el Poder Ejecutivo. A estos cargos además se debe sumar el costo de la energía adquirida a un tercero y otras tasas y pago de servicio de monto menor por lo que, más allá de que no pueden individualmente pasar al régimen de MMEE no sería conveniente económicamente. Además si el objetivo es reducir emisiones no se asegura estar recibiendo generación de origen renovable de la red.

En los últimos tres años se actualizaron varios aspectos del marco regulatorio

rio que tiene que ver con el almacenamiento de energía y la inyección de energía eléctrica a la red. El Decreto N° 027/020 permitió a los suscriptores en baja tensión la instalación de baterías que funcionen en paralelo con la red eléctrica sin inyección de energía en la misma. Además, en 2023 se aprobó el Decreto N° 147/023 que modificó la definición de suscriptor, quedando comprendido el que genera energía para su propio consumo permitiendo la inyección a la red, pudiendo volcar lo mismo que consumió de la red en el año o el 30 % si tiene un banco de baterías.

En diciembre de 2023 se aprobaron los valores de la nueva categoría tarifaria de “Suscriptor con Generación” a regir a partir del 1° de mayo de 2024, y en abril de 2024 mediante el Decreto N°607/024 se aprobó una actualización de las condiciones de aplicación. En todos los casos las centrales generadoras requieren una autorización del MIEM y obtener la habilitación de UTE para comenzar a generar. Si las centrales tienen una potencia instalada superior a 150 kW la autorización requiere una resolución del MIEM, en caso contrario alcanza con ingresar los datos generales de la central en el registro del MIEM.

Con los valores de mayo 2024 a empresas con categorías tarifarias MC2 (correspondiente a una empresa conectada en media tensión y con consumo medio) y GC1 (correspondiente a una empresa de mayor consumo y potencia conectada en baja tensión), en ambos casos con potencia mensual contratada mayor a 40 kW les aplicaría las categorías tarifarias SG2 y SG1-B, respectivamente si instalan generación para consumo propio. En todos los tramos horarios el cargo de energía es más bajo pero el cargo de la potencia es entre 1,4 y 3,9 veces mayor, como se muestra en la tabla 5.5.

Como se desprende de la tabla 5.5, los resultados son diferentes según el tamaño de las empresas dentro del parque. Salvo la empresa que ya cuenta con microgeneración, todas las demás tienen potencia máxima medida en llano mayor a 150 kW, pero en diferentes categorías tarifarias.

En la tabla 5.6 se presentan los costos anuales de energía y costos fijos (sumando costos de potencia máxima y costo fijo mensual anualizados) comparando los costos de las siete empresas sin generación, con una central de generación solar fotovoltaica con una potencia instalada de alrededor de 150 kW cada una (SG1B) y el parque industrial agrupado con una central de ge-

**Tabla 5.5:** Comparativo de tarifas de mediano y gran consumidor con suscriptor con generación, en pesos uruguayos. Basado en pliego tarifario UTE Mayo 2024

A partir de diciembre 2024	Nivel de tensión kV	Precio de energía \$/kWh			Potencia máxima medida \$/kW			Cargo fijo mensual \$
		Valle	Llano	Punta	Valle	Llano	Punta	
MC1	0,23-0,4	2,44	5,36	12,20	10,0	370,0		550
MC2	6,4-15-22	2,39	4,97	6,68	34,2	182,3	219,7	1.000
GC1	0,23-0,4	2,34	4,22	8,43	43	262	614,0	5.515
GC3	31,5-63	2,23	3,66	5,03	54	169,7	280,0	9.825
SG1 A	0,23-0,4	1,53	2,53	3,68	99,5	425,2	505,9	550
SG1 B	0,23-0,4	1,54	2,55	3,70	165,8	708,9	843,5	5.515
SG2	6,4-15-22	1,45	2,36	3,43	121,3	518,8	617,2	5.860
SG3	31,5-63	1,41	2,30	3,33	73,1	426,3	570,0	9.825
Comparativa								
SG1B/GC1	0,23-0,4	0,7	0,6	0,4	3,9	2,7	1,4	1,0
SG2/MC2	6,4-15-22	0,6	0,5	0,5	3,5	2,8	2,8	5,9
SG3/GC3	31,5-63	0,6	0,6	0,7	1,4	2,5	2,0	1,0

neración solar fotovoltaica de 1 MW (SG3) (los cálculos de la generación anual se desarrollaron en la sección 5.1).

Si pasaran a una tarifa SG3 el ahorro anual supera los 194.000 USD, respecto a los costos anuales totales sin generación. Considerando además que la instalación de una planta solar es 600.000 USD más económica que las instalaciones individuales (de 1.800.000 USD a 1.200.000 USD).

**Tabla 5.6:** Costos con tarifas de suscriptor con generación, Mayo 2024

	Costos energía anual (USD/año)	Costos fijos (USD/año)
Costos sin generación 7 empresas MC1,MC2 y GC1	473.000	195.000
Costos con autoconsumo en llano (dividido en 7 empresas SGB1)	140.228	579.000
Costos con autoconsumo en llano (SG3)	118.000	356.000

Como se desprende de la tabla anterior, los costos de energía disminuyen para todas las opciones tarifarias de suscriptor con generación (entre un 55 % y

80 %), autoconsumiendo la energía generada en horario diurno (tramo horario llano) y los costos de potencia y costos fijos dependen de la situación con la que se comparen. Además, si se hace una gestión integrada de la potencia, ya que varias de las empresas del parque no están operativas luego de las 18 horas es conveniente la doble contratación de potencia, con valores menores en punta. De esa manera se pueden disminuir los costos fijos de potencia que tienen mayor peso en las tarifas de suscriptores con generación comparado con el costo anual de energía.

En cuanto a la generación de energía solar fotovoltaica, cada empresa podría instalar o el parque ofrecer la nave industrial ya con la instalación de generación fotovoltaica que corresponda a cada suministro de energía y alcanzar la misma generación de energía, aunque las eficiencias y los costos no sean los mismos. Al implementar medidas de eficiencia energética de usos comunes por el gestor del parque aumentaría el consumo de su suministro y podría generar energía eléctrica de origen renovable para sus instalaciones pero en lugar de volcar a la red sería una oportunidad que la utilicen entre las empresas del parque. Eso hoy no está contemplado en la reglamentación ni en la instalación eléctrica del parque, y además las empresas continuarían consumiendo energía de la red eléctrica en punta y valle.

Ya que es un predio cercado y habilitado por la reglamentación, que cuentan con transformador dentro del mismo, si fuera de interés promover, así como se promovió un descuento comercial, se deberían realizar algunas modificaciones en el marco regulatorio para que puedan tener su propia generación para autoconsumo. Esto debería estar claramente detallado y avalado por las leyes de impulso a los parques industriales, no debería aplicar a estos cambios solamente por estar agrupados.

En el Decreto N° 277/002 - Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, artículo 46, aparece la figura de “agrupación de consumidores” el cual indica que “el Distribuidor podrá autorizar a una persona jurídica facultada a actuar por cuenta de un agrupamiento de consumidores de energía eléctrica, para abastecer a dichos consumidores mediante derivaciones de sus instalaciones. La persona jurídica se constituirá en el titular de un único suministro del Distribuidor, y tendrá la responsabilidad inmediata de las condiciones en que el

suministro a los integrantes del agrupamiento se efectúe, quedando tal abastecimiento alcanzado por el marco regulatorio del sector eléctrico. Es requisito para este tipo de suministro que los integrantes del agrupamiento estén ubicados en un mismo inmueble o bien en inmuebles contiguos. En ningún caso, cualquiera de los consumidores podrá vender energía a otro de los miembros del agrupamiento, o a un tercero ajeno al mismo.”

De acuerdo a las consultas realizadas esta figura no se reglamentó ni se avanzó en una posible utilización, aunque podría ser el antecedente para permitir una generación de energía de origen renovable en conjunto el parque, siendo el suministro del gestor del parque pero permitiendo el autoconsumo dentro del mismo área. Esto se fundamenta en la promoción específica de parques industriales, la gestión integrada que se podría realizar dentro del mismo de la energía y la complementariedad de usos y consumos por ser empresas industriales y de servicios logísticos de diversos rubros que complementan su consumo con los usos necesarios para oficinas y servicios comunes. No llevaría a mayores erogaciones respecto al beneficio que hoy ya se otorgó en cargo de energía y le permitiría contar con energía de origen renovable a todas las empresas del parque.

Podría ser más beneficioso para el país aplicar este tipo de beneficios en lugar de un descuento comercial plano para las empresas, ya que promueve la optimización en el uso de la energía y un trabajo coordinado entre las empresas dentro del parque industrial. Además de la generación de energía renovable esa consideración como agrupación les permitiría aplicar al instrumento de UTE “Oferta de oportunidad”, ya que solo pueden acceder los grandes consumidores. Este instrumento otorga un descuento en el precio de la energía, si se sobrepasa la línea base de consumo correspondiente a las horas en que hay ofertas de energía aceptadas y es facturado al precio promocional que puede alcanzar hasta un 60 %.

Debe tenerse en cuenta que toda modificación en el marco regulatorio y tarifario aplicable a los parques industriales, así como a cualquier otro colectivo de grandes consumidores, tiene un impacto sobre el equilibrio de los ingresos y costos de la empresa eléctrica que los abastece, que en el caso de Uruguay es UTE y por lo tanto puede afectar las tarifas de los restantes de la empre-

sa, en particular de los pequeños consumidores que son clientes regulados de la empresa. Un análisis de la conveniencia desde el punto de vista colectivo y de política energética de las posibles modificaciones, escapa al objetivo de esta tesis, por lo que aquí solo se han considerado los efectos sobre los propios parques industriales.

El marco regulatorio de Uruguay es propicio para la implementación de medidas de eficiencia energética que apunten a la conversión hacia ecoparques, existen herramientas de apoyo para detectar medidas, implementar y acortar los períodos de repago. Sin embargo, los de beneficios de DNE y proyectos de cooperación internacional en Uruguay no tienen un foco específico en los parques industriales lo que dificulta la implementación en conjunto de las medidas y requiere un acuerdo en la preparación de las postulaciones individuales. Mediante la aplicación de nuevos ponderadores y montos de reembolso se podría incentivar la utilización de los instrumentos en conjunto.

Puede ser conveniente centralizar usos energéticos que sean gestionados por el gestor del parque: generación de vapor y agua caliente y aprovechamiento de calor residual, carga y logística de autoelevadores eléctricos, servicios como alimentación, vestuarios y oficinas. La incorporación de energía renovable con o sin almacenamiento pero en forma individual no es sencilla de implementar ya que las empresas alquilan las naves industriales y además se pierde economía de escala. Contar con energías renovables compartidas requeriría modificaciones en las instalaciones y el marco regulatorio actual, tal como se identificó en estas secciones de la tesis, pero debería estar alineado a las políticas de generación distribuida en las que avance Uruguay, contemplando el objetivo de transformación a ecoparques industriales que deben ser sostenible ambiental y económicamente.

# Capítulo 6

## Consideraciones finales

En este capítulo se abordan las consideraciones finales alcanzadas en la tesis y posibles desarrollos a futuro.

Se identificó el marco legal y desarrollo de los parques industriales y científico-tecnológicos en Uruguay:

- A nivel internacional se utilizan de manera universal las definiciones de aglomeraciones industriales definidas por ONUDI.
- Existen definiciones nacionales sobre los distintos tipos de aglomeraciones productivas y tienen reglamentaciones claras que han sido actualizadas a lo largo del tiempo.
- La ley de Promoción de Inversiones es el marco de incentivos por el cual las industrias han incorporado tecnología y desarrollado sus operaciones en el país.
- La ley de Parques Industriales y el decreto vigente de la ley de Promoción de Inversiones otorga un beneficio extra a las inversiones realizadas por empresas instaladas en parques industriales.
- Los parques industriales aprobados por ley cuentan con empresas muy diversas, de diferentes tamaños y combinación de servicios logísticos (almacenamiento y distribución) con variedad de rubros industriales.
- Varios de los parques aún no están desarrollados y podrían tener potencial para incorporar el concepto de ecoparque desde el inicio.
- Varias de las zonas francas tienen empresas del rubro industrial, más allá de que les aplique un marco regulatorio específico.
- Por la ubicación de las zonas francas y parques industriales la descen-

tralización no estaría ocurriendo a pesar de haber sido promovida en las regulaciones.

- Hay interés por parte del Poder Ejecutivo y Poder Legislativo de incentivar una mayor instalación de parques industriales y científico-tecnológicos en el país, lo que motivó la actualización de la ley y sus decretos reglamentarios en los últimos años (2019-2022).
- La Ley general del ambiente y las demás reglamentaciones son claras en cuanto al cuidado del medio ambiente y los requisitos que deben cumplir las instalaciones en particular y los parques como conjunto, al igual que la ley de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, donde los gobiernos departamentales definen los usos permitidos del suelo en sus planes departamentales y locales.
- No hay evaluaciones públicas sobre el desarrollo de los parques industriales en Uruguay.

Una vez establecido el marco en el que se desarrollan los parques industriales en Uruguay, para poder analizar la viabilidad de los ecoparques, se estudió el desarrollo en el mundo. Si bien existen parques industriales desde finales del siglo XIX, recién a partir de 1970 se podría considerar que se expandió a todo el mundo. En el caso de los ecoparques industriales, el concepto se acordó internacionalmente en 1992 pero recién en 2005 se comenzaron a establecer en varios países, aunque existían algunos previos a la definición. Para ser considerados ecoparques deben incorporar aspectos de sostenibilidad ambiental, social y económica. Existen diversos tipos de ecoparques esta tesis se concentran en los “Tipo 3” donde se da el intercambio de materiales y flujos entre empresas dentro del mismo área industrial. Promover ecoparques industriales aporta a alcanzar las metas de reducción de gases de efecto invernadero al optimizar el uso de los recursos, además contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 7, 8, 9 y 12.

Específicamente en lo relacionado a energía tanto en los objetivos de gestión del parque como en los de desempeño ambiental figuran indicadores relacionados a energía: implementación de sistema de gestión de la energía, acceso a infraestructura compartida para la generación de energía, eficiencia energética en los procesos, utilización de subproductos y calor residual que redundan en una disminución de costos y de emisiones CO<sub>2</sub> al ambiente.

En cuanto al desarrollo de ecoparques en el 2000 no superaban los 200, pasando a más de 400 en 2020 sin embargo todavía es muy bajo en comparación con los parques industriales y además el 59 % de los ecoparques son reconvertidos de parques existentes[14]. Finlandia, Dinamarca, Corea del Sur, Canadá, Estados Unidos y China tienen el mayor desarrollo de ecoparques industriales. Es más incipiente en otros países, en particular en desarrollo, contando en ese caso con apoyo del Estado o de organismos internacionales, para Latinoamérica solo aparecen programas específicos en Colombia.

Se repite en la bibliografía la necesidad de contar con un gestor o guía para que las empresas cooperen entre sí y poder calcular y demostrar que se pueden alcanzar ahorros energéticos y económicos, aunque el desafío es que los beneficios serán diferentes para cada empresa. Antes de 2010, había pocos estudios específicos sobre identificación de recursos energéticos y optimización entre las empresas del parque, pero luego se desarrollaron varios modelos multivariados para minimizar el costo total desde los consumidores de energía, el impacto ambiental negativo y optimizar los intercambios entre las empresas.

En el primer diseño de la tesis se propuso relevar todos los parques industriales, pero al identificar las empresas y actividad de los distintos parques, solo cuatro de los parques podrían tener diversidad de fuentes, usos y actividades y por lo tanto potencial de conversión a ecoparques, por lo que se hizo un estudio en profundidad en un parque industrial de Uruguay.

En el parque en estudio hubo interés y apertura para acceder a la información pero dependió de la disponibilidad de tiempo de cada empresa, acceso y procesamiento a la información. Por eso para el parque en estudio, se diseñó un formulario detallado de consumos y usos energéticos. Este formulario se utilizó en siete de las empresas y se ajustó para que puedan ser utilizado en otros parques. Para evaluar la aplicación de la metodología también se consultó el interés a los otros tres parques pero no se obtuvo respuesta. Por lo que, se mantuvo reuniones con dos zonas francas de Uruguay, donde si se identificó mayor acceso a usos y consumos energéticos con sistemas de control y monitoreo de la energía debido a ser empresas de alta especialización, pero similar a los parques industriales la interacción entre las empresas es baja.

En el caso del parque en estudio:

- Existen diferentes tamaños y rubros de actividad de las empresas dentro del parque. No hay relación directa entre las empresas, pero el gestor si trabaja temas en conjunto con todas.
- Las empresas tienen contratos de alquiler de largo plazo lo que facilita la relación entre las empresas y el gestor y la posibilidad de realizar medidas.
- Es dispar el acceso a la información y la gestión de la energía en las distintas empresas así como las personas encargadas de los energéticos, por eso el paso cero fue realizar el diagnóstico preliminar, no se hicieron mediciones de energía si de temperatura y de registro visual de equipos, complementado con análisis de datos UTE y gas natural.
- En algunos casos los costos energéticos no representan un valor importante en la estructura de costos de la empresa.
- Al tener un fuerte componente logístico la energía eléctrica es la fuente principal y los usos energéticos son asociados a servicios (iluminación, climatización de ambientes, transporte interno, calentamiento de agua y computadoras). Sin embargo tres empresas tienen el mayor consumo por conservación de alimentos (frío de proceso) y por producción de alimentos (diversos motores). El uso de otros energéticos está limitado a tres empresas, donde dos de ellas usan gas natural para la generación de vapor y una GLP para secado. Por lo que el potencial de aprovechamiento de calor residual entre empresas es limitado.

Debido a la matriz de generación eléctrica de Uruguay y al tipo de usos y consumos, los parques tienen una ventaja respecto a los estudios de otros países en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo más bajas que en parques donde la energía es producida casi en su totalidad con fuentes no renovables.

La implementación de un sistema de gestión de la energía del parque por parte de gestor colaboraría a reducir costos y consumos, sobre todo en empresas de menor tamaño que no cuentan con personas específicas trabajando en el tema. Se pueden además agrupar servicios, lo que disminuye las inversiones, permite seleccionar equipos eficientes y gestionar las horas de uso. Las

empresas de mayor tamaño y que siguen lineamientos internacionales pueden funcionar como embajadores de las otras empresas, apoyando en el diseño de indicadores y dando seguimiento en conjunto, haciendo que sus proveedores se instalen en el parque también y así generar simbiosis entre distintas empresas.

Similar a la energía es el caso de los residuos sólidos, la gestión en conjunto es una práctica que realizan zonas francas y algunos parques, se requiere del compromiso de las empresas para la preclasificación pero tiene la ventaja que al incorporar equipos compactadores y procesadoras en conjunto se disminuye volumen de los residuos y por tanto viajes. Estas gestiones tienen un costo también que las empresas deben asumir.

Dentro de las medidas analizadas el impacto en emisiones y económico es muy variable y diferente según se mire el parque en su conjunto o para las empresas individuales. Las medidas de mayor reducción de emisiones están asociadas solo a algunas empresas del parque y otras tienen períodos de repago largos aunque con inversiones bajas.

Como trabajos a futuro se podría, en caso que puedan contar con generación renovable en conjunto, diseñar escenarios para cubrir la demanda de energía eléctrica solo cuando la energía de la red no es renovable, pero implicaría comunicación instantánea con el despacho de carga y costos asociados a almacenamiento de energía frente a la variación pero permitiría menor almacenamiento que para generación renovable propia 100 %.

Se podría aplicar el formulario de diagnóstico a otros parques y ajustar para que sea una herramienta de seguimiento e indicadores, también a futuro en desarrollos de ciudades o barrios inteligentes. En ese caso se podría desarrollar algún modelo computacional tomando a los autores mencionados en la tesis con una combinación de sectores, usos, generación de energía.

En Uruguay, en el primer relevamiento el concepto de ecoparque no estaba identificado ni en los parques ni a nivel gubernamental. Sin embargo, en cuanto al marco regulatorio, ya se cuenta en el país con diversos instrumentos de promoción de inversiones, en particular vinculados a tecnologías limpias y eficiencia energética que podrían ser de aplicación para la incorporación

de medidas identificadas. Además se desarrolló un descuento comercial en la energía eléctrica consumida por las empresas instaladas en parques industriales, y se están haciendo cambios en la reglamentación que tiene que ver con los suscriptores que además tienen su propia generación de fuente renovable y almacenamiento de energía. Por lo tanto, ha habido en los últimos años actualizaciones reglamentarias que podrían contribuir a la aplicación de medidas de eficiencia energética del parque en conjunto.

El concepto de ecoparque industrial aún no está desarrollado de manera masiva y se repiten algunas barreras en el mundo, que van a más allá del beneficio económico o ambiental que puede obtener el parque en su conjunto. Anastasovski [63] en 2023 identifica las siguientes barreras: **1.**Regulación desactualizada (la reglamentación que no contempla a los ecoparques y posibilidad de intercambios de energía entre empresas y el barrio). **2.**La gestión depende de la ubicación geográfica del parque, la homogeneidad de empresas y la necesidad de interacción entre ellas.**3** Además de la incertidumbre a que surjan costos ocultos, la dificultad para compartir datos, confiabilidad en el ahorro a obtener y que en realidad aumente el trabajo de cada una de las empresas. Por lo que concluye que es necesario que exista un centro de control de la energía del parque.

Para el desarrollo de los ecoparques es necesario conocer el interés de las empresas en instalarse en los parques industriales, la permanencia en los mismos, la apertura a compartir datos y permitir el acceso a la gestión. Si bien hay medidas de eficiencia energética que tendrían aplicación en todos los parques no existen ahorros globales que se puedan reportar, sin hacer el relevamiento energético particular para cada parque, ya que son variados en cuanto a tamaño y tipos de empresas y la escala de los proyectos en otros países no es comparable con Uruguay.

La incorporación de ecoparques industriales podría ser una herramienta para la descarbonización de la industria y la logística que permite con las mismas medidas beneficios en varias empresas a la vez, para esto se podrían ajustar algunas características de los sistemas de incentivos pero también sería necesario el apoyo en recursos y en capacidades para el diagnóstico e implementación.

# Referencias bibliográficas

1. UNIDO. Pautas para el establecimiento de parques industriales en los países en desarrollo. Nueva York/Viena: ONUDI/Naciones Unidas, 1979 :107
2. Scarone Delgado C. El Parque Tecnológico Industrial del Barrio Cerro. Santiago de Chile, 2003
3. International Association of Science Parks and Areas of Innovation. IASP - Definitions. Disp. desde: <https://www.iasp.ws/our-industry/definitions> (visitado 22-07-2023)
4. Vidová J. Industrial parks-history, their present and influence on employment. *Národohospodářský obzor* 2010; X:41-58. Disp. desde: [http://is.muni.cz/do/1456/soubory/aktivita/obzor/6182612/12878341/Industrial%7B%5C\\_%7Dparks%7B%5C\\_%7D-%7B%5C\\_%7Dhistory%7B%5C\\_%7D%7B%5C\\_%7Dtheir%7B%5C\\_%7Dpresent%7B%5C\\_%7Dand%7B%5C\\_%7Dinfluence%7B%5C\\_%7Don%7B%5C\\_%7Demployment.pdf](http://is.muni.cz/do/1456/soubory/aktivita/obzor/6182612/12878341/Industrial%7B%5C_%7Dparks%7B%5C_%7D-%7B%5C_%7Dhistory%7B%5C_%7D%7B%5C_%7Dtheir%7B%5C_%7Dpresent%7B%5C_%7Dand%7B%5C_%7Dinfluence%7B%5C_%7Don%7B%5C_%7Demployment.pdf)
5. Instituto Español de Comercio Exterior. PARQUES INDUSTRIALES Y TECNOLÓGICOS DEL SUR DE CHINA. Inf. téc. Cantón: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Cantón, 2011 :90
6. Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales (ILDIS) y Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador (CENDES). Parques industriales en América Latina. Ed. por Dobry E. 1era. edic. Bogotá, 1979
7. Puerto Libre — Ministerio de Economía y Finanzas. Disp. desde: <https://www.gub.uy/ministerio-economia-finanzas/politicas-y-gestion/puerto-libre> (visitado 30-07-2023)
8. Ley N° 15921. Disp. desde: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15921-1987> (visitado 30-07-2023)
9. Lowe EA. Eco-industrial parks: A handbook. Manila, 1997

10. ONUDI; Banco Mundial; GIZ. An International Framework for Eco-Industrial Parks. December. Washington, D.C.: The World Bank Group, 2017 :34. DOI: [10.1596/29110](https://doi.org/10.1596/29110)
11. Chertow MR. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment* 2000; 25:313-37. DOI: [10.1146/annurev.energy.25.1.313](https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313)
12. Objetivos de Desarrollo Sostenible — Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo. Disp. desde: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals> (visitado 04-08-2023)
13. World Bank Group, United Nations G. Circular Economy in Industrial Parks : Technologies for Competitiveness. Washington, D.C.: International Bank for Reconstruction y Development / The World Bank, 2021 :152
14. Kechichian E y Jeong MH. Mainstreaming Eco-Industrial Parks. Inf. téc. July. World Bank y Korean Industrial Complex Corporation, 2016 :35
15. Massard G, Jacquat O y Zürcher D. International survey on eco-innovation parks. Learning from experiences on the spatial dimension of eco-innovation. *Environmental studies* 2014 :310. Disp. desde: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01756/index.html?lang=en>
16. Boix M, Montastruc L, Azzaro-Pantel C y Domenech S. Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: A literature review. *Journal of Cleaner Production* 2015; 87:303-17. DOI: [10.1016/j.jclepro.2014.09.032](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.032). Disp. desde: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.032>
17. Afshari H, Farel R y Peng Q. Challenges of value creation in Eco-Industrial Parks (EIPs): A stakeholder perspective for optimizing energy exchanges. *Resources, Conservation and Recycling* 2018; 139:315-25. DOI: [10.1016/j.resconrec.2018.09.002](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.002). Disp. desde: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.002>
18. Mousqué F, Boix M, Montastruc L, Domenech S y Négny S. Optimal Design of Eco-Industrial Parks with coupled energy networks addressing Complexity bottleneck through an Interdependence analysis. *Computers and Chemical Engineering* 2020; 138. DOI: [10.1016/j.compchemeng.2020.106859](https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.106859)

19. Boix M, Négny S, Montastruc L y Mousqué F. Flexible networks to promote the development of industrial symbioses: A new optimization procedure. *Computers and Chemical Engineering* 2023; 169. DOI: [10.1016/j.compchemeng.2022.108082](https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2022.108082)
20. Balance Energético Nacional. Disp. desde: <https://ben.miem.gub.uy/balance.php> (visitado 12-08-2023)
21. Ministerio de Industria Energía y Minería (MIEM). Encuesta de consumos energéticos del sector industrial. Disp. desde: <https://eci.miem.gub.uy/> (visitado 12-12-2023)
22. Balance Nacional de Energía Útil del Sector Industrial. Inf. téc. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2020. Disp. desde: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/datos-y-estadisticas/estadisticas/balance-nacional-energia-util-del-sector-industrial-datos-2016>
23. IEA. World Energy Balances Highlights. 2023. Disp. desde: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances-highlights> (visitado 02-01-2024)
24. DNE - Eficiencia Energetica - Línea de asistencia para Eficiencia Energética (LAEE). Disp. desde: <https://www.eficienciaenergetica.gub.uy/linea-de-asistencia-para-eficiencia-energetica-lae-> (visitado 04-02-2024)
25. Blanco A, Asturias J y Gonzalez F. Manual de Balances Energía Útil 2017. 2da edició. Quito: OLADE, 2017 :1-186. Disp. desde: <https://www.olade.org/publicaciones/manual-de-balances-de-energia-util-2017/>
26. Zhao C, Zhang G y Lv J. Application of Energy-Carbon Flow Charts in High-Tech Industrial Park. *Procedia Engineering* 2017; 205:389-96. DOI: [10.1016/j.proeng.2017.10.388](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.388). Disp. desde: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.388>
27. Zhang Y, Wang X, He J, Xu Y y Pei W. Optimization of distributed integrated multi-energy system considering industrial process based on energy hub. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy* 2020; 8:863-73. DOI: [10.35833/MPCE.2020.000260](https://doi.org/10.35833/MPCE.2020.000260)
28. Hernández L, Baladrón C, Aguiar JM, Carro B y Sánchez-Esguevillas A. Classification and clustering of electricity demand patterns in industrial parks. *Energies* 2012; 5:5215-28. DOI: [10.3390/en5125215](https://doi.org/10.3390/en5125215)

29. Fan Y, Qiao Q, Fang L y Yao Y. Emergy analysis on industrial symbiosis of an industrial park – A case study of Hefei economic and technological development area. *Journal of Cleaner Production* 2017; 141:791-8. DOI: [10.1016/j.jclepro.2016.09.159](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.159). Disp. desde: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.159>
30. Chae SH, Kim SH, Yoon SG y Park S. Optimization of a waste heat utilization network in an eco-industrial park. *Applied Energy* 2010; 87:1978-88. DOI: [10.1016/j.apenergy.2009.12.003](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.12.003). Disp. desde: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.12.003>
31. Mauri M, Elli T, Caviglia G, Uboldi G y Azzi M. RAWGraphs. *Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter*. New York, NY, USA: ACM, 2017 :1-5. DOI: [10.1145/3125571.3125585](https://doi.org/10.1145/3125571.3125585). Disp. desde: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3125571.3125585>
32. URSEA - Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua. Productos autorizados para Eficiencia Energética. Disp. desde: <http://ursea.gub.uy/URSEA-web/pages/productos.xhtml> (visitado 13-03-2024)
33. Intendencia de Montevideo. — Normativa Departamental. Disp. desde: <https://normativa.montevideo.gub.uy/armado/82663> (visitado 17-03-2024)
34. Intendencia de Montevideo. Viajes en Montevideo (encuesta origen-destino 2016) — Datos abiertos ambientales. Disp. desde: <https://montevidata.montevideo.gub.uy/movilidad/viajes-en-montevideo-encuesta-origen-destino-2016%7B%5C#%7Dparagraph-139> (visitado 03-07-2024)
35. Inthamoussu J, Schroeder S y Vignolo G. Implementación de un Sistema de Vehículos Auto-guiados en un Centro de Operaciones. Tesis de grado. FI, UdelaR, 2022. Disp. desde: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/31550>
36. Ministerio de Industria Energía y Minería (MIEM). DNE - Eficiencia Energética - Registro Voluntario de Viviendas Eficientes. Disp. desde: [https://www.eficienciaenergetica.gub.uy/visualizar-contenido/-/asset%7B%5C\\_%7Dpublisher/fnOFJTPAaHM7/content/registro-voluntario-para-viviendas-eficientes](https://www.eficienciaenergetica.gub.uy/visualizar-contenido/-/asset%7B%5C_%7Dpublisher/fnOFJTPAaHM7/content/registro-voluntario-para-viviendas-eficientes) (visitado 31-08-2024)

37. Picción A, Camacho M, López MN y Milicua S. Pautas de diseño bio-climático para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima complejo. 2009 :90. Disp. desde: <http://www.fadu.edu.uy/ic/presentacion/investigacion/area-de-clima-y-confort/>
38. Feng JC, Yan J, Yu Z, Zeng X y Xu W. Case study of an industrial park toward zero carbon emission. *Applied Energy* 2018; 209:65-78. DOI: [10.1016/j.apenergy.2017.10.069](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.069). Disp. desde: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.069>
39. Butturi MA, Sellitto MA, Lolli F, Balugani E y Neri A. A model for renewable energy symbiosis networks in eco-industrial parks. *IFAC-PapersOnLine* 2020; 53:13137-42. DOI: [10.1016/j.ifacol.2020.12.2504](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2504). Disp. desde: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2504>
40. Theo WL, Lim JS, Wan Alwi SR, Mohammad Rozali NE, Ho WS y Abdul-Manan Z. An MILP model for cost-optimal planning of an on-grid hybrid power system for an eco-industrial park. *Energy* 2016; 116:1423-41. DOI: [10.1016/j.energy.2016.05.043](https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.043)
41. Ministerio de Energía de Chile. Reporte de costos de adjudicación Programa Techos Solares Públicos: Licitaciones 2015-2018. 2018. Disp. desde: <http://www.minenergia.cl/techossolares/wp-content/uploads/2017/04/Reporte-de-Costos-de-Adjudicacion-marzo2018.pdf>
42. Ramasamy V, Zuboy J, Shaughnessy EO, Feldman D, Desai J, Woodhouse M, Basore P, Margolis R, Ramasamy V, Zuboy J, Shaughnessy EO, Feldman D, Desai J, Woodhouse M, Basore P y Margolis R. U.S. Solar Photovoltaic System and Energy Storage Cost Benchmarks, With Minimum Sustainable Price Analysis: Q1 2023. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP7A40-87303 2023. Disp. desde: <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/87303.pdf>
43. Mandys F, Chitnis M y Silva SRP. Levelized cost estimates of solar photovoltaic electricity in the United Kingdom until 2035. *Patterns* 2023; 4:100735. DOI: [10.1016/j.patter.2023.100735](https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100735). Disp. desde: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100735>

44. IRENA. Renewable power generation costs in 2022. Inf. téc. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023 :69. Disp. desde: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA%7B%5C\\_%7DRenewable%7B%5C\\_%7Dpower%7B%5C\\_%7Dgeneration%7B%5C\\_%7Dcosts%7B%5C\\_%7Din%7B%5C\\_%7D2022.pdf?rev=cccb713bf8294cc5bec3f870e1fa15c2](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA%7B%5C_%7DRenewable%7B%5C_%7Dpower%7B%5C_%7Dgeneration%7B%5C_%7Dcosts%7B%5C_%7Din%7B%5C_%7D2022.pdf?rev=cccb713bf8294cc5bec3f870e1fa15c2)
45. Suárez RA, Abal G, Musé P y Siri R. Satellite-derived Solar Irradiation Map for Uruguay. Energy Procedia 2014; 57:1237-46. DOI: [10.1016/j.egypro.2014.10.072](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.072). Disp. desde: <http://les.edu.uy/online/msuv2/%20https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876610214014398>
46. Philipps S y Warmuth W. Photovoltaics Report. Inf. téc. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE Projects GmbH ©Fraunhofer, 2023 :17. Disp. desde: <https://www.statista.com/statistics/483609/solar-pv-installations-cumulative-share-worldwide-by-region/>
47. Fitzgerald P, Therkelsen P, Sheaffer P y Rao P. Deeper and persistent energy savings and carbon dioxide reductions achieved through ISO 50001 in the manufacturing sector. Sustainable Energy Technologies and Assessments 2023; 57:103280. DOI: [10.1016/j.seta.2023.103280](https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103280). Disp. desde: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103280>
48. Felicio M, Amaral D, Esposto K y Gabarrell Durany X. Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems. Journal of Cleaner Production 2016; 118:54-64. DOI: [10.1016/j.jclepro.2016.01.031](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.031)
49. Tikhanov E, Krivorotov V, Kalina A y Erypalov S. Model of eco-industrial park development as a tool for fostering energy efficient economy. E3S Web of Conferences 2016; 6. DOI: [10.1051/e3sconf/20160603005](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160603005)
50. Festel G y Würmseher M. Benchmarking of energy and utility infrastructures in industrial parks. Journal of Cleaner Production 2014; 70:15-26. DOI: [10.1016/j.jclepro.2014.01.101](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.101). Disp. desde: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.101>
51. INIA. Banco datos agroclimáticos. Disp. desde: <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico> (visitado 25-03-2024)

52. Ministerio de Ambiente. Uruguay + Circular: Plan Nacional de Gestión de Residuos 2022-2032. Montevideo, Uruguay, 2021
53. Frighetto S, Souza H, Gampert L, Maria C, Azevedo N, Maria S y Pires M. Decontamination of CCA-treated eucalyptus wood waste by acid leaching. *Waste Management* 2016; 49:253-62. DOI: [10.1016/j.wasman.2016.01.031](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.031). Disp. desde: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.031>
54. Janin A, Mercier G y Drogui P. Optimization of a chemical leaching process for decontamination of CCA-treated wood. 2020; 169:136-45. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2009.03.064](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.064)
55. Bosmans A, Auweele MV, Govaerts J y Helsen L. Exergy analysis of the Chartherm process for energy valorization and material recuperation of chromated copper arsenate ( CCA ) treated wood waste. *Waste Management* 2011; 31:705-13. DOI: [10.1016/j.wasman.2010.12.001](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.12.001). Disp. desde: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.12.001>
56. Ley N° 18597. Disp. desde: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18597-2009> (visitado 09-04-2024)
57. ANDE. Programa Oportunidades circulares. Disp. desde: <https://www.ande.org.uy/opportunidades-circulares-2023-landing.html> (visitado 10-04-2024)
58. MIEM;MA;MGAP;ONUDI;FMAM. Proyecto Biovalor. Disp. desde: <https://biovalor.gub.uy/> (visitado 10-04-2024)
59. CEMPRE. Compromiso de residuos. Disp. desde: <https://compromiso.cempre.org.uy/proyectos> (visitado 10-04-2024)
60. CIU;AHK. Impulsa Verde. Disp. desde: <https://impulsaverde.com.uy/> (visitado 10-04-2024)
61. MIEM. Fondo Industrial (FI). Disp. desde: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/politicas-y-gestion/programas/fondo-industrial> (visitado 13-04-2024)
62. Decreto N° 116/014. Disp. desde: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/116-2014> (visitado 12-04-2024)

63. Anastasovski A. What is needed for transformation of industrial parks into potential positive energy industrial parks? A review. *Energy Policy* 2023; 173:113400. DOI: [10.1016/j.enpol.2022.113400](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113400). Disp. desde: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113400>
64. Uruguay XXI. Parques Industriales 2023 - Centro de información. Disp. desde: <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/centro-informacion/articulo/parques-industriales-2023/> (visitado 06-08-2023)
65. Saikku L. ECO-INDUSTRIAL PARKS : A background report for the eco-industrial park project at Rantasalmi. 2006 :47
66. LeBlanc R, Tranchant C, Gagnon Y y Côté R. Potential for eco-industrial park development in Moncton, New Brunswick (Canada): A comparative analysis. *Sustainability (Switzerland)* 2016; 8:1-18. DOI: [10.3390/su8050472](https://doi.org/10.3390/su8050472)
67. Tessitore S, Daddi T e Iraldo F. Eco-industrial parks development and integrated management challenges: Findings from Italy. *Sustainability (Switzerland)* 2015; 7:10036-51. DOI: [10.3390/su70810036](https://doi.org/10.3390/su70810036)
68. Erkman, Suren;Van Hezik C. Global assessment of eco-industrial parks in developing and emerging countries. Inf. téc. Viena: UNIDO, 2016 :24
69. UNIDO. Manual de implementación para parques eco-industriales. 2017 :50. Disp. desde: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-05/UNIDO%20Eco-Industrial%20Park%20Handbook%7B%5C\\_%7DSpanish.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-05/UNIDO%20Eco-Industrial%20Park%20Handbook%7B%5C_%7DSpanish.pdf)
70. Leal J. Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. Inf. téc. Santiago de Chile: Naciones Unidas y CEPAL, 2005 :82

# APÉNDICES

# Apéndice 1

## Formularios y cálculos

### 1.1. Formularios cortos en línea

# Formulario para administradores del parque/zona franca

## 1. Nombre del parque

*Selecciona todos los que correspondan.*

- 1. Plaza Industrial S.A "Zona Este"
- 2. Parque Industrial Juan Lacaze
- 3. Parque industrial Paysandú
- 4. Parque tecnológico e industrial del Cerro
- 5. Parque Industrial de Pando
- 6. Parque Industrial Polo Logístico Ruta 5
- 7. Parque Productivo Uruguay
- 8. Parque Agroindustrial "Alto Uruguay"
- 9. Parque Industrial Las Piedras
- 10. Parque Científico Tecnológico de Pando
- 11. Parque de las Ciencias - zona franca
- 12. Zonamerica - zona franca

## 2. Propiedad del parque

*Marca solo un óvalo.*

- Público
- Privado
- Público - Privado

## 3. Administrador del parque

Razón social o institución administradora del parque

---

## 4. Cargo persona

Cargo de persona que completa el formulario en el parque

---

## 5. Motivos para la instalación del parque

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Beneficios económicos del Estado
- Servicios en la localización
- Posibles empresas a instalarse
- Ley de parques industriales
- Recomendaciones de organismos públicos
- Acuerdos con Intendencia

## 6. Fecha de construcción

---

*Ejemplo: 7 de enero del 2019*

## 7. Servicios ofrecidos por el parque

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Caminería de acceso e interna
- Red de energía eléctrica para la instalación de empresas
- Acceso al agua
- Sistemas básicos de telecomunicaciones
- Sistemas de tratamiento de residuos sólidos
- Sistemas de tratamiento de efluentes
- Alumbrado en caminería
- Espacios comunes: oficinas, comedores, etc
- Servicios: Gestoría, trámites frente a organismos, autorizaciones ambientales
- Asistencia técnica y/o capacitaciones
- Otro: \_\_\_\_\_

## 8. Se encuentra operativo

Marca solo un óvalo.

- Sí    *Salta a la pregunta 9*
- No    *Salta a la pregunta 11*
- Está previsto su comienzo en breve
- Otro: \_\_\_\_\_

## Parques operativos

## 9. Cantidad de empresas instaladas

\_\_\_\_\_

## 10. Espacios disponibles

\_\_\_\_\_

## Parques no operativos

## 11. Razones por las que aún no está operativo

*Selecciona todos los que correspondan.*

- No hay interés de las empresas en instalarse
- Aún se están desarrollando obras
- El negocio no funcionó como se pensó
- Cuestiones coyunturales para instalación de empresas extranjeras
- El apoyo brindado por el Estado a los administradores de los parques no es suficiente
- Los incentivos a las empresas no son suficientes
- El adicional de la ley de promoción de inversiones no es suficiente para que se instalen en los parques
- Las zonas francas pueden ser una opción más atractiva para empresas exportadoras
- El desarrollo local donde está instalado el parque no es el adecuado
- Los requisitos para instalarse en el parque son muy exigentes

## 12. Espacios disponibles

---

## Sobre servicios ofrecidos

## 13. Entiende que puede ser una ventaja ofrecer servicios en relación a

*Marca solo un óvalo por fila.*

	Si	No
<b>Energía</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Residuos</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Auditorías de mejora de operación</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Gestión ambiental y energética</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Certificaciones</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Capacitaciones</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 14. Tiene la posibilidad de realizarlo

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- Tal vez

15. Conoce el concepto de eco parques industriales

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- Solo de nombre no si tiene beneficios

16. ¿Considera posible la gestión de energía y/o residuos de las empresas?. ¿Cuál sería el rol desde la administración del parque?

---

---

---

---

---

## 17. Conoce estos instrumentos de promoción

Marca solo un óvalo por fila.

	Si	No	Apenas conocido
<b>Ley de promoción de inversiones - Indicador de producción más limpia</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Diagnósticos energéticos (LAEE)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Certificados de eficiencia energética</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Economía Circular (Biovalor, ANDE)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Beneficios en la tarifa eléctrica</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Fondos internacionales de Cambio climático para el sector privado (Fondo Verde, GEF, BID Invest)</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

## Formulario empresas en parque

1. Correo \*

---

2. Nombre de la empresa

---

3. Cargo persona

---

4. Nombre del parque donde se encuentra la industria

*Selecciona todos los que correspondan.*

- 1. Plaza Industrial S.A "Zona Este"
- 2. Parque Industrial Juan Lacaze
- 3. Parque industrial Paysandú
- 4. Parque tecnológico e industrial del Cerro
- 5. Parque Industrial de Pando
- 6. Parque Industrial Polo Logístico Ruta 5
- 7. Parque Productivo Uruguay
- 8. Parque Agroindustrial "Alto Uruguay"
- 9. Parque Industrial Las Piedras
- 10. Parque Científico Tecnológico de Pando
- 11. Parque de las Ciencias - zona franca
- 12. Zonamérica - zona franca
- Otro: 

---

## 5. Sector de actividad

Marca solo un óvalo.

- Industria      *Salta a la pregunta 6*
- Comercial y Servicios      *Salta a la pregunta 7*

## Industria

## 6. Rama de actividad - Industrias manufactureras

Selecciona todos los que correspondan.

- Elaboración de productos alimenticios
- Elaboración de bebidas
- Elaboración de productos de tabaco
- Fabricación de productos textiles
- Confección de prendas de vestir
- Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles
- Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería
- Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón
- Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales
- Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles
- Fabricación de sustancias y productos químicos
- Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico
- Fabricación de productos de caucho y de plástico
- Fabricación de otros productos minerales no metálicos
- Fabricación de productos metalúrgicos básicos
- Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
- Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos
- Fabricación de aparatos y equipo eléctrico
- Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.
- Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
- Fabricación de otros tipos de equipo de transporte
- Fabricación de muebles, colchones y somieres
- Instalación, mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipo

*Salta a la pregunta 8*

## Servicios

### 7. Rama de actividad - Servicios

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Transporte, almacenamiento y comunicaciones (incluye Almacenamiento y depósito (silos, almacenes para mercancías, cámaras frigoríficas, almacenamiento en zonas francas, etc..)
- Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
- Captación, tratamiento y distribución de agua
- Evacuación y tratamiento de aguas residuales
- Recolección, tratamiento y disposición de desechos, recuperación de materiales
- Actividades de saneamiento ambiental y otros servicios de gestión de desechos
- Telecomunicaciones
- Desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas), consultoría informática y actividades relacionadas
- Actividades de servicios de información
- Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y de pensiones
- Seguros (incluso el reaseguro), seguros sociales y fondos de pensiones, excepto la seguridad social
- Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros
- Actividades inmobiliarias
- Actividades jurídicas y de contabilidad
- Actividades de administración empresarial; actividades de consultoría de gestión
- Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos
- Investigación científica y desarrollo
- Publicidad y estudios de mercado
- Otras actividades profesionales, científicas y técnicas
- Actividades veterinarias
- Actividades de alquiler y arrendamiento
- Actividades de empleo
- Actividades de las agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reserva y actividades relacionadas
- Actividades de seguridad e investigación privada
- Actividades de servicios a edificios y paisajismo (jardines, zonas verdes)
- Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras actividades de apoyo a las empresas
- Otro: \_\_\_\_\_

*Salta a la pregunta 8*

### Sobre la empresa

## 8. Tamaño de empresa

*Marca solo un óvalo.*

- Micro
- Pequeña
- Mediana
- Grande

## 9. Cantidad de empleados

*Marca solo un óvalo.*

- De 1 a 4
- De 5 a 19
- De 20 a 99
- Más de 100

## 10. Inversión de la empresa

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Fondos propios de inversores locales
- Fondos propios de inversores extranjeros
- Préstamos de inversores locales
- Préstamos de inversores extranjeros
- Reinversión de utilidades
- Fondos de terceros locales
- Fondos de terceros extranjeros

## 11. Fecha de instalación en el parque

*Ejemplo: 7 de enero del 2019*

---

## 12. Modalidad de instalación en el parque

*Selecciona todos los que correspondan.*

	Compra	Alquiler
<b>Terreno</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Construcción</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 13. Motivo de instalación en el parque (puede marcar más de uno)

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Beneficios económicos
- Localización
- Servicios ofrecidos por el parque/zona
- Sinergias con otras empresas instaladas
- Costo de terreno o nave industrial
- Es propietario de parque
- Otro: \_\_\_\_\_

## 14. Proceso

Histórico de modalidad de producción/almacenamiento

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Continuo anual
- Continuo zafra (se relevará período de zafra)
- Batch (se relevará modalidad de producción en meses y años)

## Energía

- Inventario de equipos consumidores de electricidad y de combustibles en excel
- Patrones de uso diario, semanal u otro período.
- Consumos específicos de energía y eficiencias
- Indicadores de consumo

## 15. Usos

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Cogeneración
- Generación de vapor
- Calentamiento de agua
- Calor directo
- Climatización de ambientes
- Cocción
- Fuerza motriz
- Frío de proceso (refrigeración y/o congelado)
- Iluminación
- Transporte interno
- Electroquímicos
- Usos no productivos

## 16. Tecnologías

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Generador de vapor
- Caldera de agua caliente
- Calefones usos productivos
- Bombas de calor para calentamiento agua
- Calderas de fluido térmico
- Calentadores
- Hornos
- Secaderos
- Reactores
- Motores
- Turbina
- Bombas hidráulicas o eléctricas
- Compresores
- Ventiladores
- Prensa
- Molino
- Chiller
- Bombas de calor tipo split
- Autoelevadores
- Cintas transportadoras
- Procesos electroquímicos
- Otros equipos servicios (calefón, AA, estufa, PC)

## 1.2. Formulario relevamiento energético empresas

A continuación se muestra el formato de la encuesta utilizada para el relevamiento de las empresas dentro del parque

**Tabla 1.1: Energía eléctrica**

Celdas en gris son listas desplegables para seleccionar		Celdas en naranja son para completar con valores											
		Agregar filas en cada uso si cuenta con más tipos de equipos											
<b>Energía eléctrica</b>													
Tipo de tarifa	<input type="text" value="GC1"/>												
Potencia contratada valle - llano (kW)	<input type="text"/>												
Potencia contratada pico (kW)	<input type="text"/>												
Energía eléctrica (kWh) anual	<input type="text"/>												
2018	<input type="text"/>												
2019	<input type="text"/>												
2020	<input type="text"/>												
2021	<input type="text"/>												
2021	<input type="text"/>												
2022	<input type="text"/>												
Energía eléctrica 2022 (kWh)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Punta	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Valle	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Llano	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Tabla 1.2:** Usos de energía eléctrica

kW		potencia	horas de uso	horario de uso	cantidad	días al mes	variador de velocidad	Carga	Frecuencia
Fuerza motriz	Motores						Arrancador suave		
Fuerza motriz	Motores						Estrella-triángulo		
Fuerza motriz	Motores						Arrancador suave		
Fuerza motriz	Motores								
Fuerza motriz	Motores								
Fuerza motriz	Motores								
Fuerza motriz	Molino								
Fuerza motriz	Compresores								
Fuerza motriz	Compresores								
kW		potencia	horas de uso	horario de uso	cantidad	días al mes			
Frío de proceso	Chiller								
Frío de proceso	Chiller								
Frío de proceso	Bombas de calor tipo split								
Electroquímicos	Procesos electroquímicos								
		potencia	horas de uso	horas de carga	Cantidad (si son iguales)	Días al mes			
Transporte interno	Autoelevadores								
Transporte interno	Autoelevadores								
		potencia	horas de uso	horario de uso	Cantidad	Días al mes			
Usos no productivos	Otros equipos servicios (calefón, AA, estufa, PC)						AA XX BTU		
Usos no productivos	Otros equipos servicios (calefón, AA, estufa, PC)						PC		
Usos no productivos	Otros equipos servicios (calefón, AA, estufa, PC)								
		potencia	horas de uso	horario de uso	Cantidad	Días del mes			
Iluminación	LED						Exterior		
Iluminación	LED						Oficinas		
Iluminación	LED						Planta		

**Tabla 1.3:** Combustibles fósiles

Tipo de combustible	Gasoil	Gas natural										
Consumo												
2018												
2019												
2020												
2021												
2021												
2022												
		2022										
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre

**Tabla 1.4:** Usos combustibles fósiles

	presión de vapor	horas de uso	horario de uso	producción kg/h	consumo de energía	unidades	temperatura vapor producido	temperatura agua de alimentación	temperatura humos de chimenea	temperatura de agua recuperación
Generación de vapor	Generador de vapor									
	potencia	horas de uso	horario de uso	presión de trabajo	Fluido a calentar	producción kg/h	Temperatura entrada fluido	Temperatura salida fluido		
Calentamiento de agua										
Calor directo										
Equipos de calor										
	potencia	horas de uso	horario de uso							
Transporte interno	Autoelevadores									
Transporte interno	Autoelevadores									

**Tabla 1.5:** Datos indicadores

	Temperatura promedio °C	Toneladas producidas	Consumo GN	Consumo EE
Ene-22	23			
Feb-22	22			
Mar-22	21			
Abr-22	17			
May-22	14			
Jun-22	11			
Jul-22	10			
Ago-22	12			
set-22	13			
Oct-22	16			
Nov-22	18			
Dic-22	21			

## 1.3. Informe empresas

Informe 2023 elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de tesis de maestría en ingeniería de la energía

### Relevamiento energético de la empresa XXX

Este breve informe recoge las principales características energéticas de XXX. Fue elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de la tesis de la maestría en Ingeniería de la Energía.

Este informe es de uso exclusivo de la empresa.

Empresa: XXX

Fechas de visita e intercambios:

- 17/05/2023 intercambio telefónico con XXX
- 23/05/2023 visita presencial
- 30/05/2023 intercambio vía mail de información
- 02/06/2023 visita presencial con XXX y relevamiento
- 05/06/2023 envío de información relevada con imágenes de cámara termográfica y datos principales a XXX
- 07/07/2023 visita presencial con XXX
- 29/08/2023 envío de información y consulta de consumos

Energéticos: La empresa consume energía eléctrica y gas natural. Se abastece de la red eléctrica.

Los datos de consumo de energía eléctrica fueron provistos por la empresa mediante las facturas de UTE y la aplicación web. Se relevaron equipos en las áreas de oficinas, recorrido por la planta y se complementó con información provista por la empresa para los otros equipos.

### Energía eléctrica

Tipo de tarifa	XX
Potencia contratada valle - llano (kW)	XX
Potencia contratada punta (kW)	XX
Tensión, transformador a 380	XX
Fases	XX

### Consumo XX 2022–kWh

Valle (00:00 a 07:00 h)	XX
Llano (07:00 a 18:00 y de 22:00 a 24:00 h)	XX
Punta (18 a 22 h)	XX

Cargos tarifa eléctrica desde julio 2023 – pliego UTE <https://www.ute.com.uy/clientes/mi-factura/precios-actuales>

Informe 2023 elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de tesis de maestría en ingeniería de la energía

MC2	Nivel de tensión kV	Precio de energía \$/kWh			Potencia máxima medida \$/kW u 85%			Cargo fijo mensual \$
		Valle	Llano	Punta	Valle	Llano	Punta	
Precio sin IVA	15	2,261	4,706	7,29	30	159,9	192,7	870
Costo anual \$		XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX

En la tarifa MC2 a partir del 01/07/2023 la potencia de facturación las potencias de facturación serán tres, en forma independiente por cada tramo horario (Punta, Llano y Valle); serán iguales a las mayores entre la potencia máxima mensual medida en cada tramo, durante las dos fechas tomadas en cuenta para el cálculo de la factura mensual, y el 85% de la potencia contratada en el tramo horario respectivo.

En el caso de XX hasta marzo 2023 se facturó por potencia leída ya que alcanzó los XX kW, desde julio 2023 se factura por XX kW el 85%.

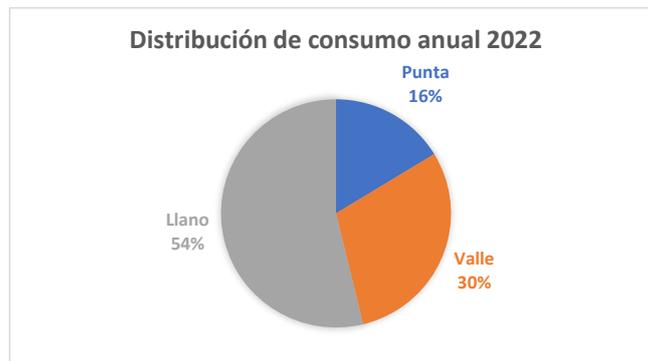


Gráfico 1 - Consumo de electricidad de la red 2022 por tramo horario. Elaboración propia datos UTE

Informe 2023 elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de tesis de maestría en ingeniería de la energía

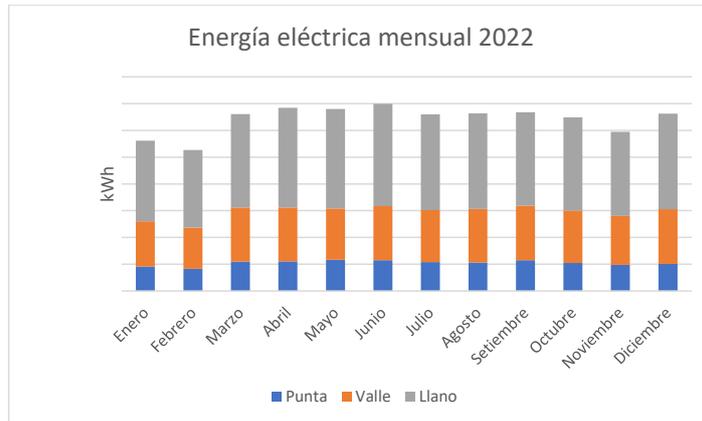


Gráfico 2 - Energía eléctrica mensual por tramo. Elaboración propia datos UTE

Los meses de mayor consumo corresponden de abril, mayo, junio y diciembre. Con mayor aumento en tramo llano.

#### Consumo red eléctrica horario diario kWh

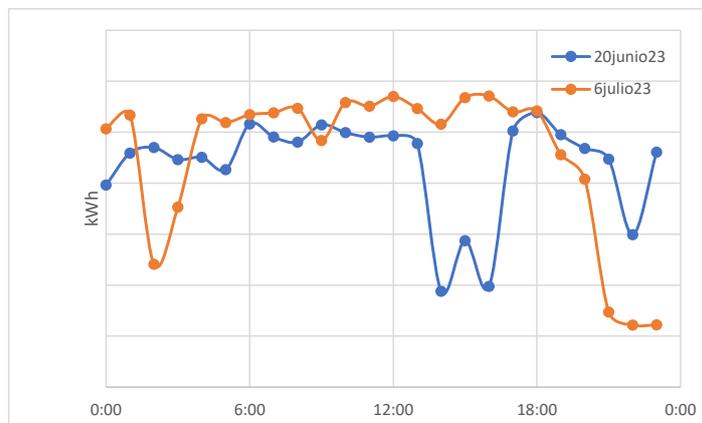


Gráfico 3-Consumo horario del día 20/06/23 y 06/07/23. Elaboración propia datos UTE

A través de la web de UTE es posible conocer el consumo de energía eléctrica cada 15 minutos. En el gráfico 3 se representa el consumo horario de dos días de 2023. Los picos de consumo se dan entre las XX y XX horas en un caso y hasta las XX horas. La demanda de energía por hora oscila entre XX y XX kWh por hora.

Por la forma de las curvas si hay diferencias en los horarios de encendido y apagado de los motores y compresores entre las XX y las XX horas.

Informe 2023 elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de tesis de maestría en ingeniería de la energía

### Usos energía eléctrica

En el Excel adjunto se identifican los equipos por uso, la potencia, horas y horario de uso para estimar las potencias pico por tramo horario y el consumo de energía por uso y por tramo horario de acuerdo a la información proporcionada por la empresa.

Potencia máxima calculada por uso (kW)

	2022
Fuerza motriz	XX
Frío de proceso	XX
Iluminación	XX
Transporte interno	XX
Otros servicios (Aires acondicionados, PC)	XX

Energía mensual media por uso (kWh) – se asume que los equipos de frío están operativos % del tiempo

	2022
Fuerza motriz	XX
Frío de proceso	XX
Iluminación	XX
Transporte interno	XX
Otros servicios (AA, PC)	XX

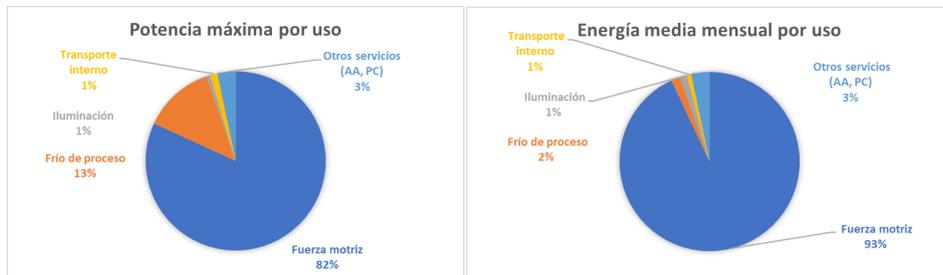


Gráfico 4-Potencia instalada por uso 2022, peso relativo. Consumo de energía por uso, peso relativo. Elaboración propia

### Usos gas natural

La temperatura del tanque de retorno se encuentra entre XX y XX° y la temperatura de salida de chimenea en el entorno de los XX°. Temperatura de caldera XX°.

Informe 2023 elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de tesis de maestría en ingeniería de la energía

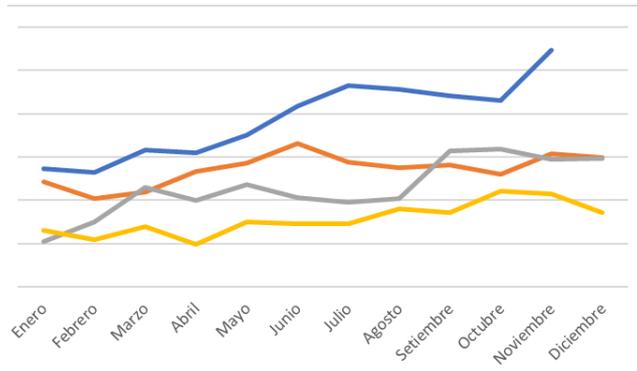


Gráfico 5-Consumo de gas natural. Elaboración propia facturación GN

Tal como se verá enseguida, el aumento de consumo está relacionado directamente con el aumento de producción.

#### Variables que afectan el consumo de energía

Las toneladas producidas es la variable que más afecta la demanda de energía eléctrica y de gas natural.

Si bien no es un ajuste con una correlación alta, de mayo a octubre se consigue la relación lineal:

$$y(\text{m}^3 \text{ gas}) = XX * (\text{toneladas mes}) + XX$$

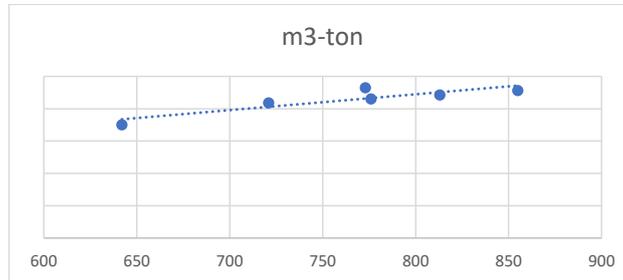


Gráfico 6-Relación mensual toneladas-m3 gas

En cuanto a la energía eléctrica también se puede establecer una relación directa con las toneladas totales producidas. Se eliminaron algunos puntos de los meses de invierno donde no había una correlación lineal.

$$y(\text{kWh mes}) = XX * x(\text{toneladas producidas ton}) + XX$$

Informe 2023 elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de tesis de maestría en ingeniería de la energía

## Recomendaciones de gestión de energía y eficiencia energética

### Sobre la tarifa de energía eléctrica

La potencia máxima leída es cercana a los XX kW, por debajo de la potencia contratada (XX kW), pero la facturación de potencia desde julio 2023 es por el 85% de la potencia (XX kW). Por el tipo de tarifa se puede contratar diferente por tramo horario. Siendo el horario de punta de 18 a 22 horas el de mayor costo de potencia se recomienda consultar con UTE para la baja de potencia en punta a XX kW de manera de mantener en llano la potencia igual a la máxima de los equipos ya que pueden ocurrir, sobre todo en picos de potencia. El ahorro económico por la baja de potencia en punta sería de alrededor de XX mil pesos. No siendo tan significativo, aunque conviene analizar ya que podría ser que se facture por el 85% de XX kW alcanzando ahorros mayores.

Además el costo de la energía en punta (18 a 22 horas) es 3 veces mayor que en la madrugada y 1,5 veces respecto al horario llano por lo que se sugiere desplazar todos los consumos que sean posibles de este horario.

### Usos de energía

El consumo de los equipos para fuerza motriz, XX son los de mayor consumo por lo que se sugieren mediciones específicas de los equipos, sobre todo para comparar respecto a potencia nominal ya que por los valores de potencia total medida y el factor de uso de acuerdo a los cálculos teóricos comparados con el consumo de energía eléctrica oscila entre un XX y XX%. En ese caso se podrían incorporar variadores de velocidad, o en el momento que se requiera un nuevo equipo que el mismo tenga incorporado el variador. También se podría analizar los procesos batch y cuales es mejor en continuo.

Si los compresores tienen pantallas de control, se sugiere consultar si se pueden obtener los datos de amperaje y voltaje como mínimo.

En cuanto a medidas operativas para el área de oficinas:

- Control de iluminación interna: Asegurar apagado de luces al retirarse de las oficinas.
- Encendido de luces exteriores con timer según horario de puesta de sol del mes del año.
- Seteo de temperatura de aires acondicionados en 21°C en invierno y 24°C en verano. Apagado en horario no laboral.
- Seteo de monitores para apagado automático después de minutos de inactividad. "Inicio >Configuración > System > Power & batería>pantalla y suspensión"

En el caso de la carga de los autoelevadores se recomienda realizar la carga en el horario de valle (00:00 a 07:00 h). Dependiendo el tipo de sistema de carga se podría configurar para que la carga comience luego de las 00 horas.

- Incorporar sensores para iluminación en lugares de bajo tránsito y lucernarios.
- Aislación de cañerías a planta
- Recuperación de condensado

En la compra de equipos por recambio:

Informe 2023 elaborado por Ing. Antonella Tambasco en el marco de tesis de maestría en ingeniería de la energía

- Analizar viabilidad al momento de recambio de motores y compresores incluir variadores de velocidad y tipo de refrigerante y eficiencia.
- Iluminación LED mayor a 100 lúmenes/watt
- Equipos acondicionadores de aire, para tamaños menores a 24.000 BTU/h, clase de eficiencia energética A y tecnología Inverter. En equipos de mayor tamaño solicitar datos de eficiencia (COP y EER o SCOP y SEER).
- Autoelevadores, solicitar información de consumo por hora, tipo de batería y vida útil de la misma.
- Si continúan incorporando equipamiento eficiente les recuerdo consultar los instrumentos del Ministerio de Industria, Energía y Minería como los Certificados de Eficiencia Energética: <https://www.eficienciaenergetica.gub.uy/certificados-de-eficiencia-energetica-cee->

#### **Indicadores**

Verificar con datos 2023 los nuevos indicadores así como del mantenimiento de las condiciones de los otros factores (equipos instalados, aislación de cañerías) para llevar control de si la curva de ajuste sigue funcionando.

Realizar mediciones adicionales de temperatura en la cámara de temperatura controlada para setear el equipo de acondicionamiento térmico.

#### **Residuos**

-Control de cantidad de viajes semanales. Posibilidades de compactación y reducción de viajes semanales. Es posible en función de los viajes estimar también el ahorro de combustible. Estas medidas son parte de las sugerencias de medidas del parque y no individuales.

#### **Generación renovable**

Si bien se está realizando en el marco de la tesis otro tipo de análisis en cuanto a la generación renovable, si se debe resaltar que el mayor consumo de la empresa es durante las horas de sol, si bien los meses de verano son los que coincide con el mayor índice de radiación solar y por tanto de generación renovable.

# 1.4. Hterm base

## Reporte Hterm

23/03/2024 21:30:49

V.17.12

Archivo: El cerramiento no fue guardado antes de ser exportado

### Sección 1 : Datos Cerramiento

- e -> Espesor [mm]
- ro -> Densidad [kg/m3]
- M -> Masa [Kg/m2]
- Lambda -> Conductividad térmica [W/(m.K)]
- Cp -> Calor específico [kJ/m2.K]
- R -> Resistencia térmica [m2.K/W]
- CT -> Capacidad térmica media [kJ/(m2.K)]
- delta -> Permeabilidad al vapor de agua [kg/m.s.Pa]
- Z -> Resistencia al vapor de agua [m2.s.Pa/kg]
- 1/Z -> Permeancia al vapor de agua [kg/m2.s.Pa]
- mu -> Factor de resistencia al vapor de agua
- Sd -> Espesor de aire equivalente Sd [m]
- OBS -> Observaciones:  
BDO: Material proveniente de la base de datos original.

	e	ro	M	Lambda	Cp	R	CT	delta	Z	1/Z	mu	Sd	OBS
Yeso (densidad 600)	15.0	600.0	9.0	0.18	1000.0	8.33E-02	9.0	1.98E-11	7.58E+08	1.32E-09	10.0		BDO
Cámara de aire no ventilada ..	40.0			8.33E-02	1008.0	0.48			5.05E+07	1.98E-08		1.00E-02	
Ladrillo de prensa	120.0	1600.0	192.0	0.81	1000.0	0.148	192.0	1.24E-11	9.70E+09	1.03E-10	16.0		BDO
Revoque (densidad 1800)	10.0	1800.0	18.0	1.0	1000.0	1.00E-02	18.0	9.90E-12	1.01E+09	9.90E-10	20.0		BDO

### Sección 2 : Condiciones base

- te -> Temperatura Exterior [°C]
- Hre -> Humedad relativa exterior [%]
- ti -> Temperatura Interior [°C]
- Hri -> Humedad relativa exterior [%]
- Rse -> Resistencia superficial exterior [m2.K/W]
- Rsi -> Resistencia superficial interior [m2.K/W]

te	Hre	ti	Hri	Rse	Rsi
12	85	18.0	80	0.04	0.25

Tipo de cerramiento: Cerramiento Vertical

# Reporte Hterm

23/03/2024 21:30:49

V.17.12

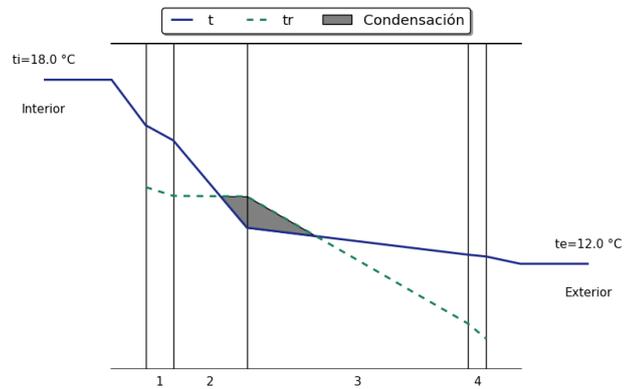
Archivo: El cerramiento no fue guardado antes de ser exportado

Zona A  
Bajo Norma

## Sección 3 : Gráfica Condensación

Plano	Temperatura [°C]	Temperatura rocío [°C]
In-1	16.52	14.5
1-2	16.02	14.21
2-3	13.18	14.2
3-4	12.3	10.05
4-Ex	12.24	9.56

Transmitancia Térmica: 1.12 W/m²K @ Rsi=0.13 m².K/W  
Masa: 219.0 Kg/m²  
Espesor: 0.185 m



# Reporte Hterm

23/03/2024 21:30:49

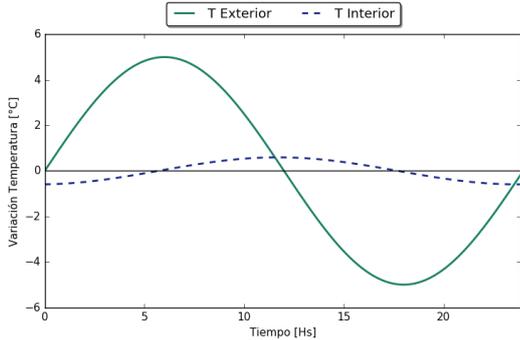
V.17.12

Archivo: El cerramiento no fue guardado antes de ser exportado

## Sección 4 : Gráfica Amortiguamiento

Factor de Amortiguación: 0.119

Retardo Térmico: 5.7 Hs



# 1.5. Hterm mejora

## Reporte Hterm

24/03/2024 09:32:00

V.17.12

Archivo: El cerramiento no fue guardado antes de ser exportado

### Sección 1 : Datos Cerramiento

e -> Espesor [mm]  
ro -> Densidad [kg/m3]  
M -> Masa [Kg/m2]  
Lambda -> Conductividad térmica [W/(m.K)]  
Cp -> Calor específico [kJ/m2.K]  
R -> Resistencia térmica [m2.K/W]  
CT -> Capacidad térmica media [kJ/(m2.K)]  
delta -> Permeabilidad al vapor de agua [kg/m.s.Pa]  
Z -> Resistencia al vapor de agua [m2.s.Pa/kg]  
1/Z -> Permeancia al vapor de agua [kg/m2.s.Pa]  
mu -> Factor de resistencia al vapor de agua  
Sd -> Espesor de aire equivalente Sd [m]  
OBS -> Observaciones:  
BDO: Material proveniente de la base de datos original.

	e	ro	M	Lambda	Cp	R	CT	delta	Z	1/Z	mu	Sd	OBS
Yeso (densidad 900)	15.0	900.0	13.5	0.3	1000.0	5.00E-02	13.5	1.98E-11	7.58E+08	1.32E-09	10.0		BDO
Cámara de aire no ventilada ..	40.0			8.33E-02	1008.0	0.48			5.05E+07	1.98E-08		1.00E-02	
Hormigon celular autoclave (...)	200.0	800.0	160.0	0.22	1000.0	0.909	160.0	1.98E-11	1.01E+10	9.90E-11	10.0		BDO
Revoque (densidad 1800)	6.0	1800.0	10.8	1.0	1000.0	6.00E-03	10.8	9.90E-12	6.06E+08	1.65E-09	20.0		BDO

### Sección 2 : Condiciones base

te -> Temperatura Exterior [°C]  
Hre -> Humedad relativa exterior [%]  
ti -> Temperatura Interior [°C]  
Hri -> Humedad relativa exterior [%]  
Rse -> Resistencia superficial exterior [m2.K/W]  
Rsi -> Resistencia superficial interior [m2.K/W]

te	Hre	ti	Hri	Rse	Rsi
10	85	18.0	80	0.04	0.25

Tipo de cerramiento: Cerramiento Horizontal

## Reporte Hterm

24/03/2024 09:32:00

V.17.12

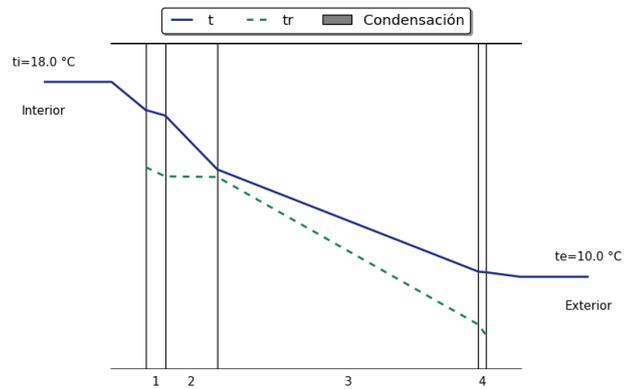
Archivo: El cerramiento no fue guardado antes de ser exportado

Zona A  
Bajo Norma

### Sección 3 : Gráfica Condensación

Plano	Temperatura [°C]	Temperatura rocío [°C]
In-1	16.85	14.5
1-2	16.62	14.12
2-3	14.4	14.1
3-4	10.21	8.04
4-Ex	10.18	7.6

Transmitancia Térmica: 0.63 W/m²K @ Rsi=0.1 m².K/W  
Masa: 184.3 Kg/m²  
Espesor: 0.261 m



# Reporte Hterm

24/03/2024 09:32:00

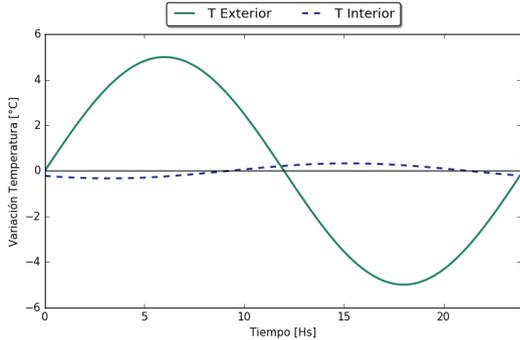
V.17.12

Archivo: El cerramiento no fue guardado antes de ser exportado

## Sección 4 : Gráfica Amortiguamiento

Factor de Amortiguación: 0.066

Retardo Térmico: 9.22 Hs



## 1.6. Cálculos medidas

Cafetería		Precio conecta sur							
No se contaba con los datos en detalle de la empresa más grande que podría ceder calor residual o vapor. Por lo que se calculó el costo de traslado de 50 metros y ahorro del 10% de GN en la empresa más chica 309 USD/m		Inversión (USD)	m3 año total empresa	tep año total	Ahorro energía anual (tep/año)	Ahorro emisiones (tCO2/año)	m3 gas natural ahorro	Ahorro anual (USD)	
		15.450	98.338,00	82	8,16	19,17	10.440		
<b>Agua caliente sanitaria para duchas</b>									
Energía mensual 100 Lt 1 descarga diaria kWh/mes (Ursea)	190								
2 descargas los 4 calefones kWh/mes	1520								
Energía por descarga de 200l (Ursea)	12,7								
$m \cdot cp \cdot \Delta T$	0,2*1000*50	10000							
Energía por descarga de 200l (kWh/descarga)	11,6								
COP ficha técnica	3,7								
Costo unitario calefón (USD)	350								
Costo unitario bomba de calor (USD)	3000	Inversión (USD)	Energía anual (kWh/año)	Energía anual (tep/año)	Emisiones (tCO2/año)	Costo energía valle (UYU/año)	Costo energía anual (USD)	Ahorro (USD)	
		4 calefones 2 descargas día	1.400	18.240,0	1,57	1,10	97.821,1	2.445,5	
		2 bombas de calor 2 descargas día	6.000	4.929,7	0,42	0,30	26.438,1	661,0	
		Ahorro		13.310,3	1,14	0,80		1.784,6	
<b>Comedor</b>									
$Q = 5 \cdot k$	100 personas, 150m2	Demanda térmica kW	BTU/h						
	k=140 W/persona S=150m2	140*150/1000	21,0	71652					
$Energía\ anual\ (kWh/año) = \frac{Energía\ equipo\ 12.000\ BTU}{h}$		Consumo mensual Ursea 1 hora/d (kWh/mes)	Inversión (USD)	Energía anual (kWh/año)	Energía anual (tep/año)	Emisiones (tCO2/año)	Costo energía valle (UYU/año)	Costo energía anual (USD)	Ahorro (USD)
$Ursea\ (\frac{kWh}{hora\ mes}) \cdot \frac{2\ horas}{día} \cdot 12\ meses \cdot 6\ equipos$		Aire 12000 clase A tecnología inverter	21,8	4.277	3.139,2	0,27	0,19	16.835,5	420,9
		Aire clase C	26,8	2.400	3.859,2	0,33	0,23	20.696,9	517,4
6equipos de 12000 BTU/h 2 horas por día								96,5	
<b>Aires comedor</b>									
Costo mensual 1 hora diaria eficiente 12000 BTU/h (Ursea) (	21,8								
1 aire por empresa	BTU/h instalado	Inversión (USD)	Energía anual (kWh/año)	Energía anual (tep/año)	Emisiones (tCO2/año)	Costo energía valle (UYU/año)	Costo energía anual (USD)	Ahorro (USD)	
Empresa 1	12.000,0	400	523,2	0,04	0,03				
Empresa 2	24.000,0	700	1.046,4	0,09	0,06				
Empresa 3	12.000,0	400	523,2	0,04	0,03				
Empresa 4	12.000,0	400	523,2	0,04	0,03				
Empresa 5	24.000,0	700	1.046,4	0,09	0,06				
Empresa 6	12.000,0	400	523,2	0,04	0,03				
Empresa 7	12.000,0	400	523,2	0,04	0,03				
Suma empresas		3.400	4.708,8	0,40	0,28	25.253,3	631,3		

Ahorro 1569,6 0,13 0,094 210,4  
20 días al mes 33%

Transporte personas						
$Consumo\ anual\ (l) = recorrido\ diario\ (km) * 20 \frac{días}{mes} * 12 \frac{meses}{año} \frac{km}{l}$						
$Consumo\ anual\ por\ persona\ transportada\ (l) = (recorrido\ diario * 20 * 12) / (rendimiento * personas\ viaje)$						
	Consumo energía	Energía anual (tep/año)	Emisiones (tCO2/año)	Costo energía anual (USD)	Costo gasolina (UYU/l)	Costo unitario boleto metropolitano (UYU)
Recorrido diario (km) - IM	30 Auto nafta (l)	720	0,57	1,65	1.386	
Rendimiento auto particular nafta (km/l) - DNE	10 bus gasoil (l)	72	0,06	0,19	720	
Pasajeros promedio por bus - IM	40					
Rendimiento bus gasoil (km/l) -IM	2,5 bus eléctrico (kWh)	180	0,02	0,01	720	
Consumo bus eléctrico (kWh/km) - DNE	1 auto eléctrico (kWh)	1440	0,12	0,09	439	
Consumo auto particular eléctrico (1kWh/km) - DNE	0,2 Consumo 200 viajes en auto	144.000	113,76	330,01	277.200	
			Costos 129 viajes en auto y 71 en bus gasoil			
De los 350 viajes 200 se realizan en auto (57%)	0,57		78,0	227,1	230.247	
Pasar a 37% de los viajes en auto (129 viajes) - 20 viajes al mes los 12 meses del año. % de viaje Encuesta área metropolitana	129,5	98.316				
Ahorro			Ahorro energético anual (tep/año)	Ahorro emisiones (CO2/año)	Ahorro económico (USD/año)	
			35,8	102,9	46.953	

Autoelevadores						
$(Cantidad\ autoelevadores * carga\ completa\ diaria * días\ al\ año) * precio kWh\ tarifa\ horario$						
					USD/año	
4 elevadores uso 365 días al año carga en valle	MC1	$(4*365*10 + 16*260*10)*2,4 = 140.000$			3.424	
16 elevadores 260 días al año carga en valle	GC3	$(4*365*10 + 16*260*10)*2,2 = 123.000$			3.189	
10% carga en punta	MC1	$(4*365*10 + 16*260*10)*(0,9*2,4+0,1*12,2) = 190.000$			4.796	
10% carga en punta	GC3	$(4*365*10 + 16*260*10)*(0,9*2,2+0,1*5,0) = 140.000$			3.533	

Aleros		5% salida software EDEE plus		Energía para refrigeración - consumo equipo 5 meses (kWh)		Inversión promedio sistemas de aleros (USD)		Ahorro monetario (USD/año)		
Habitación de 30 m <sup>2</sup>	Superficie expuesta norte y este	150	420 tep año total	1.744	0,15	0,10	9.353	6.390	12	320
Demanda refrigeración EDEE pero son las 24 horas				1.657	0,14	0,10	8.885	6.071	12	8
Demanda refrigeración equipo de 12000BTU 5 meses -										
Demanda con 5% de alero										
Ahorro 3 empresas										

Datos EDEE plus

Aluminio	Color	00	Seccionales	YPRB	0	4 mm	0,38	0,009	0,87
TIPO DE ABERTURA	ANCHO	ALTO/LARGO	UV	MM	UN				
En ventana con vidrio 2 hojas (Estandar)	1,20	1,60	0,70	0,30	0,70				
PROTECCIÓN DEL RIESGO VISUAL									
En aberturas y vidrios de metal color claro al norte									

Con todo metal claro en abertura norte. Sin aberturas en lado este expuesta

En la cotización del alero es retráctil por lo que en invierno no cambiaría el ingreso de luz natural y la demanda de calefacción sería la misma. En la simulación deja fijo el alero.

### EDEEplus v2.0

Evaluación de Desempeño Energético en Edificios

VERIFICACIÓN DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

1. Datos Vivienda/Edificio

Departamento: CAJALMAYO Localidad Casarural: COLONIA NICOLICH  
 Zona climática: ZONA\_C  
 Dirección: -  
 Padrón: 0 Block: - Unidad: 0  
 Año de construcción: 2014  
 Descripción: oficina

Superficie construida (m<sup>2</sup> interior): 15; Altura promedio (m): 3  
 Nuevo  Existente  Vivienda  Edificio

2. Profesional habilitado

Nombre y Apellido: nombre y apellidos técnico  
 Dirección: dirección técnico  
 Correo electrónico: nombre@dominio.país  
 Teléfono/celular: 1234567

3. Demandas energéticas de calefacción y refrigeración

Doal 11,73 kWh/m<sup>2</sup>-año; Doal,lin 10,04 kWh/m<sup>2</sup>-año; Verifica Dref 36,43 kWh/m<sup>2</sup>-año; Dref,lin 26,43 kWh/m<sup>2</sup>-año; No Verifica

Doal Demanda energética de calefacción de la vivienda a evaluar  
 Doal Demanda energética de refrigeración de la vivienda a evaluar  
 Doal,lin Demanda energética de calefacción según condiciones de la Normativa técnica de referencia  
 Dref,lin Demanda energética de refrigeración según condiciones de la Normativa técnica de referencia

### EDEEplus v2.0

Evaluación de Desempeño Energético en Edificios

VERIFICACIÓN DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

1. Datos Vivienda/Edificio

Departamento: CAJALMAYO Localidad Casarural: COLONIA NICOLICH  
 Zona climática: ZONA\_C  
 Dirección: -  
 Padrón: 0 Block: - Unidad: 0  
 Año de construcción: 2014  
 Descripción: oficina

Superficie construida (m<sup>2</sup> interior): 15; Altura promedio (m): 3  
 Nuevo  Existente  Vivienda  Edificio

2. Profesional habilitado

Nombre y Apellido: nombre y apellidos técnico  
 Dirección: dirección técnico  
 Correo electrónico: nombre@dominio.país  
 Teléfono/celular: 1234567

3. Demandas energéticas de calefacción y refrigeración

Doal 12,27 kWh/m<sup>2</sup>-año; Doal,lin 10,10 kWh/m<sup>2</sup>-año; Verifica Dref 34,58 kWh/m<sup>2</sup>-año; Dref,lin 24,48 kWh/m<sup>2</sup>-año; No Verifica

Doal Demanda energética de calefacción de la vivienda a evaluar  
 Doal Demanda energética de refrigeración de la vivienda a evaluar  
 Doal,lin Demanda energética de calefacción según condiciones de la Normativa técnica de referencia  
 Dref,lin Demanda energética de refrigeración según condiciones de la Normativa técnica de referencia

Gestión de residuos ahorro traslado		Consumo por viaje		Consumo energía anual (1/año)		Energía anual		Emisiones		Costo energía	
Rendimiento camión pequeño 5 km/l distancia 30km	(l)	6	624	0,53	1,6	858	55				

Solar PV																				
		OyM USD/kW año	OyM inversión %/7%																	
SEG ingeniería y otras fuentes	14.959,6	0,7	0,008	11.038																
Potencia pico panel MW	1	Inversión		Energía kWh	Emisiones CO2 al año			MC1 llano	GC3 llano	SG1B llano	SG3 llano	Emisiones total electricidad/OC (O2/año)	Tasa de descuento real anual en USD (%)							
Área estimada de paneles m2	5000												7,50%							
Precio USD/W mayor a 1 MW	1,2	1.200.000	1.576.919	136	95	211.425	156.455	100.331	90.673			266,62	0,25	Vida útil (años) (n)						
Cantidad paneles	2500												20							
Precio USD/W menor a 1 MW	1,8	1.800.000												$FRC = \frac{1 \times (1 + 17\%)}{(1 + 17\% - 1)}$						
Eficiencia producción	0,2	kWh/d		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	FRC anual				
Índice de eficiencia GHI	4,35	4350,0		7,25	6,09	4,97	3,64	2,49	2,07	2,16	2,83	3,83	5,2	6,57	7,24	9,81%				
Producción energía mensual kWh/mes		217.500,0	182.700,0	149.100,0	109.200,0	74.700,0	62.100,0	64.800,0	68.800,0	84.900,0	117.900,0	156.000,0	197.100,0	217.200,0	217.200,0					
Consumo parque en llano kWh/mes	192.916,6	180.413,9	203.353,4	193.151,8	193.781,8	193.828,9	193.053,0	199.468,0	190.555,7	180.766,4	192.433,6	192.448,7	192.448,7	192.448,7	192.448,7					
Energía citada mensual kWh/mes	192.916,6	180.413,9	149.100,0	109.200,0	74.700,0	62.100,0	64.800,0	68.800,0	84.900,0	117.900,0	156.000,0	192.433,6	192.448,7	192.448,7	192.448,7	1.576.918,8				
Producción energía anual kWh	1752000	1587750	1361950	988200	672450	546180														
Inversión anualizada		1587750	1361950	988200	672450	546180														
= FRC Inversión + OyM anual		125.120,00	183.980,00																	
FRC	9,81%																			
OyM (7,4 USD/kW año-IRENA)	7.400,00	0,6%																		
Vida útil	20 años																			
				Llano S total							Suma costo energía total		Suma potencia y costo fijo		Se resta generación solar		Costo		Ahorro anual contra costo actual	
Costo energía anual en pesos		Punta S total kWh	Valle S total kWh	Potencia punta	Potencia valle	Potencia llano	Costo fijo													
Empresas costeo reales MC1, MC2 y GC1	5.173.568	2.615.869	11.127.644	5.468.904	377.412	1.866.060	111.180	473.677	192.809	2.780	192.589	669.265,9	194.716							
Empresas toda MC1	7.413.816	2.674.375	12.323.706	4.884.000	132.000		46.200	560.297	125.400	1.155	126.555	686.852,4								
Beneficio en energía - equipado a GC3	3.297.376	2.579.639	9.125.115	5.468.904	377.412	1.866.060	111.180	374.058	192.809	2.780	192.589	569.647,2								
GC3 con todo los costos	5.118.328	2.587.927	9.690.298	8.104.800	507.600	3.458.400	463.260	434.419	303.270	11.582	314.852	749.270,3								
J en SG1 A, 1SG2, 3 SG1B	2.179.360	1.663.594	5.692.789	10.169.910	1.906.973	8.547.474	288.660	237.893	222.825	7.217	530.042	707.935,0	140.238,0	530.042	470.269,9	-	1.004,0			
SG1 B todas	2.209.342	1.655.030	5.769.634	11.134.200	2.188.560	9.357.480	463.260	240.850	567.006	11.582	578.588	819.437,6	140.518,7	578.588	719.106,2	-	49.640,3			
SG3 todas con potencia punta solo operativa y el resto 50%	1.988.408	1.517.111	5.214.207	7.524.000	964.920	5.627.160	117.900	217.993	352.902	2.948	355.850	573.842,7	117.661,7	355.850	473.511,2	-	148.378,1			6,64
Empresas MC1 posan a SG1B	1.988.408	1.517.111	5.214.207	6.812.982																
Energía inicial																				
Costo inicial																				
TARIFAS UTE																				
A partir de diciembre 2024																				
		Valle	Llano	Punta	Valle	Llano	Punta	Costo fijo												
MC1	0,234,4	2,437	5,363	12,203	10	-	370	550												
MC2	0,415-52	2,39	4,974	6,675	34,1	182,3	238,7	1000												
GC-1	0,234,4	2,34	4,217	8,425	43	262	614	5315												
GC-3	31,543	2,23	3,664	5,025	54	169,7	280	9125												
SG1 A	0,234,4	1,528	2,533	3,682	99,5	452,1	505,8	550												
SG1 B	0,234,4	1,536	2,545	3,7	163,8	708,9	843,4	5315												
SG2	0,415-52	1,664	2,56	3,81	123,1	518,8	617,3	2660												
SG3	31,543	1,408	2,3	3,33	73,1	426,3	570	9825												
Flujo considerando SG3 y 3% de OyM (conservado respecto a IRENA pero se degrada también)																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.200.000	36.000	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546	206.546
1.200.000	159.755	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546	170.546
	11%																			
Con tasa 7,5% en VU	TR VAN	491.712																		

# ANEXOS

# Anexo 1

## Material legislativo

1. Uruguay. Ley N° 17547 Parques industriales (2002) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17547-2002>
2. Uruguay. Decreto N° 524/005 Reglamentación de la Ley N° 17547, referente a la actividad de parques industriales (2005) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/524-2005>
3. Uruguay. Ley N° 19784 Declaración de interés nacional la promoción y el desarrollo de parques industriales y parques científico-tecnológicos (2019) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19784-2019>
4. Uruguay. Decreto Ley N° 14178 Ley de promoción industrial (1974) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-ley/14178-1974>
5. Uruguay. Ley N° 16906 Ley de inversiones. Promoción industrial (1998) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16906-1998>
6. Uruguay. Ley N° 16906 Ley de inversiones. Promoción industrial (1998) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16906-1998>
7. Uruguay. Decreto N° 455/007 Reglamentación de la metodología de evaluación de los proyectos de inversión (2007) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/455-2007>
8. Uruguay. Decreto N° 2/012 Reglamentación de la metodología de evaluación de los proyectos de inversión (2012) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/2-2012>
9. Uruguay. Decreto N° 143/018 Reglamentación de los artículos 15 A 17 Ley de la N° 16906 (Ley de inversiones. Promoción industrial) (2018) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/143-2018>
10. Uruguay. Decreto N° 268/020 Reglamentación de los artículos 11 A 19

- Ley de la N° 16906 (Ley de inversiones. Promoción industrial) (2020) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/268-2020>
11. Uruguay. Ley N° 15.921 Aprobación de la Ley de zonas francas (1988) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15921-1987>
  12. Uruguay. Ley N° 19.566 Modificación de la Ley N° 15.921 (Ley de zonas francas) (2017) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19566-2017>
  13. Uruguay. Decreto N° 309/018 Reglamentación de Ley N° 15.921 (Ley de zonas francas) (2018) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/309-2018>
  14. Uruguay. Ley N° 17.547 Parques industriales (2002) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17547-2002>
  15. Uruguay. Decreto N° 524/005 Reglamentación de Ley N° 17.547 (Ley de zonas francas) (2018) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/524-2005>
  16. Uruguay. Decreto N° 79/020 Reglamentación de Ley N° 19784, referente a la promoción y el desarrollo de parques industriales y parques científico-tecnológicos(2020) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/79-2020>
  17. Uruguay. Decreto N° 409/022 (2023) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-originales/408-2022>
  18. Uruguay. Ley N° 17.283 Ley de protección del ambiente (2000) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/17283-2000>
  19. Ley N° 16.466 Ley de Evaluación del impacto ambiental (1994) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16466-1994>
  20. Uruguay. Decreto N° 349/005 Reglamento de Evaluación del impacto ambiental y autorizaciones ambientales (2005) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/349-2005/1>
  21. Ley N° 18.308 Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (2008) <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18308-2008>
  22. Uruguay. Decreto N° 523/009 Reglamento de Ley N° 18.308 sobre instrumentos y procedimientos de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible. Urbanización (2009) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/523-2009>
  23. Uruguay. Decreto N° 221/009 Reglamento de Ley sobre Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible. Urbanización (2009) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/221-2009>
  24. Uruguay. Decreto N° 544/009 Organización y administración del parque Científico Tecnológico de Pando (2009) <https://www.impo.com.uy/bases/>

[decretos/544-2009](#)

25. Uruguay. Decreto N° 276/002 Reglamento general del marco regulatorio del sistema eléctrico nacional(2002) <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-reglamento/276-2002>
26. Uruguay. Ley reguladora del marco energético <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16832-1997>
27. Uruguay. Texto Ordenado de Resoluciones de URSEA <https://www.gub.uy/unidad-reguladora-servicios-energia-agua/politicas-y-gestion/textos-ordenados-compilados-energia-electrica>
28. Uruguay. Ley de uso eficiente de la energía <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18597-2009>

# Anexo 2

## 2.1. Empresas instaladas en los parques industriales

Datos 2023 en base a informe Uruguay XXI[64] y sitios web de los parques industriales.

### 1. Plaza Industrial S.A “Zona Este” – Aeroparque, Canelones

- Danone (industria alimenticia – lácteos, distribución)
- L’oreal (belleza, química)
- Mondelez International (ex-Kraft Foods; alimentos)
- Cacao del Plata S.A. (industria alimenticia)
- F. Pache S.A. (alimentos)
- Williams (productos químicos)
- Mecalux (logística)
- Maxion Montich (fabricación de chasis)
- Axionlog Cold Solutions (logística)
- Zona Este Mini Depósitos
- Nestlé (alimentos)
- Sherwin Williams (pinturas)

### 2. Parque Industrial Juan Lacaze – Juan Lacaze, Colonia

- DIMENA (productos químicos)
- Fatichos S.A. (placas de yeso y paneles)
- BARNEST (mantenimiento industrial)
- Mizarmar S.A. (textil)
- UTU (educación)

- Genexus (software)
- Uy!Fish (frigorífico pescado)

### 3. Parque industrial Paysandú – Paysandú

El parque cuenta con 5 empresas instaladas que forman parte del grupo TECNOGROUP:

- Empresas que forman parte del grupo TECNOGROUP
- AC CONSTRUCTORA (ex Edelbon SA) (construcción)
- ISLERYL S.A. (Paneles Solares fotovoltaicos)
- VUSMER S.A. (estructuras metálicas)
- LAFEMIR S.A. (Laboratorio para Ensayos y Control de calidad)
- RADITON S.A. (Parque fotovoltaico)

### 4. Parque tecnológico e industrial del Cerro – Montevideo

En 2012 había 52 empresas instaladas, en 2017 77 empresas y en 2023 67 . Giros: alimentos, electrónica, madera, medioambiental, metalúrgica, naval, plástico, textil, vidrio, servicios.

#### Alimentos

- ACUARIA (gastronomía)
- AGORA (Kiosko)
- BRITZ (producción hielo en cubos)
- COMEDOR CELSO LUCAS
- EL NARANJO (alimentos)
- De Charly (alimentos copetín)
- NATUREZAS (producción alimentos origen vegetal)
- Vegalatto. (producción helados veganos)
- Work Out Complements SRL (producción suplementos deportivos proteicos)

#### Eléctricos

- ELECTRIC POWER SRL (producción insumos eléctricos)
- MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO (servicios eléctricos)
- PRODIE S.A. (servicios ingeniería eléctrica)
- TALLER DEL PARQUE (servicios eléctricos)

#### Madera

- CONCEPT DESIGN (fabricación y venta amoblamiento)
- Manojó (fabricación muebles infantiles) TALLER MECA (diseño y comercialización de mobiliario)

#### Medio Ambiente

- AFRECOR S.A. (Valorización de residuos industriales y producción de combustibles alternativos)
- ALTAS PALMERAS (reciclaje, venta y distribución de solventes recuperados)
- KRILE (almacenamiento, reciclaje, transporte y tratamiento de residuos del PTI y empresas externas)
- LOS TORNOS (destrucción o reciclaje de envases y piezas plásticas)
- MÁRGENES DEL RÍO (tratamiento residuos industriales)
- RADUR (gestión de residuos especiales)
- TRIEX (recolección, gestión, clasificación, acondicionamiento, envío y disposición final de residuos tóxicos y peligrosos)
- URUGESTION (recolección, gestión, clasificación, acondicionamiento, envío y disposición final de residuos tóxicos y peligrosos y asesoramiento en ISO 9000 y 14000)

#### Metalúrgica y naval

- AFILADOS VICTORIA (mantenimiento herramientas industriales)
- AXIAL S.A. (reparación y montaje metalúrgico en naval e industria)
- COMECE (cooperativa de reparación naval y metalúrgica)
- COTRAYDI (cooperativa de producción y mantenimiento de maquinaria para envasado automático)
- FLORANTUL S.A (fabricación y comercialización de equipamiento medioambiental)
- MORO (Mantenimiento naval e industrial)
- PELUTAM (comercialización de productos metalúrgicos)
- TALLERES TIMON (reparación y mantenimiento de flotas navales e industriales)
- URUMAQUINAS (Fabricación y comercialización de maquinaria para industria farmacéutica y química)

- WALTER COHENDET (Mantenimiento y fabricación de equipos de molienda y trituración)

#### Plástico

- BIOPLAST (Producción de cajones de plásticos la mayoría recuperado)
- La casa del farolito (Producción de moldes e inyección de plásticos)

#### Química

- INFANTOZZI MATERIALES (Producción de materiales de expresión plástica)

#### Servicios

- COMURE (RADIO TAXI COMUNITARIO)
- Coodetma (Taller de vehículos)
- COODI (Infraestructura tecnológica, da soporte al parque)
- CUBO (Casas prefabricada)
- EMEDICAL (Esterilización hospitalaria y fabricación de drenajes pleurales)
- Enfoque publicitario (cartelería)
- Infinito Construcciones SRL
- LA COTORRA F.M. (Radio comunitaria)
- NAECOM S.A. (Alquiler maquinaria vial)
- SALOMON GRUAS (Movimiento y transporte de cargas pesadas)
- Tecnom (reparaciones eléctricas)
- TOTAL SECURITY (Empresa de seguridad)
- UDECOOT (Cooperativa de mantenimiento de taxi)
- República microfinanzas (préstamos)

#### Textil

- Conacotex (textil de uniformes)
- ENTRECOSTURAS (Cooperativa textil de uniformes)
- REPLICA - MC PROMOCIONALES (productos textiles promocionales)
- Malabrigo (laboratorio desarrollo de colores)
- Recitex (saldos de producción)
- TEJIDOS BERSAN (Fabricación de telas tubulares y tejidos)

- TOLDOS DODERA (Fabricación de toldos de tela)
5. Parque Industrial de Pando – Pando, Canelones
  6. Parque Industrial Polo Logístico Ruta 5 (Grupo Ras - Persephone S.A.) – Canelones Dentro del parque se encuentra Fundación Technolog, organización sin fines de lucro, creada con el objetivo de promover dentro del sector logístico, la investigación, innovación y aplicación de nuevas tecnologías.
    - Salvador Livio S.A ( importadores y autopartistas del país).
    - Louis Dreyfuss Company (procesamiento y comercialización de productos agrícolas
    - Arauca (Ingeniería y la Construcción)
    - Propack (producción de soluciones para embalaje)
    - Frigorífico Arbiza: (planta de frío en construcción)
    - Brila S.A (perfiles de aluminios)
    - Lumin: (logística de sus tableros contraenchapados)
  7. Parque Productivo Uruguay (Grupo Logístico Del Sur S.A.) – Canelones

Parques aprobados sin actividad:

8. Parque Agroindustrial “Alto Uruguay” – Salto. Habilitado desde 2012 pero no hay empresas instaladas desde esa fecha.
9. Parque Industrial Las Piedras (Millares S.A.) – Las Piedras, Canelones
10. Ecopark – Barros Blancos, Canelones

## **2.2. Ecoparques industriales en el mundo**

### **2.2.1. El ecoparque ejemplo: Kalundborg - Dinamarca**

El caso de Kalundborg es el más conocido en cuanto a simbiosis industrial. Corresponde a la ciudad de 20.000 habitantes en la isla de Seeland en Dinamarca. El intercambio comenzó en los años 70' e involucra a cuatro industrias (Asnæs planta de energía eléctrica a carbón, Statoil refinería, Novo Nordisk fabricante de productos farmacéuticos y enzimas y Gyproc fabricante de placas de yeso), pequeñas empresas y la ciudad.

No fue promovido desde instituciones ni Gobierno Nacional sino como iniciativa propia de la zona para reducir los costos de tratamiento y disposición final

de residuos y acceder a materias primas y energía a menores costos.

La compañía eléctrica Asnæs suministra vapor residual a la refinería de Statoil y, a cambio, recibe gas de refinería que antes se quemaba como residuo. La central eléctrica quema el gas de la refinería para generar electricidad y vapor. El exceso de vapor lo envía a un criadero de peces que opera un sistema de calefacción de distrito que sirve a 3.500 hogares, y a la planta de Novo Nordisk. Los lodos del criadero y de los procesos farmacéuticos se convierten en fertilizantes para las granjas cercanas. La planta de energía envía cenizas volátiles a una compañía de cemento, y el yeso producido por el proceso de desulfuración de la planta de energía va a Gyproc. La refinería Statoil elimina el azufre de su gas natural y lo vende a Kemira, fabricante de ácido sulfúrico.

### **2.2.2. Rantasalmi – Finlandia**

En 2006 el Proyecto del ecoparque industrial Rantasalmi en Finlandia formó parte del ProMidNord -project [65]. Hasta ese momento existían eco-parques por el interés del privado, por ejemplo, en el sector madera donde utilizaban los subproductos para energía, vendían electricidad a la comunidad y utilizaban calor residual para generación de vapor y electricidad y calor distribuido para el sector residencial, pero el proyecto de Rantasalmi sería el primero con plan y organización. Las empresas instaladas allí son procesadoras de madera, elaborando productos para la construcción de casas, casas prefabricadas y carpintería fina. Se realizaron encuestas para conocer los usos y consumos energéticos y los indicadores ambientales en cada empresa, luego de analizados los flujos se realizaron talleres para trabajar en conjunto con las empresas en las sinergias en materia prima, energía, transporte, mantenimiento logrando el intercambio de subproductos, generación de electricidad a partir de biomasa y distribuyendo calor al sector residencial.

### **2.2.3. Caledonia – Canadá**

El análisis[66] se realiza en Caledonia Industrial Estate (CIE) en Canadá a pesar de que el gobierno nacional no tenía políticas de promoción de ecoparques, a diferencia de China, Tailandia y Corea del Sur, si se habían desarrollado algunos parques. Se contactó telefónicamente con 88 empresas las cuales 45 accedieron a entrevistas. Se encontró que el 33 % alquila los espacios y que el principal energético es gas natural. Al consultar sobre la implementación

de eficiencia energética indicaron en primer lugar que no hay barreras, pero tampoco interés y en segundo lugar los costos. Un dato importante es que la mayoría de las empresas son pequeñas y de servicios dentro del parque. Se relevó también el acceso en ómnibus o bicicleta al parque, los residuos, espacios verdes y energéticos. Se compararon los resultados con otros 2 parques más grandes en Canadá. Las barreras identificadas para la implementación de ecoparques industriales fueron: costos, riesgos, roles y responsabilidades, conocimiento y regulación.

#### **2.2.4. Italia**

Tessitore[67]estudia la gestión de los EPI en Italia. Su éxito se atribuye a dos factores: la participación activa de las empresas y la presencia de una asociación de empresarios/empleadores para informar a las empresas sobre los beneficios potenciales relacionados con la creación del EPI, que también gestiona las relaciones entre las empresas. Además se menciona la importancia del papel de las autoridades locales para facilitar el desarrollo y la gestión de los ecosistemas industriales regionales.

Para el relevamiento realiza encuestas a 19 parques industriales en Italia, de estas concluye que la implementación se da a por la regulación en particular en la región de Toscana y con el apoyo de la Comunidad Europea considerado ecoinnovación. El 73 % de los parques indica que le conviene ser ecoparque por el ahorro energético.

#### **2.2.5. Ecoparques en países en desarrollo**

ONUDI documentó en 2016 [68] 33 ejemplos de EPI en 12 países en desarrollo y emergentes, incluido su contexto de políticas: Camboya, China, Colombia, Costa Rica, Egipto, El Salvador, India, Marruecos, Perú, Sudáfrica, Túnez y Vietnam.

Como se puede observar en la Tabla 2.1 algunos de los parques son modelos de práctica, pilotos demostrativos, otros según el informe se llaman a si mismo ecoparques pero aún no están completamente desarrollados o no incorporan todos los criterios y ni siquiera están operativos u ocupados en su totalidad.

En cuanto a los sectores productivos las ramas químicas o petroquímicas, manufactura, textil, farmacéutica, agroalimenticia, teñido y automotriz son las más comunes.

Algunos de los parques solo presentan una rama industrial, como ser ZNEIP (China) fotovoltaico, PIEAG (Colombia) artes gráficas, PIESB (Colombia) curtiembre, Pucallapa (Perú) madera y Mahindra World City (India) donde solo pueden instalarse empresas de bajo impacto ambiental.

Lo más común en estos parques es la participación público-privada para el desarrollo del parque, pero las empresas dentro del parque son privadas, en menor medida son propiedad total del Estado o por el contrario de capitales extranjeros. En China la propiedad del suelo de los parques es pública salvo Guangxi Xianggui Sugar group, mientras que, en Costa Rica, PIEAG Colombia, El Pedegral en El Salvador, Sudáfrica y los casos de Marruecos son propiedad privada. La gestión ambiental y de los servicios comunes son administrados por privados independiente de la propiedad del parque.

En cuanto a los beneficios económicos respecto al uso eficiente de los recursos se menciona repetidas veces la iluminación eficiente, la incorporación de energía solar térmica y la utilización de residuos o subproductos como materia prima y las plantas de tratamiento en común, presentando varios de ellos repagos menores al año.

País	Caso	Estado	Año de instalación	N° de empresas	N° empleados	Área (ha)
Camboya	PPSEZ	No opera completamente	2008	38	10000	360
	SSEZ	No opera completamente	2008	27	11000	528
China	SCIP	En 2012 se convirtió en Ejemplo demostrativo de EPI en China	1996 (2008 como EPI)	71	17000	2940
	Guangxi Xianggui Sugar Group	En desarrollo	construcción 2010-2025 en	4	1350	266
	ZNEIP	Opera completamente	2009	30	2000	900
	DDA	Opera completamente	1984 (2000 como EPI)	4000	256000	104000
	TEDA	Opera completamente	1984(2000 como EPI)	10000	484800	34000
	SDA	Opera completamente	1988(2009 como EPI)	1300	300000	44800
Colombia	PIEAG	Estar en el parque más costoso que fuera, pérdida de competitividad	2003	88	400	0,4
	PIESB	Planeado no operando	1990 (2007 como EPI)	78	no disponible	no disponible
Costa Rica	CIP	Piloto con GIZ	1985 (2012 como EPI)	33	9000	45
Egipto	Gto. de ciudad de Octubre	PI, EPI no implementado aún	1979	1400	140000	3600
Fully	10mo. de ciudad de Ramadan	PI, EPI no implementado aún	1977	1300	129000	5847
El Salvador	El Pedegral	Opera no está claro si es EPI	1994	12	6500	10,4
	Miramar	No opera completamente	2001	11	493	8000
India	IP Nacharam y Mallapur	Pilotos	1967 (2004 como piloto EP)	681	17000	364
	APSEZ	Nuevo, en desarrollo	2007	13	2738	2264
	Mahindra World City	Opera completamente	2002	62	35000	630
	Vapi Industrial Estate	Opera completamente	1967-1968	1696	247000	1140
	Naroda Industrial Estate	Opera completamente	1964	1100	30000	363
	Satchin Industrial Estate	Opera completamente	1984	600	45000	749
Marruecos	Sidi Bernoussi	Opera completamente	1960	600	50000	1000
	Tangier Industrial Park	Sin datos	1975	107	25000	138
Peru	EcoPYMES Pantanos de villa	Opera completamente	1989	300	3670	13,7
	Ecopark Callao	Opera completamente	2008	3180	25000	4600
	Ecopark Pucallapa	En desarrollo	2009	80	0	44
Sudáfrica	Western Cape Town symbiosis programme (WISP)	virtual, fase de inicio	-	virtual	virtual	virtual
	Capricorn Park	No opera completamente	1998	180	no disponible	70
	Rustenburg Platinum Mines Limited	Opera completamente	1931/reestructura 1994	1	20706	16000
Túnez	Bizerte Economic Activities Park (BEAP)	PI, EPI no implementado aún	1993 opera desde 1996	62	5470	81
Industrial	Industrial Area of Djebel Oust and Bir M'Cherga	Piloto	1981	105	23000	228
Vietnam	Thang Long industrial park (TUIP) Corporation	Opera completamente	1997	78	63600	274
	Vietnam Singapore Industrial Park I (VSIP I)	Opera completamente	1996	240	96367	500

**Figura 2.1:** 33 ecoparques industriales en países en desarrollo, ONUDI

Además desde 2015 ONUDI ha implementado proyectos piloto[69] de EPI en seis países en el marco del programa global RECP (programa de eficiencia de recursos y producción más limpia) y en Vietnam ejecutó un proyecto nacional de EPI, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial

(FMAM).

**China:** El objetivo fue implementar iniciativas de EPI con un enfoque en la promoción y aplicación de técnicas de eficiencia y producción más limpia y sinergias industriales. El trabajo se llevó a cabo en Zhenjiang en la Zona de desarrollo económico y tecnológico (ZETDZ) ya que en la misma zona se encuentran localizados 10 diferentes parques industriales.

En 2007 China había establecido la certificación en “National demonstration eco-industrial park”. El caso de Hefei en la provincia de Anhui al este de China (120.000 personas empleadas) es uno de los que más figura en las investigaciones académicas. El Centro de Investigaciones de la Academia de Ciencias Ambientales de China es el encargado de recolectar la información para asegurar que es una demostración nacional de ecoparque industrial. Las medidas que realizaron fueron unificar producción de vapor, reutilizar residuos como materia prima y para la quema en conjunto que además reduce el transporte y disposición final de residuos.[29]

**India:** El apoyo se centró en cinco parques industriales, tanto en actividades dentro de las empresas como en el desarrollo de sinergias industriales.

**Marruecos:** En 2006, se creó la “Société d’Aménagement Zenata” para diseñar e implementar una ciudad sostenible en Zenata, cerca de la ciudad de Casablanca. En este proyecto, las actividades de ONUDI se concentraron en dos parques industriales: el parque industrial de Zenata (que es un parque diseñado para agrupar a las industrias previamente existentes y dispersas en toda la zona) y Zenata Cyclopolis – Benichou para nuevas actividades.

**Perú:** Como parte del Programa de Alianzas para Países (PCP) ONUDI brindó asesoría para apoyar la ejecución del Plan Nacional para la Diversificación Productiva de 2014. Dentro de sus componentes figura la creación de nuevos parques industriales y la transformación de zonas industriales existentes. El apoyo específico de ONUDI fue para implementación una zona industrial sostenible en Callao y la evaluación del sector manufacturero para el desarrollo de parques industriales sostenibles en el país.

**Sudáfrica:** Dos parques industriales con diferentes modelos de gestión fue-

ron seleccionados y las actividades clave fueron la creación de capacidades para las entidades de gestión del parque e identificación de simbiosis industrial.

**Tailandia:** El proyecto financiado por FMAM se concentra en la simbiosis industrial y urbana, así como la reducción de emisiones de productos químicos peligrosos y de gases de efecto invernadero.

**Vietnam:** En 2014 contaba con 295 zonas industriales albergando el 40 % de las industrias de consumo local y el 49 % de las industrias exportadoras. En 2017 mediante el proyecto conjunto entre el Ministerio vietnamita de Planificación e Inversiones y ONUDI financiado por el FMAM se buscó implementar sistemas de gestión en las zonas industriales seleccionadas en el país ya operativas. Los objetivos del proyecto son de reducir las emisiones de GEI, el consumo y contaminación del agua, los contaminantes orgánicos y otras sustancias químicas peligrosas, así como demostrar prácticas de bajas emisiones de carbono en las industrias.

Mediante la identificación de posibles servicios compartidos: transporte, limpieza y mantenimiento, monitoreo de control de emisiones y salud ocupacional. Así como infraestructura compartida: reciclado, planta de biogás, planta de tratamiento de efluentes líquidos y generación de energía.

**Colombia:** Cuenta con el programa “Parques industriales ecoeficientes” resultado del trabajo entre instituciones y gremios y el programa de Producción Más Limpia del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, autoridad ambiental en Colombia.

Desde 1979 Colombia tiene un decreto de promoción de parques industriales y en 1996 se impulsaron las zonas francas y luego los parques tecnológicos. El concepto de Parque Industrial Ecoeficiente surgió en Colombia hacia el año 1997 como una alternativa para sectores productivos, que por condiciones específicas necesitaban reubicarse mostrando un comportamiento ambiental superior al mostrado antes del establecimiento de las nuevas regulaciones. En el 2000 el nuevo plan de ordenamiento territorial de Bogotá promovió implementar tres parques industriales: Puente Aranda, San Benito y Meandro del Say como modelos diferentes de Parques Industriales Ecoeficientes, uno compuesto por un sector manufacturero dominante (San Benito), uno en el cual existiera

aún espacios sobre los cuales se pudiera desarrollar un proceso de planeación de localización industrial (Meandro del Say), y uno en el cual ya existiera un desarrollo industrial avanzado con participación de diversos sectores productivos (Puente Aranda).

Además, Colombia cuenta con un Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible, conformado por un grupo de empresas de los sectores más importantes de la economía del país: energía, minería, agro-industria, manufactura, construcción y financiero, por el cual se promueve la sostenibilidad.

En 2003, la autoridad ambiental apoyó la implementación del Parque industrial ecoeficiente de artes gráficas de Bogotá (ASCOPRO) con fondos y financiamiento para pymes y reconversión ambiental. El parque está compuesto con 96 locales dedicados a las artes gráficas y un área de servicios. Cuenta con una red independiente de vertimientos y su planta de tratamiento, área de reciclaje y compactación de residuos sólidos, sistemas de ventilación para vapores de solventes y un centro tecnológico para la investigación y de capacitaciones.

ONUDI colaboró con el Centro Nacional de producción más limpia de Colombia (CNPML) en el desarrollo de iniciativas de EPI. Una fase de evaluación previa dio lugar a la selección de dos parques industriales cerca de las ciudades de Medellín y Barranquilla. El apoyo de ONUDI incluyó el desarrollo de evaluación en las empresas individuales, la promoción de sinergias industriales entre empresas, y el fortalecimiento de las capacidades de gestión de parques.<sup>[70]</sup>

**Bangladesh:** Chittagong en Bangladesh apoyado por el Banco Mundial, es la primera zona en países de renta baja en implementar un parque bajo en emisiones de carbono mediante la incorporación de medidas de eficiencia energética y producción más limpia. Se realizó una auditoría en 60 empresas y se identificaron medidas comunes a ellas como ser: optimización en generación de vapor (ajuste de ingreso de aire, recuperación de condensado, precalentamiento con calor residual), gestión de trampas de vapor y optimización de procesos industriales ya que eran similares. Varias de las medidas se implementaron entre 2012 y 2014 apoyadas con las reglamentaciones identificadas durante el proyecto.

## 2.3. Indicadores ecoparques

Set de indicadores del desempeño del ecoparque industrial	Set de indicadores del potencial de la región para instalar ecoparques	
<p><b>1. Ecoaparque industrial y eficiencia energética</b></p> <p>1.1. Porcentaje de subproductos producidos consumidos por otras empresas dentro del ecoparque</p> <p>1.2. Coeficiente de empresas dentro del parque sus materias primas y recursos son cubiertos por subproductos o residual de otras empresas del parque</p> <p>1.3. Coeficiente de uso no dispendioso de recursos de las empresas dentro del parque</p> <p>1.4. Coeficiente técnico de eficiencia energética de las empresas dentro del parque</p> <p>2. Nivel de especialización industrial del parque y potencial cooperación</p> <p>2.1. Especialización en ciertos tipos de actividad</p> <p>2.2. Cooperación en la producción</p> <p>2.3. Número de órdenes completadas en esquema de cooperación</p>	<p><b>5. Capacidad de trabajo y potencial científico del parque</b></p> <p>5.1. Proporción de personal con educación superior sobre el total de personas del parque</p> <p>5.2. Relación entre la proporción de gastos en I+D y los ingresos del parque y proporción de gastos en el PIB del país</p> <p>5.3. Relación oferta-demanda del mercado laboral de la región</p> <p>5.4. Nivel de desempleo en la región</p>	<p><b>7. Potencial de recursos de la región</b></p> <p>7.1. Coeficiente de distancia a los recursos minerales</p> <p>7.2. Acceso a fuentes naturales y secundarias en la región</p> <p><b>8. Potencial de transporte y logística en la región</b></p> <p>8.1. Coeficiente de distancia entre las empresas y los centros de comercialización</p> <p>8.2. Indicador de desarrollo de carreteras y vías de transporte en la región</p>
<p><b>3. Calidad de la infraestructura del parque</b></p> <p>3.1. Promedio de uso de la infraestructura del parque</p> <p>3.2. Promedio de desgaste de la infraestructura del parque</p> <p>3.3. Tasa media de aumento de precios de energía consumida por las empresas del parque</p> <p>3.4. Tasa de fallas de la red de servicios públicos del parque</p> <p><b>4. Eficiencia del gestor del parque</b></p> <p>4.1. Participación del gestor en los ingresos totales</p> <p>4.2. Coeficiente de remuneración del gestor del parque en las actividades principales</p> <p>4.3. Tasa de expansión del negocio del gestor del parque</p> <p>4.4. Productividad de las personas dependientes del gestor del parque</p>	<p><b>6. Potencial energético de la región</b></p> <p>6.1. Relación entre producción energética de la región y consumo</p> <p>6.2. Proporción de energía proveniente de fuentes renovables en la región</p>	<p><b>9. Potencial de inversión en la región</b></p> <p>9.1. Financiamiento estatal para las empresas del parque</p> <p>9.2. Impuestos a las empresas del parque</p> <p>9.3. Tasa de crecimiento económico regional</p>

**Figura 2.2:** Sistema de indicadores de desempeño del parque propuesto por Tikhonov et al. [49]

## 2.4. Recurso solar



### Reporte del recurso solar en Uruguay

#### Ubicación:

Latitud: -34.801

Longitud: -56.003

#### ESTIMACIONES POR SATÉLITE ESTADÍSTICA 2000-2016

Mes	GHI kWh/m <sup>2</sup> día	GTI kWh/m <sup>2</sup> día	DNI kWh/m <sup>2</sup> día
Ene	7.25	6.89	7.14
Feb	6.09	6.18	5.96
Mar	4.97	5.57	5.10
Abr	3.64	4.56	4.28
May	2.49	3.37	3.03
Jun	2.07	2.97	2.78
Jul	2.16	3.00	2.68
Ago	2.83	3.63	3.25
Set	3.93	4.56	4.07
Oct	5.20	5.50	4.86
Nov	6.57	6.38	6.49
Dic	7.24	6.75	7.06
<b>Anual</b>	<b>4.53</b>	<b>4.94</b>	<b>4.72</b>

GHI: Irradiación global en plano horizontal (incerteza 2%).

GTI: Irradiación global en plano inclinado a 35° (azimut Norte) (incerteza 8%).

DNI: Irradiación directa en incidencia normal (incerteza 8%).

#### Modelos utilizados

Modelo satelital JPTv2 localmente ajustado para GHI.

Modelo HDKR para transporte a plano inclinado.

Modelo de fracción difusa de Ruiz-Arias multivariado localmente ajustado para separar las componentes directa y difusa en plano horizontal.

Todos los modelos utilizados han sido específicamente ajustados a las particularidades de la región por el Laboratorio de Energía Solar (UdelaR) y son los de menor incerteza conocida para estimar la irradiación solar sobre el territorio de Uruguay. Referencias:

R. Alonso-Suárez, (2017). Estimación del recurso solar en Uruguay mediante imágenes satelitales. Tesis de Doctorado, FING, UdelaR.

G. Abal et al, (2017). Performance of empirical models for diffuse fraction in Uruguay. Solar Energy 141, pp. 166-181.

R. Alonso-Suárez et al, (2014). Satellite-derived solar irradiation map for Uruguay. Energy Procedia 57, pp. 1237-1246.

Por cualquier información contactar a través del correo contacto@les.edu.uy

<http://les.edu.uy>



## 2.5. Marco regulatorio de energía en zonas francas y parques industriales

### **Energía entre zona franca y territorio no franco**

Transacciones de energía entre zonas francas y territorial nacional no franco Decreto N° 116/014[62] “Aquellos consumidores de energía eléctrica situados en zona franca y conectados a la Red de Interconexión, que adquieran energía eléctrica desde territorio nacional no franco, en tanto cumplan las condiciones reglamentarias previstas para los Grandes Consumidores y realicen la opción correspondiente, quedan sujetos a las mismas reglas que resultan aplicables a la categoría de consumidores referida, sin perjuicio del cumplimiento de las reglas aduaneras y tributarias que admitan aplicarse, atinentes a las operaciones de exportación”. “...Comprende al agente productor situado en zona franca, en tanto requiera circunstancialmente energía eléctrica desde territorio no franco, y siempre que, como productor, le resulte aplicable igual régimen normativo que al Autoprodutor.”

### **Beneficios en servicios de energía a parques industriales**

Artículo 13 - “(Otros beneficios).- Los entes públicos podrán establecer tarifas o precios promocionales para los bienes y servicios que provean a los parques industriales y parques científico-tecnológicos. La aplicación de la tarifa promocional no podrá implicar para el instalador o usuarios considerados individualmente, una situación menos beneficiosa que la derivada de los precios o tarifas ordinarios.

El Poder Ejecutivo podrá establecer para instaladores y usuarios, condiciones de acceso y financiamiento promocionales en todos los programas, instrumentos y actividades que en el ámbito de sus cometidos contribuyan al logro de los objetivos referidos en el artículo 1° de la presente ley. En particular podrá diseñar e implementar programas, instrumentos y actividades que promuevan el potencial de los parques industriales y parques científico-tecnológicos para captar inversiones y para generar economías de aglomeración y externalidades positivas que brinden beneficios a los usuarios, contribuyendo a la mejora en la generación de empleo y al desarrollo productivo de las áreas o zonas donde se localizan.”

Específicamente para energía eléctrica, el artículo 24 del decreto N°79/020 establece:

“Tarifas de UTE.

La tarifa promocional que podrá establecer la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) para el instalador y/o cada usuario de PI y PCT, Incluirá:

- a. un precio de energía, igual al que correspondería de reputarse el consumo global del parque y sus usuarios como el de un único suscriptor.
- b. cargos fijos para el instalador y/o cada usuario conforme a su consumo individual de energía.

La tarifa no podrá implicar para el instalador, o sus usuarios, considerados cada uno de ellos individualmente, un precio de la energía o cargo fijo superior a los derivados de la tarifa ordinaria.

Al inicio de operaciones del PI y PCT, la tarifa que podrá establecer la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) tendrá en cuenta el proyecto final habilitado para su funcionamiento.

El Instalador y/o los usuarios de PI y PCT podrán solicitar en cualquier momento la modificación de la tarifa cumpliéndose con lo estipulado en este artículo.

La tarifa será revisada por la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) cada dos años a partir del inicio de las operaciones de cada parque”.