



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER  
MÁSTER EN TECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL  
PARQUE ENERGÉTICO “LA RÁBIDA” DE CEPSA  
(HUELVA)**

Gladys Andrea Farinango Vallejos

Directores: Dr. Juan Pedro Bolívar Raya  
Ing. Miguel García Martínez

Modalidad: “Profesional”

Septiembre de 2023

Curso académico 2022-2023







## RESUMEN

La disponibilidad de agua dulce se ve afectada principalmente por el cambio climático, la presión del recurso hídrico y el crecimiento poblacional. La medición del consumo de agua mediante indicadores de sostenibilidad como la huella hídrica, permite evaluar el consumo de agua de los procesos de una organización, así como el consumo de agua de los suministros usados, además de identificar acciones de mejora continua para una gestión eficiente del agua.

El presente trabajo evaluó la huella hídrica (HH) del Parque Energético la Rábida (PELR) para el periodo 2019-2022, considerando el consumo de agua dentro de la organización (Directa, HHD) y el consumo de agua de los suministros de energía eléctrica y energía térmica (Indirecta, HHI). El cálculo de la huella hídrica se ha realizado siguiendo la metodología definida en “The Water Footprint Network Assesment Manual”.

Se ha evaluado una huella hídrica total de 1.16 m<sup>3</sup>/t de crudo, de los cuales el 60 % corresponde a la huella hídrica azul, mayormente influenciada por el vertido final y las pérdidas por evaporación de las torres de refrigeración, mientras que el 20 % corresponde a la HHI procedente del consumo de energía eléctrica, y en menor porcentaje se encuentra el consumo de energía térmica (gas natural), que resulta ser un 13 %. La HH gris del PELR fue de solo 7 %, relativamente bajo en relación con otras instalaciones similares.

En el PELR se reutiliza 0.45 m<sup>3</sup>/t de crudo, sin esta reutilización el PELR alcanzaría una HH de 1.60 m<sup>3</sup>/t de crudo, lo que representa un incremento de su HH en 40 %. La innovación tecnológica y el uso de agua no convencional redujeron la huella hídrica total, en específico la huella hídrica azul. Esto ha permitido obtener una huella hídrica baja con respecto a otras refinerías de Europa que alcanzan valores de hasta 25 m<sup>3</sup>/t de crudo.

Implementar estrategias como la reducción del vertido mediante la implementación de nuevas tecnologías, la reducción de las pérdidas de agua por evaporación de las torres de refrigeración mediante la implementación de intercambiadores de calor, la mejora de la calidad del agua vertida y la obtención de certificados de origen de energía eléctrica eólica y solar, permitirán que la HH total se reduzca entre un 28 % a 58 %.

Se prevé que el proyecto de hidrógeno verde requerirá 0.54M m<sup>3</sup>/año de agua adicionales para su producción, además de un incremento de 12 veces el consumo de energía eléctrica actual (7M de MWh/año), lo que implica multiplicar por 4 la HH actual. Por ello, previo a la realización de este proyecto es necesario la implementación de la reducción del vertido mediante la reutilización del agua

regenerada en las unidades de procesos, además de optar por fuentes de energía eléctrica solar o eólica con el fin de garantizar la viabilidad ambiental de este proyecto. Considerar estos aspectos permitiría que a futuro el consumo de agua, directo e indirecto, alcance un volumen de 5.6M m<sup>3</sup>/año, aproximadamente la mitad del consumo actual.

Implementar estas estrategias para proyectos futuros permitirá gestionar eficientemente el consumo de agua dulce del PELR, demostrando así el compromiso con la sostenibilidad y la mejora continua de la empresa, siempre alineada con un enfoque de economía circular en sus procesos y cadena de suministros.

**Palabras clave:** Huella hídrica, economía circular, disponibilidad del agua, consumo, gestión del agua, técnicas limpieza de agua

## ABSTRACT

The availability of freshwater is primarily affected by climate change, water resource pressure, and population growth. Measuring water consumption using sustainability indicators such as the water footprint allows for evaluating water consumption within an organization's processes, as well as the water consumption of the supplies used. It also helps identify continuous improvement actions for efficient water management.

The present study evaluated the Water Footprint (WF) of the La Rábida Energy Park (LREP) for the period 2019-2022, considering water consumption within the organization (Direct, WF<sub>d</sub>) and the water consumption of electricity and thermal energy supplies (Indirect, WF<sub>i</sub>). The calculation of the water footprint has been conducted following the methodology defined in "The Water Footprint Network Assessment Manual."

A total water footprint of 1.16 m<sup>3</sup>/t of crude was evaluated, of which 60% corresponds to the blue water footprint, mostly influenced by final discharge and losses from cooling tower evaporation, while 20% corresponds to the Indirect Water Footprint (electricity consumption), and a smaller percentage is the consumption of thermal energy (natural gas), which accounts for 13%. The grey WF of LREP was only 7%, relatively low compared to other similar facilities.

In the La Rábida Energy Park (LREP), 0.45 m<sup>3</sup>/t of crude are reused. Without this reuse, the LREP water footprint would reach 1.54 m<sup>3</sup>/t of crude, representing a 40% increase in its water footprint. Technological innovation and the use of unconventional water sources have reduced the overall water footprint, specifically the blue water footprint. This has allowed achieving a low water footprint compared to other refineries in Europe, which reach values of up to 25 m<sup>3</sup>/t of crude.

Implementing strategies such as reducing discharges through the adoption of new technologies, decreasing water losses from cooling tower evaporation by incorporating heat exchangers, improving the quality of discharged water, and obtaining certificates of origin for wind and solar-generated electricity, will lead to a total water footprint reduction ranging from 28% to 58%.

It is projected that the green hydrogen project will require an additional 0.54M m<sup>3</sup>/year of additional water for its production, along with a 12-fold increase in current electricity consumption (7 million MWh/year), resulting in a fourfold increase in the current water footprint.

It is anticipated that the green hydrogen project will require an additional 0.54M m<sup>3</sup>/year of water for its production, along with a 12-fold increase in current electricity consumption (7M MWh/year), which implies a fourfold increase in the current water

footprint. Therefore, prior to undertaking this project, the implementation of discharge reduction is necessary by reusing regenerated water in process units, as well as opting for solar or wind-generated electricity sources to ensure the environmental viability of this project. Considering these aspects would enable future direct and indirect water consumption to reach a volume of 5.6M m<sup>3</sup>/year, approximately half of the current consumption.

Taking these strategies into account for future projects will efficiently manage freshwater consumption at LREP, thereby demonstrating the commitment to sustainability and continuous improvement of the company, consistently aligned with a circular economy approach in its processes and supply chain.

**Keywords:** Water footprint, circular economy, water availability, consumption, water management, water purification techniques.

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco de manera especial a mis directores Dr. Juan Pedro Bolívar Raya e Ing. Miguel García Martínez, por guiarme en este proceso, por sus indicaciones y orientación brindada y todo el conocimiento impartido.*

*Asimismo, agradezco a mi familia, por el apoyo y motivación brindada para seguir adelante, por todo su cariño y confianza.*

*A mis amigos que en el transcurso del Máster fueron una gran compañía.*

*Andrea*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problemática .....	1
1.2. Justificación del trabajo.....	2
1.3. Definición de huella hídrica .....	3
1.4. Definición de factor de agua no convencional.....	6
1.5. Objetivos .....	8
1.5.1. Objetivos específicos .....	8
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
2.1. Descripción de la instalación .....	9
2.1.1. Unidades de proceso del PELR.....	10
2.1.2. Sistema de agua del PELR .....	12
2.2. Métodos .....	14
2.2.1. Definición del alcance .....	15
2.2.2. Cálculo de la huella hídrica del PELR.....	15
2.3. Desarrollo de una herramienta de cálculo y seguimiento temporal de la HH. 21	
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
3.1. Huella hídrica directa.....	22
3.1.1. Huella hídrica azul .....	22
3.1.2. Huella hídrica gris .....	25
3.1.3. Huella hídrica directa total .....	28
3.1.4. Huella hídrica indirecto por consumo de energía eléctrica.....	28
3.1.5. Huella hídrica del consumo de energía térmica .....	33
3.1.6. Huella hídrica indirecta total .....	33
3.2. Huella hídrica total.....	34
3.4. Huella hídrica no convencional .....	35
3.5. Propuestas para la reducción de la Huella hídrica.....	38
3.5.1. Estrategia 1. Reducción del vertido .....	39
3.5.2. Estrategia 2. Reducir las pérdidas de agua por evaporación de las torres de refrigeración .....	41
3.5.3. Estrategia 3. Mejora de la calidad de agua vertida.....	41
3.5.4. Estrategia 4. Obtención de certificados de origen de energía eléctrica	43

3.5.5. Impacto de la implementación de las estrategias en la huella hídrica total .....	45
3.6. Impacto en la Huella hídrica con proyectos futuros del PELR .....	46
3.6.1. Reducción del vertido líquido en un 85 % .....	46
3.6.2. Proyecto de reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	47
3.6.3. Proyecto de producción de Hidrógeno Verde.....	48
3.7 Herramienta de cálculo .....	52
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES .....	54
REFERENCIAS .....	56
ANEXOS.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Figura 1.</b> Área de ubicación del PELR.....	9
<b>Figura 2.</b> Diagrama de unidades de proceso del PELR. Fuente: Parque Energético la Rábida .....	10
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujos de agua en el PELR .....	13
<b>Figura 4.</b> Crudo procesado del PELR.....	22
<b>Figura 5.</b> Huella hídrica azul del PELR.....	24
<b>Figura 6.</b> Porcentajes promedio de huella hídrica azul (2019 -2022).....	24
<b>Figura 7.</b> Huella hídrica gris del PELR, año 2022 debido al nitrógeno total .....	27
<b>Figura 8.</b> Huella hídrica directa del PELR.....	28
<b>Figura 9.</b> Huella hídrica del consumo de energía eléctrica del PELR .....	30
<b>Figura 10.</b> Huella hídrica indirecta del consumo de energía eléctrica del PELR por fuente de energía .....	31
<b>Figura 11.</b> Consumo de tipos de fuentes de energía suministradas al PELR, año 2022 .....	32
<b>Figura 12.</b> Huella hídrica azul indirecta del consumo energía térmica del PELR.....	33
<b>Figura 13.</b> Huella hídrica indirecta del PELR.....	34
<b>Figura 14.</b> Huella hídrica total del PELR según el tipo y fuente de energía. ....	34
<b>Figura 15.</b> Huella hídrica total del PELR.....	35
<b>Figura 16.</b> Huella hídrica no convencional.....	36
<b>Figura 17.</b> Uso consuntivo del agua .....	37
<b>Figura 18.</b> HH según los consumidores del PELR .....	38
<b>Figura 19.</b> Simulación de reutilización del 85 % .....	39
<b>Figura 20.</b> Simulación de reducción de pérdidas de agua por evaporación.....	41
<b>Figura 21.</b> Simulación de reducción de contaminantes en un 50 % y ZLD .....	43
<b>Figura 22.</b> Simulación de reducción de HH del consumo de energía.....	44
<b>Figura 23.</b> Simulaciones de reducción de la huella hídrica total para el PELR .....	45
<b>Figura 24.</b> Proyección de huella hídrica con reducción del vertido .....	47
<b>Figura 25.</b> Proyección de huella hídrica con reducción de emisiones de CO2 .....	48
<b>Figura 26.</b> Proyección de huella hídrica con proyecto de producción de hidrógeno verde.....	49
<b>Figura 27.</b> Proyecciones de huella hídrica, proyecto hidrógeno verde.....	51
<b>Figura 28.</b> Datos de entrada .....	53
<b>Figura 29.</b> Cálculo de HH total del PELR .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Tabla 1.</b> Concentraciones de contaminantes en el vertido de PELR en mg/L, salvo el Hg en µg/L.....	26
<b>Tabla 2.</b> Volumen de agua necesaria para asimilar un contaminante .....	26
<b>Tabla 3.</b> Estructura de generación de energía eléctrica y factores de HH.....	29
<b>Tabla 4.</b> Factor de uso no convencional .....	35
<b>Tabla 5.</b> Valores máximos admisibles RD 1620/2007 .....	39
<b>Tabla 6.</b> Simulaciones de reducción de Huella hídrica .....	45

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Problemática**

El agua es un líquido indispensable tanto para los ciclos naturales de la biósfera, como para el desarrollo de las sociedades humanas. Los cambios en la disponibilidad del agua dulce debido a su extracción y consumo, o por la degradación de su calidad por la descarga de aguas contaminadas es una preocupación mundial, ya que generaría impactos significativos en los ecosistemas y la salud humana (Jeswani y Azaspagic, 2011; Kounina et al., 2013; Silva et al., 2017).

Según la UNESCO (2023), para el 2050 la cantidad de personas que vivirán bajo estrés hídrico medio y severo podría llegar de 1.7 a 2.4 mil millones, con una demanda de agua duplicada para los hogares, agricultura e industria. El recurso hídrico está alcanzando un punto crítico ya que actualmente existe un desequilibrio entre la accesibilidad y la calidad debido a su elevada demanda y al impacto generado en el ciclo hidrológico por el cambio climático, factores que han llegado a alterar gravemente la disponibilidad de agua en cantidad y calidad (UNESCO, ONU- Agua, 2020).

El recurso hídrico en la zona sur del continente europeo es cada vez más escaso, según Taberna et al. (2021), el 11 % de la población europea y el 17 % del territorio de la Unión Europea está directamente afectada por la escasez de agua de calidad y afectando en mayor medida a las industrias que son el segundo mayor consumidor de agua en Europa y a la agricultura.

Las refinerías de petróleo son una de las industrias que más agua consumen en sus procesos. En una refinería típica a nivel mundial se consume entre 0.5 y 1.5 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de petróleo (Teter et al., 2015), y la escasez hídrica puede convertirse en un factor limitante para las industrias del petróleo y el gas natural (Bleischwitz et al., 2018). Razón por la cual, es necesario mejorar la eficiencia del uso del agua en los ciclos productivos.

## **1.2. Justificación del trabajo**

Para abordar esta problemática las huellas hídricas permiten medir y evaluar la cantidad de agua dulce usada a escala regional y mundial, en pro de una mejor gestión de los recursos de agua dulce, así como en el desempeño ambiental general de productos y operaciones (Kounina et al., 2013). La gestión del agua es un componente esencial en las refinerías pudiendo alcanzar un consumo relativo de 4 m<sup>3</sup> por tonelada de crudo (Lluch, 2008). La creciente demanda mundial de energía, y la alta producción de petróleo y gas consumido, generan una mayor proporción de agua, por lo cual es de vital importancia que exista una coordinación entre los recursos hídricos regionales y las industrias (Silva et al., 2017).

Según BP Statistical Review, Estados Unidos y la Unión Europea tienen la capacidad máxima de unidades de refinación de petróleo en todo el mundo. En Europa la industria petroquímica es una de las principales industrias dentro del sector manufacturero en consumir grandes cantidades de agua (Willet et al., 2019). La gran parte de las refinerías de Europa limpian sus aguas residuales y solo el 8,8 % envía las aguas residuales al sistema de tratamiento urbano centralizado. Cerca del 51 % de aguas residuales pasan por una planta de tratamiento de aguas residuales de tres etapas, y el 17 % de las aguas residuales ha sido tratado mediante técnicas de tratamientos limitadas (físicas y/o químicas), ya que pertenecen a aguas ligeramente contaminadas o provienen de escorrentía de agua lluvia, entre otras (Concawe, 2020).

La gestión eficiente de los recursos hídricos en los ciclos productivos de una industria petroquímica es primordial que se lleve con un enfoque de economía circular para alcanzar la sostenibilidad ambiental y económica de las empresas. La implantación de la circularidad en el recurso hídrico reside en la mejora de la eficiencia del uso del agua en los procesos productivos y la mejora en la depuración de las aguas residuales para nuevos usos (García, 2021).

La gestión sostenible de los recursos hídricos con una economía circular abarca instrumentos como la utilización de indicadores ambientales (huella hídrica, HH), además de la regeneración y reutilización del agua dentro de una misma industria, el aprovisionamiento sostenible de materias primas como por ejemplo la maximización de la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovable, para ir de la mano

con la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo que medir el uso del agua, en las actividades directa e indirectas permite tomar decisiones, de mejora en la eficiencia del uso del agua (CONAMA, 2020).

Por lo que conocer la huella hídrica de una organización permite proponer estrategias para una gestión eficiente del recurso hídrico y proyectar características a futuro de reducción. Alineado con el cumplimiento de los objetivos empresariales los cuales están relacionados en la mejora del vertido y reducción en el consumo de agua. Aportando un compromiso con la sostenibilidad, conciencia sobre el uso del agua para la mejora continua y además una influencia positiva en la sociedad y el sector empresarial.

### **1.3. Definición de huella hídrica**

La Huella Hídrica (HH) se define como un indicador que permite evaluar el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos y el medio ambiente (Hoekstra y Hung, 2002). Este indicador tiene en cuenta los volúmenes de consumo de agua (azul) provenientes de la extracción de diferentes fuentes, como aguas subterráneas y superficiales, además del cambio de lugar del agua espacial o temporalmente, como la contaminación producida (gris), o el agua de las precipitaciones (verde) que queda almacenada en la tierra, o en la superficie del suelo, en la zona de las raíces y se evapora con el tiempo o se incorpora o transpira a través de la vegetación. Además, la Huella Hídrica es un indicador que varía según la ubicación geográfica y el periodo de tiempo analizado.

#### **Huella hídrica total**

La huella hídrica total se define como el volumen total de agua dulce usada directa e indirectamente para la producción y funcionamiento ya sea de su proceso productivo o industria. Considera la suma de la huella hídrica directa e indirecta.

$$HH_t = HH_d + HH_i \quad (m^3/t) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:  $HH_d$  y  $HH_i$  corresponden a la huella hídrica directa y huella hídrica indirecta respectivamente en unidades de m<sup>3</sup> por unidad de producción (toneladas).

La huella hídrica directa representa el consumo o la contaminación de agua debido a las operaciones propias de la organización. Mientras que la huella hídrica indirecta, o de la cadena de suministro, corresponde al volumen de agua dulce consumida o contaminada para la producción de los productos o servicios que consume la organización.

### **Huella hídrica directa**

La huella hídrica directa incluye el agua utilizada durante el proceso de fabricación. Expresándose en componentes azul, verde y gris, en función del tipo de agua expresadas en volumen de agua por unidad de producto.

$$HH_d = HH_a + HH_{ve} + HH_g, \text{ (m}^3\text{/t)} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

### **Huella hídrica azul**

Se refiere al consumo de agua dulce superficial o subterránea que se ha extraído de un área determinada y ha sido usada en los procesos internos de una empresa u organización.

$$HH_a = H_2O_{ev} + H_2O_{in} + H_2O_{nr}, \text{ (m}^3\text{/t)} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde  $H_2O_{ev}$ ,  $H_2O_{in}$  y  $H_2O_{nr}$ , corresponden al consumo de agua que se ha evaporado, agua que se ha incorporado al producto, o el agua que regresa a otra cuenca hidrográfica o al mar, además del agua que no retorna en el mismo periodo ya sea porque se extrajo en un periodo seco y vuelve en un periodo húmedo, expresados en volumen de agua por unidad de producto.

### **Huella hídrica verde**

Considera el consumo de los recursos de agua de las precipitaciones que se ha quedado en la superficie del terreno o se ha incorporado a las plantas por medio de la evapotranspiración.

$$HH_v = H_2O_{evV} + H_2O_{inV}, \text{ (m}^3\text{/t)} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde  $H_2O_{evV}$  y  $H_2O_{inV}$  corresponden al agua de lluvia que se ha evaporado o que se ha quedado de forma temporal en la superficie del suelo o de la vegetación. Ampliamente relacionada con la industria agropecuaria, ya que el agua de precipitación se consume en gran medida.

### Huella hídrica gris

Es una medida estimada del deterioro potencial de la calidad del agua causado por la producción de un determinado bien o servicio. Considera el volumen de agua dulce requerida para asimilar la carga de contaminantes recibida por el medio receptor, es decir, el volumen de agua necesario para diluir la emisión del contaminante hasta la máxima concentración que admite el medio receptor,  $c_{m\acute{a}x} - c_{nat}$ , ya que hay que descontar la concentración de fondo que posee el medio receptor de forma natural, siendo  $c_{m\acute{a}x}$  la máxima concentración del contaminante admisible en el medio receptor sin efectos adversos para este, y  $c_{nat}$  la concentración del contaminante en el medio receptor sin perturbar por las emisiones en estudio (o fondo ambiental).

Por tanto, la HH gris se calcula dividiendo la carga contaminante ( $L$ , masa del contaminante emitido en el tiempo considerado), entre la diferencia de concentraciones entre la norma de calidad ambiental del agua de ese contaminante ( $c_{m\acute{a}x}$ , en masa/volumen) y su concentración natural en la masa de agua receptora ( $c_{nat}$  masa/volumen).

$$HH_{gris} = \frac{L}{c_{m\acute{a}x} - c_{nat}} = \frac{Efl * c_{efl} - Ext * c_{real}}{c_{m\acute{a}x} - c_{nat}} \quad (m3/t) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

$Efl \rightarrow$  volumen del efluente de la PTEL en  $m^3$

$c_{efl} \rightarrow$  la concentración del efluente por tipo de contaminante en mg/l

$Ext \rightarrow$  volumen de extracción en  $m^3$

$c_{real} \rightarrow$  la concentración real por tipo de contaminante (mg/l)

$c_{m\acute{a}x} \rightarrow$  concentración máxima por tipo de contaminante (mg/l)

$c_{nat} \rightarrow$  concentración natural o de fondo (mg/l).

La norma de calidad ambiental, denominada NCA (Nivel de Calidad Ambiental), para una sustancia en particular puede fluctuar según el tipo de medio receptor. Por lo cual

la misma carga contaminante puede variar de un lugar a otro y, consecuentemente, generar distintas huellas hídricas grises.

### **Huella hídrica indirecta**

La huella hídrica indirecta se refiere al volumen de agua dulce consumida o contaminada para producir todos los bienes y servicios que forman los productos de entrada de producción de la empresa.

$$HH_{indir} = \sum_p (C[p] \times HH_{prod} [p]) \quad (\text{m}^3/\text{t}) \quad (\text{Ecuación 6})$$

Se obtiene a partir de la multiplicación de los consumos de los productos [p], expresados en unidades de producto/tiempo por la huella hídrica de los respectivos productos ( $HH_{prod}[p]$ ) expresados en volumen de agua por unidad de producto. Las unidades de producto corresponden al gas natural, energía eléctrica, aditivos químicos, entre otros. Las huellas hídricas de los productos se pueden obtener a partir de estimaciones medias mundiales o nacionales.

Las huellas hídricas son, por tanto, fundamentalmente diferentes de las huellas de carbono debido al hecho de que las primeras se centran en un insumo de producción con características medioambientales localizadas, mientras que las segundas se centran en un resultado con un impacto medioambiental global (Chenoweth et al., 2014).

#### **1.4. Definición de factor de agua no convencional**

Es el volumen de reutilización de agua dulce en las unidades de procesos de la industria u organización. El reciclaje y la reutilización del agua son procesos decisivos en la reducción de la huella hídrica (Hoekstra et al., 2011). Algunos estudios de huella hídrica no consideran fuentes de agua adicionales como el agua regenerada, agua salobre o agua de mar para el cálculo de la huella hídrica, únicamente distinguen los volúmenes de agua dulce, omitiendo factores esenciales para evaluar la gestión de los recursos hídricos. Considerar estos volúmenes de agua es primordial en el desarrollo de las industrias ya que a menudo sus procesos se ven limitados debido a la escasez de agua (Bauer et al., 2020).

La reutilización de las aguas residuales es cada vez más importante para aumentar la disponibilidad de agua y permitir nuevos desarrollos (Bauer et al., 2020). En el estudio de Zu et al. (2022) se propone medir el factor de agua no convencional que se define como el volumen de agua reutilizada o reciclada con el objeto de evaluar la cantidad de agua que se recicla en los procesos internos de una industria, que, aunque en el balance global de la actividad no influye para el cálculo de la HH, sí es importante su cálculo puesto que representa la reducción de HH conseguida si la reutilización real no se hubiera producido.

La huella hídrica no convencional está definida por la siguiente fórmula:

$$HH_{noconv} = H_2O_{reg} + H_2O_{reut}, \text{ (m}^3\text{/t)} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:  $H_2O_{reg}$  o  $H_2O_{reut}$ , corresponden al agua regenerada y agua reutilizada respectivamente. Según Concauwe (2022) Definiéndose el agua regenerada como las aguas residuales tratadas, que se pueden utilizar en condiciones controladas para fines beneficiosos, mientras que el agua reutilizada se define como el agua recibida de otro usuario con un tratamiento mínimo o sin tratamiento, que ha sido utilizada más de una vez en un solo proceso o en otros procesos con el fin de reducir la extracción de agua dulce (Concauwe, 2022).

## **1.5. Objetivos**

El objetivo general es calcular y realizar un análisis crítico de la huella hídrica (HH) de una actividad industrial, en concreto del parque energético la Rábida (PELR) de CEPSA (Huelva).

### **1.5.1. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos planteados para alcanzar el anterior objetivo general han sido:

- Definir la metodología de cálculo de HH.
- Recopilar los datos necesarios para el cálculo de la HH del PELR.
- Calcular la HH de los diferentes procesos y la actividad global del PELR.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos.
- Proponer estrategias para reducir la HH del PELR.
- Desarrollar una herramienta de cálculo y seguimiento temporal de la HH de la actividad estudiada

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Descripción de la instalación

El Parque Energético la Rábida (PELR) de CEPSA, está localizado en el suroeste de España, provincia de Huelva, en Palos de la Frontera, en la demarcación hidrográfica del río Guadiana (figura 1). Las instalaciones ocupan una superficie aproximada de 240 ha. La actividad industrial principal se desarrolla en el campo de refino del petróleo, producción, almacenamiento y expendio de una extensa serie de productos energéticos, asfálticos, petroquímicos y otros derivados del petróleo.



Figura 1. Área de ubicación del PELR

### 2.1.1. Unidades de proceso del PELR

El sistema de estudio que se evaluará corresponde a las distintas unidades de proceso de refino de petróleo. En la figura 2 se muestra un esquema general del proceso.

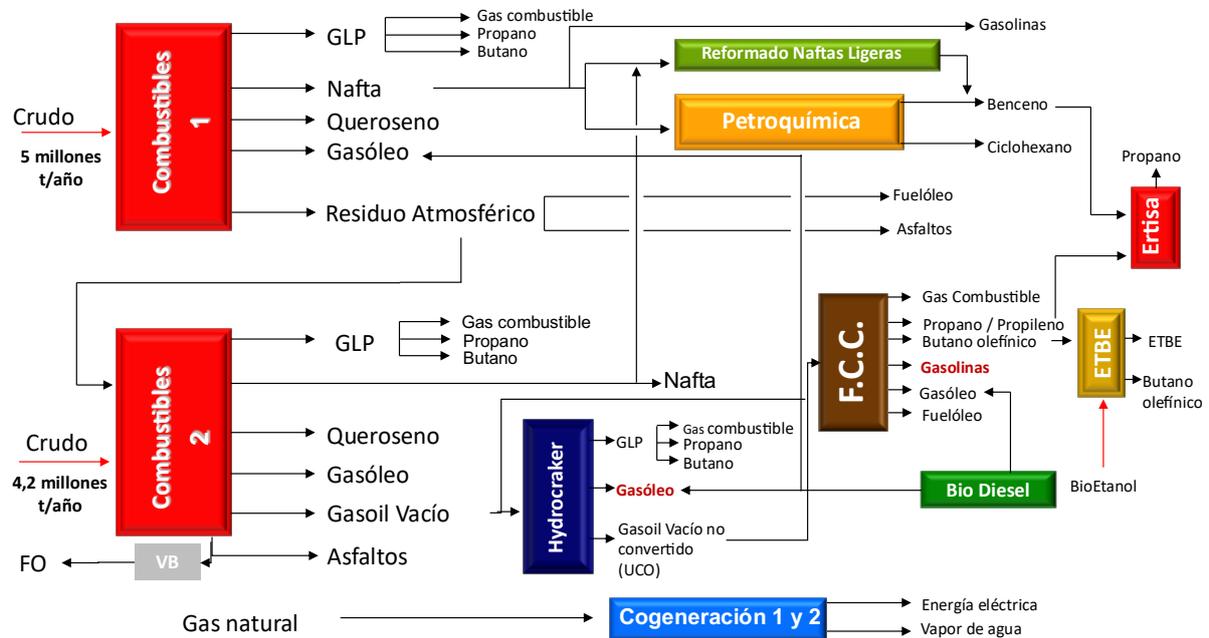


Figura 2. Diagrama de unidades de proceso del PELR. Fuente: Parque Energético la Rábida

El proceso del refino inicia con la recepción del crudo, este crudo pasa por varios procesos que incluyen la desalinización, destilación, hidrotratamiento, craqueo, coquización y reformado (figura 2).

La primera etapa del proceso de refino del crudo constituye la destilación atmosférica, que ocurre en las unidades de combustible 1 y 2, las cuales presentan características similares (figura 2). En esta etapa los componentes del crudo se van separando en distintas fracciones mediante su evaporación y separación por condensación a diferentes temperaturas, quedando las fracciones más pesadas en los platos inferiores de la columna de destilación y las más ligeras en la parte superior.

Las fracciones más ligeras obtenidas de este proceso son el gas licuado de petróleo (LPG), la nafta, el queroseno, el gasóleo, el combustible para calefacción y finalmente la fracción más pesada que es el residuo atmosférico (figura 2). Estos productos refinados presentan distintas calidades, por ello, con el fin de obtener un mayor rendimiento en la refinería, mejor calidad de los productos y cumplir con la normativa

es necesario que los productos pasen por distintas subunidades y unidades de proceso.

La fracción del crudo que ha quedado sin destilar (residuo atmosférico) se somete a un tratamiento en la unidad de vacío (figura 2) que se encarga de separar los componentes pesados del petróleo en fracciones más ligeras, como el gasóleo, fuelóleo, asfalto y gasoil vacío. La fracción final más pesada obtenida de esta unidad se procesa en otras subunidades.

Parte del crudo residual también se somete a un proceso de craqueo térmico en la unidad de “visbreaker” (VB) (figura 2) mediante la aplicación de calor y presión para romper las moléculas de los componentes más pesados en más ligeros obteniéndose nafta, gasóleo y fuelóleo.

EL LPG, queroseno, gasóleo, naftas son sometidos a unidades de “Hydrocraker” (figura 2) en el que se utiliza hidrógeno y catalizadores a altas temperaturas y presiones, para “romper” las moléculas de hidrocarburos y transformar los productos pesados en productos más ligeros, además de mejorar el rendimiento y la calidad de los combustibles, obteniéndose de este proceso GLP y distintos productos, tales como gases (Fuel gas propano, butano), destilados (gasolina y queroseno) y aceite no convertido (UCO) (figura 2).

Ahora los compuestos pasan a un procesamiento de conversión, en la que los hidrocarburos de baja calidad se convierten en productos de mayor valor, pureza y octanaje, como el gas oil vacío y UCO productos que ingresan a una unidad de conversión de fluido de craqueo catalítico (FCC) (figura 2). De la unidad FCC se obtiene gasolina, diésel, propileno, butanos y otros productos petroquímicos.

La nafta ingresa a la planta de Reformado de Naftas Ligeras (RNL) (figura 2), en donde se realiza un proceso de deshidrogenación, isomerización y ciclación para producir hidrocarburos de alta pureza como el benceno, tolueno, xileno, oleofinas como etileno y propileno, parafinas, combustibles de aviación y otros productos petroquímicos.

### **2.1.2. Sistema de agua del PELR**

El PELR presenta una concesión de aproximadamente 7 Mm<sup>3</sup>/año, proveniente del embalse del Río Piedras de la demarcación hidrográfica del Guadiana. Las instalaciones auxiliares requeridas en el proceso de refino incluyen generación de vapor, sistemas de enfriamiento, recolección y tratamiento de aguas residuales, extracción de aguas ácidas, reformado con vapor para la generación de hidrógeno, almacenamiento de agua para extinción de incendios y servicios públicos generales (por ejemplo, lavado).

El agua es un componente crítico en las operaciones de refinería de petróleo, ya que se utiliza en numerosas aplicaciones como en el enfriamiento, generación de vapor y procesamiento de hidrocarburos. A continuación, se indica un esquema simplificado del uso de agua en el PELR (figura 3). Se lo ha separado en tres grandes grupos, el primero consta de la planta de Energía, unidades de procesos y la planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos (PTEL).

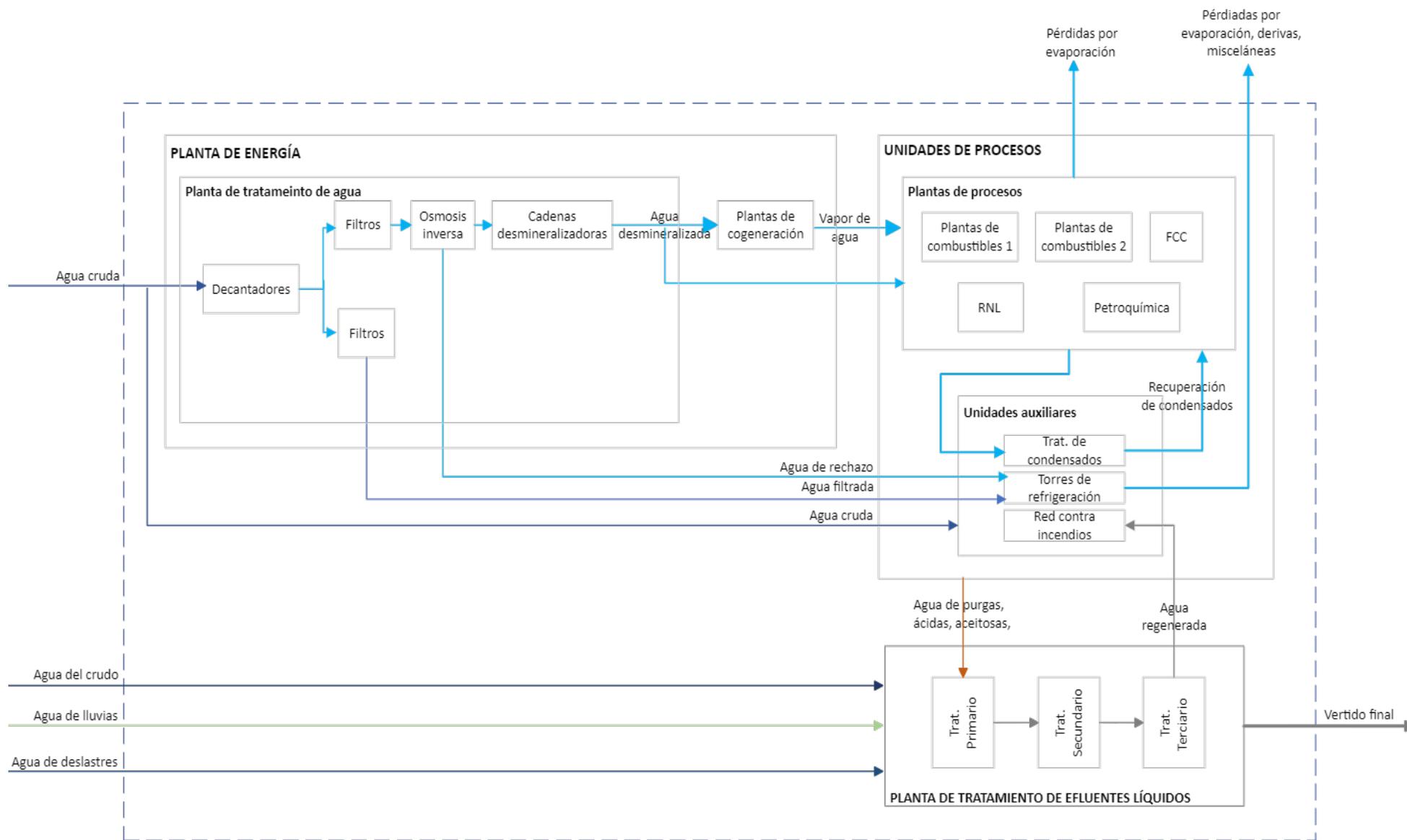


Figura 3. Diagrama de flujos de agua en el PELR

La gestión y uso del agua en el PELR inicia en la planta de Energía (figura 3), la cual incluye la planta de tratamiento de agua y las plantas de cogeneración. El agua bruta que ingresa a la planta de tratamiento es sometida a un tratamiento primario (proceso de decantación y filtración), del cual se obtiene agua filtrada (figura 3).

Seguido a esto el agua filtrada se somete a un tratamiento secundario ingresando a un proceso de ósmosis inversa del que se obtienen dos flujos agua, agua de rechazo y agua permeada, esta última agua continua por un proceso de intercambio iónico (cadenas desmineralizadoras) del que se obtiene agua desmineralizada (figura 3).

El agua filtrada juntamente con el agua de rechazo de la ósmosis inversa es enviada a las torres de refrigeración (unidades auxiliares: RNL, Petroquímica, FCC, Combustibles 1 y 2) (figura 3). Mientras que el agua desmineralizada es enviada a las calderas y turbinas de las plantas de cogeneración para generar vapor, el cual será utilizado en las distintas unidades de proceso del PELR (figura 3) estando en contacto directo con los hidrocarburos, otra parte de esta agua desmineralizada es enviada a la unidad de “Steam reformer” (HR2) para producir hidrógeno a partir de gas natural y vapor.

En las unidades de procesos se producen distintas pérdidas, una parte por emisiones de vapor en antorchas y evaporación de torres de refrigeración (figura 3). Una vez utilizada el agua en los procesos se genera agua de distintas calidades como: agua de purgas, aguas salinas, entre otras, aguas que son enviadas a la Planta de Tratamiento de Efluentes Líquidos (PTEL).

A la PTEL, ingresa el agua proveniente de las unidades de procesos, además del agua proveniente del crudo, agua lluvia y agua de deslastres (figura 3). Estas aguas deben ser tratadas antes de ser vertidas al mar, conforme la Autorización Ambiental Integral del PELR, pero no serán consideradas en el cálculo de la HH ya que no pertenecen al volumen de agua del Embalse del río Piedras.

## **2.2. Métodos**

La metodología aplicada para la evaluación de la huella hídrica del Parque Energético la Rábida se ha realizado mediante el enfoque presentado por Hoekstra et al. (2011).

Esta metodología considera los consumos de agua dulce dentro de los límites de la organización y a su vez los consumos de las materias primas cruciales en esta industria como la energía eléctrica y la energía térmica, con el fin de identificar los mayores generadores de huella hídrica, para proponer estrategias de gestión del recurso hídrico.

Se ha realizado una recopilación y sistematización de los datos mensuales del periodo 2019 - 2022 del PELR. Se han considerado los valores mensuales de los mayores consumidores de agua como son las torres de refrigeración, calderas y turbinas de vapor.

### **2.2.1. Definición del alcance**

Se ha calculado la HH total del PELR de los años 2019 - 2022 desde la recepción del crudo hasta el procesamiento final. Se ha considerado la HH operacional o directa con un enfoque de ciclo de agua, asociada a las unidades de proceso para el refino de crudo: planta de energía, planta de combustibles 1, planta de combustibles 2 (Planta de combustibles de baja presión, y Planta de combustibles de alta presión norte), planta RNL, planta FCC y planta de movimientos y Mezclas.

Además de la HH indirecta, relacionadas con el consumo de energía eléctrica y energía térmica (gas natural). En el proyecto se ha incluido las HH azul y HH gris. Además, para evaluar el uso de fuentes alternativas, se ha calculado un factor adicional para el uso de agua no convencional que lo denominamos HH no convencional, para medir la reducción de la huella hídrica total.

Se han realizado comparaciones de la huella hídrica para determinar su variación en los años estudiados. Finalmente, la unidad funcional para considerar los cálculos de HH están expresados en términos de producción unitaria ( $m^3/t$  de crudo).

### **2.2.2. Cálculo de la huella hídrica del PELR**

#### **Huella Hídrica directa**

Para el cálculo de la HH directa del PELR se ha considerado la huella hídrica azul y gris. En este estudio no se ha contabilizado la HH verde siguiendo la metodología de Gu et al. (2014), en el que cita que está HH verde no se puede aplicar a los procesos industriales de este tipo, por no presentar grandes volúmenes de consumo, siendo la lluvia representativa en actividades del sector agropecuario.

### Huella Hídrica azul

Se ha considerado el agua proveniente del embalse del Río Piedras, volumen de agua que después de ser utilizada en los procesos del refinado del crudo es descargado al mar. El uso de esta agua dulce se expresa mediante la HH azul por unidad de producción ( $m^3/t$ ) y comprenden el agua que se ha perdido por evaporación y agua que se vierte al mar (vertido final).

$$HH_{azul} = VpA_{PELR} + VpA_{CQP} + (Evap + Drif + Misc) + Efl, \left(\frac{m^3}{t}\right) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

$VpA_{PELR}$  → vapor de agua perdido en las distintas unidades de procesos

$VpA_{CQP}$  → vapor de agua perdido enviado a Cepsa Química Palos (CQP)

$Evap$  → las pérdidas por evaporación de las torres de refrigeración

$Drif$  → las pérdidas por derivas de las torres de refrigeración

$Misc$  → las misceláneas de las torres de refrigeración

$Efl$  → finalmente, el vertido final.

Se han considerado por separado los balances de los vapores enviados a Cepsa Química Palos (CQP) y los vapores de las demás unidades de procesos. Los vapores perdidos de CQP, pertenecen al vapor que forma parte del complejo el cual es enviado a esta instalación. Mientras que los balances de vapores perdidos de las unidades de proceso del PELR corresponden a los vapores de antorchas, atomización, vaporización de paradas y otras pérdidas.

Los consumos de las torres de refrigeración se han realizado mediante balances teóricos correspondientes a las torres de refrigeración de circuito cerrado. Para la evaporación se ha considerado la siguiente fórmula:

$$\text{Evap} = \frac{T1-T2}{555} * Q \quad \left(\frac{L}{s}\right) \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

Evap → evaporación en L/s,

T1 → temperatura del agua que ingresa a la torre de refrigeración

T2 → temperatura del agua que sale de la torre de refrigeración

Q → caudal circulante en (l/s)

La pérdida por derivas corresponde al agua que se pierde en forma de gotas o partículas arrastradas desde la torre hacia el entorno circulante, se ha considerado la siguiente fórmula:

$$\text{Drift} = \frac{0,005}{100} * Q \quad \left(\frac{L}{s}\right) \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

Drift → Es la pérdida por deriva y

Q → caudal circulante en (L/s)

La pérdida máxima por deriva permitida corresponde al 0.005 % de la tasa de circulación de agua del diseño de la torre de refrigeración.

La pérdida por misceláneas ocurre debido a las fugas, derrames salpicaduras o cualquier otra forma de pérdida, se ha considerado la siguiente fórmula:

$$\text{Misc} = \frac{\text{Evap}-\text{Drift}}{7} \quad \left(\frac{L}{s}\right) \quad \text{(Ecuación 11)}$$

La pérdida por misceláneas (Misc) corresponde a la séptima parte de la diferencia entre la pérdida por evaporación (Evap) y la pérdida por deriva (Drift).

A la PTEL se dirigen las aguas de los distintos procesos como las purgas provenientes de las torres de refrigeración, las purgas de los condensados, aguas de deslastre, aguas de lluvia, agua libre de crudos y agrupaciones de aguas aceitosas. El vertido final se ha calculado mediante un balance del efluente en el que se ha considerado la diferencia entre el efluente vertido y el agua de lluvias limpias, agua de lluvias aceitosas, aguas de deslastres y el agua proveniente de crudos.

Esta diferencia se la considera debido a que los volúmenes de agua que ingresan a la PETL no corresponden a la extracción del agua del Río Piedras, pero deben someterse a un tratamiento antes de su vertido final, conforme lo adscrito en la Autorización Ambiental Integral.

Ha sido necesario la realización de un balance de flujos de las aguas pluviales, se ha considerado el flujo de pluviales en los viales y zonas no industriales las cuales se consideran como pluviales limpias y el flujo pluviométrico en zonas industriales que contiene corrientes de aguas contaminadas de procesos, que son denominadas aguas pluviales a aceitosas.

Para el cálculo de estas aguas se ha considerado la precipitación diaria ( $< 10 \text{ L/m}^2$ ) registrada por el contador pluviométrico del periodo 2019 -2022, y además el área ( $\text{m}^2$ ) de las plantas COMB1, FCC, Petroquímica, Energía, RNL, Cogeneración 2, COMB2, las cuales cuentan con arquetas por donde fluye el agua que será recolectada en las arquetas, finalmente el agua se dirige a la PTEL. Se ha considerado la siguiente fórmula:

$$\text{Aguas pluviales} = \sum(A * P) \quad (\text{L}); \quad \text{precipitación diaria} < 10 \text{ L/m}^2 \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

A → área de las plantas de procesos en  $\text{m}^2$

P → precipitación en ( $\text{L/m}^2$ ).

Es necesario indicar que las primeras aguas pluviales ( $<10\text{L/m}^2$ ) serán tratadas en la PTEL y los volúmenes de agua superiores pasan a otro flujo de agua y se evacuaran al medio receptor previa comprobación.

### **Huella hídrica gris**

El volumen de agua dulce necesaria para asimilar la carga contaminante corresponde a la HH gris por unidad de producción ( $\text{m}^3/\text{t}$ ), para este caso se considerará la fórmula 5.

Siguiendo las directrices de Hoekstra et al. (2011), cuando el agua se extrae de la zona de captación A para cierto proceso, mientras que el efluente es vertido en la zona de captación B, hay que considerar  $Ext = 0$  para la contabilidad de la huella hídrica gris en la zona de captación B. Por lo cual la fórmula definida en nuestro caso es la que se muestra a continuación:

$$HH_{prod,gris} = \frac{Efl * c_{efl}}{c_{m\acute{a}x} - c_{nat}} \left( \frac{m^3}{t} \right) \quad (\text{Ecuación 13})$$

Dado que en las aguas residuales hay más de un contaminante y siguiendo la metodología de Hoekstra et al. (2011), la HH gris estará determinada por el contaminante que tenga la máxima influencia en el medio ambiente. Entre algunos contaminantes de interés ambiental que pueden estar presentes en las aguas residuales de las refinerías, son los hidrocarburos, amoníaco, nitratos, COT, sólidos suspendidos, metales, entre otros (Whale et al., 2022).

### **Huella hídrica indirecta**

Para el cálculo de la huella hídrica indirecta se ha considerado el consumo de energía eléctrica y gas natural. El consumo de energía y gas natural son suministros cruciales en el procesamiento del crudo en el PELR.

La cadena de suministro también genera una huella hídrica y como empresa sostenible su cálculo no debe descuidarse (Gu et al., 2014). Las huellas hídricas de algunos productos de la cadena de suministro como el consumo de los aditivos químicos son complejos de obtener ya sea porque no se tenga calculada su huella hídrica o porque es dependiente del productor de dicho bien. Es por ello por lo que en este proyecto se considera únicamente a los mayores consumidores, para los cuales se usará valores de estudios generales o de otros productores.

### **Huella hídrica del consumo de energía**

La HH de consumo de energía se ha calculado considerando el mix energético de las fuentes de energía de las que se suministra el PELR.

Los porcentajes de las fuentes de energía han sido multiplicados con sus respectivos factores de huella hídrica. Estos factores de HH se han obtenido de los estudios de

Hardy y Garrido (2010), Vanham et al. (2019), Mekonnen et al. (2015). Dándose preferencia al estudio de Vanham por ser datos de la Unión Europea y a su vez por ser el estudio más actual.

Siguiendo la metodología de Vanham et al. (2019), la huella hídrica correspondiente a la energía eléctrica se considera dentro de la Huella hídrica indirecta azul, ya que la HH verde se presenta en porcentajes muy mínimos. Para el caso del factor de HH de biomasa se ha considerado el factor del estudio de Hardy y Garrido (2010), en este estudio el valor de HHI es menor en comparación con otros estudios debido a que no se consideran los volúmenes de HH verde, lo cual incrementa el valor de HH total para esta fuente de energía.

### **Huella hídrica consumo de gas natural**

El consumo de gas natural en el PELR es destinado para generar energía térmica y en otro porcentaje es usado como materia prima en uno de los procesos de refinado de crudo.

Para el cálculo de HH de gas natural se ha considerado el factor de caracterización del estudio de Lui et al., (2021), este factor considera su huella hídrica hasta el proceso de extracción de gas natural. Finalmente se ha procedido a realizar la multiplicación del factor por el consumo de energía térmica (gas natural) en las instalaciones del PELR.

### **Huella hídrica no convencional**

Para el cálculo del factor de uso no convencional se consideraron los usos de agua regenerada de la PTEL, el agua de rechazo de la ósmosis inversa y la recuperación de condensado. Ha sido necesario realizar un balance por cada tipo de agua:

- Agua regenerada: Se ha contabilizado el volumen de agua regenerada de la PTEL, la cual se destina a la red contra incendios.
- Rechazo reutilizado: Se ha considerado los volúmenes de rechazo de la ósmosis inversa los cuales son usados en las torres de refrigeración.
- Condensado recuperado: Se ha considerado el condensado recuperado de las unidades de procesos.

### **2.3. Desarrollo de una herramienta de cálculo y seguimiento temporal de la HH**

Para el desarrollo de esta herramienta fue necesario la extracción de datos de operación del sistema de control del PELR, obteniéndose datos específicos sobre los volúmenes de agua mensuales utilizados en las unidades de proceso de la refinería. Esto incluye datos registrados de forma automática, como flujos de agua y mediciones de caudales, así como registros recopilados por el personal de la planta. Además, se considera la información obtenida en la metodología anteriormente expuesta.

Los datos anteriores fueron integrados de forma sistemática, además se realizaron las verificaciones necesarias para asegurar su consistencia y coherencia por ello se tomó en cuenta datos mensuales del periodo 2019 -2022. Los datos han sido organizados y almacenados de forma estructurada, lo que facilitará el análisis y seguimiento de los cambios en la huella hídrica a lo largo del tiempo.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de crudo en el PELR para el año 2019 fue de 9.8M de toneladas disminuyendo su producción a 8.0M de toneladas en el año 2020 debido a la pandemia covid-19, año en el que fue necesario reducir la producción. Para los años posteriores esta producción se ha ido recuperando, llegando a valores de 8.3 y 9.5M de toneladas para los años 2021 y 2022 respectivamente (figura 4).

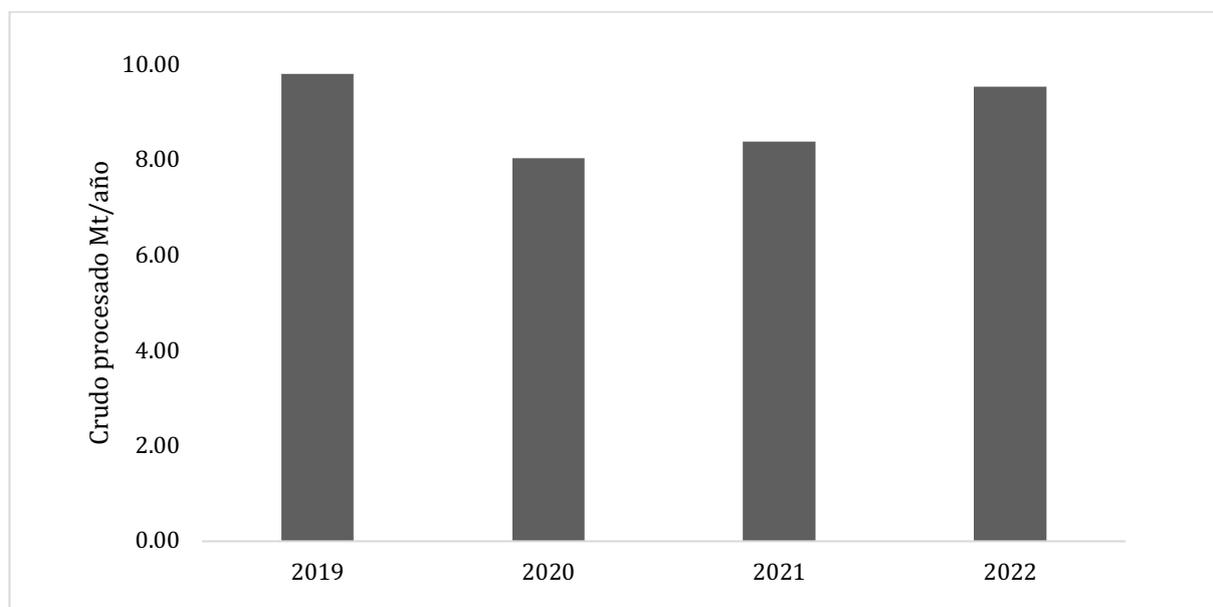


Figura 4. Crudo procesado del PELR

Según la metodología descrita en el apartado anterior el cálculo de la Huella hídrica se compone de la Huella hídrica directa más la Huella hídrica indirecta, por producción de crudo. Además, se calculó la HH no convencional para medir el impacto que tiene la reutilización del agua en la HH azul.

### 3.1. Huella hídrica directa

La huella hídrica directa está comprendida por la HH azul y HH gris.

#### 3.1.1. Huella hídrica azul

En el periodo 2019 – 2022 el PELR presentó un consumo de agua dulce promedio de 5.4M m<sup>3</sup>/año. Las pérdidas por vapor de las unidades de procesos rondan aproximadamente 0.5M m<sup>3</sup>/año de agua y el vapor enviado a CQP presentó 0.34

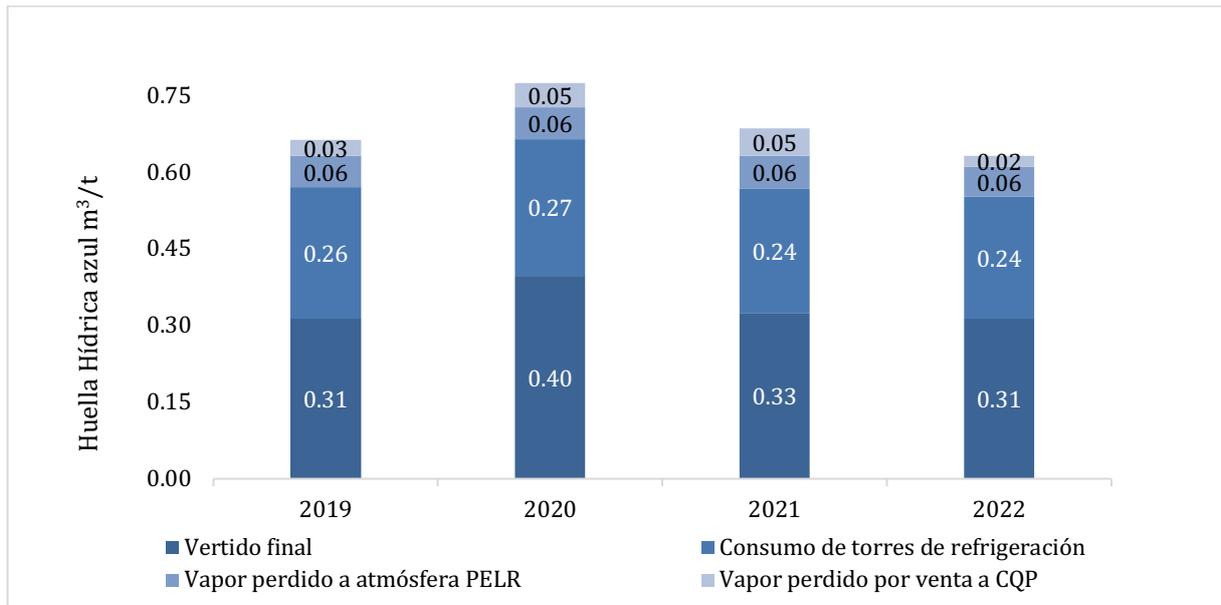
Mm<sup>3</sup>/año de agua dulce. En cuanto a las pérdidas de las torres de refrigeración, la evaporación alcanzó un volumen promedio de 1.9 M m<sup>3</sup>/año, seguida de las pérdidas por misceláneas de 281 512 m<sup>3</sup>/año y las pérdidas por derivas con valores de 8 561 m<sup>3</sup>/año.

El vertido final alcanza valores de 2.3M m<sup>3</sup>/año, del cual se descontaron los volúmenes que no corresponden al agua proveniente del embalse del Río Piedras (23 517 m<sup>3</sup>/año de agua de crudos, 174 036 m<sup>3</sup>/año de aguas pluviales limpias, 47 176 m<sup>3</sup>/año aguas pluviales a aceitosas y 2 520 m<sup>3</sup>/año aguas de deslastres).

La huella hídrica azul corresponde al volumen del vertido final, al consumo de las torres de refrigeración (evaporación, la pérdida por derivas y la pérdida por misceláneas), el vapor perdido del PELR (unidades de proceso) y el volumen del vapor de agua perdido por venta a CQP (figura 5).

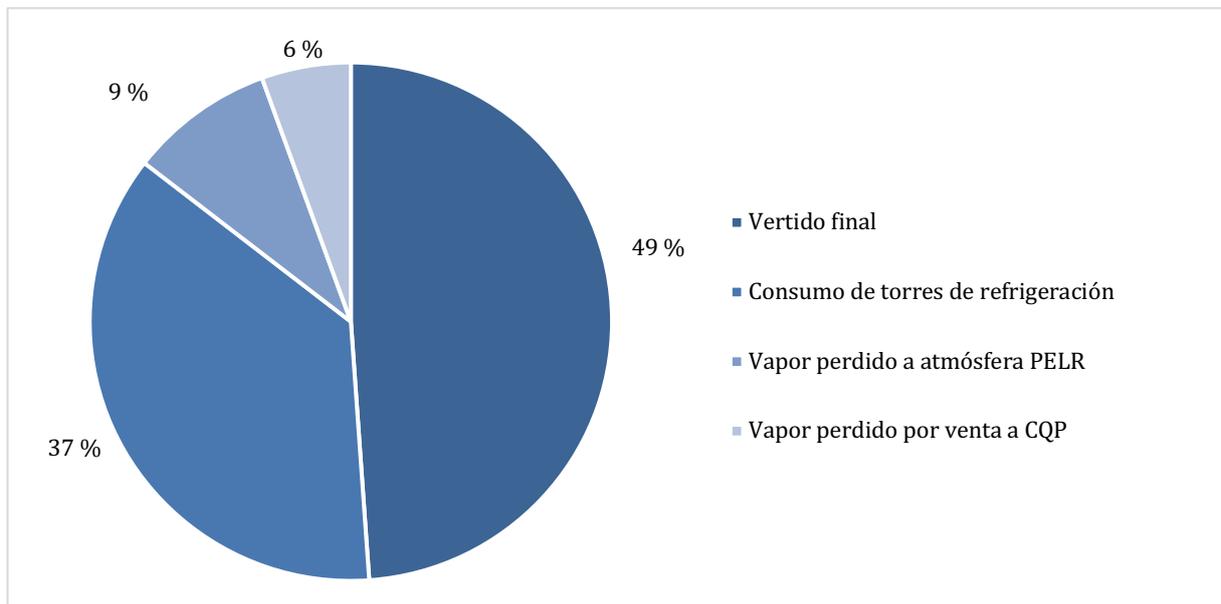
El valor de huella hídrica para los años 2019 y 2022 varía entre 0.66 a 0.63 m<sup>3</sup>/t de crudo procesado. (Figura 5). El vertido final y el consumo de las torres de refrigeración son los valores que mayor HH azul generan en el PELR. El vertido final está comprendido en un rango entre 0.31 a 0.40 m<sup>3</sup>/t de crudo, mientras que el consumo de las torres de refrigeración está comprendido en un rango de 0.24 a 0.27 m<sup>3</sup>/t de crudo.

El vapor perdido a la atmósfera del PELR ha permanecido constante en los cuatro años (0.06 m<sup>3</sup>/t de crudo), a diferencia del vapor perdido por venta a CQP que ha sido mayor (0.05 m<sup>3</sup>/t de crudo) en los años 2020 y 2021, mientras que en los años 2019 y 2022 se ha mantenido en 0.03 y 0.02 m<sup>3</sup>/t de crudo.



**Figura 5.** Huella hídrica azul del PELR

El vertido final representa aproximadamente 49 % de la HH azul, seguido de las pérdidas por el consumo de las torres de refrigeración con el 37 %. En cuanto a las pérdidas por emisiones a la atmósfera el vapor perdido del PLR presenta el 9 % y finalmente el vapor perdido por venta a CQP el 6 % (figura 6).



**Figura 6.** Porcentajes promedio de huella hídrica azul (2019 -2022)

La HH azul obtenida del PELR ha sido de 0,63 m<sup>3</sup>/t de crudo, que difiere al consumo encontrado en la evaluación de la huella hídrica para la producción de petróleo y gas de China del estudio de Zu et al. (2022), el cual fue de 0,98 m<sup>3</sup>/t valor mayor

comparado con el del PELR. A diferencia del estudio Sun et al. (2017) en el que se estimó el consumo de agua en una refinería de Estados Unidos que consta con una configuración de craqueo, coquización ligera y coquización pesada y mostró un consumo de 0.53 m<sup>3</sup>/t consumo menor al registrado en el PELR, debido a la complejidad de la refinería en cuanto al nivel de conversión y a las unidades de procesos existentes, las cuales pueden aumentar el volumen de agua consumida.

En el documento de referencia BAT (2015) se indica que, entre 58 refinerías de Europa, el percentil 5 es 0.2 m<sup>3</sup>/t, mientras que el percentil 95 es 25 m<sup>3</sup>/t. Con referencia a estos valores, la HH azul del PELR se encuentra entre un percentil bajo del consumo de agua dulce, esto relacionado con el sistema de refrigeración de circuito cerrado que permite que la huella hídrica del PELR no alcance los valores máximos del percentil 95 %.

### **3.1.2. Huella hídrica gris**

La HH gris corresponde al volumen de agua dulce requerida para asimilar la carga de contaminantes por tipo de contaminante. Las concentraciones de las sustancias consideradas para estos cálculos se muestran en la tabla 1.

Se consideró los valores de concentración del efluente proporcionados por parte del PELR, además de la concentración máxima de los niveles de calidad ambiental del Decreto 109/2015 del Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía y la concentración natural de los informes anuales del medio receptor (Junta de Andalucía, 2019-2022) como se indica en la tabla 1.

**Tabla 1.** Concentraciones de contaminantes en el vertido de PELR en mg/L, salvo el Hg en µg/L.

Sustancias	Concentraciones	
	Norma de Calidad de Agua RD 109/2015	Medio Receptor
Amoniaco	60	0.04
Aceite y Grasas	25	0.26
Nitrógeno Total	80	0.18
Fósforo Total	50	0.07
COT	150	1.38
Cinc	2	0.022
Arsénico	1	0.006
Cromo	0	0.001
Cobre	1	0.000
Níquel	1	0.002
Mercurio	2	0.000

Fuente: RD 109/2015; Junta de Andalucía, 2019-2022

Los contaminantes que han influenciado mayormente en el vertido son los que se muestran en la tabla 2. Siendo el nitrógeno total la sustancia que presenta el mayor volumen de dilución durante los cuatro años.

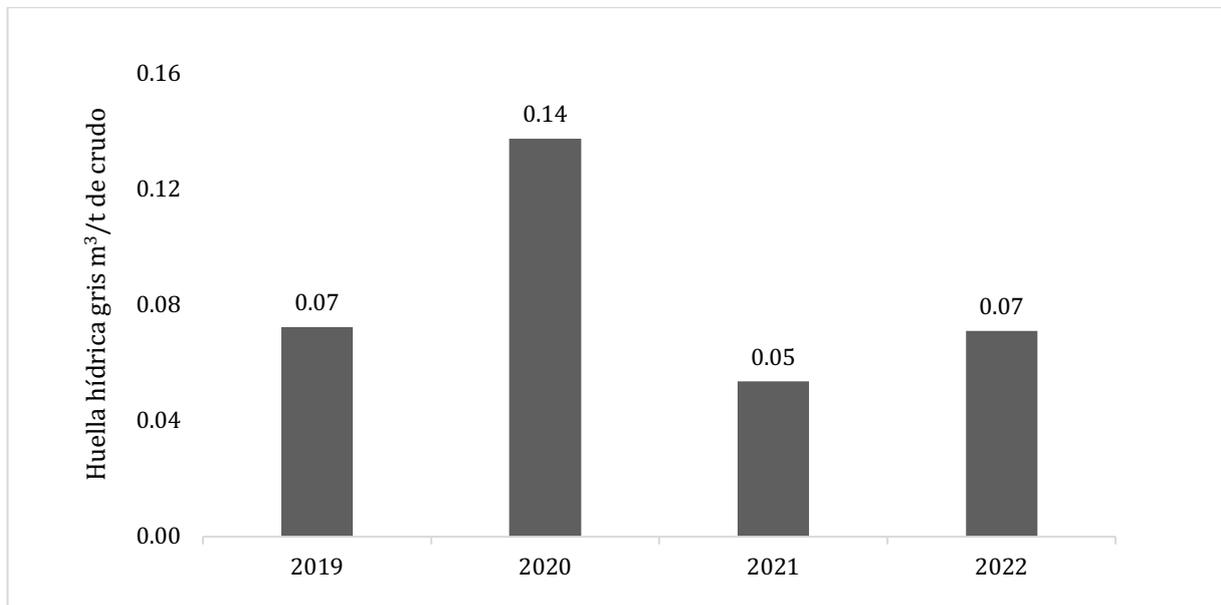
**Tabla 2.** Volumen de agua necesaria para asimilar un contaminante

Sustancias	2019	2020	2021	2022
	m <sup>3</sup> /año			
Amoniaco	524534	760397	185565	664858
Aceite y Grasas	495013	449625	383302	352425
<b>Nitrógeno Total</b>	<b>711058</b>	<b>1106743</b>	<b>449814</b>	<b>679141</b>
Fósforo Total	65050	58863	44923	48840
COT	374041	378600	223607	412927

**Nota:** Contaminante con mayor volumen de dilución

En base a la metodología de la WFN, la HH gris proviene del contaminante con mayor volumen de dilución, para el caso del PELR la HH gris es debido al nitrógeno total. Los años 2019 y 2020 indican una HH gris que ronda los 0.07 m<sup>3</sup>/t de crudo, mientras

que en el año 2020 este valor incrementó a 0,14 m<sup>3</sup>/t de crudo, debido a que hubo un menor porcentaje de reutilización del agua del vertido final (figura 7).



**Figura 7.** Huello hídrica gris del PELR, año 2022 debido al nitrógeno total

Las mayores concentraciones de los contaminantes evaluados del PELR como el nitrógeno total, amonio, aceites y grasas, carbono orgánico total y fósforo no superan los niveles de calidad de agua conforme el Decreto 109/2015, encontrándose el PELR dentro de las refinerías de la Unión europea que muestran medias por debajo de los niveles de calidad admisibles, mientras que alrededor del 5-10 % son significativamente más altos que el promedio (BAT, 2015). Los niveles de contaminantes encontrados en las aguas residuales varían debido a diferentes factores, incluida la complejidad de la refinería y la aplicación de la que se originan las aguas residuales (Chale et al., 2022).

El tratamiento de aguas residuales antes de ser vertido al medio ambiente reduce la concentración de contaminantes en el efluente final. La planta de tratamiento de efluentes líquidos del PELR presenta un tratamiento primario, un tratamiento físico – químico, además de un tratamiento biológico. La presencia del nitrógeno total se debe a que es un compuesto imprescindible para el proceso biológico, pero a efectos prácticos el PELR no debe preocuparse ya que su exceso en la planta casi no puede actuar y no afectará los efectos de operación para el cumplimiento de descarga del vertido.

### 3.1.3. Huella hídrica directa total

Finalmente, se obtuvo una HH directa total, que ronda los 0.7 - 0.8 m<sup>3</sup>/t de crudo, para los años 2019, 2021 y 2022, a excepción del año 2020 en el que la huella hídrica directa alcanza valores de 0.91 m<sup>3</sup>/t, año en el que se procesó menor crudo en la instalación y por lo tanto hubo menos eficiencia en el consumo de agua. Aproximadamente el 90 % de la HH directa corresponde a la HH azul (Figura 8).

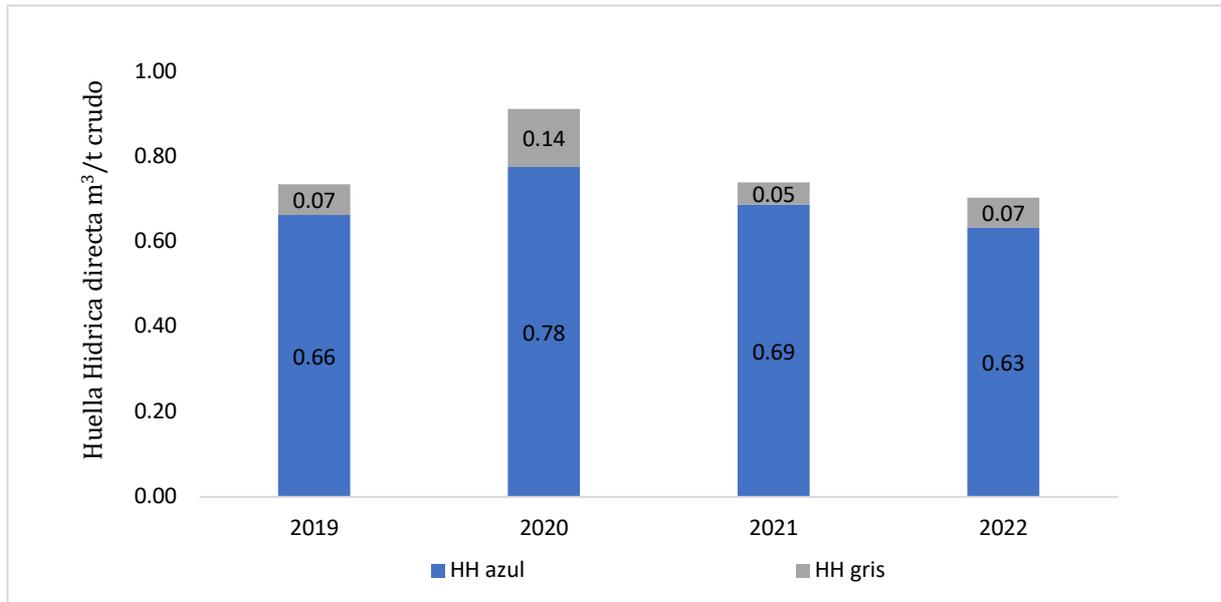


Figura 8. Huella hídrica directa del PELR

La huella hídrica indirecta corresponde a los principales recursos de entrada para el procesado de petróleo del PELR, entre ellos el consumo de energía eléctrica y el consumo de energía térmica (gas natural).

### 3.1.4. Huella hídrica indirecto por consumo de energía eléctrica

El PELR presentó un consumo promedio para los años de estudio de 596 431 MWh/año. Los porcentajes de fuentes de energía eléctrica suministradas al PELR de los años 2019 a 2022 fueron obtenidos del Informe de energías renovables de la Red Eléctrica España, de los informes de fuentes de energía de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia y finalmente de los contratos de compra de energía del PELR en los que consten las fuentes de energía consumidas, agrupadas en fuentes de energías renovables y fuentes de energías no renovables (tabla 3). Cada fuente de energía presenta una intensidad en mayor o menor medida del consumo de agua (factores de huella hídrica).

**Tabla 3.** Estructura de generación de energía eléctrica y factores de HH

Fuentes de energía	Año	Factores de HH	2019	2020	2021	2022
		m <sup>3</sup> /MWh	% fuente de energía			
<b>Fuentes de energía renovable</b>	Hidráulica	<b>32.810</b>	4	7	7	14
	Eólica	<b>0.004</b>	9	12	13	63
	Solar fotovoltaica	<b>0.180</b>	2	3	5	0
	Solar térmica	<b>0.421</b>	1	1	1	4
	Biomasa	<b>1.550</b>	0	0	0	15
	Resto de E. renovables	<b>0.126</b>	1	1	1	4
<b>Total</b>			<b>16</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>100</b>
<b>Fuentes de energía no renovable</b>	Ciclos Combinados gas natural	<b>0.896</b>	29	25	10	-
	Nuclear	<b>2.257</b>	29	32	30	-
	Carbón	<b>1.552</b>	7	3	5	-
	Cogeneración de Alta Eficiencia	<b>0.490</b>	5	3	3	-
	Cogeneración	<b>0.490</b>	9	10	25	-
	Otras	<b>0.800</b>	1	1	0	-
	Fuel/Gas	<b>0.490</b>	3	2	1	-
	<b>Total</b>			<b>84</b>	<b>74</b>	<b>7</b>

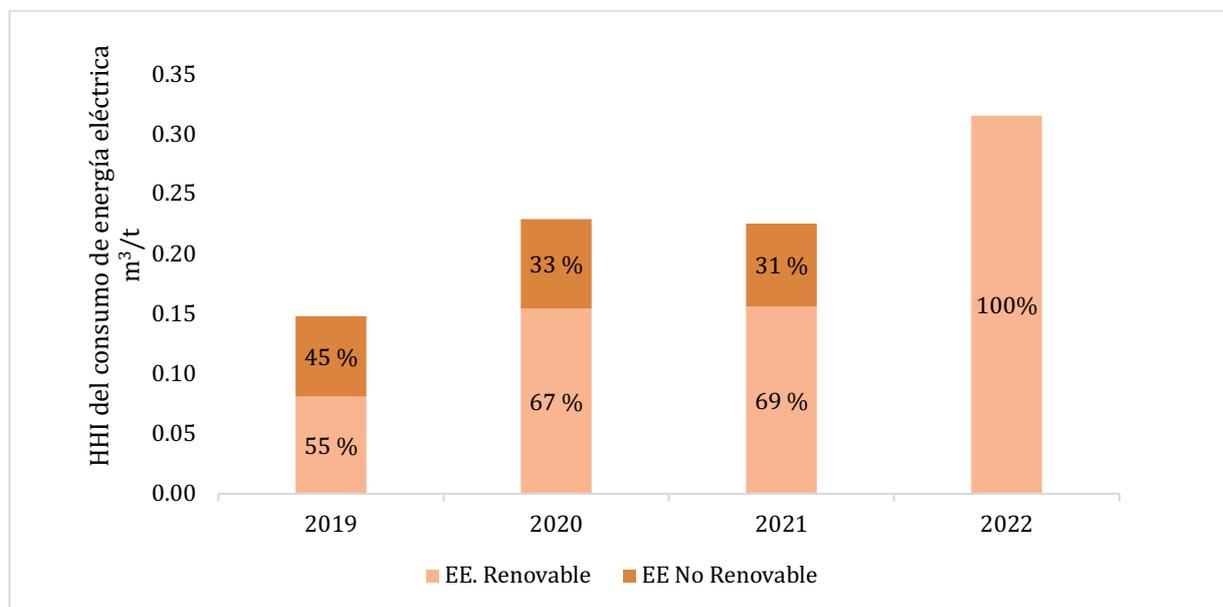
Las fuentes de energía de las que se suministra el PELR, han variado en estos cuatro años. Entre las fuentes de energía no renovables más representativas suministradas al PELR corresponden a energía nuclear con porcentajes que alcanzan el 32 %, seguido de la energía de ciclos combinados con 29 % y la energía de cogeneración del 25 % para los tres primeros años a evaluar (tabla 3).

En lo que respecta al consumo de fuentes de energía renovables del PELR, alineadas con la transición energética, la energía eólica ha presentado un incremento desde el año 2019 al 2021 de 9 % a un 13 %, la energía hidráulica del 4 % a 7 % En el año 2022 el PELR se ha suministrado únicamente de fuentes provenientes de energías renovables, especialmente de energía eólica (tabla 3).

Los factores de HH de consumo de energía eléctrica según la fuente de energía eléctrica se indican en la tabla 3. Se puede observar que la huella hídrica

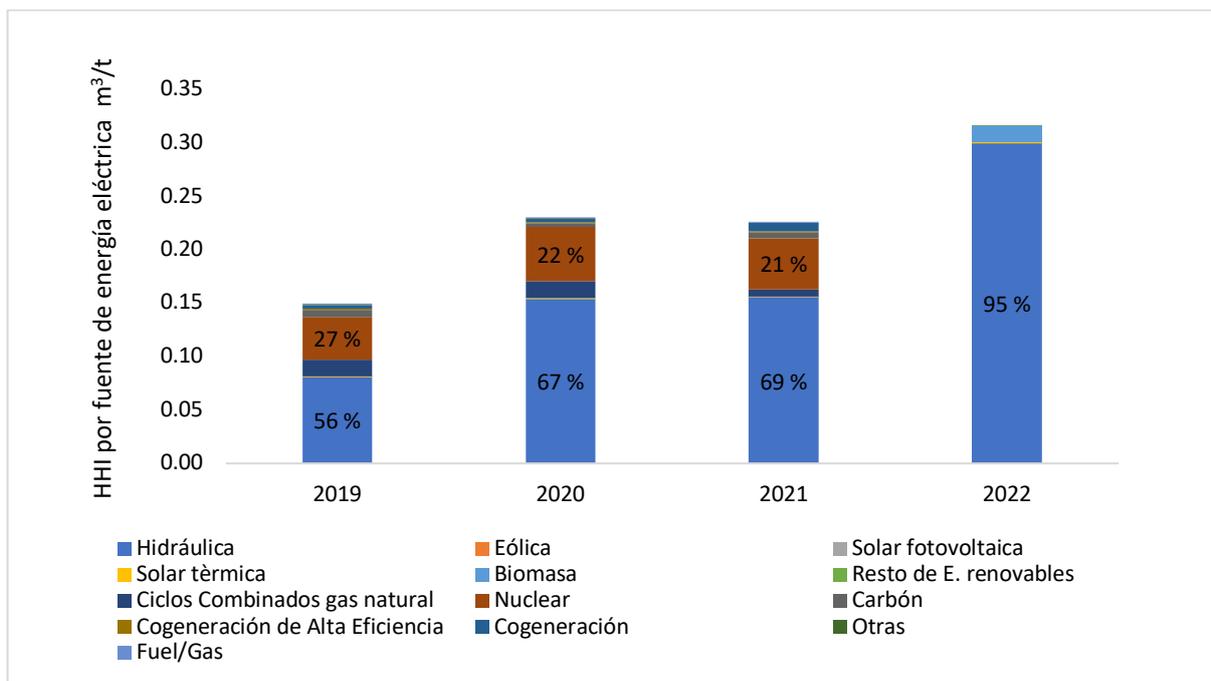
correspondiente a energía hidráulica registra el mayor factor, alcanzando valores de 32.81 m<sup>3</sup>/MWh, seguida de la energía nuclear con 2.257 m<sup>3</sup>/MWh y energía proveniente de biomasa y carbón con 1.552 m<sup>3</sup>/MWh aproximadamente.

La huella hídrica debido al consumo de energía eléctrica ronda entre 0.15 a 0.32 m<sup>3</sup>/t de crudo. Estando representado mayoritariamente por las fuentes de energía renovable con valores que alcanzan un 55 % para el año 2019 hasta un 100 % para el año 2022 (figura 9).



**Figura 9.** Huella hídrica del consumo de energía eléctrica del PELR

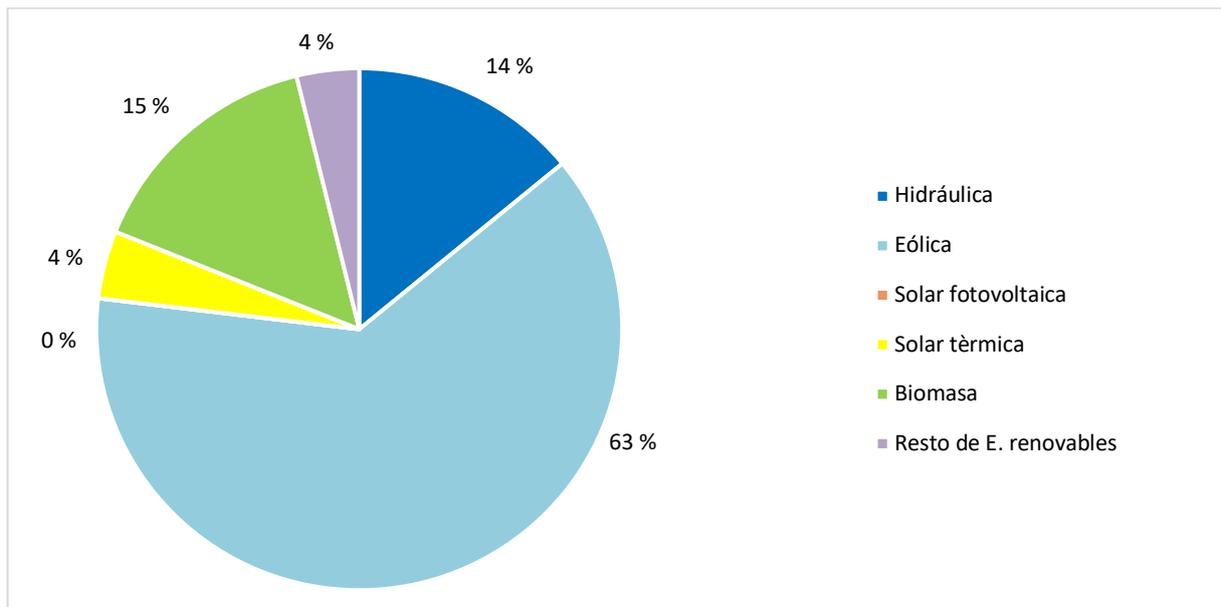
La HH del consumo de energía eléctrica está influenciada en gran medida por las fuentes de energía hidráulica, nuclear y de ciclos combinados. Podemos observar en la figura 10, que la energía hidráulica es la que mayor porcentaje representa en el consumo de energía eléctrica, alcanzando un porcentaje del 56 al 95 %, seguida de la energía nuclear que ronda entre el 27 al 21 %.



**Figura 10.** Huella hídrica indirecta del consumo de energía eléctrica del PELR por fuente de energía

La fuente de energía hidroeléctrica a pesar de no representar el mayor porcentaje de fuente suministrada (tabla 3), su factor de huella hídrica influencia ampliamente en la HH indirecta del consumo de energía eléctrica alcanzando el 95 % de la huella hídrica indirecta para el año 2022.

La creciente demanda de la energía eléctrica ha estimulado la expansión de las energías renovables, entre ellas la hidroeléctrica, eólica, solar y de biomasa. En el PELR las fuentes de energía renovables registradas en su suministro representan el 100 % en el año 2022 (figura 11). La obtención de las garantías de origen ha permitido que el consumo del PELR supere las estadísticas registradas por la Agencia Internacional de Energía en la que pronosticaba que para los años 2010 y 2035 se alcanzaría el 35 % de la generación de energía (Garbes, 2012).



**Figura 11.** Consumo de tipos de fuentes de energía suministradas al PELR, año 2022

El 63 % de las fuentes de energía eléctrica suministrada al PELR corresponde a energía eólica, que dado su bajo consumo de agua no influye en la HH indirecta. La seguridad hídrica es una dimensión que debe tenerse en cuenta al planificar los sistemas energéticos futuros. Si la calidad, cantidad y accesibilidad de los recursos hídricos disminuyen, está en juego el suministro de fuentes de energía confiable, asequible y sostenible (Carrillo y Frei, 2009).

En el estudio de Carrillo y Frei (2009) mencionan que la mezcla de fuentes de energía de referencia para el 2030 disminuye la extracción total de agua en España, pero aumenta el uso consuntivo total de agua del país hasta en un 25 %, esta combinación tiende a consumir más agua, ya que a pesar de que el uso de carbón, petróleo, energía nuclear e hidroeléctrica se reduzcan, a medida que aumente el uso de gas, viento y energía solar, también aumenta el uso de biomasa, la cual es intensiva en el uso de agua. Este cambio de mix energético puede provocar una situación grave en España y a la vez una huella hídrica elevada en el PELR.

### 3.1.5. Huella hídrica del consumo de energía térmica

El PELR presentó un consumo promedio de gas natural de 6.14MWh/año para el periodo 2019- 2022, un consumo que supera al consumo de electricidad. El factor de huella hídrica considerado para el consumo de gas natural fue de 0.22 m<sup>3</sup>/MWh del estudio de Lui et al. (2021), este factor, considera su huella hídrica hasta el proceso de extracción de gas natural.

La huella hídrica debido al consumo de energía térmica en el PELR alcanza valores que rondan entre 0.11 a 0.18 m<sup>3</sup>/t de crudo (figura 12). En el año 2022 la HH por el consumo de energía térmica es mucho menor con respecto a los años anteriores, ocasionado por la parada de una unidad de proceso (cogeneración 2), además de los altos precios del gas natural en el mercado por lo cual se optó por realizar autoconsumo de los derivados procesados (propano y butano).

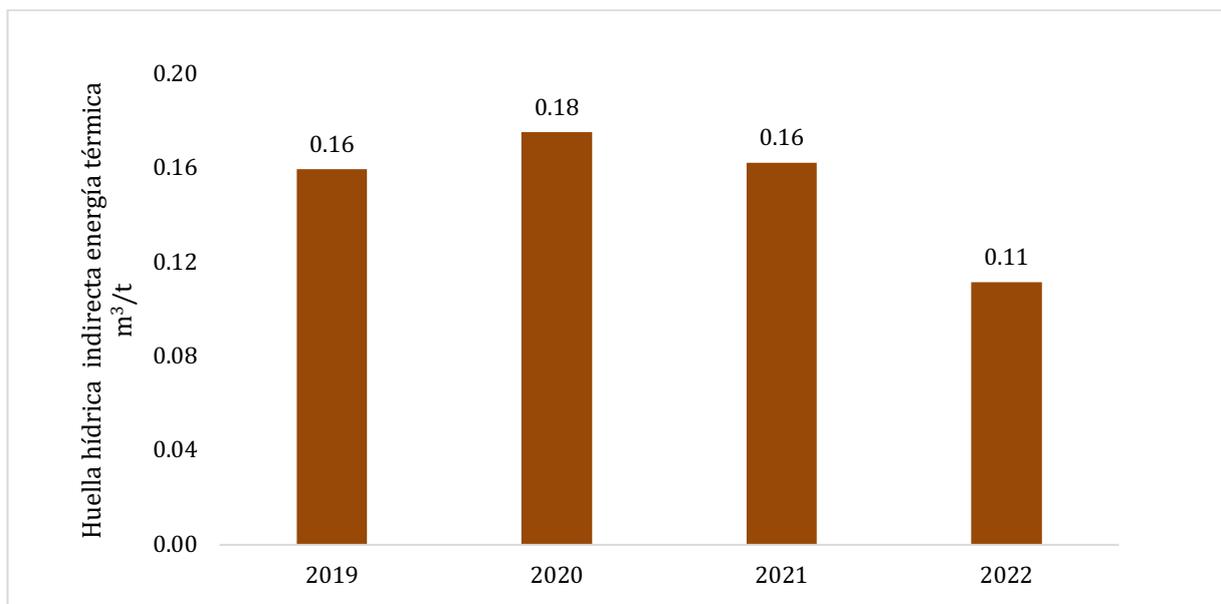
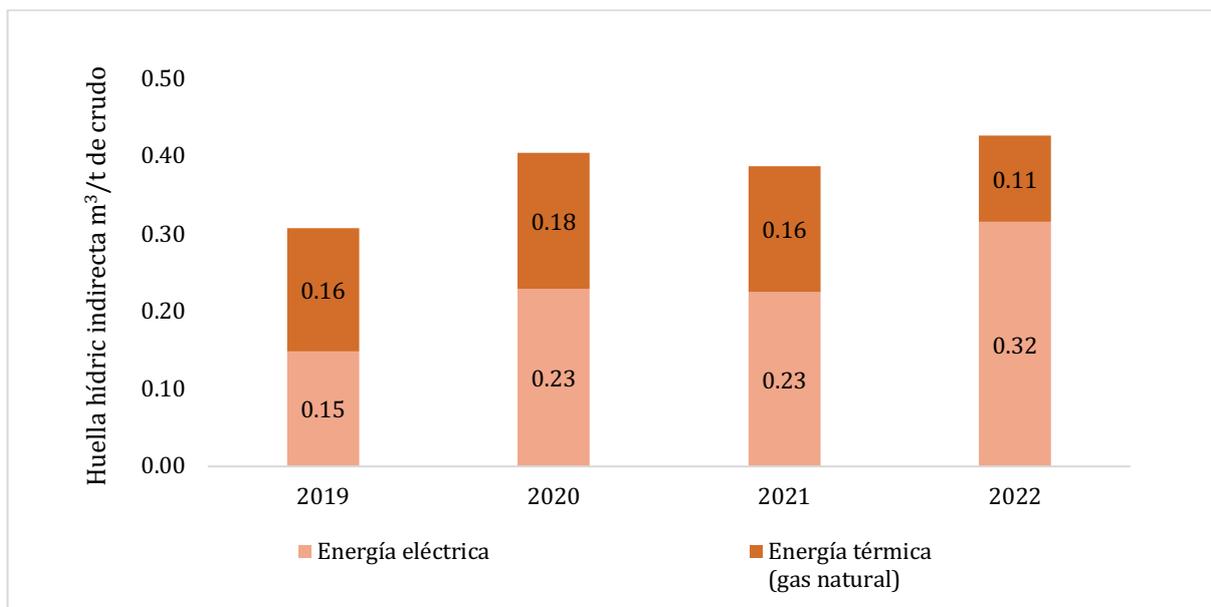


Figura 12. Huella hídrica azul indirecta del consumo energía térmica del PELR

### 3.1.6. Huella hídrica indirecta total

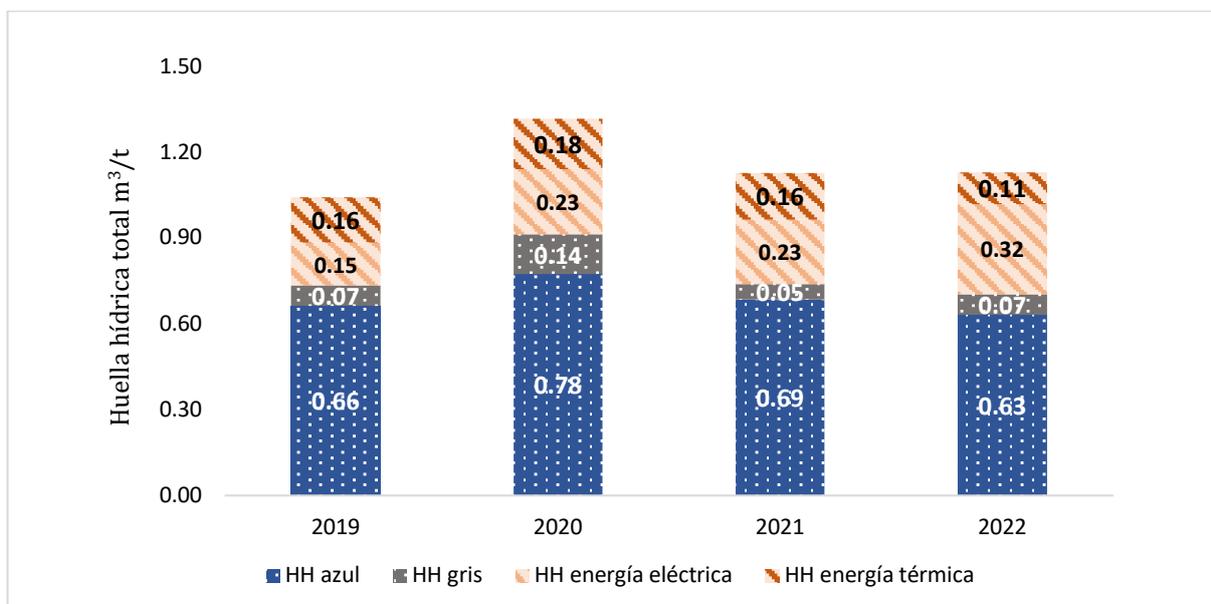
Finalmente, el PELR ha generado una HH indirecta que varía de 0.31 a 0.43 m<sup>3</sup>/t de crudo desde el año 2019 hasta el año 2022 (figura 13). A pesar de que el consumo de gas natural en promedio (6M MWh/año) es 10 veces mayor que el consumo de la energía eléctrica (0.59M MWh/año), la HH indirecta está mayormente influenciada por el consumo de energía eléctrica la cual varía del 48 al 74 % para el periodo 2019 – 2022.



**Figura 13.** Huella hídrica indirecta del PELR

### 3.2. Huella hídrica total

La huella hídrica total del PELR, consta de la huella hídrica directa y la huella hídrica indirecta. El año 2020 presentó la mayor HH total, la cual fue de 1.32 m<sup>3</sup>/t de crudo, mientras que para el año 2022 la HH total alcanzó los 1.13 m<sup>3</sup>/t de crudo (figura 14). Factores como la pandemia, suministro de fuentes de energía, paradas de unidades de proceso influyen en este indicador.



**Figura 14.** Huella hídrica total del PELR según el tipo y fuente de energía.

La huella hídrica azul es la que genera un mayor impacto al alcanzar el 60 % de la HH total promedio en los años evaluados, seguida de la HH del consumo de energía eléctrica (20 %) y HH del consumo de energía térmica (15 %) y finalmente la HH gris el 7 % (figura 15).

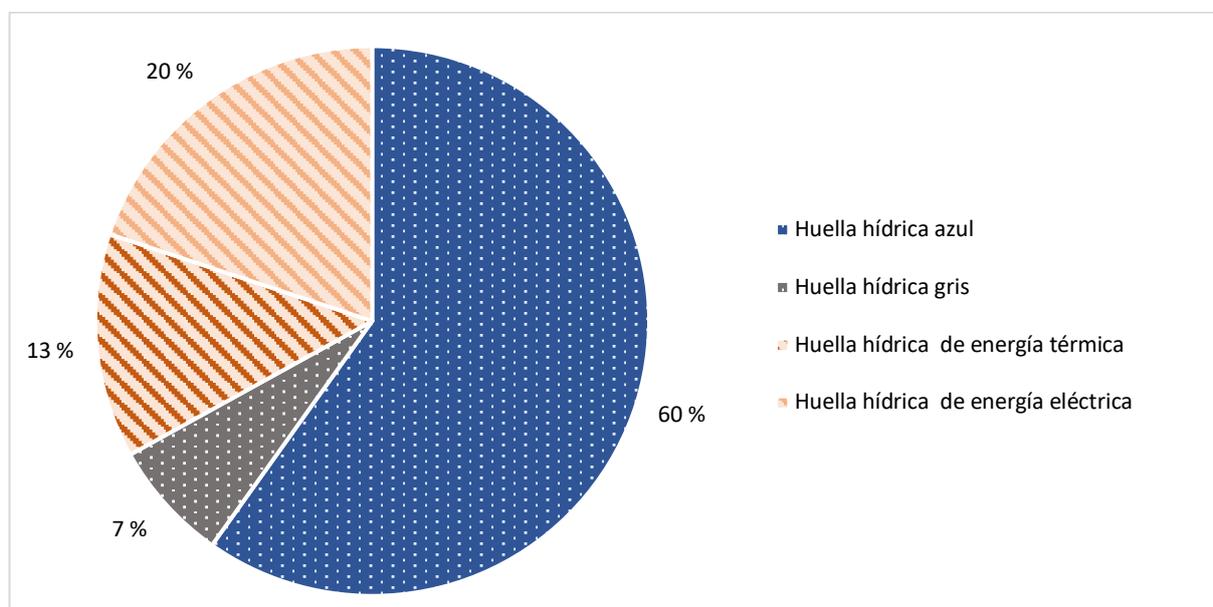


Figura 15. Huella hídrica total del PELR

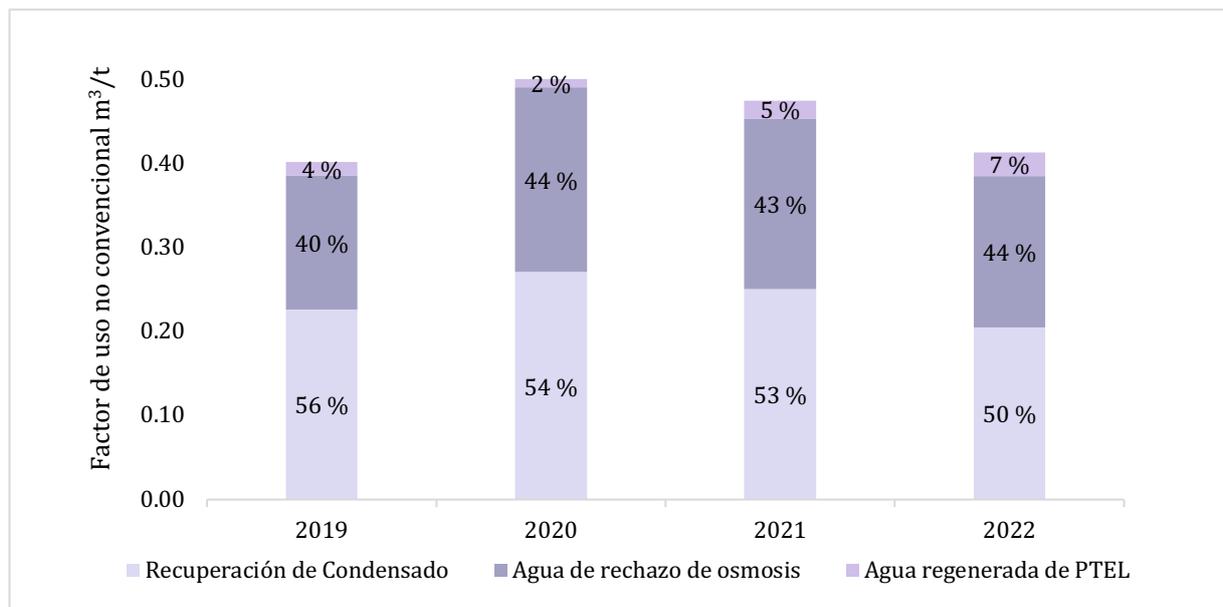
### 3.4. Huella hídrica no convencional

Con el fin de conocer el volumen de reutilización de agua dulce e identificar cómo este factor disminuye la intensidad de extracción de agua dulce y con ello la reducción de la huella hídrica final del PELR. La HH no convencional del PELR se compone del agua regenerada de la PTEL, de la recuperación del condensado y del agua de rechazo de ósmosis inversa como se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Factor de uso no convencional

Año	Agua regenerada de PTEL		Agua de rechazo de ósmosis		Recuperación de Condensado		HH no convencional
	m <sup>3</sup> /t	%	m <sup>3</sup> /t	%	m <sup>3</sup> /t	%	
2019	0.02	4	0.16	40	0.23	56	0.40
2020	0.01	2	0.22	44	0.27	54	0.50
2021	0.02	5	0.20	43	0.25	53	0.48
2022	0.03	7	0.18	44	0.21	50	0.41

El factor de uso de agua no convencional fue de 0.40 y 0.41 m<sup>3</sup>/t de crudo para los años 2019 y 2022 respectivamente, 0.50 y 0.48 m<sup>3</sup>/t de crudo para los años 2020 y 2021, siendo mayor en estos años debido a que la producción de crudo fue menor. Entorno al 53 % del agua dulce recuperada, corresponde a la recuperación de condensados, seguida del agua reutilizada de ósmosis inversa la cual indica valores que rondan el 42 % y finalmente un porcentaje bajo corresponde al agua regenerada de la PTEL con un 4 % (figura 16).



**Figura 16.** Huella hídrica no convencional

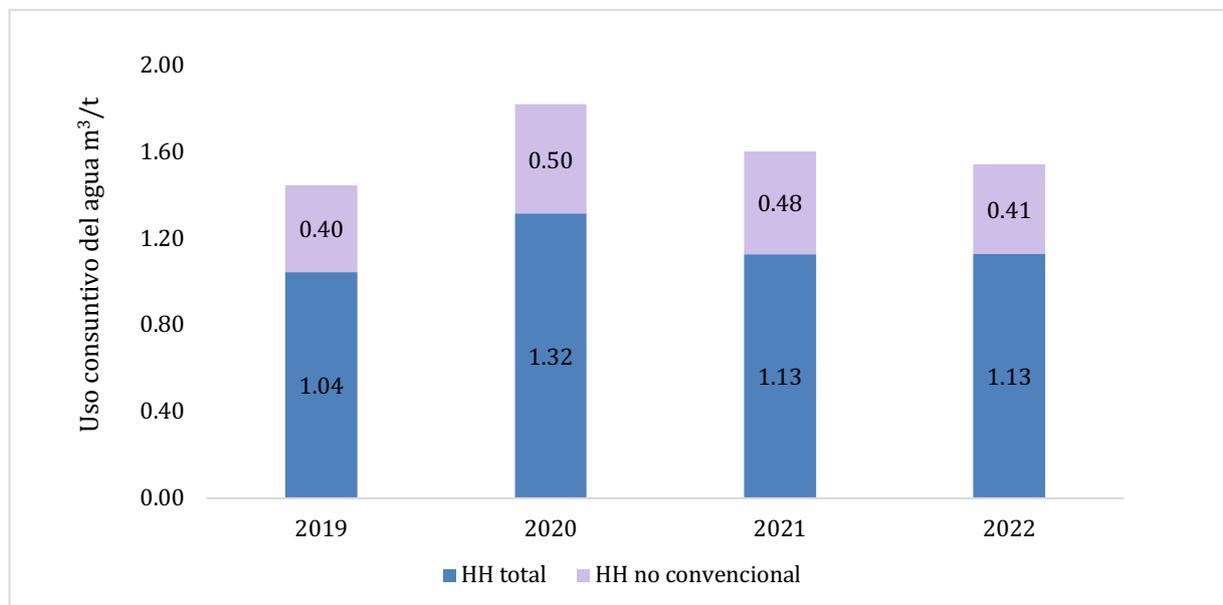
Según Sun et al. (2017) la mayor parte del vapor que se utiliza en las refinerías es la reutilización como condensado de vapor, concordando con los resultados obtenidos en el PELR, reduciendo la necesidad de agua tratada de alimentación.

En el año 2020 se obtiene el valor de HH no convencional más elevado. Se regenera un menor volumen de agua de la PTEL, a diferencia de los otros años de estudio en los cuales presentan valores superiores. Esta baja recuperación de la PTEL corrobora los resultados obtenidos anteriormente, pudiéndose evidenciar que para este año se reutilizaba en menor medida el agua de la PTEL, por lo cual se obtuvo una huella hídrica directa mayor para este año.

La innovación tecnológica y el mayor uso de agua no convencional reducen la huella hídrica azul y gris (Zu et al., 2022). Si en el PELR no se realiza esta reutilización, la

huella hídrica total se incrementa en un 40 % aproximadamente. El consumo de agua consuntiva (HH total y HH no convencional) en el PELR para el año 2022 pasaría de 1.13 m<sup>3</sup>/t a 1.55 m<sup>3</sup>/t de crudo (figura 17). Valor que difiere al del estudio de Sun et al. (2017) en el que presenta un consumo consuntivo de agua de 1,1 m<sup>3</sup>/t de crudo, valor en el cual están consideradas las fuentes de agua reciclada, residual o degradada.

Esta diferencia puede estar marcada debido a que en este estudio no se considera la huella hídrica indirecta. Para poder realizar comparaciones exactas sería conveniente realizarlo con una refinería que se encuentre en condiciones similares espaciales y temporales ya que factores como el clima, localización, entre otros, influyen en los volúmenes de consumo de agua dulce.



**Figura 17.** Uso consuntivo del agua

Con lo que podemos llegar a decir que con relación a los consumos internos dentro de la organización la huella hídrica azul y la huella hídrica no convencional son semejantes en ambos casos. Para el caso del estudio de Sun et al (2017) se obtuvo un consumo menor al del PELR, debió a que no se consideran los consumos generados por la huella hídrica gris y huella hídrica indirecta, los posibles contribuyentes a valores bajos de consumo de agua de la refinería de California, además, otro factor que influencia en el consumo bajo de esta refinería son la configuración, la complejidad, el diseño de las unidades y las fuentes de agua consumida.

En el PELR se retorna el condensado a los procesos, se reutiliza el agua de rechazo de la ósmosis inversa en las torres de refrigeración y se usa agua regenerada de la PTEL en unidades auxiliares en el PELR. Reutilizar estos flujos de agua es la manera más efectiva de reducir la huella hídrica, además de reducir costes y el consumo energético, siendo estos flujos de agua una opción viable para futuras prácticas de reducción de consumo de agua dulce.

### 3.5. Propuestas para la reducción de la Huella hídrica

En el PELR se identificaron que los mayores generadores de HH fueron el vertido final, el consumo de las torres de refrigeración por evaporación y el consumo de energía eléctrica (figura 18).

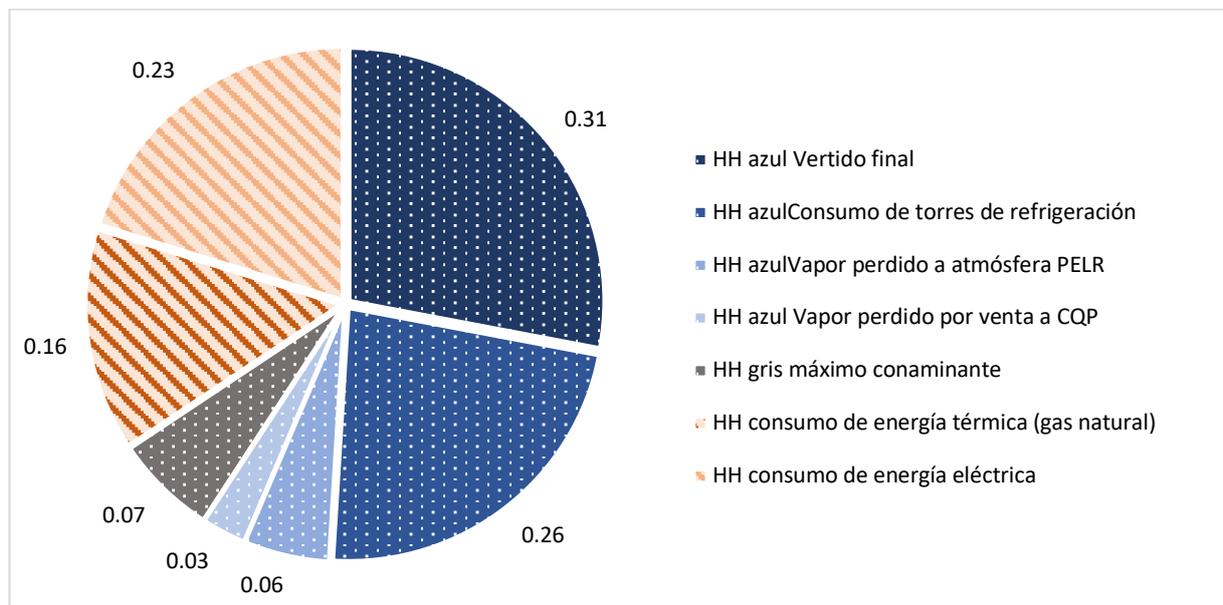


Figura 18. HH según los consumidores del PELR

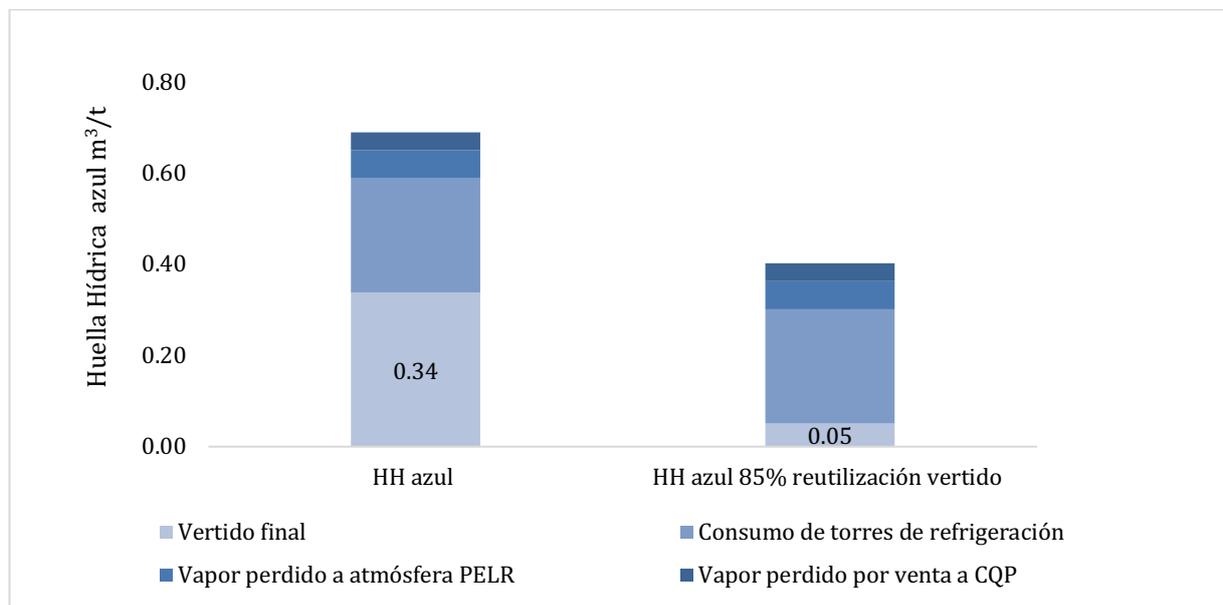
Las refinerías cada vez se ven obligadas a desempeñar un papel imperativo para lograr una gestión sostenible del agua, según lo dispuesto por los objetivos del desarrollo sostenible (Maheshwari et al., 2019). Las nuevas innovaciones tecnológicas y el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales son necesarias para satisfacer las necesidades de agua industrial y a la vez los requisitos reglamentarios ambientales (Jafarinejad et al., 2019).

El PELR presenta una gestión interna del recurso hídrico óptima gracias a la implementación de tecnologías con las que cuenta, en donde el 39% del agua ya se

reutiliza. El recurso hídrico puede gestionarse aún más y la aplicación de Mejores Tecnologías Disponibles permitirá una reducción de la huella hídrica y a su vez una reducción del impacto ambiental (BAT, 2015). Se propone cuatro estrategias de gestión del agua para reducir el consumo de agua y disminuir el impacto ambiental del PELR, mediante la reducción del vertido final, mejora de la calidad del vertido, reducción de evaporación de las torres de refrigeración y consideración de un mix energético proveniente de fuentes de energía renovable.

### 3.5.1. Estrategia 1. Reducción del vertido

Se propone la reutilización del vertido mediante la implementación de mejores tecnologías disponibles (MTD). Implementar una planta de regeneración del agua de la PTEL para reutilizar el 85 % del vertido, incorporando un tratamiento de ósmosis inversa de tres etapas seguido por un tratamiento de ultrafiltración, con un coste de agua regenerada de 1.5 €/m<sup>3</sup> aproximadamente. Con estos tratamientos se lograría reducir la huella hídrica azul en un 42 % como se observa en la figura 19.



**Figura 19.** Simulación de reutilización del 85 %

La reducción del consumo de agua dulce es una meta en el PELR y más aún en un país como España que en el año del 2017 presentó un déficit del 15 % representando el quinto año más seco hasta esa fecha (Sesma y Mar, 2019). Incorporar este sistema es crucial para reducir el consumo de agua.

Según normativa ambiental se debe considerar la obtención de autorizaciones para la reutilización del agua, por lo que es necesario cumplir los límites máximo-admisibles del RD 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas en España. En la categoría de calidad 3.2 están fijados los límites para el uso de agua en torres de refrigeración, mientras que en la categoría 3.1 están fijados los valores máximos admisibles para aguas de proceso y limpieza (tabla 5).

**Tabla 5.** Valores máximos admisibles RD 1620/2007

<b>Valor máximo admisible (VMA)</b>				
<b>Uso de agua previsto</b>	<b>Nematodos intestinales</b>	<b><i>Eschericia coli</i></b>	<b>Sólidos en suspensión</b>	<b>Turbidez</b>
<b>Usos industriales</b>				
<b>Calidad 3.1</b> <b>a) aguas de procesos y limpieza excepto en la industria alimentaria</b>	No se fija límite	10 000 UFC/100 mL	35 mg/L	15 UNT
<b>Calidad 3.2</b> <b>a) aguas de procesos y limpieza excepto en la industria alimentaria</b>	1 huevo /10 L	Ausencia UFC/100 mL	5 mg/L	1 UNT

Podemos observar que la categoría 3.2 es mucho más estricta si se desea implementar. En base a la normativa de calidad 3.1, el PELR propone la implementación de un tratamiento de ósmosis inversa de tres etapas, y un tratamiento de filtración ultravioleta en la cual el agua regenerada se envía a la planta de energía para producir vapor.

La implementación de este proyecto generaría varios cambios en los flujos de agua. El agua de rechazo de la ósmosis inversa se enviaría directamente a la PTEL para que sea tratada y recircule hacia la planta de energía, por otra parte, las torres de refrigeración se alimentaron con agua bruta tratada antes de su uso. Con la implementación de este tratamiento se optimizaría aún más el recurso hídrico.

### 3.5.2. Estrategia 2. Reducir las pérdidas de agua por evaporación de las torres de refrigeración

Las pérdidas por evaporación de las torres de refrigeración es otro principal consumidor dentro del PELR. Para reducir las pérdidas de agua por evaporación se podría implementar un acoplamiento de enfriadores en paralelo o en serie con la sección húmeda, con el fin de reducir la carga de calor en la torre de enfriamiento.

Se propone la instalación de un intercambiador de calor aire-aire fuera de la torre de enfriamiento, el aire ambiente de este intercambiador será relativamente más seco y frío. A medida que el aire caliente – húmedo de la torre se enfría a través de este intercambiador mediante un ventilador auxiliar, el agua se condensa y se recoge, lográndose obtener un ahorro de agua de aproximadamente el 35 % de la evaporación y por ende una reducción en la HH azul en aproximadamente 12 % (figura 20), cabe resaltar que este ahorro depende de las condiciones del aire del ambiente (Deziani et a.,2017). Este diseño podría reducir a su vez el consumo de la purga dado que la evaporación es directamente proporcional a la tasa de purga.

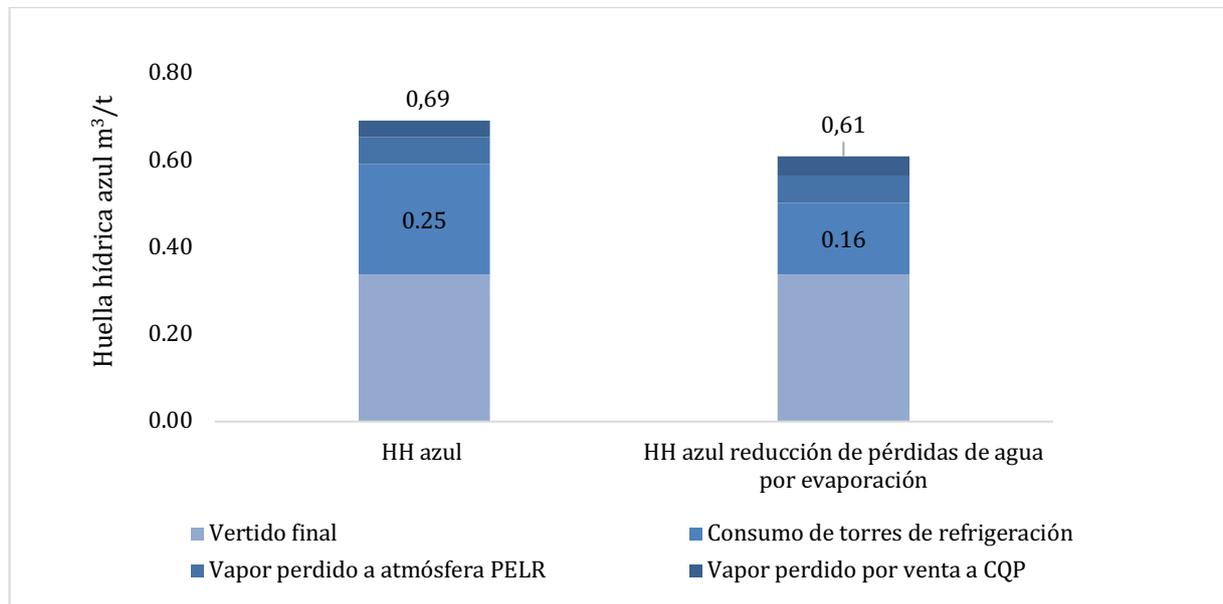


Figura 20. Simulación de reducción de pérdidas de agua por evaporación

### 3.5.3. Estrategia 3. Mejora de la calidad de agua vertida

La reducción de las concentraciones de sustancias contaminantes en aguas residuales permitiría la reducción de la HH gris en el PELR y a su vez un menor impacto ambiental. El principal contaminante que se debe reducir es el Nitrógeno total

ya que es el limitante y generador de la HH gris. Se necesita aproximadamente 0.74M m<sup>3</sup>/año de agua para diluir esta carga contaminante. Existen distintas técnicas que logran disminuir la carga de este contaminante.

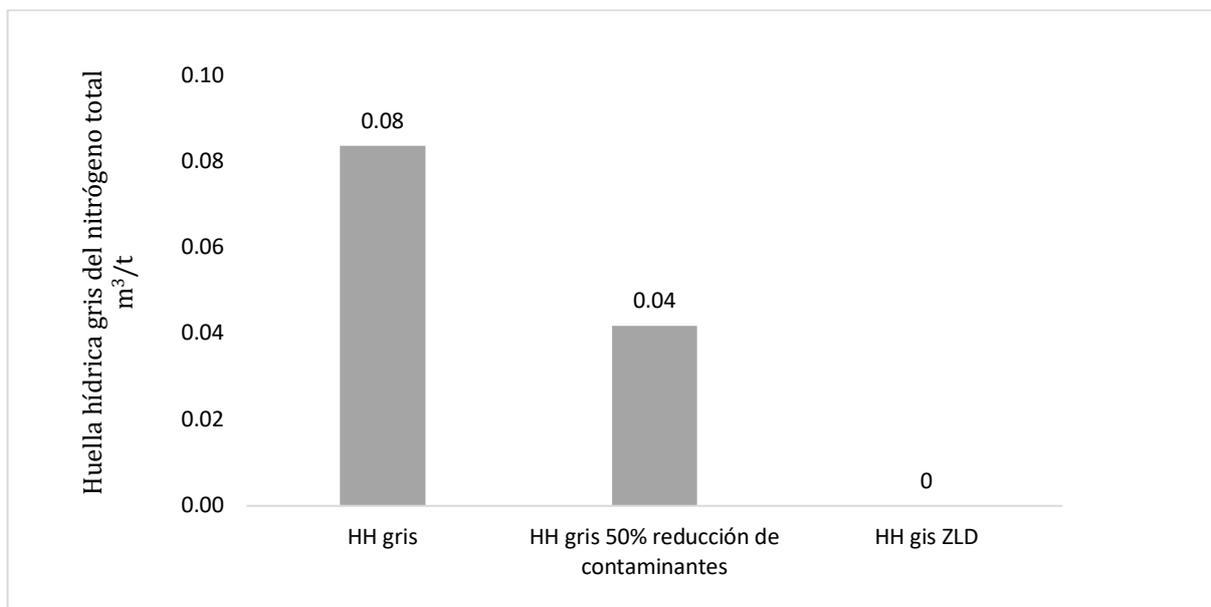
La implementación de un tratamiento de oxidación avanzada, para disminuir la materia orgánica e inorgánica. Este proceso consiste en la producción de radicales libres altamente reactivos que actúan como agentes oxidantes para eliminar compuestos que no pueden ser eliminados por proceso de separación física (filtración, adsorción y la flotación) (Data et al., 2019). Según Rostam y Taghizadeh (2020), la creación de radicales se mejora mediante la fusión de O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, radiación UV, ultrasonidos e irradiación con haz de electrones, por aire húmedo.

También se podría optar por la implementación de biorreactores de membrana con el fin de eliminar nitrógeno, además, de materiales orgánicos y fósforo, mejorando el rendimiento del proceso biológico. Según Babaei y Taghizadeh (2020), la combinación de estos sistemas puede ayudar en la obtención de mejores resultados.

El proyecto Integroil coordinado por Acciona Agua se encuentra realizando la demostración de la combinación de las tecnologías anteriormente citadas en una refinería en Turquía (European Union, 2020).

Este proyecto ha tenido buenos resultados, y se ha conseguido eliminar un 95 % de la turbidez, un 80 % y un 50 % de DQO y DBO, respectivamente, un 90 % del carbono total y el 99 % de las sales disueltas, obteniéndose agua de calidad apropiada para su reutilización. Dicho proyecto consta de distintos tratamientos que incluyen flotación por aire disuelto a presión, un módulo de filtración por membrana, solo o como pares de un biorreactor de membrana, procesos de oxidación avanzada (oxidación catalítica en aire húmedo y mediante peróxido de hidrógeno) y finalmente un paso de ósmosis inversa. Además, este proyecto ha permitido a su vez reducir en un 50% el vertido final.

Con un proyecto similar en el PLER se podría obtener una reducción de los contaminantes en un 50 %, logrando con ello reducir la huella hídrica gris, como se observa en la figura 21.



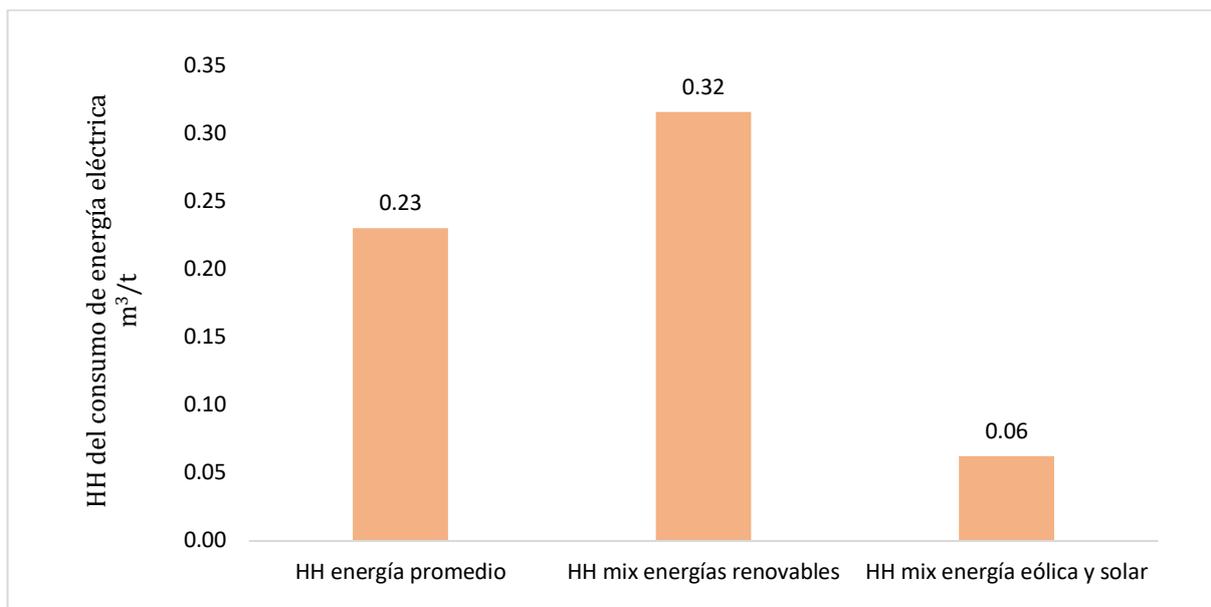
**Figura 21.** Simulación de reducción de contaminantes en un 50 % y ZLD

Además, para reducir el impacto de las aguas residuales en el medio ambiente, la descarga de efluentes líquidos cero “Zero Liquid Discharge” (ZLD), permite obtener una huella hídrica gris nula y por ende reducir en un gran volumen la huella hídrica azul proveniente del vertido.

#### **3.5.4. Estrategia 4. Obtención de certificados de origen de energía eléctrica**

Las políticas energéticas son necesarias para lograr la seguridad del suministro energético y la sostenibilidad económica, además de abordar preocupaciones sobre el cambio climático global, la contaminación del aire y la contaminación del agua al mismo tiempo (Xie, et al., 2018). La industria energética es uno de los mayores consumidores de agua, la creciente demanda de energía requiere cada vez mayor volumen de recursos hídricos, pero la escasez hídrica está limitando las opciones energéticas (Davies et al., 2013).

Obtener certificados de origen para reducir la huella hídrica del PELR, la cual debería estar más centrada en las energías renovables, en especial en la energía eólica o solar. Como se puede observar en la figura 22, se visualiza un incremento de la HH del consumo de energía eléctrica en un 37 % considerando la configuración del mix de energías renovables, mientras que al considerar un mix energético basado en energía eólica y solar se reduce la HH del consumo de energía en un 73 %.



**Figura 22.** Simulación de reducción de HH del consumo de energía

Que el PELR se asegure de la procedencia de las fuentes de energía consumida permitiría la reducción de su HH total. Según la Comisión Europea (2006), el mix energético ideal para reducir el consumo de agua en casi un 8 % sería aquel que conste de gas natural, eólica y solar. A diferencia de la energía hidroeléctrica, de biomasa y nuclear que elevarían la HH indirecta.

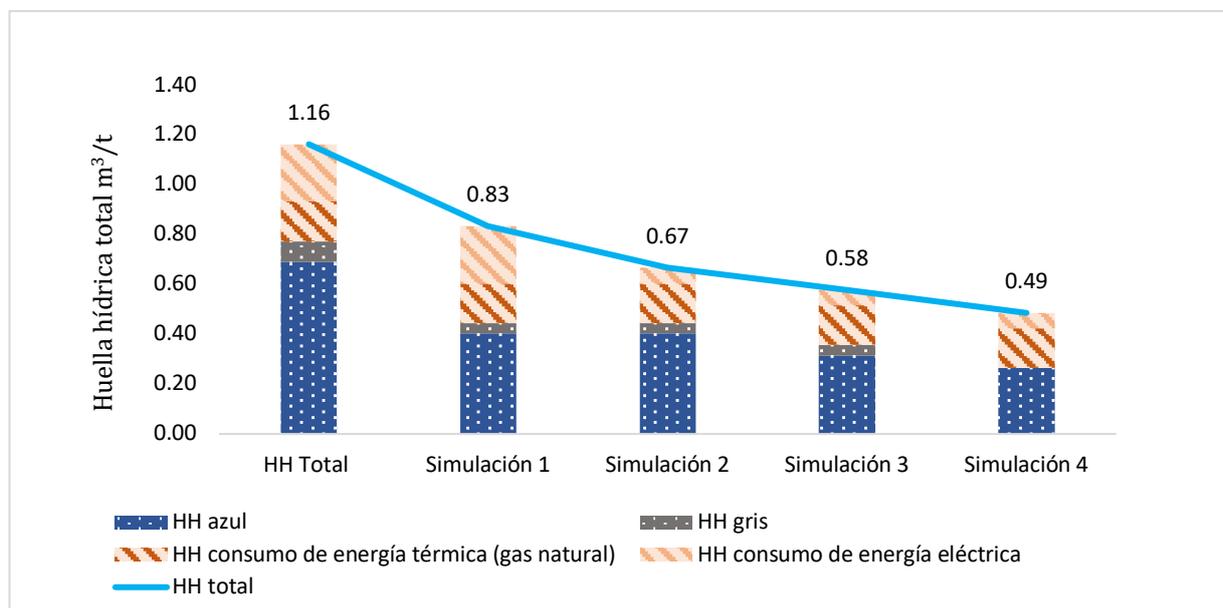
Mejorar a la vez la HH y la huella de carbono no es fácil, ya que no tienen que coincidir, las tecnologías reducen cada una de las huellas. Por ejemplo, en la transición a fuentes de energías renovables se promueve el uso de energía de biomasa y para este caso el usar en mayor porcentaje este tipo de energía conlleva a un incremento del recurso hídrico. Es por ello y con el fin de ir acorde con la reducción de las huellas de carbono e hídrica es necesario que al considerar esta fuente de energía se tome en cuenta un enfoque de economía circular, que presente criterios de sostenibilidad como el aprovechamiento de poda del sector agrario, o aprovechamiento de instalaciones públicas, entre otras y con ello no genere una mayor presión sobre el recurso hídrico y una menor huella de carbono.

El no considerar este criterio en un país como España provocaría que la huella hídrica se duplique ya que para producir este tipo de energía sería necesario implantar suficientes cultivos energéticos y con ello un mayor consumo de agua. Otra alternativa ante el incremento del uso de biomasa en España sería que las industrias productoras

de energía sigan importando una parte de los biocombustibles de regiones con amplia disponibilidad de agua (Comisión Europea, 2006).

### 3.5.5. Impacto de la implementación de las estrategias en la huella hídrica total

La implementación de nuevas tecnologías conduce a un menor consumo del recurso hídrico. El aplicar en conjunto las estrategias propuestas como la reducción de vertido, mejora de la calidad del agua, considerar cero vertidos (ZLD), reducción de las pérdidas por evaporación y consideración del mix de energías eólica y solar permitiría una reducción de la HH total promedio entre el 28 % al 58 % (figura 23).



**Figura 23.** Simulaciones de reducción de la huella hídrica total para el PELR

Las simulaciones están definidas conforme se indica en la tabla siguiente:

**Tabla 6.** Simulaciones de reducción de Huella hídrica

Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3	Simulación 4
Reducción de vertido final 85 %	Reducción de vertido final 85 %	Reducción de vertido final 85 %	Vertido ZLD
Mejora calidad del vertido 50 %	Mejora calidad del vertido 50 %	Mejora calidad del vertido 50 %	
	Energía eólica y solar	Energía eólica y solar	Energía eólica y solar
		Reducción de pérdidas por evaporación	Reducción de pérdidas por evaporación

### **3.6. Impacto en la Huella hídrica con proyectos futuros del PELR**

El PELR, tiene previsto la implantación de distintos proyectos futuros al año 2026, enfocados principalmente en la descarbonización, proyectos que también influyen en la huella hídrica.

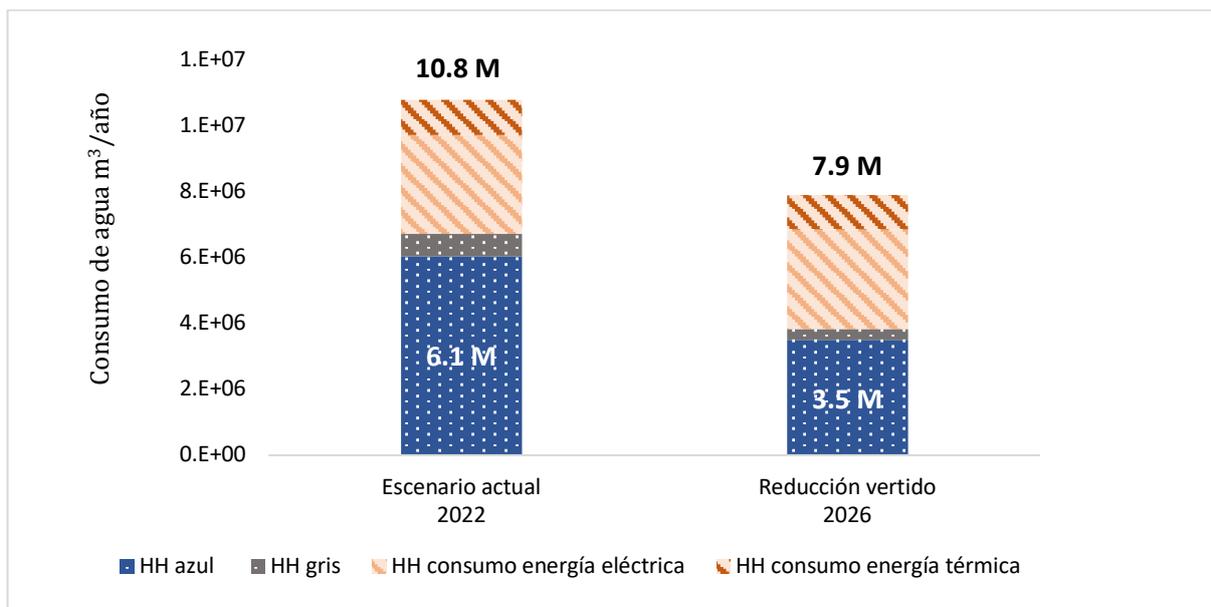
Entre estos proyectos destacan:

- Reducción del vertido de líquido en un 85 %.
- Proyecto de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Proyecto de producción de Hidrógeno Verde.

Se realizó proyecciones con cada uno de estos proyectos para determinar cómo variará la huella hídrica, con la implementación de cada uno de ellos. Se consideró como punto de partida los datos del año 2022. Los datos en este apartado serán expresados en m<sup>3</sup> por año debido a que la actividad industrial ya no estaría enfocada únicamente en el refino de crudo, sino que además se incluiría la producción de Hidrógeno (H<sub>2</sub>).

#### **3.6.1. Reducción del vertido líquido en un 85 %**

Actualmente el PELR presenta una huella hídrica total promedio de 10.81M de m<sup>3</sup>/año, de los cuales 6M de m<sup>3</sup>/año corresponden al consumo de agua en las distintas unidades de procesos. La implementación del proyecto de reducción del vertido, se espera que para el año 2026 el PELR genere una huella hídrica de 7.9M de m<sup>3</sup>/año, con una reducción de huella hídrica total del 27 % (figura 24). Este proyecto permitirá reducir el consumo de agua en las unidades de procesos a 3.5M de m<sup>3</sup>/año.



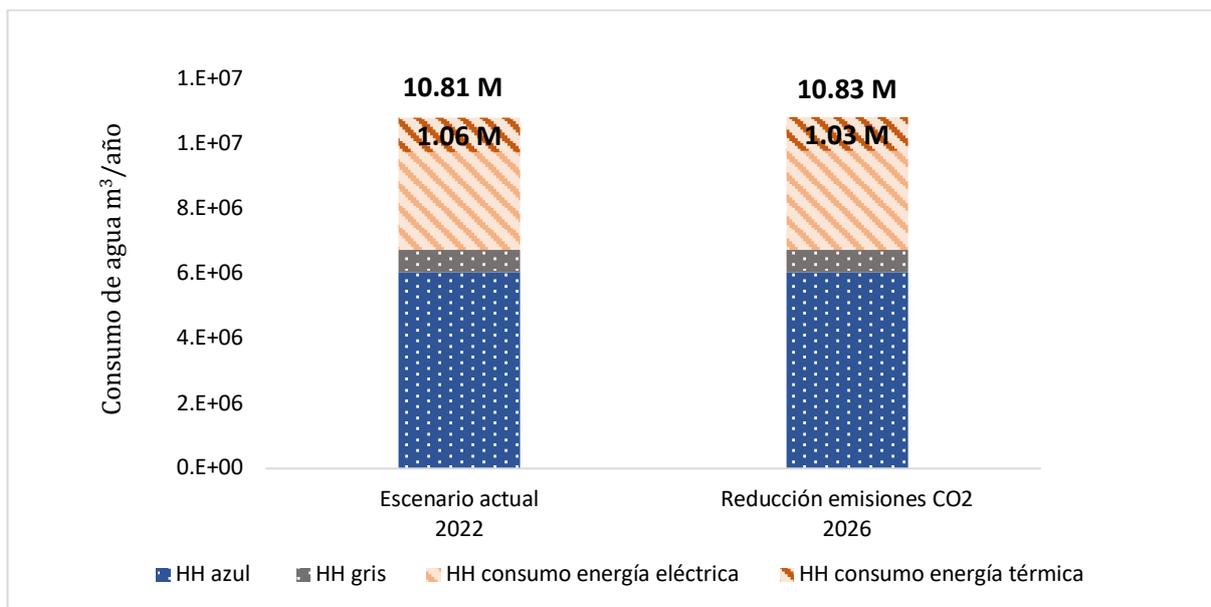
**Figura 24.** Proyección de huella hídrica con reducción del vertido

Actualmente el PELR puede usar un caudal máximo de agua de 7M de m<sup>3</sup>/año, considerar la reutilización del vertido permite que el PELR gestione de forma eficiente el recurso hídrico, estando preparados ante posibles riesgos que podría ocasionar la escasez del recurso hídrico. También permite la implementación de nuevos proyectos sin la extracción de un mayor volumen de agua.

### 3.6.2. Proyecto de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

Actualmente el PELR presenta una huella hídrica de consumo de energía térmica (gas natural) de 1.06M m<sup>3</sup>/año. La implementación del proyecto de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante un menor consumo de gas natural en 3.12 %, permitirá que la huella hídrica de este suministro se reduzca. Esta reducción de CO<sub>2</sub> ocasiona que el consumo de energía eléctrica incrementó en 1.6 % lo cual implica un incremento de la HH total para el año 2026 a 10.83M m<sup>3</sup>/año, que representa el 0.14 % (figura 25).

Este proyecto representa un cambio leve en la huella hídrica total del PELR, esto es debido al mix energético del que se suministra la empresa, si este mix energético estaría basado en fuentes de energía solar o eólica, si se lograra una reducción de la huella hídrica total.



**Figura 25.** Proyección de huella hídrica con reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

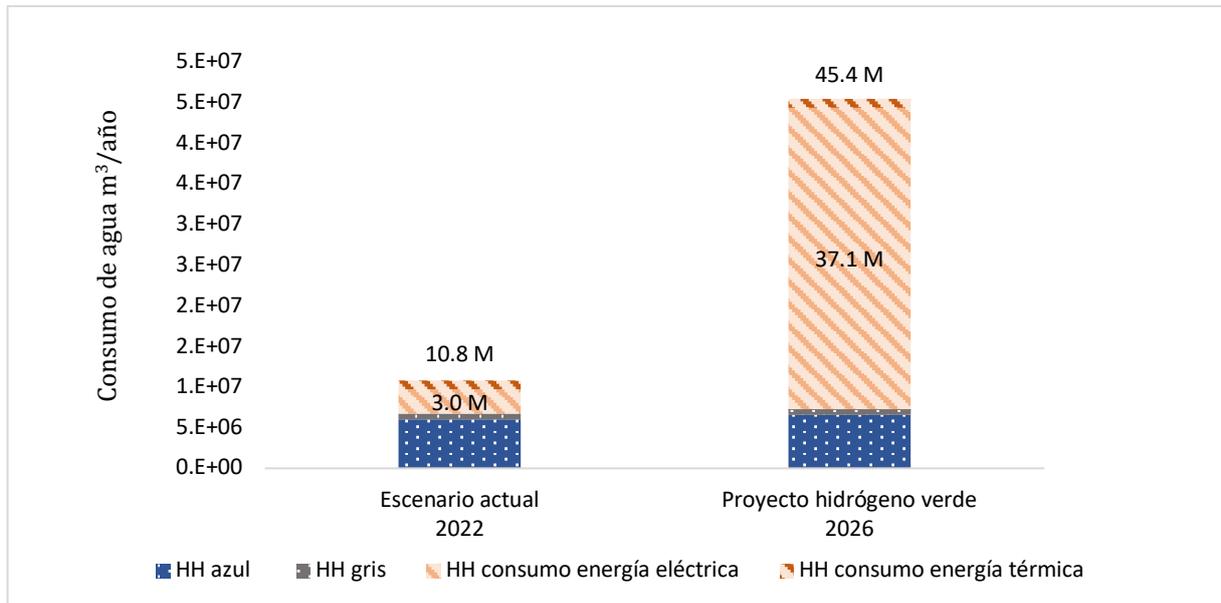
### 3.6.3. Proyecto de producción de Hidrógeno Verde

La producción a través de la electrólisis del agua mediante el uso de energía renovable (solar y eólica principalmente), está ganando impulso a nivel mundial como una ruta para descarbonizar el sistema energético y el hidrógeno verde es considerada una de las opciones más adecuadas para el futuro del mercado energético, tanto como medio de almacenamiento de energía, vector energético y combustible para el transporte, y otras aplicaciones.

En el PELR se prevé incorporar un electrolizador de 400 MW para producir 7 toneladas de hidrógeno por hora. Para este proyecto el volumen de agua pasará de los actuales 6.05M de m<sup>3</sup>/año a 6.6M de m<sup>3</sup>/año, representando un incremento del 9 %. Este volumen que se necesita para el proceso de electrólisis del hidrógeno verde se considera agua consumida, debido a la conversión electroquímica del agua a hidrógeno y oxígeno ( $2\text{H}_2\text{O} + \text{energía eléctrica} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2$ ).

En lo que respecta al consumo de energía eléctrica, basándose en un consumo de 7 mil horas al año, esta pasará de 0.6M MWh/año a 7.6M MWh/año lo que representa un incremento de 12 veces el consumo de energía eléctrica actual. La implementación de este proyecto sin considerar la alternativa de reducción de vertido, además de optar

por fuentes de energía renovables específicas multiplicar por cuatro la huella hídrica total, alcanzando un valor de 45.5M de m<sup>3</sup>/año, para el año 2026 (figura 26).



**Figura 26.** Proyección de huella hídrica con proyecto de producción de hidrógeno verde

Estos valores elevados de consumo de energía eléctrica concuerdan con los resultados encontrados en el estudio de Shi et al. (2020), en el que se cuantifica el consumo de agua dulce del hidrógeno verde en Australia, indicando que el consumo de energía eléctrica renovable proveniente de la red eléctrica tiene mayor impacto en el recurso y una huella hídrica indirecta en mayor proporción.

Las sequías actuales que presenta España ha ocasionado que la generación de la energía hidroeléctrica se desplome, y con ello se ha promovido un fuerte incremento de las energías eólica y solar, tipos de energía que presentan un gran potencial en este país. Según los datos del último boletín elaborado por el Ministerio de Transición Ecológica, indica que la generación de energía hidroeléctrica ha ido en descenso año tras año, debido a que las reservas hídricas se encuentran al 47.5 % de su capacidad hasta el año 2022.

Es poco probable que la generación de energía proveniente de fuentes hidráulicas siga incrementando, ya que iría en contra de lo establecido en el Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020, en el que se establecen seis objetivos para determinar la sostenibilidad medioambiental. Entre uno de ellos la contribución sustancial al uso sostenible y la protección de los recursos

hídricos y marinos, con el fin de afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión europea. Por ende, una actividad no se puede considerar medioambientalmente sostenible si son más los daños que causa al medio ambiente que los beneficios que aporta.

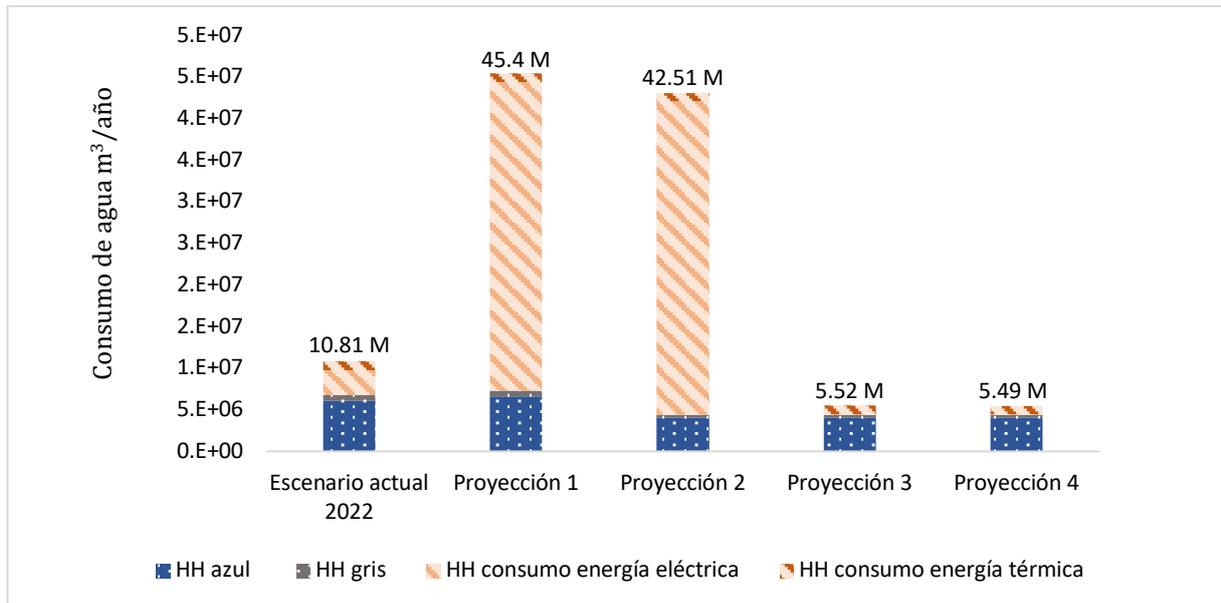
Consumir esta fuente de energía sería beneficioso en regiones donde las represas hidroeléctricas se encuentren ubicadas en regiones húmedas y áreas de baja tasa de evaporación, ya que en estas zonas se recogen más agua a través de la lluvia que el agua que se evapora. La sensibilidad del clima local es un criterio clave en la escasez del recurso hídrico, implementar energías renovables acorde a las ventajas meteorológicas, por ejemplo, comprender la ventaja hidrológica de ubicar represas hidroeléctricas en regiones más húmedas (Herath et al., 2011).

La producción de este combustible alternativo, enfocado hacia la descarbonización de la economía global, se espera que sea una solución clave para el almacenamiento variable de energía renovable. Pero también es necesario considerar el impacto ambiental que este proyecto ocasionará en el recurso hídrico. La huella hídrica para este proyecto puede variar dependiendo de los supuestos, incluso considerando la distribución geográfica de la cadena de suministro, como por ejemplo consumir energía proveniente de fuentes hidroeléctricas de un país que enfrenta problemas de escasez hídrica.

El proyecto de Hidrógeno verde generaría un incremento del 10 % en la huella hídrica directa provocando una mayor presión sobre el recurso hídrico proveniente del embalse del Río Piedras, al ocasionar una mayor extracción y un deterioro en la calidad de agua que es vertida al mar. Por otra parte, este proyecto requeriría que el consumo actual de energía eléctrica se multiplique por 12, elevando la huella hídrica indirecta, provocando un mayor impacto ambiental en lo que refiere al recurso hídrico de la cadena de suministro.

Llevar a cabo acciones necesarias antes de la implementación de este proyecto es una pieza clave para no ocasionar un impacto ambiental mayor en el recurso hídrico. El llevar a cabo el proyecto de hidrógeno verde en las condiciones actuales generaría un incremento en la huella hídrica total, debido a la cadena de suministro (energía

eléctrica (proyección 1, figura 27). El implementar la reducción del vertido y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> reduce la huella hídrica en 5 % (proyección 2, figura 27).



**Figura 27.** Proyecciones de huella hídrica, proyecto hidrógeno verde

La gestión eficiente de los proyectos de reutilización de agua en el PELR permitiría que la HH directa no eleve su valor actual (6.05M m<sup>3</sup>/año), a pesar de las necesidades extras de agua que implica el proyecto, alcanzando valores de 4.05M m<sup>3</sup>/año. La reutilización del agua es un factor esencial dentro del PELR, ejerciendo una menor presión sobre el recurso hídrico.

Para este proyecto se debe prestar principal atención al consumo de energía eléctrica, por una parte, esta producción es respetuosa con el ambiente en cuanto a reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, pero en lo que respecta al recurso hídrico genera impactos ambientales elevados en el recurso hídrico cuando dependiendo de la fuente de energía eléctrica de la que se suministre el PELR.

Según Shi et al (2020), la huella hídrica de la producción de hidrógeno depende de la elección de un proceso y una materia prima determinada en especial la energía eléctrica, si su producción es a partir de fuentes de energía renovables (eólica o solar) se garantiza su viabilidad ambiental. El cambio de tecnología es un factor dominante en la reducción de la huella hídrica, el desarrollar proyectos de hidrógeno en regiones con escasez del recurso hídrico debe procederse de una manera cautelosa ya que el

impacto, por ejemplo, si se considera fuentes de energía hidroeléctrica el cual tiene intensos consumos de agua, sería demasiado alto para proceder.

Llevar a cabo una producción de hidrógeno verde más respetuosa con el ambiente y enfocada en la descarbonización y con ello de la mano de un menor impacto sobre el recurso hídrico, mediante el consumo de energía eléctrica proveniente de fuentes solar y eólica generaría una huella hídrica del PELR de 5.52M de m<sup>3</sup>/año reduciendo la huella hídrica del proyecto en un 88 % (proyección 3, figura 27). Considerando en este proyecto la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, además del vertido y energía eólica y solar se generaría una huella hídrica total de 5.49M de m<sup>3</sup>/año (proyección 4, figura 27).

La gestión del PELR deberá permitir que se asegure la obtención de las garantías de origen de fuentes de energía solar y eólica, lo que permitirá que la huella hídrica total no supere los valores actuales y con ello una producción de hidrógeno más eficiente desde el punto de vista de sostenibilidad ambiental.

Las tecnologías de almacenamiento desempeñan un papel clave para que las fuentes de energía renovables puedan aprovecharse plenamente. Se puede aprovechar el potencial del hidrógeno, para convertirse de nuevo en energía eléctrica mediante un proceso electroquímico en pilas de combustible, para no optar por las baterías de almacenamiento tradicionales que pueden presentar dificultades como, por ejemplo, en el número limitado de ciclos útiles, uso de materias primas críticas y compuestos contaminantes.

### **3.7 Herramienta de cálculo**

La herramienta de cálculo desarrollada ha permitido obtener los resultados anteriormente expuestos en este proyecto. Para realizar el seguimiento temporal será necesario la actualización del año a calcular la HH (figura 28). Además, se han creado distintas hojas de cálculo de una forma estructurada para facilitar el análisis y seguimiento de los cambios en la huella hídrica a lo largo del tiempo.

Año	MES	FECHA	Valor Oficial Reco t/d	Valor Oficial Reconciliad t/d	Valor Oficial Reconciliado t/d	Valor Oficial Reco t/d
2022	1	01/01/22 00:00:00	85.793	1035.76	0	111.592
2022	1	02/01/22 00:00:00	85.535	1045.133	0	116.757
2022	1	03/01/22 00:00:00	85.12	1028.113	0	116.216
2022	1	04/01/22 00:00:00	85.986	975.479	0	113.455
2022	1	05/01/22 00:00:00	85.301	1046.856	0	115.999
2022	1	06/01/22 00:00:00	85.702	1062.345	0	117.549
2022	1	07/01/22 00:00:00	85.844	1063.68	0	116.67
2022	1	08/01/22 00:00:00	86.321	1032.126	0	117.522
2022	1	09/01/22 00:00:00	86.689	1061.787	0	118.717
2022	1	10/01/22 00:00:00	87.415	1223.831	0	121.668
2022	1	11/01/22 00:00:00	87.146	1085.75	0	121.67
2022	1	12/01/22 00:00:00	86.526	1155.619	0	123.089
2022	1	13/01/22 00:00:00	86.109	1143.811	0	124.527
2022	1	14/01/22 00:00:00	85.005	1118.978	0	125.058
2022	1	15/01/22 00:00:00	84.808	1091.626	0	124.713
2022	1	16/01/22 00:00:00	87.756	1092.935	0	121.137
2022	1	17/01/22 00:00:00	87.923	1078.254	0	122.995
2022	1	18/01/22 00:00:00	87.399	1071.133	0	123.751
2022	1	19/01/22 00:00:00	88.549	1057.173	0	124.301
2022	1	20/01/22 00:00:00	86.872	1078.883	0	122.858
2022	1	21/01/22 00:00:00	85.882	1103.056	0	122.059
2022	1	22/01/22 00:00:00	86.601	1114.953	0	124.353
2022	1	23/01/22 00:00:00	90.342	1068.96	0	125.372
2022	1	24/01/22 00:00:00	91.306	1081.814	0	125.012
2022	1	25/01/22 00:00:00	91.024	1158.96	0	123.828
2022	1	26/01/22 00:00:00	89.709	1183.804	0	117.295
2022	1	27/01/22 00:00:00	81.998	1145.074	0	118.021
2022	1	28/01/22 00:00:00	81.89	1127.043	0	116.298
2022	1	29/01/22 00:00:00	83.835	1082.035	0	116.561

Figura 28. Datos de entrada

En una hoja de cálculo se visualizará las HH total del PELR (figura 29).

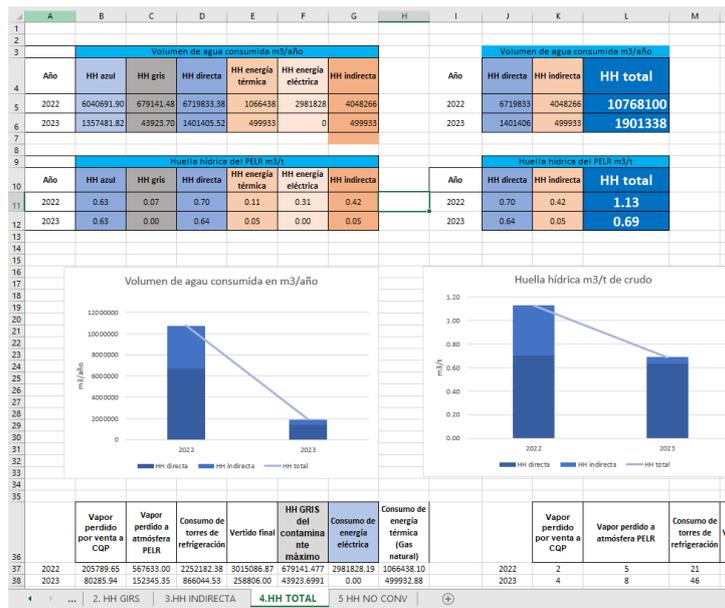


Figura 29. Cálculo de HH total del PELR

En el anexo 2 se detalla un manual de esta herramienta con el fin de explicar los campos necesarios a ser actualizados.

## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo fin de máster han sido:

1. La huella hídrica total promedio del PELR es de 1.16 m<sup>3</sup>/t de crudo, el 67 % corresponde a la huella hídrica directa y el 33 % restante a la huella hídrica indirecta.
2. La mayor contribución a la HH se debe al vertido final 29 %, las pérdidas a la atmosfera por evaporación 22 % y al consumo de energía eléctrica 19 %.
3. La huella hídrica azul por unidad de crudo para el año 2022 ha sido de 0.63 m<sup>3</sup>/t, siendo este un valor moderadamente bajo en comparación a otras industrias del refino de Europa, que alcanzan valores de hasta 25 m<sup>3</sup>/t, valor ampliamente relacionado con el sistema de refrigeración y la recirculación del agua en los distintos procesos dentro de las refinerías.
4. El PELR presentó una huella hídrica indirecta de 0.38 m<sup>3</sup>/t de crudo para el año 2022, influenciada en mayor proporción por la energía hidráulica (95 %), el consumo de esta fuente de energía ocasiona que la huella hídrica se multiplique considerablemente.
5. Es importante considerar la procedencia de las fuentes de energía consumidas con el fin de obtener una huella hídrica menor. La reducción de la huella de carbono puede conllevar a un incremento de la huella hídrica si las fuentes de energía no presentan un enfoque de economía circular, en especial en la energía proveniente de biomasa e hidráulica. Es importante evaluar y gestionar el uso eficiente de estas materias primas para reducir el impacto ambiental y la huella hídrica de la refinación del crudo.
6. En el PELR actualmente se reutiliza el 39% del agua dentro del sistema. Obteniéndose un factor de uso de agua no convencional de 0.41 m<sup>3</sup>/t. Que en el PELR se reutilice el agua dulce dentro de las unidades de procesos ha

permitido obtener una huella hídrica azul menor. Esta reutilización del agua demuestra una gestión eficiente del agua y evita una extracción adicional del recurso hídrico.

7. La implementación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD), en la planta de tratamiento de efluentes líquidos, la implementación de intercambiadores de calor que disminuyan la temperatura en el agua de las torres de refrigeración, y la obtención de certificados de origen de fuentes de energía eólica y solar pueden permitir que se gestione sosteniblemente la huella hídrica del PELR, pudiendo alcanzar valores de hasta 0.49 m<sup>3</sup>/t de crudo, lo que supone una reducción de la HH total del 58 %.
8. Que en el PELR se implementen proyectos de reducción de vertido, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, además de asegurarse de la obtención de fuentes de energía eólica o solar, permitirán que la integración del proyecto de Hidrógeno Verde no suponga un aumento de la huella hídrica del PELR.
9. Por una parte, la reutilización del vertido permitirá que este proyecto no ejerza una mayor presión sobre el recurso hídrico de la zona geográfica donde se ubica la instalación, ya que se necesitaría un valor adicional de agua y el considerar fuentes de energía solar y eólica permita que la huella hídrica indirecta no se eleve. El implementar en proyectos estas alternativas indica el compromiso de sostenibilidad con la mejora continua, preservando los recursos hídricos, de la mano con la reducción de las emisiones de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## REFERENCIAS

- Bauer, S., Dell, A., Behnisch, J., Linke, H., Wagner, M. (2020). Sustainability requirements of implementing water-reuse concepts for new industrial park developments in water-stressed regions. *Journal of Water Reuse and Desalination*. 10, 490–499. DOI: 10.2166/wrd.2020.028
- Best Available Techniques (BAT) (2016). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Wastewater and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control) the Chemical Sector.
- Bleischwitz et al., (2018). Resource nexus perspectives towards the United Nation Sustainable Development Goals. *Nater Sustainable*.1, 737–743. DOI: 10.1038/s41893-018-0173-2
- Bresnahan, William T. (1996). Reutilización del agua en refinerías de petróleo. Ponencia presentada en el CORROSION 96, Denver, Colorado, marzo de 1996.
- Carmona, L., Kai, P., Carrasco, A (2017). La Huella Hídrica de la Extracción de Petróleo Pesado en Colombia: Un Estudio de Caso. *Water*, 9, 340. DOI: 10.3390/w9050340
- Carrillo, A., Frei, C. (2009). Water: A key resource in energy production, *Energy Policy*. 37, 11, 4303-4312. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.05.074
- Chenoweth, J., Hadjikakou, M., y Zoumides, C. (2014). Quantifying the human impact on water resources: a critical review of the water footprint concept. *Hydrology Earth System Sciences*. 18, 2325–2342. DOI: 10.5194/hess-18-2325-2014, 2014.
- Comisión Europea, (2006). Biocombustibles en la Union europea. Una visión para 2030 y más allá. Informe final del Consejo Asesor de Investigación de Biocombustibles. Dirección General de Investigación Unidad de Información y Comunicación. Publicación Oficial de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.

- Concawe (2020). Encuesta 2016 sobre la calidad de los efluentes y el uso del agua en las refinerías europeas. Informe N° 10/20. Bruselas. [https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt\\_20-10.pdf](https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_20-10.pdf)
- Concawe (2022). Directrices de definición de reutilización de agua, recilcaje y recuperación para el sector de refinería Europa. Informe N° 4/22. Bruselas.
- Davies et al., Kyle, P., Edmondsjames, A. (2013). An integrated assessment of global and regional water demands for electricity generation to 2095. *Ad. Water Resource.*, 52, 296-313. DOI: 10.1016/j.advwatres.2012.11.020.
- Decreto 109/2015, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía.
- Deziani, M., Rahmani, K., Mirrezaei, S.J., Kordloo, M. (2017). Feasibility study for reduce water evaporative loss in a power plant cooling tower by using air to Air heat exchanger with auxiliary Fan. *Desalination*, 406, 119-124. DOI: 10.1016/j.desal.2015.12.007.
- Ding, N., Liu, D., Yang, J., Lu, B. (2018). Water footprints of energy sources in China: Exploring options to improve water efficiency, *Journal of Cleaner Production*, 174, 1021-1031. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.273.
- Dutta, V.; Sharma, S.; Raizada, P.; Hosseini-Bandegharai, A.; Gupta, V.K.; Singh, P. (2019). Review on augmentation in photocatalytic activity of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> via heterojunction formation for photocatalysis of organic pollutants in water. *Journal Saudi Chem. Soc.* 23, 1119–1136. DOI: 10.1016/j.jscs.2019.07.003
- European Union (2020). Periodic Report for period 2 – Integroil (Demonstration of a Decision Support System for a Novel Integrated Solution aimed at Water Reuse in the Oil & Gas Industry). 10.3030/688989
- Garcia (2021). El rol del agua en la Estrategia Española de Economía circular. Apostando por un futuro sostenible. El rol del agua en la Estrategia Española de Economía Circular - AINIA

- Gerbens, W., Hoekstra, A., Van der Meer, T. (2009). The water footprint of bioenergy. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 106, 25, 10219-23. DOI: 10.1073/pnas.0812619106.
- Gu, Y., Xu, J., Wang, H., Li, F., (2014). Industrial Water Footprint Assessment: Methodologies in Need of Improvement environmental Science and Technology. *Environ. Sci. Technology*, 48, 6531–6532. DOI: 10.1021/es502162w |
- Hardy, L., & Garrido, A. (2010). Papeles de Agua Virtual, número 6. Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España. Madrid: Fundación Botín.
- Herath, I., Deurer, M., Horne, D., Singh, R., Clothier, B. (2011). The water footprint of hydroelectricity: a methodological comparison from a case study in New Zealand, *Journal of Cleaner Production.* 19,14, 1582-1589. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.05.007.
- Hoekstra, A., (2003). “Virtual water- the water, food, and trade nexus: Useful concept or misleading metaphor”. *Water International.* 28, 1, 106 – 113.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., Mekonnen, M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the Global Standard. Water Footprint Network. Enschede, The Netherlands
- Hoekstra, A., Hung, P. (2002). Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade Value of Water Research Report Series No. 11., UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Junta de Andalucía (2019-2022) Análisis del Medio Receptor, Informe Anual.
- ISO 14046 (2014) Water footprint—principles, requirements, and guidelines
- Jafarinejad, S.y Jiang, S. (2019). Current technologies and future directions for treating petroleum refineries and petrochemical plants (PRPP) wastewaters, *Journal of Environmental Chemical Engineering.* 7, 5, 2213-3437, DOI: 10.1016/j.jece.2019.103326.

- Jeswani, H., Azapagic, A. (2011). Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use. *Cleaner Production*. 19, 12, 1288-1299. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.04.003.
- Kounina, A., Margni, M., Bayart, J., Boulay, A., Berger, M., Bulle, C, Frischknecht, Koehler, A., Canals, L., Motoshita, M., Núñez, M., Peters, G., Pfister, S., Ridoutt, B., Zelm, R., Verones, F., Humbert, S. (2013). Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 18, 707-721. DOI: 10.1007/s11367-012-0519-3
- Lluch Urpi, J. (2008). Tecnología y margen de refino del petróleo. (1ª. Ed.). Madrid: Diaz Santos.
- Lui, R., Wang, J., Lin, J. (2021). Water scarcity footprint assessment for China's shale gas development, *The Extractive Industries and Society*. 8, 2, 100892. DOI: 10.1016/j.exis.2021.02.012
- Maheshwari, A., Prasad, V., Gudi, R., Biswas, P. (2019). Systems engineering based advanced optimization for sustainable water management in refineries. *Journal of Cleaner Production*. 224, 661-676. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.03.164
- Mekonnen, M. M., Gerbens-Leenes, P. W., & Hoekstra, A. Y. (2015). The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment. *Environmental Science. Water Research & Technology*. 1, 3, 255-396. DOI: 10.1039/c5ew00026b
- Ott, L., (1963). Water Requirements of the Petroleum Refining Industry. Washington, Water Requirements of Selected Industries. Geological Survey Water-Supply Paper 1330. DOI: 10.1039/c5ew00026b
- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/12/07/1620/con>

- Requerimientos de agua de la Industria de refinación de petróleo. Washinton, requerimientos de agua de industrias seleccionadas. Documentos de suministro de agua del Servicio Geológico 1330-G.
- Rostam, A., Taghizadeh, M. (2020). Procesos de oxidación avanzados integrados por reactores de membrana y biorreactores para diversos tratamientos de aguas residuales: una revisión crítica. *Journal Environmental Chemical Ing.* 2020, 8, 104566. DOI: 10.1016/j.jece.2020.104566
- Scanlon, B., Ikonnikova, S., Yang, Q., Reedy, R. (2020). ¿Los problemas del agua limitarán la producción de petróleo y gas en los Estados Unidos? 2020. *Environmental Science Technology.* 17, 54, 6. DOI: 10.1021/acs.est.9b06390
- Sesma, D. y Mar, M. (2019). The weak data on the water–energy nexus in Spain. *Water Police.* 21, 382-393. DOI: 10.2166/wp.2019.081
- Shi, X., Liao, X., Li, Y. (2020). Quantification of freshwater consumption and scarcity footprints of hydrogen from water electrolysis: A methodology framework, *Renewable Energy.* 154, 786-796. DOI: 10.1016/j.renene.2020.03.026
- Silva, T., Morales, S., Castro, S., Figueiredo, J., Silva, A. (2017). An overview on exploration and environmental impact of unconventional gas sources and treatment options for produced water. *Journal of Environmental Management,* 200, 511-529. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.06.002
- Srivastava, M., Srivastava, A., Yadav, A., & Rawat, V. (2019). Source and control of hydrocarbon pollution. *Hydrocarbon Pollution and its Effect on the Environment,* 9. DOI: 10.5772/intechopen.86487
- Sun, P., Elgowainy, A., Wang, M., Han, J., Henderson, R. (2018). Estimation of U.S. refinery water consumption and allocation to refinery products, *Fuel.* 221, 542-557. DOI: 10.1016/j.fuel.2017.07.089.
- Taberna, E., Sanz, J., Albes, S., Fernández, M. (2021). Circular economy, also in the petrochemical sector. Rewatch Project: applying circular economy in water management in the chemical industry.

- Teter, J., Mishra, G., Yeh, S. (2015). Water use impacts of future transport fuels: role of California's climate policy & National biofuel policies (Invited). *The Extractive Industries and Society*. 8, 2. DOI: 10.1016/j.exis.2021.02.012.
- UNESCO, ONU-Agua, 2020: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático, París, UNESCO.
- UNESCO, ONU-Agua, 2023: Contribución de la UNESCO a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua 2023: Seguridad hídrica, París, UNESCO.
- Vanham, D., Medarac, H., Schyns, J., Hogeboom, R., Magagana, D. (2019). The consumptive water footprint of the European Union energy sector. *Environmental Research Letters*. 14, 104016. DOI: 10.1088/1748-9326/ab374a
- Vergili, I., Kaya, Y., Sen, U., Gönder, Z., Aydiner, C. (2012). Techno-economic analysis of textile dye bath wastewater treatment by integrated membrane processes under the zero liquid discharge approach. *Resources, Conservation and Recycling*. 58, 25-35. DOI: 10.1016/j.resconrec.2011.10.005.
- Whale, G., Hjort, M., Di Paolo, C., Redman, A., Postma, J., Legradi, J., Leonards, P. (2022). Assessment of oil refinery wastewater and effluent integrating bioassays, mechanistic modelling and bioavailability evaluation, *Chemosphere*. 287,3, 132146. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132146
- Willet, J., Wetser, K., Vreeburg, J., Rijnaarts, H. (2019). Review of methods to assess sustainability of industrial water use, *Water Resources, and Industry*. 21, 100110, 2212-3717. DOI: 10.1016/j.wri.2019.100110.
- Xie, X., Zhang, T., Gu J., Huang., Z. (2018). Water footprint assessment of coal-based fuels in China: Exploring the impact of coal-based fuels development on water resources. *Journal of Cleaner Production*. 196, 604-614. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.05.182.
- Zhu, Y., Wang, J., He, G., Liu, H., Jiang, S., Su, J., Zhao, Y., Yang, Q., Fu, T. (2022). Water use characteristics and water footprints of China's oil and gas production,

*Resources. Conservation and Recycling.* 184, 06428. DOI:  
10.1016/j.resconrec.2022.106428.

## ANEXOS

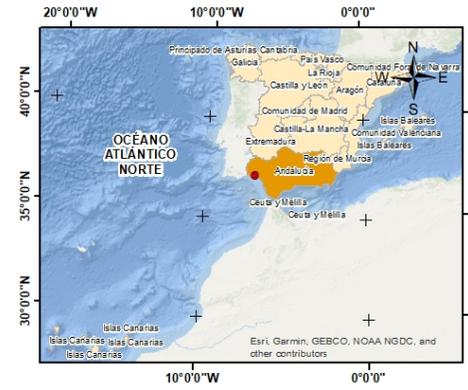
# ANEXO 1

## Mapa de ubicación del Parque Energético la Rábida

### UBICACIÓN DEL PARQUE ENERGÉTICO LA RÁBIDA, CEPSA



### UBICACIÓN GEOGRÁFICA



Elaboración propia

## **ANEXO 2**

Este manual ha sido creado con el objetivo de proporcionar una guía detallada sobre cómo utilizar la herramienta para calcular la huella hídrica de manera efectiva y precisa.

La huella hídrica es un indicador importante que permite conocer el consumo del agua tanto directo como indirecto para gestionar y evaluar de una forma eficiente el recurso hídrico.

# **Manual de Cálculo de la Huella Hídrica del Parque Energético la Rábida, Cepsa (Huelva)**

septiembre, 2023



Este manual ha sido creado con el objetivo de proporcionar una guía detallada sobre cómo utilizar la herramienta para calcular la huella hídrica del Parque Energético la Rabida, Cepsa (Huelva)

La huella hídrica es un indicador importante que permite conocer el consumo del agua tanto directo como indirecto para gestionar y evaluar de una forma eficiente el recurso hídrico.

### **Estimación y seguimiento de la huella hídrica.**

Para el uso de la herramienta de cálculo será necesario actualizar la información del documento que corresponde al documento “Cálculo Huella Hídrica 2022-2023”, además de obtener información conforme otros documentos incluidos.

Los valores necesarios para obtener para el cálculo de la huella hídrica serán la producción de crudo del PELR del año a evaluar.

El presente manual está estructurado de la siguiente forma:

- **Huella hídrica azul**
- **Huella hídrica gris**
- **Huella hídrica debido al consumo de energía eléctrica**
- **Huella hídrica debido al consumo de energía térmica**
- **Huella hídrica total (Huella hídrica directa y huella hídrica indirecta)**
- **Huella hídrica no convencional**

Actualizar la fecha de inicio de mes celda B3 y fecha de fin de mes celda B4 del año a evaluar de la primera hoja de cálculo del documento “**Cálculo Huella Hídrica 2022-2023**”, con el fin de evitar repeticiones este valor se actualizará automáticamente en el resto de las hojas de trabajo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Corrientes RCU de vapor perdido a ATM				3RCU:SM40	3RCU:SMS022	3RCU:CD950	3RCU:CD890	3RCU:CD950
2					V.250 A+/DE-ERTISA	V#250 TOTAL A ERTISA	CONDENSADO ERTISA A COT	CONDENSADO DE COND.	
3	FECHA INICIO MES	01/01/2022							
4	FECHA DE DATOS A CARGAR	22/08/2023		FECHA	3RCU:SM40- VALO	3RCU:SMS022- VALOR (t/d)	3RCU:CD950- VALOR (t/d)	3RCU:CD890- VALO	3RCU:CD950
5					3RCU:SM40	3RCU:SMS022	3RCU:CD950	3RCU:CD890	3RCU:CD950
6					V.250 A+/DE-ERTISA	V#250 TOTAL A ERTISA	CONDENSADO ERTISA A COT128	CONDENSADO DE ERTISA A COV101	COND.
7		Año	MES	FECHA	Valor Oficial Reco	Valor Oficial Reconciliad	Valor Oficial Reconciliado	Valor Oficial Reco	Valor (
8					t/d	t/d	t/d	t/d	t/d
9		2022	1	01/01/22 00:00:00	85.793	1035.76	0	111.592	
10		2022	1	02/01/22 00:00:00	85.535	1045.133	0	116.757	
11		2022	1	03/01/22 00:00:00	85.12	1028.113	0	116.216	
12		2022	1	04/01/22 00:00:00	85.986	975.479	0	113.455	
13		2022	1	05/01/22 00:00:00	85.301	1046.856	0	115.999	
14		2022	1	06/01/22 00:00:00	85.702	1062.345	0	117.549	
15		2022	1	07/01/22 00:00:00	85.844	1063.68	0	116.67	
16		2022	1	08/01/22 00:00:00	86.321	1032.126	0	117.522	
17		2022	1	09/01/22 00:00:00	86.689	1061.787	0	118.717	
18		2022	1	10/01/22 00:00:00	87.415	1223.831	0	121.668	
19		2022	1	11/01/22 00:00:00	87.146	1085.75	0	121.67	
20		2022	1	12/01/22 00:00:00	86.526	1155.619	0	123.089	
21		2022	1	13/01/22 00:00:00	86.109	1143.811	0	124.527	
22		2022	1	14/01/22 00:00:00	85.005	1118.978	0	125.058	
23		2022	1	15/01/22 00:00:00	84.808	1091.626	0	124.713	
24		2022	1	16/01/22 00:00:00	87.756	1092.935	0	121.137	
25		2022	1	17/01/22 00:00:00	87.923	1078.254	0	122.995	
26		2022	1	18/01/22 00:00:00	87.399	1071.133	0	123.751	
27		2022	1	19/01/22 00:00:00	88.549	1057.173	0	124.301	
28		2022	1	20/01/22 00:00:00	86.872	1078.883	0	122.858	
29		2022	1	21/01/22 00:00:00	85.882	1103.056	0	122.059	
30		2022	1	22/01/22 00:00:00	86.601	1114.953	0	124.353	
31		2022	1	23/01/22 00:00:00	90.342	1068.96	0	125.372	
32		2022	1	24/01/22 00:00:00	91.306	1081.814	0	125.012	
33		2022	1	25/01/22 00:00:00	91.024	1158.95	0	123.828	
34		2022	1	26/01/22 00:00:00	89.709	1183.804	0	117.295	
35		2022	1	27/01/22 00:00:00	81.998	1145.074	0	118.021	
36		2022	1	28/01/22 00:00:00	81.89	1127.043	0	116.298	
37		2022	1	29/01/22 00:00:00	83.835	1082.035	0	116.561	

## HUELLA HÍDRICA AZUL

Los consumos de agua dulce considerados para el cálculo de la huella hídrica azul serán referenciados en el documento “**Cálculo Huella Hídrica 2022-2023**” en la hoja de cálculo: “1. HH AZUL”.

La huella hídrica azul corresponde:

- Vapor perdido a la atmosfera de las unidades de procesos
- Consumo de las torres de refrigeración
- Vertido

1. Obtener la producción de crudo mensual correspondiente al año a evaluar (unidades: t/mes), ingresar estos datos en la columna F (2).

Fecha	Año	Mes	días	Consumo agua bruta	Crudo procesado	Vapor perdido ATM	Evaporación	Drift	MISC Losses	Evaporación	Drift	MISC Losses	PÉRDIDA TOTAL RNL
				m3/mes	t/mes	m3/mes	m3/h	m3/h	m3/h	m3/mes	m3/mes	m3/mes	
01/01/2022	2022	1	31.00	602506	746908	40402	40	0.15	5.72	29881	114	4252	34248
01/02/2022	2022	2	28.00	560303	730599	41431	39	0.15	5.59	26415	103	3759	30276
01/03/2022	2022	3	31.00	482452	829545	42879	37	0.15	5.32	27807	114	3956	31877
01/04/2022	2022	4	30.00	463677	826591	41581	38	0.15	5.47	27699	110	3941	31750
01/05/2022	2022	5	31.00	499467	831607	47995	40	0.15	5.73	29970	114	4265	34349
					804068								
01/06/2022	2022	6	30.00	551804		45120	40	0.15	5.63	28472	110	4052	32633
01/07/2022	2022	7	31.00	613911	826465	53613	39	0.15	5.57	29145	114	4147	33407
01/08/2022	2022	8	31.00	579901	818305	46377	37	0.15	5.25	27456	114	3906	31476
01/09/2022	2022	9	30.00	558769	788906	50990	36	0.15	5.08	25716	110	3658	29484
01/10/2022	2022	10	31.00	515035	678801	52591	21	0.15	2.92	15346	114	2176	17636
01/11/2022	2022	11	30.00	535935	830197	51345	40	0.15	5.72	28956	110	4121	33187
01/12/2022	2022	12	31.00	478385	839354	53310	37	0.15	5.22	27316	114	3886	31316
					799889								
01/01/2023	2023	1	31.00	472202		43529	37	0.15	5.32	27809	114	3956	31879
01/02/2023	2023	2	28.00	456723	738073	42756	35	0.15	4.93	23307	103	3315	26725
01/03/2023	2023	3	31.00	0	401610	23481	34	0.15	4.86	25446	114	3619	29179
01/04/2023	2023	4	30.00	0	799328	42579	46	0.15	6.56	33152	110	4720	37982
01/05/2023	2023	5	31.00	0	757312								0
01/06/2023	2023	6	30.00	0	797891								0
01/07/2023	2023	7	31.00	0	794828								0
01/08/2023	2023	8	31.00	0									0
01/09/2023	2023	9	30.00	0									0
01/10/2023	2023	10	31.00	0									0
01/11/2023	2023	11	30	0									0
01/12/2023	2023	12	31	0									0

2. En la hoja "Vapor perdido ATM", refrescar los valores de la planta general de la celda D3 (2).

Año	MES	FECHA	Valor Oficial	Reconcil								
			t/d	t/d								
2022	1	01/01/22 00:00:00	0	10.896	0	6.24	18.351683					
2022	1	02/01/22 00:00:00	0	10.896	0	6.24	18.351683					
2022	1	03/01/22 00:00:00	0	10.896	0	6.24	18.351683					
2022	1	04/01/22 00:00:00	0	10.896	0.00004	6.37336	18.351683					
2022	1	05/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000218	6.568	18.351683					
2022	1	06/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000041	6.24	18.351683					
2022	1	07/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000081	6.24	18.351683					
2022	1	08/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000027	6.24	18.351683					
2022	1	09/01/22 00:00:00	0	10.896	0.00013	6.24	18.351683					
2022	1	10/01/22 00:00:00	0	10.896	0	6.24	18.351683					
2022	1	11/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000027	5.9212	18.351683					
2022	1	12/01/22 00:00:00	0	10.896	0.00013	2.976	18.351683					
2022	1	13/01/22 00:00:00	0	10.896	0.00015	2.976	19.311139					
2022	1	14/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000025	2.976	19.496827					
2022	1	15/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000104	2.976	19.496827					
2022	1	16/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000115	5.10422	19.496827					
2022	1	17/01/22 00:00:00	0	10.896	0.00004	6.24	19.496827					
2022	1	18/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000016	5.1748	19.496827					
2022	1	19/01/22 00:00:00	0	10.896	0	12.63946	19.496827					
2022	1	20/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000037	4.032	19.496827					
2022	1	21/01/22 00:00:00	0	10.896	0	5.42531	19.496827					
2022	1	22/01/22 00:00:00	0	10.896	0.00017	4.91527	19.496827					
2022	1	23/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000065	5.016	19.496827					
2022	1	24/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000187	5.016	19.496827					
2022	1	25/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000164	5.016	19.496827					
2022	1	26/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000133	6.48419	19.496827					
2022	1	27/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000108	6.24	19.496827					
2022	1	28/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000084	6.24	19.496827					
2022	1	29/01/22 00:00:00	0	10.896	0.000094	5.45434	19.496827					

Los valores de la columna DA (3) de la hoja "Vapor perdido ATM" serán referenciados a la hoja "1 HH AZUL" en la columna G (5).

CY	CZ	DA	DB	DC	DD
		t/mes			
	01/01/2022	40402			
	01/02/2022	41431			
	01/03/2022	42879			
	01/04/2022	41581			
	01/05/2022	47955			
	01/06/2022	45120			
	01/07/2022	53613			
	01/08/2022	46377			
	01/09/2022	50990			
	01/10/2022	52591			
	01/11/2022	51345			
	01/12/2022	53310			
	01/01/2023	43529			
	01/02/2023	42756			
	01/03/2023	23481			
	01/04/2023	42579			
	01/05/2023	43640			
	01/06/2023	43500			
	01/07/2023	27420			
	01/08/2023	0			
	01/09/2023	0			
	01/10/2023	0			
	01/11/2023	0			
	01/12/2023	0			
	01/01/2024	0			
	01/02/2024	0			
	01/03/2024	0			
	01/04/2024	0			
	01/05/2024	0			
	01/06/2024	0			
	01/07/2024	0			
	01/08/2024	0			
	01/09/2024	0			
	01/10/2024	0			
	01/11/2024	0			
	01/12/2024	0			

Fecha	Año	Mes	días	Consumo agua	Crudo procesado	Vapor perdido a atmosfera PELR	Evaporación
				m3/mes	t/mes	m3/mes	m3/h
01/01/2022	2022	1	31.00	602506	746908	40402	40
01/02/2022	2022	2	28.00	560303	730599	41431	39
01/03/2022	2022	3	31.00	482452	829545	42879	37
01/04/2022	2022	4	30.00	463677	826591	41581	38
01/05/2022	2022	5	31.00	499467	831607	47955	40
					804068		
01/06/2022	2022	6	30.00	551804		45120	40
01/07/2022	2022	7	31.00	613911	826465	53613	39
01/08/2022	2022	8	31.00	579901	818305	46377	37
01/09/2022	2022	9	30.00	558769	788906	50990	36
01/10/2022	2022	10	31.00	515035	678801	52591	21
01/11/2022	2022	11	30.00	535935	830197	51345	40
01/12/2022	2022	12	31.00	478385	839354	53310	37
					799889		
01/01/2023	2023	1	31.00	472202		43529	37
01/02/2023	2023	2	28.00	456723	738073	42756	35
01/03/2023	2023	3	31.00	0	401610	23481	34
01/04/2023	2023	4	30.00	0	799938	42579	46
01/05/2023	2023	5	31.00	0	757312		
01/06/2023	2023	6	30.00	0	797891		
01/07/2023	2023	7	31.00	0	794828		
01/08/2023	2023	8	31.00	0	0		
01/09/2023	2023	9	30.00	0	0		
01/10/2023	2023	10	31.00	0	0		
01/11/2023	2023	11	30.00	0	0		
01/12/2023	2023	12	31.00	0	0		

3. En la hoja "RNL", refrescar los valores de planta de la celda C4 (2).

FECHA	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
01/01/2022	35.44723335	6.499993406	21.15	13.86	6.50	2262.77	17.73	47.19	865.75	51.27	694.77	51.5						
01/02/22 00:00:00	32.3692762	6.500243544	22.02	14.89	6.50	2214.43	17.81	42.23	621.19	53.13	836.20	51.5						
01/03/22 00:00:00	32.37431684	5.387778321	22.02	15.34	5.39	2248.33	14.29	43.31	654.18	49.30	688.40	42.6						
01/04/22 00:00:00	40.24847295	5.594605092	23.43	16.45	5.59	2485.66	16.63	52.57	746.95	32.86	529.52	49.5						
01/05/22 00:00:00	45.0717321	5.667813428	26.64	19.34	5.67	2572.86	16.95	38.63	623.76	50.85	746.99	42.5						
01/06/22 00:00:00	42.86544674	6.696989434	27.29	20.11	6.70	2569.86	19.88	44.39	758.94	49.62	794.99	45.6						
01/07/22 00:00:00	66.3766709	8.876879629	29.26	22.15	8.88	2717.42	27.25	48.14	997.26	51.01	903.75	51.6						
01/08/22 00:00:00	69.90818877	12.70177806	27.82	21.13	12.70	2691.71	56.29	52.06	1445.98	48.35	1302.55	51.5						
01/09/22 00:00:00	65.17466053	14.13896213	27.25	20.77	14.14	3013.75	65.87	35.92	1336.75	55.46	1713.29	53.5						
01/10/22 00:00:00	50.20507935	9.862475474	23.86	20.12	9.86	2994.88	39.88	50.36	2313.62	44.43	2032.78	51.7						
01/11/22 00:00:00	45.72855306	11.45401927	25.65	18.36	11.45	2876.01	41.50	48.03	1454.60	50.37	1370.36	51.5						
01/12/22 00:00:00	49.19623266	7.80910518	23.15	16.49	7.81	2866.29	21.63	33.38	1020.71	51.79	1076.78	52.1						
01/01/23 00:00:00	42.3871464	8.323989498	20.39	13.61	8.32	2907.07	22.86	50.95	1135.22	49.13	1126.92	49.4						
01/02/23 00:00:00	17.5957278	10.07422955	20.32	14.03	10.07	2800.75	28.80	50.35	1311.99	52.55	1357.46	52.4						
01/03/23 00:00:00	36.89856192	7.838841078	21.79	15.58	7.84	3003.18	22.04	50.80	1218.04	54.57	1285.31	55.4						
01/04/23 00:00:00	58.4514047	6.632401796	26.67	18.32	6.63	2687.73	27.59	52.20	1247.69	53.15	1168.49	51.5						
01/05/23 00:00:00	53.62058505	5.506906321	28.59	20.74	5.51	2858.41	13.19	46.84	961.27	50.92	946.01	48.1						
01/06/23 00:00:00	57.316379	4.63349977	30.56	22.78	4.63	2985.99	10.69	51.84	909.75	49.32	913.26	45.0						
01/07/23 00:00:00	63.91784996	7.448592963	28.86	20.94	7.45	2963.05	30.59	30.90	870.15	47.06	786.88	42.6						

Los valores de las columnas señaladas de azul y además etiquetadas como: Evaporación, Drift, MSC Losses de la hoja "RNL" (4) serán referenciados a hoja "1 HH AZUL", como se indica en el cuadro marcado de color rojo (6).

	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
	EVAPORACION	DRIFT	DRIFT	MISC Losses	Purga teórica	Aporte teórico	
7	<b>Valores considerados para el Cálculo de la HH AZUL</b>						
9	11.15638564	40.16298831	0.0425	0.153	5.715712616	13.59181293	59.62351386
10	10.91873826	39.30745773	0.0425	0.153	5.594939961	13.77616162	58.8301133
11	10.38203204	37.37331533	0.0425	0.153	5.317473618	10.93388944	53.77967838
12	10.68636181	38.47090252	0.0425	0.153	5.473986074	9.732121529	53.83001012
13	11.18952434	40.28228763	0.0425	0.153	5.732755375	8.20376992	54.47181292
14	10.98443076	39.54395072	0.0425	0.153	5.627278675	11.11834387	56.44257327
15	10.88164761	39.17393141	0.0425	0.153	5.574418772	14.87986419	59.78121437
16	10.25101041	36.90363749	0.0425	0.153	5.25009107	29.60971752	71.91644608
17	9.921294979	35.71666192	0.0425	0.153	5.080523132	32.66190014	73.61208519
18	5.729476394	20.62611502	0.0425	0.153	2.924730717	54.71941444	78.42326017
19	11.1719789	40.21631239	0.0425	0.153	5.723330341	33.8103658	79.90300853
20	10.19859584	36.71494503	0.0425	0.153	5.223135004	17.29349857	59.38457861
21	10.38268026	37.37764894	0.0425	0.153	5.317806991	19.13480667	61.98326259
22	9.634315737	34.68353665	0.0425	0.153	4.932933808	27.09508687	66.86455733
23	9.500446526	34.20160749	0.0425	0.153	4.864086785	18.79380854	58.01250282
24	12.79005143	46.04418513	0.0425	0.153	6.55588359	27.72579516	80.47886388
25	12.02508551	43.29030784	0.0425	0.153	6.162472549	14.50393261	64.109713
26	11.91023033	42.87682918	0.0425	0.153	6.103404168	11.43065852	60.56389186
27	12.13709921	43.69355716	0.0425	0.153	6.220079594	8.338244874	58.40488163

	A	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
	Fecha	Evaporación	Drift	MISC Losses	Evaporación	Drift	MISC Losses	PÉRDIDA TOTAL RNL	Evaporación	Drift	MISC Losses	Evaporación	Drift	MISC Losses	PÉRDIDA TOTAL FCC	Evaporación	Drift	MISC Losses	Evaporación	Drift	MISC Losses	PÉRDIDA TOTAL COMB1
10	01/01/2022	40	0.15	5.72	29881	114	4252	34248	51	0.244	7	37989	182	5401	43971	47	0	7	34712	95	4945	29752
11	01/02/2022	39	0.15	5.59	26418	103	3759	30276	52	0.238	7	34617	160	4922	39699	52	0	7	34943	86	4980	40008
12	01/03/2022	37	0.15	5.32	27807	114	3956	31877	51	0.228	7	37607	170	5348	43125	39	0	6	28945	95	4111	33161
13	01/04/2022	38	0.15	5.47	27699	110	3941	31750	47	0.248	7	34132	178	4850	39161	61	0	9	43715	92	6232	50039
14	01/05/2022	40	0.15	5.73	29970	114	4265	34349	34	0.249	5	25414	185	3604	29003	65	0	9	48403	95	6901	55399
15	01/06/2022	40	0.15	5.63	28472	110	4052	32633	43	0.244	6	31270	175	4442	35887	62	0	9	44863	92	6410	51465
16	01/07/2022	39	0.15	5.57	29145	114	4147	33407	40	0.246	6	30071	183	4270	34523	67	0	10	49852	95	7108	57056
17	01/08/2022	37	0.15	5.25	27456	114	3906	31476	42	0.246	6	31347	183	4452	35982	65	0	9	48315	95	6889	55299
18	01/09/2022	36	0.15	5.08	25716	110	3658	29484	44	0.239	6	32092	175	4551	36758	62	0	9	44352	92	6323	50766
19	01/10/2022	21	0.15	5.91	15346	114	2176	17636	45	0.239	6	33159	178	4712	38648	19	0	3	14539	95	2033	16458
20	01/11/2022	40	0.15	5.72	28956	110	4121	33187	53	0.229	7	37926	165	5394	43485	49	0	7	35426	92	5048	40565
21	01/12/2022	37	0.15	5.22	27316	114	3886	31316	48	0.228	7	35817	170	5092	41079	49	0	6	31846	95	4536	36477
22	01/01/2023	37	0.15	5.32	27809	114	3956	31879	56	0.231	8	41391	172	5888	47451	2	0	0	1935	95	206	1835
23	01/02/2023	35	0.15	4.93	23307	103	3515	26725	50	0.238	7	33816	160	4808	38784	-1	0	0	430	95	-131	-874
24	01/03/2023	34	0.15	4.86	25446	114	3619	29179	32	0.231	5	23727	172	3365	27264	27	0	4	20302	95	2887	23284
25	01/04/2023	48	0.15	6.56	33152	110	4720	37982	31	0.209	4	22455	151	3186	25792	33	0	5	23776	92	3383	27251
26	01/05/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	27	0.220	4	19924	169	2823	22910	14	0	8	39920	95	5689	45704
27	01/06/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	27	0.215	4	19529	155	2768	22452	66	0	9	47818	92	6790	54500
28	01/07/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	22	0.203	3	16156	151	2286	18593	13	0	2	9357	95	1323	10776
29	01/08/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	01/09/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	01/10/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	01/11/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	01/12/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	01/12/2023	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Realizar el mismo procedimiento para el resto de las torres de refrigeración (FCC, COMB1, C2BP, C2APN).

4. En la hoja "Gestión del agua" refrescar los valores de la planta general de la celda T10 (2) que corresponde a los valores mensuales del Vertido de salida de la PTEL.

Fecha	CAUDAL EMISARIO Valor m3/h	Vertido m3/dia
01/01/22 00:00:00	484	11627
02/01/22 00:00:00	427	10245
03/01/22 00:00:00	386	9266
04/01/22 00:00:00	379	9095
05/01/22 00:00:00	353	8484
06/01/22 00:00:00	402	9637
07/01/22 00:00:00	412	9893
08/01/22 00:00:00	341	8184
09/01/22 00:00:00	428	10281
10/01/22 00:00:00	389	9333
11/01/22 00:00:00	355	8521
12/01/22 00:00:00	374	8974
13/01/22 00:00:00	412	9888
14/01/22 00:00:00	359	8625
15/01/22 00:00:00	383	9182
16/01/22 00:00:00	372	8932
17/01/22 00:00:00	409	9806
18/01/22 00:00:00	348	8357
19/01/22 00:00:00	410	9846
20/01/22 00:00:00	327	7837
21/01/22 00:00:00	321	7701
22/01/22 00:00:00	367	8800
23/01/22 00:00:00	347	8321
24/01/22 00:00:00	355	8530
25/01/22 00:00:00	341	8191
26/01/22 00:00:00	374	8965
27/01/22 00:00:00	435	10432
28/01/22 00:00:00	411	10137
29/01/22 00:00:00	411	9283
30/01/22 00:00:00	411	7525
31/01/22 00:00:00	380	9127

Los valores de la columna AB (3) de la hoja "Gestión del agua" serán referenciados a la hoja "1 HH AZUL" en la columna Au (5).

PÉRDIDA TOTAL DE REFRIGERANTE	Vertido PTEL	Agua libre de crudos que ingresa a PTEL	Agua y sedimentos de crudos que ingresa a PTEL	Agua de crudos total	Agua pluviales limpias <10l/m2 que ingresa a la PTEL	Aguas pluviales aceitosas <10l/m2 que ingresa a PTEL	Aguas de deslustrados que ingresa a PTEL	VERTIDO TOTAL FINAL	HUELLA HÍDRICA AZUL
24451	197059	283025	705	1315	2020	31620	458	248928	486388
22756	183341	260754	41	812	853	11573	958	247370	472142
22925	184815	297013	751	1526	2277	27589	10165	256983	484677
25598	206164	257638	390	1804	2194	16522	5108	233815	481559
24004	193443	260157	857	1612	2469	16740	1556	241152	486191

Para obtener el balance del vertido final será necesario ingresar:

1. Agua de crudos (agua libre y sedimentos totales)
2. Balance mensual de pluviales limpias
3. Pluviales a aceitosas
4. Agua de deslastres.

Estos volúmenes de agua deben ser restados del volumen del vertido final, ya que por concepto de Huella hídrica no serán contabilizados.

5. Solicitar el volumen del agua de crudos a Manuel Padilla ([manuel.padilla@cepsa.com](mailto:manuel.padilla@cepsa.com)), ingresarlos en la hoja "1. HH AZUL".

Se obtendrán los valores de agua libre (columna AV), agua y sedimentos (columna AW) y agua de crudos total (columna AX) para el año a evaluar (2).

	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH
	Vertido PTEL	Agua libre de crudos que ingresa a PTEL	Agua y sedimentos de crudos que ingresa a PTEL	Agua de crudos total que ingresa a PTEL	Agua pluviales	deslastres			HUELLA HÍDRICA AZUL		Año	Vapor perdido a atmósfera PELR	Pérdidas totales de torres de refrigeración	Vertido total final
	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes			m3/mes	m3/mes	m3/mes
11	283025	705	1315	2020	31620	458	0	248928	486388		2022	40402	197059	248928
12	260754	41	812	853	11573	958	0	247370	472142		2022	41431	183341	247370
13	297013	751	1526	2277	27589	10165	0	256983	484677		2022	42879	184815	256983
14	257638	390	1804	2194	16522	5108	0	233815	481559		2022	41581	206164	233815
15	260157	857	1612	2469	16740	1556	0	239392	480831		2022	47995	193443	239392
16	296222	0	1524	1524	19975	0	0	274723	509140		2022	45120	189296	274723
17	312077	1069	1139	2208	40622	0	0	269247	516694		2022	53613	193835	269247
18	331827	335	1085	1420	54725	733	0	274948	515010		2022	46377	193684	274948
19	295914	1124	1147	2271	54505	420	0	238718	479410		2022	50990	189703	238718
20	275362	543	1561	2104	32669	1595	0	238995	422178		2022	52591	130592	238995
21	304575	1237	937	2174	46791	2216	0	253394	503261		2022	51345	198522	253394
22	312614	311	1193	1504	59941	10016	0	241152	486191		2022	53310	191729	241152
23	260740	0	0	0	0	1499	0	259240	450142		2023	43529	147372	259240
24	228503	0	0	0	0	0	0	162062	119306		2023	42756	119306	162062
25	238866	0	0	0	0	1249	0	154003	130522		2023	23481	130522	154003
26	258175	0	0	0	0	125	0	215525	172947			42579	172947	215525
27	263019	0	0	0	0	2499	0	154779	154779			0	154779	154779
28	283999	0	0	0	0	1663	0	48255	48255			0	48255	48255
29	273424	0	0	0	0	0	0	105863	105863			0	105863	105863
30	191912	0	0	0	0	0	0	#VALOR!	0			0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0

6. Solicitar el balance mensual de pluviales limpias. Solicitar a Francisco Serrano ([iosemanuel.fernandezo@cepsa.com](mailto:iosemanuel.fernandezo@cepsa.com)).

Para realizar el balance de pluviales limpias será necesario considerar las pluviales caídas sobre zonas no industrializadas y viales conectadas a la red de pluviales limpias, así como las zonas conectadas a los aliviaderos N°4, N°5, N°6, N°7 y SEPES (2, 3). Documento de referencia "Balance mensual Pluviales limpias 2022":

SUMA																		=HG-Q6-R6-S6-T6-W6	
Balances pluviales limpias= Pluviales limpias – AL4 – AL5 – AL6 – AL7-SEPES																		Balace mensual Pluviales limpias a PTEL	
Pluviales limpias	Aguas de proceso+ sanitarias+ desastres	Salinas	Entrada Canal Estero	Total entradas	Evaporación	lodos	Aguas Regeneradas	PV1	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	PV3	SEPES	Total salidas	Balance de aguas	Pluviales limpias a PTEL	
31.620	238.440	36.478	1.907	308.707	-	5.208	20.473	283.025	0	0	0	0	0	0	0	308.707	0	56-T6-W5	
18.706	237.388	31.388	57	283.052	-	4.704	13.774	280.754	235	1.633	0	0	0	0	0	283.052	0	11.573	
29.926	258.070	28.885	214	325.017	-	5.208	20.458	297.013	2.257	0	0	0	0	0	0	325.017	0	27.588	
16.753	355.838	19.172	11	294.171	-	5.040	29.403	257.677	232	0	0	0	1.820	0	0	294.171	0	16.522	
16.740	252.736	34.823	4	305.091	-	5.208	39.601	260.282	0	0	0	0	0	0	0	305.091	0	16.740	
19.975	257.942	39.678	70	317.665	-	5.040	16.560	296.065	0	0	0	0	0	0	0	317.665	0	19.975	
40.622	246.410	42.399	155	329.585	-	5.040	23.058	301.477	0	0	0	0	0	0	0	329.585	0	40.622	
54.725	257.492	42.147	123	354.911	-	5.208	17.921	331.782	0	0	0	0	0	0	0	354.911	0	54.725	
57.475	235.564	43.512	11	338.009	-	5.040	30.045	295.899	779	2.191	0	0	4.056	0	0	338.009	0	54.505	
35.578	235.510	48.391	14	321.676	-	5.208	35.626	275.396	695	2.215	0	0	2.537	0	0	321.676	0	32.669	
46.791	240.859	41.244	13	333.603	-	5.040	23.987	304.575	0	0	0	0	0	0	0	333.603	0	46.791	
92.839	331.673	83.853	207	423.224	-	5.208	31.445	293.514	10.275	22.623	0	0	29.342	6.225	0	398.631	24.594	59.941	
308.707																			
456.749	2.947.901	491.971	2.785	3.934.710	-	61.152	302.361	3.457.459	14.612	28.867	0	0	39.441	6.225	0	3.910.117	24.594		
Pluviales limpias (3)	Aguas de proceso+ sanitarias+ desastres (4)	Salinas (5)		Total entradas	Evaporación	lodos	Aguas regeneradas (6)	PV1(7)	AL 4	AL 5	AL 6	AL 7	AL 8	PV3	SEPES	Total salidas	Balance de aguas (7)	Pluviales limpias a PTEL	
434.235	194.400	17.152	-	809.111	606	0	19.394	355.143	131.370	74.884	27.996	4.178	103.507	0	54.533	809.111	0	141.274	
247.775	194.400	9.524	-	544.891	773	0	31.862	264.693	74.960	42.729	15.974	2.384	58.944	0	31.116	544.891	0	80.612	
111.876	194.400	7.661	-	356.016	1.142	0	15.768	227.542	33.846	19.293	7.213	10.764	26.398	0	1.405	356.016	0	39.355	
141.161	194.400	10.701	-	398.855	1.277	0	16.162	240.604	42.706	24.349	9.101	13.582	33.353	0	17.727	398.855	0	33.702	
127.891	194.400	8.994	-	379.387	1.637	0	14.375	236.032	38.691	22.055	8.245	12.905	30.086	0	16.061	379.387	0	30.534	
55.938	194.400	7.328	-	278.705	2.237	0	13.001	208.141	16.923	9.647	3.606	5.382	12.743	0	7.025	278.705	0	13.355	
30.314	194.400	10.947	-	247.063	3.095	0	14.121	200.379	9.171	5.228	1.954	2.917	6.391	0	3.807	247.063	0	7.237	
40.953	194.400	11.479	-	262.235	3.024	0	27.362	191.723	12.389	7.062	2.640	3.940	8.951	0	5.143	262.235	0	9.779	
194.468	194.400	18.082	-	480.953	2.406	0	14.838	269.039	58.833	33.536	12.538	18.711	45.771	0	24.422	480.953	0	46.428	
205.449	194.400	14.701	-	491.824	1.494	0	17.869	26.742	62.155	35.430	13.246	19.767	48.642	0	25.801	491.824	0	49.050	
281.749	194.400	25.051	-	607.172	957	0	26.119	298.608	85.238	48.588	18.165	27.109	67.005	0	35.383	607.172	0	67.266	
441.785	194.400	20.448	-	822.795	596	0	14.529	366.049	133.854	76.186	28.483	42.507	105.312	0	55.481	822.796	0	105.474	
2.313.594	2.332.800	161.568	0	5.678.148	19.244	0	225.200	2.884.695	699.936	398.981	149.161	163.546	547.103	0	277.904	5.678.148	0		
Pluviales 2022																			

EL resultado de la columna AA del documento referencia “Balance mensual Pluviales limpias 2022” deberá ser ingresado en la hoja “1. HH AZUL” en la columna AY (5).

	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK
	Agua de cruces totales	Agua pluviales limpias <10l/m2 que ingresa a la PTEL	Agua pluviales aceitesas <10l/m2 que ingresa a PTEL	Agua de desastres que ingresa a PTEL	VERTIDO TOTAL FINAL	HUELLA HÍDRICA AZUL		Año	Vapor perdido a atmósfera PELR	Pérdidas totales de torres de refrigeración	Vertido total final	HUELLA HÍDRICA AZUL		
	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes			m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes		
10	2020	31620	458	0	248928	486388		2022	40402	197059	248928	486388		
11	853	11573	958	0	247370	472142		2022	41431	183341	247370	472142		
12	2277	27589	10165	0	256983	484677		2022	42879	184815	256983	484677		
13	2194	16522	5108	0	233815	481559		2022	41581	206164	233815	481559		
14	2469	16740	1556	0	239392	480831		2022	47995	193443	239392	480831		
15														
16	1524	19975	0	0	274723	509140		2022	45120	189296	274723	509140		
17	2208	40622	0	0	269247	516694		2022	53613	193835	269247	516694		
18	1420	54725	733	0	274948	515010		2022	46377	193684	274948	515010		
19	2271	54505	420	0	238718	479410		2022	50990	189703	238718	479410		
20	2104	32669	1595	0	238995	422178		2022	52591	130592	238995	422178		
21	2174	46791	2216	0	253394	503261		2022	51345	198522	253394	503261		
22	1504	59941	10016	0	241152	486191		2022	53310	191729	241152	486191		
23	0	0	1499	0	259240	450142		2023	43529	147372	259240	450142		
24	0	0	0	0	0	162062		2023	42756	119306	0	162062		
25	0	0	1249	0	0	154003		2023	23481	130522	0	154003		
26	0	0	125	0	0	215525			42579	172947	0	215525		
27	0	0	2499	0	0	154779			0	154779	0	154779		
28	0	0	1663	0	0	48255			0	48255	0	48255		
29	0	0	0	0	0	105863			0	105863	0	105863		
30	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0		
31	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0		
32	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0		
33	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0		
34	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0		
35	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0		

7. En la hoja “Pluviales aceitesas” refrescar los valores de planta de la celda C6 (2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1			01/01/2022										
2			01/08/2023										
3													
4				3PHD:TYQI_001.pv									
5													
6													
7													
8													
9													
10			FECHA	Valor		Lluvia diaria							
11													
12	2022	1	01/01/22 00:00:00	2324.0		0.0	-10.0						
13	2022	1	02/01/22 00:00:00	2324.0		0.0	-10.0						
14	2022	1	03/01/22 00:00:00	2324.0		0.0	-10.0						
15	2022	1	04/01/22 00:00:00	2324.0		0.0	-10.0						
16	2022	1	05/01/22 00:00:00	2324.0		0.0	-10.0						
17	2022	1	06/01/22 00:00:00	2324.2		0.19773	-9.8						
18	2022	1	07/01/22 00:00:00	2324.2		0.00222	-10.0						
19	2022	1	08/01/22 00:00:00	2324.2		0.00000	-10.0						
20	2022	1	09/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
21	2022	1	10/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
22	2022	1	11/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
23	2022	1	12/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
24	2022	1	13/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
25	2022	1	14/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
26	2022	1	15/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
27	2022	1	16/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
28	2022	1	17/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
29	2022	1	18/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
30	2022	1	19/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
31	2022	1	20/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
32	2022	1	21/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
33	2022	1	22/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
34	2022	1	23/01/22 00:00:00	2324.2		0.0	-10.0						
35	2022	1	24/01/22 00:00:00	2324.6		0.4	-9.6						
36	2022	1	25/01/22 00:00:00	2326.1		1.6	-8.4						
37	2022	1	26/01/22 00:00:00	2326.2		0.1	-9.9						

Los valores de la columna Q (3) de la hoja "Pluviales aceitosas" serán referenciados a la hoja "1. HH AZUL" en la columna AZ (5).

8. En la hoja "Deslastes", refrescar los valores de planta de la celdas C5, E5, G5, I5 y K5 (2).

Los valores de la columna T (3) de la hoja "Deslastres" serán referenciados a la hoja "1. HH AZUL" en la columna BA (5).

	P	Q	R	S	T	U	V
1		01/01/2022					
2		31/07/2023					
3							
4							
5							
6							
7							
8					<b>Deslastres total</b>		
9					m3/mes		
10							
11				01/01/2022	228.652313		
12				01/02/2022	243.840499		
13				01/03/2022	254.609013		
14				01/04/2022	127.612586		
15				01/05/2022	152.610648		
16				01/06/2022	302.617517		
17				01/07/2022	404.905256		
18				01/08/2022	325.074612		
19				01/09/2022	28.479846		
20				01/10/2022	60.998605		
21				01/11/2022	335.458768		
22				01/12/2022	80.447609		
23				01/01/2023	434.674408		
24				01/02/2023	64.867343		
25				01/03/2023	176.751568		
26				01/04/2023	309.405421		
27				01/05/2023	320.209011		
28				01/06/2023	236.359253		
29				01/07/2023	815.868340		
30				01/08/2023	0.000000		
31				01/09/2023	0.000000		

	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF
8	luviales	deslastres					
9	Agua de crudos que ingresa a PTEL	Agua de deslastres que ingresa a PTEL	VERTIDO TOTAL FINAL	HUELLA HÍDRICA AZUL		Año	Vapor perdido a atmósfera PELR
10	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes			m3/mes
11	458	0	248928	486388		2022	40402
12	958	0	247370	472142		2022	41431
13	10165	0	256983	484677		2022	42879
14	5108	0	233815	481559		2022	41581
15	1556	0	239392	480831		2022	47995
16	0	0	274723	509140		2022	45120
17	0	0	269247	516694		2022	53613
18	733	0	274948	515010		2022	46377
19	420	0	238718	479410		2022	50990
20	1595	0	238995	422178		2022	52591
21	2216	0	253394	503261		2022	51345
22	10016	0	241152	486191		2022	53310
23	1499	0	259240	450142		2023	43529
24	0	0		162062		2023	42756
25	1249	0		154003		2023	23481
26	125	0		215525			42579
27	2499	0		154779			0
28	1663	0		48255			0
29	0	0		105863			0
30	0	#IVALOR!		0			0
31	0	0		0			0
32	0	0		0			0
33	0	0		0			0
34	0	0		0			0
35	0	0		0			0

9. Finalmente en la hoja "1.HH AZUL", en la columna BB se obtendrá el valor del consumo del vertido final (2) para el periodo a evaluar:

	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL
8	luviales	deslastres											
9	Agua de crudos que ingresa a PTEL	Agua de deslastres que ingresa a PTEL	VERTIDO TOTAL FINAL	HUELLA HÍDRICA AZUL									
10	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes									
11	458	0	248928	486388		2022	40402	197059	248928	486388			01/01/
12	958	0	247370	472142		2022	41431	183341	247370	472142			01/01/
13	10165	0	256983	484677		2022	42879	184815	256983	484677			
14	5108	0	233815	481559		2022	41581	206164	233815	481559			
15	1556	0	239392	480831		2022	47995	193443	239392	480831			
16	0	0	274723	509140		2022	45120	189296	274723	509140			
17	0	0	269247	516694		2022	53613	193835	269247	516694			
18	733	0	274948	515010		2022	46377	193684	274948	515010			
19	420	0	238718	479410		2022	50990	189703	238718	479410			
20	1595	0	238995	422178		2022	52591	130592	238995	422178			
21	2216	0	253394	503261		2022	51345	198522	253394	503261			
22	10016	0	241152	486191		2022	53310	191729	241152	486191			
23	1499	0	259240	450142		2023	43529	147372	259240	450142			
24	0	0		162062		2023	42756	119306	0	162062			
25	1249	0		154003		2023	23481	130522	0	154003			
26	125	0		215525			42579	172947	0	215525			
27	2499	0		154779			0	154779	0	154779			
28	1663	0		48255			0	48255	0	48255			
29	0	0		105863			0	105863	0	105863			
30	0	#IVALOR!		0			0	0	0	0			
31	0	0		0			0	0	0	0			
32	0	0		0			0	0	0	0			
33	0	0		0			0	0	0	0			
34	0	0		0			0	0	0	0			
35	0	0		0			0	0	0	0			

10. Finalizados estos procedimientos se obtiene la Huella hídrica Azul expresada en  $m^3/mes$  columna BL (2).

Año	Vapor perdido a atmósfera PELR	Pérdidas totales de torres de refrigeración	Vertido total final	HUELLA HÍDRICA AZUL
2022	40402	197059	248928	486388
2022	41431	183341	247370	472142
2022	42879	184815	256863	484677
2022	41581	206164	233815	481559
2022	47995	193443	239392	480831
2022	45120	189296	274723	509140
2022	53613	193835	269247	516694
2022	46377	193684	274948	515010
2022	50990	189703	238718	479410
2022	52591	130592	238995	422178
2022	51345	198522	253394	503261
2022	53310	191729	241152	486191
2023	43529	147372	259240	450142
2023	42756	119306	0	162062
2023	23481	130522	0	154003
	42579	172947	0	215525
	0	154779	0	154779
	0	48255	0	48255
	0	105863	0	105863
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0

11. En la columna BU se visualizará la Huella hídrica azul expresada en  $m^3/año$  (2),  $m^3/t$  de crudo y en porcentaje.

Fecha	Crudo procesado	Vapor perdido a atmósfera PELR	Consumo de torres de refrigeración	Vertido final	HH AZUL
01/01/2022	9551346	567633	2252182	3017663	5837486
01/01/2023	5089541	152345	879045	259240	1290630

Año	Vapor perdido a atmósfera PELR	Consumo de torres de refrigeración	Vertido final	HH AZUL
2022	0.06	0.24	0.32	0.61
2023	0.03	0.17	0.05	0.25

Año	Vapor perdido a atmósfera PELR	Consumo de torres de refrigeración	Vertido final	HH AZUL
2022	10%	39%	52%	100%
2023	12%	68%	20%	100%

## HUELLA HÍDRICA GRIS

Los consumos de agua dulce considerados para el cálculo de la huella hídrica gris serán referenciados en el documento “Cálculo Huella Hídrica 2022-2023” en la hoja de cálculo: “2. HH GRIS”, se referenciará automáticamente la producción de crudo mensual correspondiente al año a evaluar (unidades: t/mes), además del vertido de la PTEL.

1. En la hoja “Concentraciones efluente” refrescar los valores de la planta de la celda C8 (2).

año	mes	FECHA	SALIDA										
			Valor Mixto con Unid										
			mg/l	mg/l	mg/Kg	mg/l							
2022	1	01/01/22 21:00:00				22.2	<5						
2022	1	02/01/22 21:00:00	2.3	<5.0		12.6		0.62		12	<0.0500	<0.0010	<0.0050
2022	1	02/01/22 21:00:00		0.6									0.0061
2022	1	03/01/22 21:00:00				10.7				7			
2022	1	04/01/22 21:00:00				16.9				12			
2022	1	05/01/22 21:00:00				19.1				12			
2022	1	06/01/22 21:00:00				13.7				13			
2022	1	07/01/22 21:00:00				13.3				11			
2022	1	08/01/22 21:00:00				9				9			
2022	1	09/01/22 21:00:00		3	<5.0	8		0.52		18			
2022	1	10/01/22 21:00:00				12				10			
2022	1	11/01/22 21:00:00				16.9				14			
2022	1	12/01/22 21:00:00				18				13			
2022	1	13/01/22 21:00:00				18.8				5			
2022	1	14/01/22 21:00:00				18.7				11			
2022	1	15/01/22 21:00:00				20				6			
2022	1	16/01/22 21:00:00		1.3	<5.0			0.49		11	<0.0500	<0.0010	<0.0050
2022	1	17/01/22 21:00:00				12				11			0.01
2022	1	18/01/22 21:00:00				13				10			<0.0002
2022	1	19/01/22 21:00:00				12				11			
2022	1	20/01/22 21:00:00				11.7				9			
2022	1	21/01/22 21:00:00				12.4				11			
2022	1	22/01/22 21:00:00				11.7				7			
2022	1	23/01/22 21:00:00		4.8	<5.0	12		0.65		16			

Las concentraciones del efluente de las columnas AS hasta BC de la hoja "Concentraciones efluente se referenciarán automáticamente las concentraciones del efluente (3) a la hoja "2. HH GRIS" (5).

Referenciar a HH GRIS

**1. Salida PTEL**

	Amoniaco como Amonio mg/l	Aceite y Grasas mg/l	Nitrógeno T. mg/l	Fósforo T. mg/l	COT mg/l	Cinc mg/l	Arsénico mg/l	Cromo mg/l	Cobre mg/l	Niquel mg/l	Mercurio ug/l
022	2.63	2.50	14.28	0.56	10.77	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
01/02/2022	4.66	2.50	14.45	0.57	11.98	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
01/03/2022	9.94	2.50	11.66	0.49	17.40	0.06	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
01/04/2022	4.44	2.50	10.16	1.33	14.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64
01/05/2022	7.07	2.50	21.70	0.51	18.32	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
01/06/2022	12.26	2.50	15.51	0.78	21.30	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
01/07/2022	8.82	2.50	15.66	0.91	17.97	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
01/08/2022	13.40	2.50	24.46	0.49	16.65	0.11	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01
01/09/2022	15.34	2.50	14.33	0.82	13.92	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
01/10/2022	8.67	2.50	15.50	0.93	34.90	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
01/11/2022	8.76	2.50	17.36	0.58	16.93	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
01/12/2022	16.73	2.50	11.93	0.51	17.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
01/01/2023	12.08	2.50	12.49	0.63	20.50	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
01/02/2023	13.38	9.18	21.80	0.89	20.63	0.05	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
01/03/2023	24.10	5.00	39.56	0.50	27.23	0.05	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
01/04/2023	7.20	3.78	21.27	0.45	21.00	0.09	0.01	0.00	0.00	0.01	0.10
01/05/2023	5.65	6.42	8.78	8.13	18.16	0.08	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
01/06/2023	3.02	3.33	6.91	0.63	31.10	0.07	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03
01/07/2023	2.42	5.24	9.69	0.51	24.00	0.19	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
01/08/2023	7.13	3.93	12.37	0.39	31.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/09/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/10/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/11/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Concetraciones efluente

Documento: Parametros efluente 22-23  
Actualizar  
Hoja: Efluente\_final

Decreto 109/2015, de 1  
Dominio Público Hidráulico

Concetraciones de

Concetraciones del efluente

	Amoniaco como Amonio mg/l	Aceite y Grasas mg/l	Nitrógeno Total mg/l	Fósforo Total mg/l	COT mg/l	Cinc mg/l	Arsénico mg/l	Cromo mg/l	Cobre mg/l	Niquel mg/l	Mercurio ug/L
01/01/2022	3.04	2.50	13.86	0.56	10.77	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
01/02/2022	5.75	2.50	14.45	0.57	11.98	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
01/03/2022	10.88	2.50	11.66	0.49	17.40	0.06	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
01/04/2022	4.85	2.50	10.16	1.33	14.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.64
01/05/2022	8.42	2.50	21.70	0.51	18.32	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
01/06/2022	15.25	2.50	15.51	0.78	21.30	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
01/07/2022	10.52	2.50	15.74	0.91	17.97	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
01/08/2022	16.68	2.50	24.46	0.49	16.65	0.11	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01
01/09/2022	19.10	2.50	12.85	0.82	13.92	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
01/10/2022	11.46	2.50	15.50	0.93	34.90	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
01/11/2022	8.48	2.50	17.61	0.58	16.93	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
01/12/2022	19.55	2.50	11.93	0.51	17.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
01/01/2023	10.10	2.50	12.49	0.63	20.50	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
01/02/2023	16.35	9.18	22.00	0.89	20.63	0.05	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
01/03/2023	24.38	5.00	39.56	0.50	27.23	0.05	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01
01/04/2023	4.24	3.78	21.27	0.45	21.00	0.09	0.01	0.00	0.00	0.01	0.10
01/05/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/06/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/07/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/08/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/09/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/10/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/11/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/12/2023	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2. HH GRIS

Verificar las concentraciones de la normativa de calidad del agua y del medio receptor. Las concentraciones ingresadas en el documento "2. HH GRIS" se mantendrán fijas. Estas concentraciones corresponden a los valores límites de emisión, conforme el Decreto 109/2015, de 17 de marzo 2015 (Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía), además de las concentraciones de Informe Ambiental del medio receptor (6).

		K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	
									<b>Amoniaco como Amonio</b>	<b>Aceite y Grasas</b>	<b>Nitrógeno Total</b>	<b>Fósforo Total</b>	<b>COT</b>	<b>Cinc</b>	<b>Arsénico</b>	<b>Cromo</b>	<b>Cobre</b>	<b>Niquel</b>	<b>Mercurio</b>	
								mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ug/l	
Decreto 109/2015, de 17 de marzo 2015. Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía							<b>6</b>	Concentraciones Norma de Calidad de Agua	60.0	25	80	50	150	1.5	1	0.3	0.75	0.6	2	
Concncetraciones del Informa Ambientnal del medio receptor								Medio Receptor	0.04	0.26	0.18	0.07	1.38	0.022	0.006	0.001	0.000	0.002	0.000	
		Volumen de agua necesaria para asimilar las cargas contaminantes																		
Amoniaco como Amonio	Mercurio	Fecha	Crudo	Vertido	Amoniaco como Amonio	Aceite y Grasas	Nitrógeno Total	Fósforo Total	COT	Cinc	Arsénico	Cromo	Cobre	Niquel	Mercurio					
																ug/l	ug/L	t/mes	m3/mes	m3/mes
0.00	0.01	2022	01/01/2022	746908	283025	14351	28604	49161	3175	20519	4788	142	2367	3038	1183	1061				
0.01	0.01	2022	01/02/2022	730599	260754	25007	26353	47217	2964	21023	4411	656	4579	2260	3270	1728				
0.01	0.02	2022	01/03/2022	829545	297013	53873	30017	43380	2900	34781	11556	972	7450	2158	3103	2785				
0.01	0.64	2022	01/04/2022	826591	257677	20844	26042	32788	6852	24274	4359	389	2155	1340	2154	82464				
0.01	0.04	2022	01/05/2022	831607	260282	36553	26305	70751	2680	32090	4403	655	2176	1215	3264	5694				
0.01	0.01	2022	01/06/2022	804068	296065	75305	29921	57542	4640	42433	11018	745	2476	3948	3712	1110				
0.01	0.01	2022	01/07/2022	826465	312064	54756	31538	61545	5701	37729	5279	785	2609	1664	3913	1170				
0.01	0.01	2022	01/08/2022	818305	331782	92276	33531	101690	3240	37160	24134	8766	2774	4203	4160	1244				
0.01	0.01	2022	01/09/2022	788906	295899	94264	29905	47649	4875	27709	5006	745	2474	986	3710	1110				
0.01	0.01	2022	01/10/2022	678801	275396	52640	27833	53490	5130	64678	7920	1039	14507	2570	3453	1033				
0.02	0.01	2022	01/11/2022	830197	304575	43053	30782	67196	3523	34703	8759	766	2547	1827	8020	1142				
0.00	0.01	2022	01/12/2022	839354	312614	101935	31594	46733	3162	35828	8990	267	2614	2355	Area del gráfico	Lineas de				
0.00	0.01	2023	01/01/2023	746908	260740	43924	26351	40812	3301	35966	7145	853	2180	904	1971	976				
0.01	0.02	2023	01/02/2023	730599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.01	0.01	2023	01/03/2023	829545	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.01	0.10	2023	01/04/2023	826591	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/05/2023	831607	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/06/2023	804068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/07/2023	826465	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/08/2023	818305	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/09/2023	788906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/10/2023	678801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/11/2023	830197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.00	0.00	2023	01/12/2023	839354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
lastres		Condensado recuperado	Concncetraciones efluente	1. HH AZU	<b>2. HH GRIS</b>	3. HH	INDIRECTA	4. HH TOTAL	5. HH NO CONV											

Con estos valores y el vertido se obtendrá el volumen de agua necesaria para asimilar las cargas contaminantes por tipo de contaminantes (10). Esta formulado mediante: el volumen de agua necesaria para asimilar la carga contaminante, considerando: las concentraciones del efluente (7), las concentraciones de la norma de calidad de agua y las concentraciones de fondo del medio receptor (8) y el vertido (9).

Documentos: Parametro efluente 22-23 Asimilador  
Hda. Efluente\_Final

Decreto 109/2015, de 17 de marzo 2015, Reglamento de Vertidos al Medio Acuático en el Dominio Público Marítimo-Terrestre

Concentraciones del efluente

Norma de Calidad de Agua

Concentraciones del Inframa Ambiental del medio receptor

Volumen de agua necesaria para asimilar las cargas contaminantes

2. HH GRIS

En la columna AT se visualizará la Huella hídrica gris expresada en m<sup>3</sup>/año, m<sup>3</sup>/ t de crudo del máximo contaminante (11).

VOLUMEN DE HUELLA HÍDRICA GRIS POR TIPO DE CONTAMINANTE

Crudo procesado o Máximo

HH GRIS del contaminante máximo

Volumen de agua m<sup>3</sup>/año por contaminante

Huella Hídrica gris del contaminante máximo m<sup>3</sup>/t

2. HH GRIS

## HUELLA HÍDRICA DEBIDO AL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los consumos de agua dulce considerados para el cálculo de la huella hídrica debido al consumo de energía eléctrica serán referenciados en el documento **“Cálculo Huella Hídrica 2022-2023”** en la hoja de cálculo: **“3. HHConsumo\_EE”**.

1. Obtener la producción de crudo mensual correspondiente al año a evaluar (unidades: t/mes).
2. Conforme se indica en el documento **“INFPROUTIL\_Diciembre\_2022”** obtener la distribución general de consumo del complejo acumulada que corresponde al consumo de suministro de energía eléctrica del complejo, el cual se encuentra en unidades de (KWh) y corresponde a la celda G867 (2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
835		PRODUCCION ELECT. BRUTA TURBINA DE VAPOR COG 2			1292730	2.6	15397260	2.6				
836		<b>TOTAL PRODUCCIÓN ELÉCTRICA BRUTA</b>			<b>49154008</b>	<b>100.0</b>	<b>588187277</b>	<b>100.0</b>				
837												
838												
839		EXPORTACIÓN ENERGÍA ELÉCT. NETA COG 1			31116970		360753100					
840		EXPORTACIÓN ENERGÍA ELÉCT. NETA COG 2			15744850		211096620					
841		<b>TOTAL PRODUCCIÓN ELÉCTRICA NETA</b>			<b>46861820</b>		<b>571849720</b>					
842												
843												
844		CONTADOR ELECT. ENERGIA (AUTOCONSUMO)			1327335	2.5	15488095	2.5				
845		CONTADOR ELECT. COG-2 (AUTOCONSUMO)			443424	0.8	6129673	1.0				
846		<b>TOTAL AUTOCONSUMO ELÉCTRICO</b>			<b>1770759</b>		<b>21617768</b>					
847												
848												
849		CONTADOR ELECT. TANQUES ESTE			675892	1.26	7328371	1.2				
850		CONTADOR ELECT. TANQUES OESTE			2338319	4.35	17957610	2.9				
851		CONTADOR ELECT. PROCESOS COMBUSTIBLES I			6191865	11.52	83868214	13.5				
852		CONTADOR ELECT. PELQUIMICA			4719538	8.78	51038554	8.2				
853		CONTADOR ELECT. HDT			624083	1.16	7331887	1.2				
854		CONTADOR ELECT. COMBUSTIBLES II			3640910	6.77	39168492	6.3				
855		CONTADOR ELECT. FCC			3042180	5.66	38010894	6.1				
856		CONTADOR ELECT. EXPANDER			545861	1.02	8976400	1.4				
857		CONTADOR ELECT. R N L + COB2			11146778	20.74	130188492	21.0				
858		CONTADOR ELECT. ACPDM			20137075	37.47	227572624	36.7				
859		CONTADOR ELECT. RED OBRA FCC			8526	0.02	90895	0.0				
860		CONTADOR ELECT. M. REINA SOFÍA			31190	0.06	316983	0.1				
861		CONTADOR ELECT. M. TORREARENILLAS			14123	0.03	205763	0.0				
862		CONTADOR ELECT. M. DECAL			14737	0.03	32284	0.0				
863		CONTADOR ELECT. LINEA 20 KV			611300	1.14	7768379	1.3				
864		• CONTADOR ELECT. CT_02			381672		4880358					
865		• CONTADOR ELECT. TANQUES CORE			138444		1580538					
866		• CONTADOR ELECT. TANQUES GO			91184		1029800					
867		<b>TOTAL CONSUMO ELÉCTRICO COMPLEJO</b>			<b>119830</b>	<b>2.0</b>	<b>619854442</b>	<b>100.0</b>				
868												
869		CONSUMO EXTERNO COG2			119830	0.2	1022440	0.2				
870												
871												
872		<b>PLANTA DE COMBUSTIBLES II AP SUR Y BAJA PRESION</b>										
873												
874	FECHA	DICIEMBRE DE 2022										
		INFPROUTIL1										

Estos datos deberán ser referenciados a la hoja "3. HHConsumo\_EE" en la columna B.

**Consumo de energía eléctrica**

El consumo de energía eléctrica obtenerse del documento INFPROUTIL\_Diciembre\_2022 (Total consumo eléctrico complejo" celda G867. Actualizar conforme este documento citado

El consumo de energía eléctrica obtenerse del documento INFPROUTIL\_Diciembre\_2022 (Total producción eléctrica neta" celda G841. Actualizar conforme este documento citado

Factores se mantienen constantes, estos factores son obtenidos de fuentes bibliograficas

Fuentes de energía, actualizar conforme certificados de origen del PELR. Solicitar a Susana Revilla (susana.revilla@cepsa.com).

Año	Factores de HH m3/MWh	% fuente de energía
2022		
2023		

Año	kWh/año	MWh/año	kWh/año	MWh/año
2022	619854442	619854	571849720	571850
2023	0	0	0	0

4

Consumo complejo

Producción de energía neta

3

Energía eléctrica

Además será necesario obtener los datos de la producción de energía neta del complejo valores que se indican en el documento "INFPROUTIL\_Diciembre\_2022" en la celda G841 (6).

**DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL CONSUMO ELÉCTRICO**

FECHA: DICIEMBRE DE 2022

	MENSUAL		ACUMULADO	
	Kw	%	Kw	%
➤ PRODUCCION ELECT. BRUTA TURBINA DE GAS COG 1	25424119	51.7	285927082	47.8
➤ PRODUCCIÓN ELECT. BRUTA TURBINA DE VAPOR COG 1	7541610	15.3	95033897	15.9
➤ PRODUCCION ELECT. BRUTA TURBINA DE GAS COG 2	14895549	30.3	201829018	33.7
➤ PRODUCCION ELECT. BRUTA TURBINA DE VAPOR COG 2	1292730	2.6	15397200	2.6
<b>TOTAL PRODUCCIÓN ELÉCTRICA BRUTA</b>	<b>49154008</b>	<b>100.0</b>	<b>598187277</b>	<b>100.0</b>
➤ EXPORTACIÓN ENERGÍA ELÉCT. NETA COG 1	31116970		360753100	
➤ EXPORTACIÓN ENERGÍA ELÉCT. NETA COG 2	15744850		211086620	
<b>TOTAL PRODUCCIÓN ELÉCTRICA NETA</b>			<b>571849720</b>	
➤ CONTADOR ELECT. ENERGIA (AUTOCONSUMO)	1327335	6	15488095	2.5
➤ CONTADOR ELECT. COG-2 (AUTOCONSUMO)	443424		6129673	1.0
<b>TOTAL AUTOCONSUMO ELÉCTRICO</b>	<b>1770759</b>		<b>21617768</b>	
➤ CONTADOR ELECT. TANQUES ESTE	675892	1.26	7328371	1.2
➤ CONTADOR ELECT. TANQUES OESTE	2338319	4.35	17957610	2.9
➤ CONTADOR ELECT. PROCESOS COMBUSTIBLES I	6191685	11.52	83868214	13.5
➤ CONTADOR ELECT. PELQUIMICA	4719538	8.78	51038554	8.2
➤ CONTADOR ELECT. HDT	624083	1.16	7331887	1.2
➤ CONTADOR ELECT. COMBUSTIBLES II	3640910	6.77	39168492	6.3
➤ CONTADOR ELECT. FCC	3042180	5.66	38010894	6.1
➤ CONTADOR ELECT. EXPANDER	545861	1.02	8976400	1.4
➤ CONTADOR ELECT. R N L + COB2	11146778	20.74	130188492	21.0
➤ CONTADOR ELECT. ACPDM	20137075	37.47	227522624	36.7
➤ CONTADOR ELECT. RED OBRA FCC	8526	0.02	90895	0.0
➤ CONTADOR ELECT. M REINA SOFÍA	31190	0.06	316983	0.1
➤ CONTADOR ELECT. M TORRELLAS	14123	0.03	205763	0.0
➤ CONTADOR ELECT. M DECA	14737	0.03	32284	0.0
➤ CONTADOR ELECT. LINEA 2	613200	1.14	2766829	1.3

6

5

INFPROUTIL1

Los datos de la celda antes mencionada deberán ser referenciados a la hoja "3.HHConsumo\_EE". en la columna D.

**Consumo de energía eléctrica**

El consumo de energía eléctrica obtiene del documento INPROUTIL\_Diciembre\_2022 (Total consumo eléctrico complejo" celda G867 . Actualizar conforme este documento citado

El consumo de energía eléctrica obtiene del documento INPROUTIL\_Diciembre\_2022 (Total producción eléctrica neta" celda G841 . Actualizar conforme este documento citado

Factores se mantienen constantes, estos factores son obtenidos de fuentes bibliograficas

Fuentes de energía, actualizar conforme certificados de origen del PELR. Solicitar a Susana Revilla ([susana.revilla@cepsa.com](mailto:susana.revilla@cepsa.com)).

Año	Factores de HH m <sup>3</sup> /MWh	% fuente d energía
2022		
2023		

Año	kWh/año	MWh/año	kWh/año	MWh/año
2022	619854442	619854	571849720	571850
2023	0	0	0	0

Año
2022
2023

Año
2022
2023

6

Energía eléctrica

Los factores de huella hídrica por fuente de energía se mantendrán fijos (8). En caso de la implementación de una nueva fuente de energía eléctrica que no conste en la lista, actualizar e identificar la huella hídrica de dicha fuente de energía eléctrica conforme se indica en la hoja "3. HHConsumo\_EE".

Estructura de generación de energía eléctrica %												
Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclos Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia	Cogeneración	Otras
Factores de HH m3/MWh	32.810	0.004	0.180	0.421	1.550	0.126	0.896	2.2572	1.552	0.4896	0.4896	0.8
2022	14	63	0.0	4	15	4						
2023		63										

Huella Hídrica del Consumo Energía eléctrica												
Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclos Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia	Cogeneración	Otras
m3/año												
2022	2857443	1402	1	10965	144693	2999	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclos Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia	Cogeneración	Otras
m3/t												
2022	0.29917	0.00015	0.00000	0.00115	0.01515	0.00031	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2023												

Identificar y actualizar los porcentajes de consumo de energía eléctrica suministrada (listado de tecnologías renovables) (9). Esta información deberá ser solicitada a Susana Revilla ([susana.revilla@cepsa.com](mailto:susana.revilla@cepsa.com)).

Estructura de generación de energía eléctrica %												
Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclos Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia	Cogeneración	Otras
Factores de HH m3/MWh	32.810	0.004	0.180	0.421	1.550	0.126	0.896	2.2572	1.552	0.4896	0.4896	0.8
2022	14	63	0.0	4	15	4						
2023		63										

Huella Hídrica del Consumo Energía eléctrica												
Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclos Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia	Cogeneración	Otras
m3/año												
2022	2857443	1402	1	10965	144693	2999	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclos Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia	Cogeneración	Otras
m3/t												
2022	0.29917	0.00015	0.00000	0.00115	0.01515	0.00031	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2023												

Considerando el consumo de la celda C14 (3), los factores de huella hídrica y los porcentajes de fuentes de energía suministrada al complejo se obtendrá el volumen de agua consumido por fuente de energía eléctrica consumida del PELR ( $m^3/año$ ) (3) y ( $m^3/t$ ) (4).

**Consumo de energía eléctrica**

El consumo de energía eléctrica obtendrá del documento INPROUTL\_Diciembre\_2022 (Total consumo eléctrico complejo" celda G87 . Actualizar conforme este documento citado

El consumo de energía eléctrica obtendrá del documento INPROUTL\_Diciembre\_2022 (Total producción eléctrica neta" celda G81 . Actualizar conforme este documento citado

Factores se mantienen constantes, estos factores son obtenidos de fuentes bibliográficas

Fuentes de energía, actualizar conforme certificados de origen del PELR. Solicitar a Susana Revilla (susana.revilla@cepsa.com).

**Estructura de generación**

Año	Hídrica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables
2022	32.810	0.004	0.180	0.421	1.550	0.126
2023	14	63	0.0	4	15	4

**Huella Hídrica del Cor**

Año	Hídrica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables
2022	2857443	1402	1	10965	144693	2999
2023	0	0	0	0	0	0

**Huella Hídrica del Consumo de Energía Eléctrica**

Año	Hídrica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables
2022	0.29917	0.00015	0.00000	0.00115	0.01515	0.00031
2023						

**Consumo complejo**

Año	Consumo complejo (Wh/año)	Producción de energía neta (MWh/año)
2022	619854442	619854
2023	0	0

**Factores de HH**

Año	Factores de HH ( $m^3/MWh$ )
2022	14
2023	63

**3.HHConsumo\_EE**

En la columna AF estará referenciada la Huella hídrica del consumo de energía del PELR expresada en ( $m^3/año$ ) y ( $m^3/t$ ) (13), este valor corresponde a la suma de las fuentes de energía eléctrica agrupadas en energía eléctrica renovable y no renovable.

**Huella Hídrica Consumo de energía**

Fuel/Gas	Total renovables	Total no renovable	Total
0.490	100	0	100.0
			0.0

**HH consumo de Energía Eléctrica**

Fuel/Gas	Año	Crudo procesado (t/año)	Total renovable ( $m^3/año$ )	Total no renovable	HH Consumo energía eléctrica	HH dedido a la producción neta	HH consumo de energía eléctrica
0	2022	9551346	3017504	0	3017504	279978	2737526
0	2023	5089541	0	0	0	0	0

**HH consumo de Energía Eléctrica**

Fuel/Gas	Año	Crudo procesado (t/año)	HH EE. Renovable ( $m^3/t$ )	HH EE No Renovable	HH consumo Energía eléctrica	HH dedido a la producción neta	HH consumo de energía eléctrica
0.00000	2022	9551346	0.32	0.00	0.32	0.03	0.29
	2023	5089541	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**3.HHConsumo\_EE**

Debido a que en el PLER se genera una producción de energía que no corresponde a la huella hídrica del complejo en especial de la actividad principal estudiada, esta será restada consumo de energía eléctrica con el fin de obtenerse la huella hídrica final debido al consumo de energía del PELR.

3. Considerando el valor de la celda E14 (2) de hoja de cálculo “3. HHConsumo\_EE”, y el factor de Huella hídrica de la Celda W4 (3). Se obtendrá el volumen de agua debido a la producción de energía.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

Estructura de generación de energía eléctrica %										
Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclo Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia
2022	32.810	0.004	0.180	0.421	1.550	0.126	0.896	2.2572	3	0.4896
2023	14	63	0.0	4	15	4				

Huella Hídrica del Consumo Energía eléctrica										
Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclo Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia
2022	2857443	1402	1	10965	144693	2999	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Huella Hídrica del Consumo Energía eléctrica (m3/año)										
Año	Hidráulica	Eólica	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Biomasa	Resto de E. renovables	Ciclo Combinados gas natural	Nuclear	Carbón	Cogeneración de Alta Eficiencia
2022	0.29917	0.00015	0.00000	0.00115	0.01515	0.00031	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2023										

Que se indica en la columna AG, obteniéndose el valor de huella hídrica debido a la producción de energía.

AG12 HH debido a la producción neta

Total no renovable		Total renovable		Total no renovable		HH consumo de Energía Eléctrica		HH consumo de energía eléctrica	
Año	Crudo procesado	Total renovable	Total no renovable	HH Consumo energía eléctrica	HH debido a la producción neta	HH consumo de energía eléctrica			
2022	9551346	3017504	0	3017504	279978	2737526	2737526	2737526	2737526
2023	5089541	0	0	0	0	0	0	0	0

Total renovable		Total no renovable		HH consumo de Energía Eléctrica		HH consumo de energía eléctrica		HH consumo de energía eléctrica	
Año	Crudo procesado	HH EE. Renovable	HH EE No Renovable	HH consumo Energía eléctrica	HH debido a la producción neta	HH consumo de energía eléctrica			
2022	9551346	0.32	0.00	0.32	0.03	0.29	0.29	0.29	0.29
2023	5089541	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.HHConsumo\_EE

4. Finalmente, en la columna AH se indica la huella hídrica total debido al consumo de energía eléctrica del PELR, expresada en unidades de m<sup>3</sup>/año y m<sup>3</sup>/t (2).

HH consumo de energía eléctrica = HH consumo de energía eléctrica suministrada – HH debido a la producción neta

Total renovable		Total no renovable		HH consumo de Energía Eléctrica		HH consumo de energía eléctrica		HH consumo de energía eléctrica	
Año	Crudo procesado	Total renovable	Total no renovable	HH Consumo energía eléctrica	HH debido a la producción neta	HH consumo de energía eléctrica			
2022	9551346	3017504	0	3017504	279978	2737526	2737526	2737526	2737526
2023	5089541	0	0	0	0	0	0	0	0

Total renovable		Total no renovable		HH consumo de Energía Eléctrica		HH consumo de energía eléctrica		HH consumo de energía eléctrica	
Año	Crudo procesado	HH EE. Renovable	HH EE No Renovable	HH consumo Energía eléctrica	HH debido a la producción neta	HH consumo de energía eléctrica			
2022	9551346	0.32	0.00	0.32	0.03	0.29	0.29	0.29	0.29
2023	5089541	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.HHConsumo\_EE



Referenciar los valores de la columna T a la hoja de cálculo “4. HHConsumo\_ET”, en la columna C (4).

Año	Fecha	Consumo Energía Térmica	Consumo Energía térmica CPQ	Consumo energía térmica final
		MWh/año	MWh/año	MWh/año
2022	01/01/2022	473755	33390	440365
2022	01/02/2022	441144	24804	416340
2022	01/03/2022	506788	20801	485986
2022	01/04/2022	432359	4996	427363
2022	01/05/2022	438112	10438	427683
2022	01/06/2022	372854	22413	350441
2022	01/07/2022	351973	34922	317051
2022	01/08/2022	303334	7618	295716
2022	01/09/2022	347353	11666	335687
2022	01/10/2022	420307	10344	409963
2022	01/11/2022	377508	6512	370996
2022	01/12/2022	381758	11251	370508
2023	01/01/2023	435054	11922	423132
2023	01/02/2023	469443	11784	457659
2023	01/03/2023	372920	30019	342901
2023	01/04/2023	515557	26857	488701
2023	01/05/2023	479448	8557	470891
2023	01/06/2023	0	13022	-13022
2023	01/07/2023	0	30611	-30611
2023	01/08/2023	0	5465	-5465
2023	01/09/2023	0	0	0
2023	01/10/2023	0	0	0
2023	01/11/2023	0	0	0
2023	01/12/2023	0	0	0

3. Con el fin de obtener el consumo de gas natural que corresponde a la producción principal del PELR. Será necesario conocer el consumo de gas natural utilizado para la producción de vapor de venta a CEPESA química, como se lo indicará a continuación.

Actualizar los valores de los tags de planta de las celdas D3 y Z3 (2, 3) de la hoja “Vapor perdido CQP”.

Hoja 3: Vapor perdido CQP					Hoja 4: HHConsumo_ET				
Año	MES	FECHA	Valor Oficial Reco t/d	FECHA	Valor Oficial Reco t/d	FECHA	Valor Oficial Reco t/d	Valor Oficial Reco t/d	Valor Oficial Reco t/d
2022	1	01/01/22 00:00:00	85.793	2022	1	01/01/22 00:00:00	0	111.592	
2022	1	02/01/22 00:00:00	85.535	2022	1	02/01/22 00:00:00	0	116.757	
2022	1	03/01/22 00:00:00	85.12	2022	1	03/01/22 00:00:00	0	116.216	
2022	1	04/01/22 00:00:00	85.986	2022	1	04/01/22 00:00:00	0	113.455	
2022	1	05/01/22 00:00:00	85.301	2022	1	05/01/22 00:00:00	0	115.999	
2022	1	06/01/22 00:00:00	85.702	2022	1	06/01/22 00:00:00	0	117.549	
2022	1	07/01/22 00:00:00	85.844	2022	1	07/01/22 00:00:00	0	116.67	
2022	1	08/01/22 00:00:00	86.321	2022	1	08/01/22 00:00:00	0	117.522	
2022	1	09/01/22 00:00:00	86.689	2022	1	09/01/22 00:00:00	0	118.717	
2022	1	10/01/22 00:00:00	87.415	2022	1	10/01/22 00:00:00	0	121.668	
2022	1	11/01/22 00:00:00	87.146	2022	1	11/01/22 00:00:00	0	121.67	
2022	1	12/01/22 00:00:00	86.526	2022	1	12/01/22 00:00:00	0	123.089	
2022	1	13/01/22 00:00:00	86.109	2022	1	13/01/22 00:00:00	0	124.527	
2022	1	14/01/22 00:00:00	85.005	2022	1	14/01/22 00:00:00	0	125.058	
2022	1	15/01/22 00:00:00	84.808	2022	1	15/01/22 00:00:00	0	124.713	
2022	1	16/01/22 00:00:00	87.756	2022	1	16/01/22 00:00:00	0	121.137	
2022	1	17/01/22 00:00:00	87.923	2022	1	17/01/22 00:00:00	0	122.995	
2022	1	18/01/22 00:00:00	87.399	2022	1	18/01/22 00:00:00	0	123.751	
2022	1	19/01/22 00:00:00	88.549	2022	1	19/01/22 00:00:00	0	124.301	
2022	1	20/01/22 00:00:00	86.872	2022	1	20/01/22 00:00:00	0	122.858	
2022	1	21/01/22 00:00:00	85.882	2022	1	21/01/22 00:00:00	0	122.059	
2022	1	22/01/22 00:00:00	86.601	2022	1	22/01/22 00:00:00	0	124.353	

Los valores de la columna AR de la hoja "Vapor perdido CQP" referenciarlos a la hoja "4. HHConsumo\_ET" (5) en la columna D (6). En la columna E está representado el consumo de energía térmica final del PELR.

Hoja 3: Vapor perdido CQP					Hoja 4: HHConsumo_ET				
Año	MES	FECHA	Valor Oficial Reco t/d	FECHA	Valor Oficial Reco t/d	FECHA	Valor Oficial Reco t/d	Valor Oficial Reco t/d	Valor Oficial Reco t/d
2022	1	01/01/22 00:00:00	85.793	2022	1	01/01/22 00:00:00	0	111.592	
2022	1	02/01/22 00:00:00	85.535	2022	1	02/01/22 00:00:00	0	116.757	
2022	1	03/01/22 00:00:00	85.12	2022	1	03/01/22 00:00:00	0	116.216	
2022	1	04/01/22 00:00:00	85.986	2022	1	04/01/22 00:00:00	0	113.455	
2022	1	05/01/22 00:00:00	85.301	2022	1	05/01/22 00:00:00	0	115.999	
2022	1	06/01/22 00:00:00	85.702	2022	1	06/01/22 00:00:00	0	117.549	
2022	1	07/01/22 00:00:00	85.844	2022	1	07/01/22 00:00:00	0	116.67	
2022	1	08/01/22 00:00:00	86.321	2022	1	08/01/22 00:00:00	0	117.522	
2022	1	09/01/22 00:00:00	86.689	2022	1	09/01/22 00:00:00	0	118.717	
2022	1	10/01/22 00:00:00	87.415	2022	1	10/01/22 00:00:00	0	121.668	
2022	1	11/01/22 00:00:00	87.146	2022	1	11/01/22 00:00:00	0	121.67	
2022	1	12/01/22 00:00:00	86.526	2022	1	12/01/22 00:00:00	0	123.089	
2022	1	13/01/22 00:00:00	86.109	2022	1	13/01/22 00:00:00	0	124.527	
2022	1	14/01/22 00:00:00	85.005	2022	1	14/01/22 00:00:00	0	125.058	
2022	1	15/01/22 00:00:00	84.808	2022	1	15/01/22 00:00:00	0	124.713	
2022	1	16/01/22 00:00:00	87.756	2022	1	16/01/22 00:00:00	0	121.137	
2022	1	17/01/22 00:00:00	87.923	2022	1	17/01/22 00:00:00	0	122.995	
2022	1	18/01/22 00:00:00	87.399	2022	1	18/01/22 00:00:00	0	123.751	
2022	1	19/01/22 00:00:00	88.549	2022	1	19/01/22 00:00:00	0	124.301	
2022	1	20/01/22 00:00:00	86.872	2022	1	20/01/22 00:00:00	0	122.858	
2022	1	21/01/22 00:00:00	85.882	2022	1	21/01/22 00:00:00	0	122.059	
2022	1	22/01/22 00:00:00	86.601	2022	1	22/01/22 00:00:00	0	124.353	

Consumo de energía térmica final = Consumo de energía térmica – Consumo de energía térmica CQP

4. En la columna J (2) de la hoja “4. HHConsumo\_ET”, y el factor de Huella hídrica de la Celda I4 (3). Se obtendrá el volumen de agua debido a la producción de energía térmica expresada en unidades de m<sup>3</sup>/año y m<sup>3</sup>/t (4).

## HUELLA HÍDRICA TOTAL

La huella hídrica total corresponde a la sumatoria de la huella hídrica directa (huella hídrica azul más huella hídrica gris) y huella hídrica indirecta (huella hídrica del consumo de energía eléctrica y huella hídrica del consumo de energía térmica).

Los valores de los cálculos anteriormente realizados serán referenciados a la hoja “4. HH TOTAL”.

En la columna D (2) se indica la huella hídrica directa que consta de la sumatoria de la huella hídrica azul y huella hídrica gris.

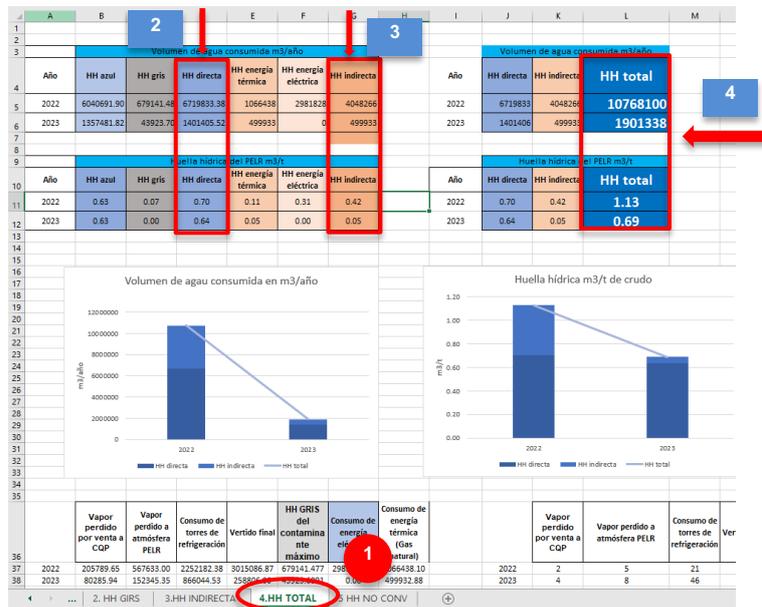
$$HH_{dir} = HH_{azul} + HH_{verde} + HH_{gris} \left( \frac{m^3}{t} \right) o \left( \frac{m^3}{año} \right)$$

En la columna G (3) se indica la huella hídrica indirecta generadas por el consumo de energía eléctrica y energía térmica.

$$HH_{indir} = \sum_P (C[p] \times HH_{prod}[p]) \left( \frac{m^3}{t} \right) o \left( \frac{m^3}{año} \right)$$

Finalmente en la columna L se obtiene la **Huella hídrica total del PELR (4)**, expresado en unidades de volumen de agua m<sup>3</sup>/año y en m<sup>3</sup>/t de crudo procesado.

$$HH_{total} = HH_{dir} + HH_{indir} \left( \frac{m^3}{t} \right) o \left( \frac{m^3}{año} \right)$$



## HH NO CONVENCIONAL

Como datos de entrada será necesario obtener el crudo procesado mensual del año a evaluar, obtener los balances de los consumos de agua de rechazo de ósmosis inversa, agua regenerada de la PTEL y el condensado recuperado.

Los volúmenes de agua dulce reutilizadas para el cálculo de la huella hídrica no convencional serán referenciados en el documento “Cálculo Huella Hídrica 2022-2023” en la hoja de cálculo: “5. HH NO CONV”. Se referenciará automáticamente la producción de crudo mensual correspondiente al año a evaluar (unidades: t/mes).

1. En la hoja “Gestión del agua”, refrescar los valores de la planta general de las celdas C10 y J10 (2).

AGUA REGENERADA EN LA PTEL		RECHAZO ÓSMOSIS	
FECHA		FECHA	
año	Mes	Valor m3/h	Valor m3/h
2022	1	47.7	111.0
2022	1	28.7	109.8
2022	1	44.9	112.8
2022	1	16.4	129.7
2022	1	54.5	167.1
2022	1	44.5	164.2
2022	1	34.9	164.4
2022	1	31.7	163.4
2022	1	43.5	160.7
2022	1	18.8	147.1
2022	1	17.3	129.6
2022	1	34.2	127.5
2022	1	35.2	125.3
2022	1	15.3	126.6
2022	1	18.1	126.3
2022	1	17.8	127.3
2022	1	15.5	127.4
2022	1	19.2	128.2
2022	1	26.0	127.6
2022	1	21.5	102.5
2022	1	24.1	128.4
2022	1	25.9	129.8
2022	1	19.9	127.8
2022	1	31.8	129.0

Los valores de la columna Z y AA (3) de la hoja "Gestión del agua" que corresponden al agua regenerada de la PTEL y Agua de rechazo de ósmosis inversa serán referenciados a la hoja "5. HH NO CONV" en las columnas D y E (5) respectivamente.

AG16

	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16	01/01/22 00:00:00	484	11627			01/01/2022	18914	153826	283025				
17	02/01/22 00:00:00	427	10245			01/02/2022	10573	137254	260754				
18	03/01/22 00:00:00	386	9266			01/03/2022	14891	140083	297013				
19	04/01/22 00:00:00	379	9095			01/04/2022	25704	139356	257638				
20	05/01/22 00:00:00	353	8484			01/05/2022	34887	138461	260157				
21	06/01/22 00:00:00	402	9637			01/06/2022	13453	138722	296222				
22	07/01/22 00:00:00	412	9893			01/07/2022	20402	150393	312077				
23	08/01/22 00:00:00	341	8184			01/08/2022	15681	154454	331827				
24	09/01/22 00:00:00	428	10281			01/09/2022	22989	143716	295914				
25	10/01/22 00:00:00	389	9333			01/10/2022	33378	147725	275362				
26	11/01/22 00:00:00	355	8521			01/11/2022	20168	146626	304575				
27	12/01/22 00:00:00	374	8974			01/12/2022	33378	139605	312614				
28	13/01/22 00:00:00	412	9888			01/01/2023	38752	147168	260740				
29	14/01/22 00:00:00	359	8625			01/02/2023	47191	140198	228503				
30	15/01/22 00:00:00	383	9182			01/03/2023	34473	150317	238866				
31	16/01/22 00:00:00	372	8932			01/04/2023	37127	156517	258175				
32	17/01/22 00:00:00	409	9806			01/05/2023	19107	148629	263019				
33	18/01/22 00:00:00	348	8357			01/06/2023	7078	144356	283999				
34	19/01/22 00:00:00	410	9846			01/07/2023	11111	137011	273424				
35	20/01/22 00:00:00	327	7837			01/08/2023	5579	92818	191912				
36	21/01/22 00:00:00	321	7701			01/09/2023	0	0	0				
37	22/01/22 00:00:00	367	8800			01/10/2023	0	0	0				
38	23/01/22 00:00:00	347	8321			01/11/2023	0	0	0				
39	24/01/22 00:00:00	355	8530			01/12/2023	0	0	0				

1. Gestión del agua

3. Agua regenerada de PTEL, Agua de rechazo de ósmosis

5. HH NO CONV

Año	Crudo procesado	Agua regenerada de PTEL	Agua de rechazo de ósmosis	Recuperación de Condensado	HH no convencional	Crudo procesado	Agua regenerada de PTEL	Agua de rechazo de ósmosis	Recuperación de Condensado	HH no convencional
	t/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	m3/mes	t/año	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
2022	1	746908	18914.5	153825.7	179831.7	01/01/2022	9551346	264930	1724822	1962092
2022	2	730599	10573.5	137196.0	161521.0	01/01/2023	5089541	200417	0	1258926
2022	3	829545	14891.5	139918.0	153395.4					
2022	4	826591	25704.4	139237.2	145474.3					
2022	5	831607	34887.0	138308.0	174477.0					
2022	6	804068	13452.7	138643.9	172788.2					
2022	7	826465	20402.5	149902.0	184908.9					
2022	8	818305	15681.0	154210.0	169559.3					
2022	9	788906	22989.2	143535.0	174682.4					
2022	10	678801	33887.1	147514.0	134485.1					
2022	11	830197	20168.5	146386.0	160432.1					
2022	12	839354	33377.9	136146.0	168537.0					
2023	1	799889	38752.0	0.0	172962.4					
2023	2	738073	47190.8	0.0	157995.5					
2023	3	401610	34472.8	0.0	143511.1					
2023	4	799938	37127.0	0.0	174969.7					
2023	5	757312	19106.5	0.0	165072.1					
2023	6	797891	7078.0	0.0	161507.3					
2023	7	794828	11111.0	0.0	173540.3					
2023	8	0	5579.1	0.0	109768.0					
2023	9	0	0.0	0.0	0.0					
2023	10	0	0.0	0.0	0.0					
2023	11	0	0.0	0.0	0.0					
2023	12	0	0.0	0.0	0.0					

4. Volumen de HH no convencional m3/año

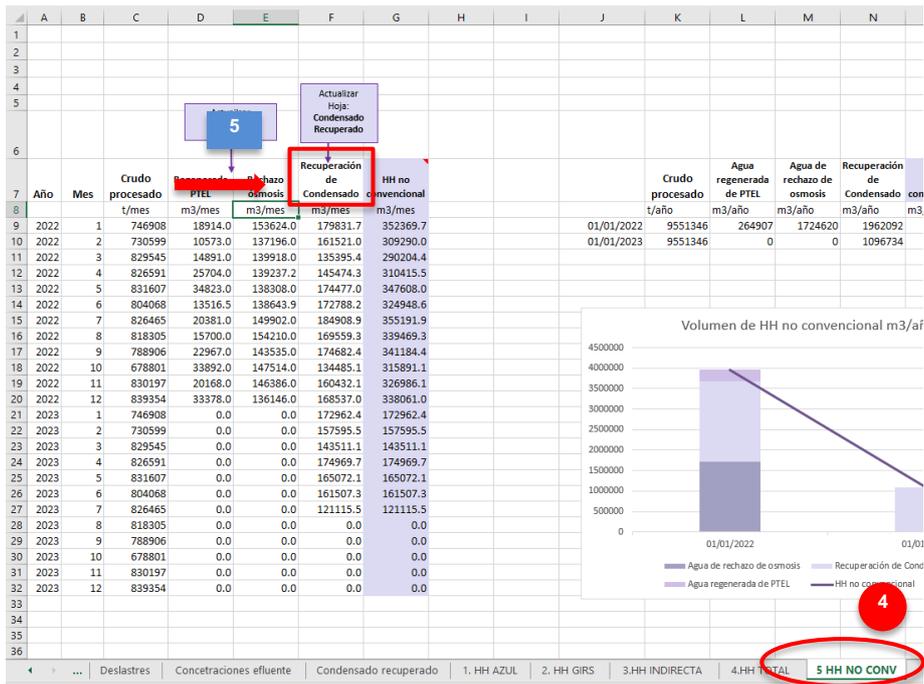
5. HH NO CONV

2. En la hoja “Condensado recuperado”, refrescar los valores de la planta general de la celda D3 (2).

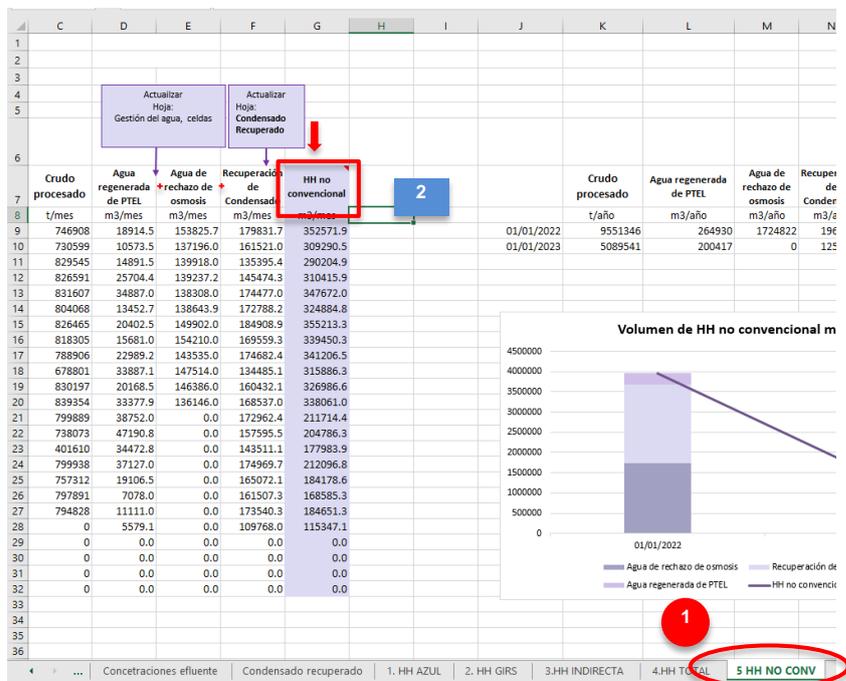
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Corrientes RCU de vapor perdido a ATM				3RCU:BR131	3RCU:BW3000	3RCU:WF10	3RCU:WF20	3RCU:WF2070	3RCU:WF30	3RCU:WF40	3RCU:WF4000
2		2			V.250# 3RCU:BR131/ATOM.CH1	V.250# ATOMIZ.CH2/3	V.250# A ATOMIZ.PLAT	V.250# A ATOMIZ.UNIFH	V.250# A ATOMIZ.UNIFK	V.250# A ATOM.CALDERAS RB2	V.250# A CALENTAMIENTO R2	V.250# A ATOMIZ.H3-H1
3	FECHA I	01/01/2022										
4	FECHA C	31/07/2023										
5					3RCU:BR131- VALC	3RCU:BW3000- VA	3RCU:WF10- VALO	3RCU:WF20- VALO	3RCU:WF2070- VA	3RCU:WF30- VALO	3RCU:WF40- VALO	3RCU:WF4000- VA
6					CONDENSADO PRIBFW A FCC	BFW A COB1	BFW A ATEMPERA	BFW TOTAL A GEN	BFW A ATEMPERA	BFW A LUBES Y LUI	BFW A ATEMPERA	BFW A ATEMPERA
7					Valor Oficial Reconciliado t/d							
8	Año	MES	FECHA									
9	2022	1	01/01/22 00:00:00		31.158063	647.191104	3655.8887	135.81395	532.651054	194.02256	890.47374	566.955073
10	2022	1	02/01/22 00:00:00		26.807712	629.255941	3619.32501	128.06107	467.403515	211.30268	940.563711	650.22369
11	2022	1	03/01/22 00:00:00		32.313026	695.263724	3518.57421	111.8153	637.06947	148.21045	879.40716	689.645442
12	2022	1	04/01/22 00:00:00		24.465764	681.07457	3606.41182	120.27281	1095.475381	173.94686	353.84579	664.011645
13	2022	1	05/01/22 00:00:00		18.21868	668.079237	3386.15517	102.49029	617.726903	67.9184	831.97549	609.371996
14	2022	1	06/01/22 00:00:00		14.177379	634.741852	3493.33972	116.94934	855.71073	116.123458	553.31166	623.113638
15	2022	1	07/01/22 00:00:00		13.56462	669.94996	3473.47044	114.27733	639.142622	115.134219	827.05845	566.893036
16	2022	1	08/01/22 00:00:00		16.139409	639.619233	3545.1259	124.34371	610.294592	127.815991	830.361141	583.764904
17	2022	1	09/01/22 00:00:00		18.628357	638.034102	3611.25849	133.99331	651.734648	131.49289	776.00481	548.941045
18	2022	1	10/01/22 00:00:00		26.628357	680.030493	3594.2217	126.81964	611.048293	173.560733	850.503832	617.583968
19	2022	1	11/01/22 00:00:00		30.548076	649.188894	3508.3474	123.53323	594.847001	125.329852	819.280742	646.918763
20	2022	1	12/01/22 00:00:00		15.396018	650.363117	3590.75488	129.76249	632.972079	120.100434	836.12123	621.159434
21	2022	1	13/01/22 00:00:00		17.589378	674.015528	3562.65771	123.76044	618.712173	156.8462	809.582782	619.496128
22	2022	1	14/01/22 00:00:00		15.58911	686.055927	3429.72647	107.59945	670.165774	118.749711	765.50444	620.134844
23	2022	1	15/01/22 00:00:00		16.696204	697.068483	3163.17416	69.21369	721.552192	65.101753	727.592124	609.803061
24	2022	1	16/01/22 00:00:00		17.433531	691.088542	3431.8047	102.03299	573.638398	74.522386	852.681276	608.971351
25	2022	1	17/01/22 00:00:00		15.717186	698.641942	3392.11528	104.0064	533.765033	52.05525	908.763452	602.942022
26	2022	1	18/01/22 00:00:00		15.017615	655.395263	3467.11118	114.47999	491.331406	34.062855	924.523116	571.613054
27	2022	1	19/01/22 00:00:00		15.507266	642.760793	3552.77154	118.3206	509.123101	28.002611	869.319537	524.057501
28	2022	1	20/01/22 00:00:00		18.478946	700.792144	3459.96287	105.25594	503.264859	26.159498	931.310764	515.010093
29	2022	1	21/01/22 00:00:00		17.911504	723.353602	3376.12403	107.06605	569.859599	16.06966	896.926709	484.976279
30	2022	1	22/01/22 00:00:00		14.425346	691.818639	3541.15091	115.84266	526.206187	43.337217	968.937185	430.115512

Los valores de la columna ED (3) de la hoja “Condensado recuperado” serán referenciados a la hoja “5. HH NO CONV” en la columna F (5).

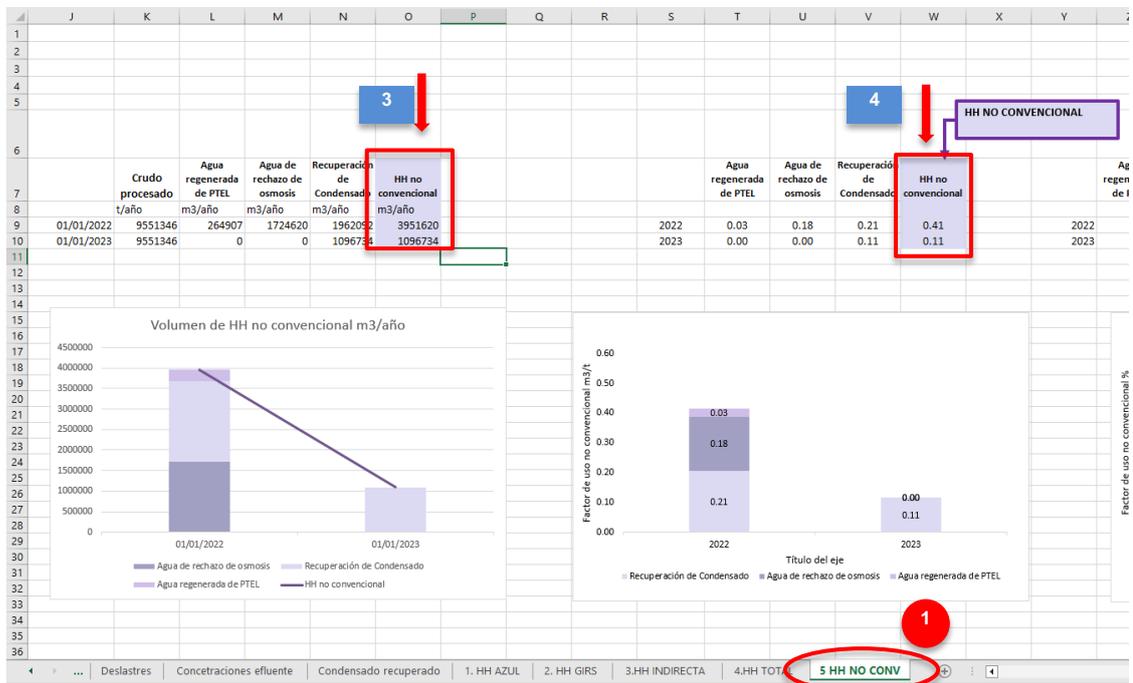
	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG
1								
2								
3								
4								
5	Consumido							
6								
7								
8	t/d	t/d			t/mes			
9	640.720473	5136			01/01/2022			179832
10	714.095564	5730			01/02/2022			161521
11	523.153841	6538			01/03/2022			135395
12	512.36705	6485			01/04/2022			145474
13	648.622535	5488			01/05/2022			174477
14	568.162116	5428			01/06/2022			172788
15	539.147005	5816			01/07/2022			184909
16	571.368942	5488			01/08/2022			169559
17	536.650327	5543			01/09/2022			174682
18	581.123131	5502			01/10/2022			134485
19	618.767769	5977			01/11/2022			160432
20	719.777926	5924			01/12/2022			168537
21	675.686849	6294			01/01/2023			172962
22	795.335009	5778			01/02/2023			157596
23	660.762073	5544			01/03/2023			143511
24	653.823025	5734			01/04/2023			174870
25	593.544348	6534			01/05/2023			165072
26	786.639158	5671			01/06/2023			161507
27	690.401527	5349			01/07/2023			
28	742.941277	5343			01/08/2023			
29	722.799593	5703			01/09/2023			
30	739.561337	6176			01/10/2023			



3. Finalizados estos procedimientos en la hoja “5. HH NO CONV”, se obtiene la Huella hídrica no convencional en la columna G, expresada en m<sup>3</sup>/mes (2).



4. En la columna O se visualizará la Huella hídrica no convencional expresada en m<sup>3</sup>/año (4), y en la columna W expresada en m<sup>3</sup>/ t de crudo (5).



5. Finalmente, en la columna M (2) se visualiza el porcentaje de reutilización de la HH total actual.

