

2020

# ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE COSTOS DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL URUGUAYO



Datos del año 2020

DIRECCIÓN NACIONAL DE ENERGÍA  
PLANIFICACIÓN, ESTADÍSTICA Y BALANCE

[info.estadistica@miem.gub.uy](mailto:info.estadistica@miem.gub.uy)



## Contenido

1.	Lineamientos generales del análisis.....	2
1.1.	Objetivos .....	2
1.2.	Limitaciones .....	2
2.	Origen de los datos utilizados .....	3
3.	Nomenclaturas.....	4
3.1.	Fuentes.....	4
3.2.	Usos.....	4
4.	Procesamiento y resultados.....	6
4.1.	Estimación de los consumos por uso .....	6
4.2.	Precios equivalentes de la energía neta .....	8
4.2.1.	Hipótesis asumidas.....	8
4.2.2.	Resultados .....	10
4.3.	Estimación de gastos en energía.....	10
4.3.1.	Todos los usos .....	11
4.3.2.	Calor Directo.....	12
4.3.3.	Fuerza Motriz .....	13
4.3.4.	Generación de Vapor .....	14
4.3.5.	Otros Equipos de Calor.....	15
4.3.6.	Transporte Interno .....	16
4.4.	Estimación de demanda de energía útil.....	17
4.5.	Costos por unidad de energía útil .....	19
4.5.1.	Todos los usos .....	19
4.5.2.	Calor Directo.....	20
4.5.3.	Fuerza Motriz .....	21
4.5.4.	Generación de Vapor .....	22
4.5.5.	Otros Equipos de Calor.....	22
4.5.6.	Transporte Interno .....	23
4.6.	Potenciales de ahorro .....	24
4.6.1.	Todos los usos .....	24
4.6.2.	Calor Directo.....	26
4.6.3.	Fuerza Motriz .....	27
4.6.4.	Generación de Vapor .....	28
4.6.5.	Otros Equipos de Calor.....	29
4.6.6.	Transporte Interno .....	31



## 1. Lineamientos generales del análisis

Este informe fue elaborado por el área Planificación, Estadística y Balance de la Dirección Nacional de Energía, y presenta un análisis sobre costos comparativos de la energía en el sector industrial con base en el año 2020. A continuación se presentan los objetivos concretos del análisis, así como también algunas limitaciones que vale la pena mencionar para una correcta interpretación de los resultados.

### 1.1. Objetivos

Con el objetivo de analizar la estructura de costos en energía del sector industrial y sus posibilidades de mejora se realizaron procesamientos de datos buscando alcanzar tres objetivos fundamentales:

- 1) Estimar los costos en energía para cada combinación fuente-uso con el objetivo de poder visualizar cuáles de ellas representan mayores costos para el sector en términos monetarios.
- 2) Dados los rendimientos de dichas combinaciones fuente-uso, lograr estimar su correspondiente costo por unidad de energía útil.
- 3) Para cada uno de los usos y asumiendo como constantes las demandas de energía útil, estimar los potenciales de ahorro asociados a procesos de sustitución de fuentes.

### 1.2. Limitaciones

Además de las limitaciones asociadas a cualquier estudio estadístico, vale tener presente algunas particulares de este análisis:

- Cuando se plantean estimaciones de ahorro por concepto de sustitución de fuentes, únicamente se están considerando los costos operativos vinculados a los consumos de energía. Sin embargo, los procesos de sustitución de fuentes generalmente implican además inversiones en cambios de equipamiento que también deben ser tenidos en cuenta para un análisis completo, así como también lo que tiene que ver con la vida útil de los equipos y los costos de mantenimiento asociados. Esos aspectos escapan al alcance de este análisis.
- En este análisis para cada categoría de uso se asume que la posibilidad de sustitución existe siempre y para cualquier fuente. Sin embargo, esa hipótesis no siempre se cumple, ya sea por motivos de limitación al acceso a las fuentes (por ejemplo, en el caso de industrias ubicadas en zonas en las cuales no hay red de cañerías para la distribución del gas natural) o bien por motivos técnicos de los requerimientos de cada proceso que imposibilitan la utilización de alguna fuente en particular (por ejemplo, en procesos que requieren temperaturas demasiado altas como para poder ser alcanzadas a partir de algunas fuentes).
- En el caso de la electricidad se asume que se compra del Sistema Interconectado Nacional. Esa hipótesis no aplica a los casos de auto-generación.
- En general se toman precios que no necesariamente aplican a aquellos establecimientos industriales ubicados en zonas francas.



## 2. Origen de los datos utilizados

Para lograr esos objetivos se realizaron procesamientos combinando fundamentalmente datos de consumos netos de la *Encuesta de Consumo de Energía 2020* con datos de precios de los energéticos para el año 2020 y datos de rendimientos y distribución porcentual en usos de los consumos por fuente del último *Balance Nacional de Energía Útil* disponible para el sector (consumos correspondientes al año 2016).

Los datos de consumos totales por fuente que se consideraron fueron tomados directamente de la *Encuesta de Consumo de Energía 2020*, al tiempo que su distribución interna en usos se estimó asumiendo la misma estructura porcentual del *Balance Nacional de Energía Útil 2016* de la totalidad del sector, bajo la hipótesis de que dicha distribución no suele tener grandes variaciones en períodos de tiempo como el considerado.

Los datos de rendimientos de cada combinación fuente-uso también fueron tomados del *Balance Nacional de Energía Útil 2016 del sector industrial*.

Los datos de precios fueron tomados en algunos casos (como el de la leña) de la propia *Encuesta de Consumo de Energía*, y en otros casos de las series estadísticas que mensualmente elabora el área Planificación, Estadística y Balance de la Dirección Nacional de Energía. A su vez, para poder utilizar dichas series estadísticas se asumieron ciertas hipótesis, como seleccionar subtipos específicos dentro de cada una de las fuentes en aquellos casos en los que se tienen precios distintos de cada subtipo (por ejemplo en la gasolina, el gasoil o el fuel oil), o asumir consumidores tipo en aquellos casos en los que se tienen varias tarifas con franjas de precios diferenciados según niveles de consumo (por ejemplo en el gas natural y la electricidad), así como también asumir empresas distribuidoras en aquellos casos en los que los precios varían de distribuidora a distribuidora (por ejemplo en el gas natural).

También se utilizaron datos de poderes caloríficos para poder convertir a unidades energéticas algunos precios que en los datos originales figuran en unidades físicas. Esos valores fueron tomados del *Balance Energético Nacional 2020*.

A continuación se indican las direcciones web donde se encuentran las publicaciones asociadas a las fuentes de información mencionadas:

- **Encuesta de Consumo de Energía en la Industria 2020:**  
<https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/datos-y-estadisticas/estadisticas/encuesta-consumos-energia-industria-2020>
- **Balance Nacional de Energía Útil del sector industrial (datos 2016):**  
<https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/datos-y-estadisticas/estadisticas/balance-nacional-energia-util-del-sector-industrial-datos-2016>
- **Series estadísticas de energía**  
<https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/series-estadisticas-energia>
- **Balance Energético Nacional 2020:**  
<https://ben.miem.gub.uy/balance.php>



### 3. Nomenclaturas

Dado que el análisis que se presenta tiene que ver con desagregaciones de consumos energéticos por fuente y uso, en esta sección se aclara el significado de las abreviaturas utilizadas para fuentes, así como también el significado de las categorías de usos utilizadas.

#### 3.1. Fuentes

A continuación se aclaran las abreviaturas utilizadas para fuentes (energéticos):

- **GN:** Gas natural
- **LE:** Leña
- **RB:** Residuos de biomasa
- **SO:** Solar
- **GLP:** Gas licuado de petróleo
- **GA:** Gasolina
- **GO:** Gasoil
- **FO:** Fuel oil
- **CP:** Coque de petróleo
- **CC:** Coque de carbón
- **EE:** Electricidad

#### 3.2. Usos

A continuación se aclara el significado de las categorías de usos utilizadas:

- **Iluminación:** luz artificial que permite prolongar el horario de las actividades humanas durante la noche y servir de complemento a la luz natural durante el día, cuando ésta no es suficiente, por cuestiones climáticas o constructivas de los edificios.
- **Generación de Vapor:** equipos destinados a producir vapor mediante calentamiento de agua con una fuente de calor a través de un intercambiador de calor. El vapor es destinado exclusivamente a transferir calor a procesos de producción.
- **Cogeneración de Vapor:** en este caso el vapor de proceso es generado simultáneamente a otro tipo de energía de utilidad en procesos industriales, que puede ser electricidad o fuerza motriz. Eso es posible, por ejemplo, con turbinas de vapor abastecidas desde calderas de vapor sobrecalentado, generando simultáneamente fuerza motriz en su eje (que a su vez puede utilizarse para la generación de electricidad) y vapor de proceso; esto es: cogeneración. A efectos de este estudio en el sector industrial, la fracción de consumo neto asociado a la generación de electricidad no se contabiliza como consumo industrial sino como consumo para Centro de Transformación; solo se contabiliza en el sector industrial la fracción del consumo neto destinado a la generación de vapor de proceso.
- **Calor Directo:** equipos de distintas formas geométricas, revestidos generalmente de material refractario destinado a calentar materiales, a alta o media temperatura, para

provocar transformaciones físicas o químicas, o incluso el simple calentamiento sin transformación.

- **Otros Equipos de Calor:** calderas y calefones destinados a producir fluidos calientes (por ejemplo agua o aceite térmico) utilizando una fuente de calor. Estos fluidos calientes aportan calor a procesos productivos.
- **Fuerza Motriz:** equipos que transforman la energía eléctrica o térmica en energía mecánica. Normalmente motores eléctricos de inducción, motores de combustión interna o turbinas de vapor o de gas incorporados en equipos tales como molinos, envasadoras, correas transportadoras, bombas, compresores de aire o motores de uso general.
- **Frío de Proceso:** equipos que utilizan energía para la producción de frío, el cual es destinado básicamente a prolongar el período durante el cual los productos agro-industriales se mantienen sin sufrir descomposición. Normalmente incluyen compresores de refrigeración.
- **Transporte Interno:** se refiere al movimiento de personas o cargas por medio de diferentes tipos de vehículos en el interior del establecimiento. Típicamente se trata de autoelevadores, montacargas, tractores, carros, elevadores, etc.
- **Procesos Electroquímicos:** utilización de energía eléctrica para actividades de la química industrial, excluidas las aplicaciones térmicas. Ejemplos de esto son la electrólisis, el anodizado, el galvanizado, etc.
- **Usos No Productivos:** empleo de la energía en equipos que no participan en el proceso productivo, destinados a usos tales como la cocción de alimentos, el calentamiento de agua sanitaria y la calefacción de ambientes. Se excluyen de esta categoría la iluminación y los calentadores solares, aun cuando se utilicen para usos no vinculados a los procesos productivos. En esta categoría se incluye típicamente estufas, termotanques, calefones, equipos de aire acondicionado, heladeras, cocinas, cafeteras, computadoras, etc.

## 4. Procesamiento y resultados

Para alcanzar los objetivos planteados primeramente se estimó la desagregación por uso de los consumos de cada fuente. Paralelamente se calcularon precios equivalentes de los distintos energéticos expresados en unidades comunes. Luego, en base a las estimaciones anteriores, se estimaron los costos monetarios por concepto de consumos energéticos para cada combinación fuente-uso. Por otro lado, dados los rendimientos de utilización de cada combinación fuente-uso se estimó la demanda de energía útil de cada combinación fuente-uso. Posteriormente, en base a lo anterior, se estimaron los costos por unidad de energía útil para cada combinación fuente-uso, analizando comparativamente la conveniencia de las distintas fuentes disponibles dentro de cada uso. Finalmente, en base a la demanda y el costo unitario de energía útil, se estimaron los potenciales de ahorro bajo hipótesis de sustitución de fuentes dentro de cada uno de los usos.

En todos los casos se realizaron paralelamente los análisis sobre dos objetos de estudio: el sector industrial en su conjunto, y el sector industrial sin plantas de celulosa. Esto se hizo debido a la gran incidencia que esos establecimientos tienen sobre los números globales del sector, muchas veces generando sesgos que distorsionan el análisis.

En este apartado se describe resumidamente el procesamiento realizado, y se presentan y analizan los principales resultados.

### 4.1. Estimación de los consumos por uso

A partir de considerar los consumos por fuente del sector en el año 2020 y la estructura porcentual por usos del consumo por fuente en 2016 (últimos datos disponibles) se estimaron las siguientes distribuciones para 2020, con y sin plantas de celulosa respectivamente:

Tabla 1: Consumo por fuente y uso – Con plantas de celulosa – 2020 (ktep)

Uso/Fuente	GN	LE	RB	SO	GLP	GA	GO	FO	CP	CC	EE	Total
Calor Directo	11,1	27,9	11,3		7,6		4,4	85,2	64,3	0,1	12,3	224,3
Cogeneración de Vapor		3,9	1.234,4				0,0	9,2				1.247,5
Procesos Electroquímicos											4,5	4,5
Frío de Proceso											31,0	31,0
Fuerza Motriz						0,0	0,0				224,1	224,1
Generación de Vapor	1,6	109,0	39,1		1,2		0,1	29,0			0,4	180,4
Iluminación											12,5	12,5
Otros Equipos de Calor	3,5	10,4	29,6	0,1	0,2		0,8	7,0			0,5	52,0
Transporte Interno					0,7	0,7	8,6				3,2	13,3
Usos No Productivos	0,1	0,0	11,2	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0			13,5	25,2
<b>Total</b>	<b>16,3</b>	<b>151,3</b>	<b>1.325,4</b>	<b>0,1</b>	<b>10,0</b>	<b>0,8</b>	<b>14,1</b>	<b>130,4</b>	<b>64,3</b>	<b>0,1</b>	<b>302,1</b>	<b>2.014,8</b>

Tabla 2: Consumo por fuente y uso – Sin plantas de celulosa – 2020 (ktep)

Uso/Fuente	GN	LE	RB	SO	GLP	GA	GO	FO	CP	CC	EE	Total
Calor Directo	11,1	27,4	11,0		7,6		4,4	8,2	64,3	0,1	11,3	145,4
Cogeneración de Vapor		0,4	142,3				0,0					142,8



Uso/Fuente	GN	LE	RB	SO	GLP	GA	GO	FO	CP	CC	EE	Total
Procesos Electroquímicos											4,2	4,2
Frío de Proceso											28,4	28,4
Fuerza Motriz						0,0	0,0				102,6	102,7
Generación de Vapor	1,6	106,9	34,5		1,2		0,1	19,2			0,4	163,9
Iluminación											7,0	7,0
Otros Equipos de Calor	3,5	10,2	32,9	0,1	0,2		0,8	4,9			0,4	53,0
Transporte Interno					0,7	0,7	7,4				2,5	11,3
Usos No Productivos	0,1	0,0	12,4	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0			8,6	21,5
<b>Total</b>	<b>16,3</b>	<b>145,0</b>	<b>233,1</b>	<b>0,1</b>	<b>9,9</b>	<b>0,8</b>	<b>12,9</b>	<b>32,3</b>	<b>64,3</b>	<b>0,1</b>	<b>165,5</b>	<b>680,3</b>

Tal como puede apreciarse en los cuadros anteriores, el mayor consumo del sector se da en el uso de Residuos de Biomasa para Cogeneración de Vapor, y en menor medida también vale mencionar al consumo de Leña para Generación de Vapor y Electricidad para Fuerza Motriz.

Por otro lado, teniendo en cuenta los objetivos planteados, se consideró apropiado quitar del análisis algunas fuentes y algunos usos. A continuación se mencionan esos casos, fundamentando las razones de la decisión.

- Residuos de Biomasa: la disponibilidad y el precio de esta fuente es sumamente variable, y en general depende más de los procesos productivos de cada industria que de precios.
- Solar Térmica: si bien esta alternativa en ocasiones permite generar ahorros, tiene la particularidad de que muchas veces no ofrece los valores de temperatura que requieren los procesos industriales, ni tampoco la seguridad de suministro.
- Coque de Petróleo: esta fuente se utiliza fundamentalmente en cementeras, y es de difícil sustitución debido a que tienen altos requerimientos de temperaturas que en general solamente se logran con fuentes no disponibles en las zonas en donde se ubican.
- Coque de Carbón: al igual que en el caso anterior, esta es una fuente asociada a procesos particulares, en cuyos casos los análisis de sustitución no suelen aplicar.
- Usos No Productivos: este “uso” no constituye realmente un uso propiamente dicho, sino que engloba múltiples requerimientos no productivos en los cuales usualmente los análisis de sustitución de fuentes no aplican.

Quitando esas fuentes y usos del análisis nos queda la siguiente distribución de consumos, con y sin plantas de celulosa:

Tabla 3: Consumo de energía neta por fuente y uso – Con plantas de celulosa – 2020 (ktep)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	11,1	27,9	7,6		4,4	85,2	12,3	148,6
Cogeneración de Vapor		3,9			0,0	9,2		13,1



Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Procesos Electroquímicos							4,5	4,5
Frío de Proceso							31,0	31,0
Fuerza Motriz				0,0	0,0		224,1	224,1
Generación de Vapor	1,6	109,0	1,2		0,1	29,0	0,4	141,4
Iluminación							12,5	12,5
Otros Equipos de Calor	3,5	10,4	0,2		0,8	7,0	0,5	22,4
Transporte Interno			0,7	0,7	8,6		3,2	13,3
<b>Total</b>	<b>16,2</b>	<b>151,3</b>	<b>9,7</b>	<b>0,7</b>	<b>14,0</b>	<b>130,4</b>	<b>288,6</b>	<b>610,9</b>

Tabla 4: Consumo de energía neta por fuente y uso – Sin plantas de celulosa – 2020 (ktep)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	11,1	27,4	7,6		4,4	8,2	11,3	70,1
Cogeneración de Vapor		0,4			0,0			0,4
Procesos Electroquímicos							4,2	4,2
Frío de Proceso							28,4	28,4
Fuerza Motriz				0,0	0,0		102,6	102,7
Generación de Vapor	1,6	106,9	1,2		0,1	19,2	0,4	129,5
Iluminación							7,0	7,0
Otros Equipos de Calor	3,5	10,2	0,2		0,8	4,9	0,4	20,0
Transporte Interno			0,7	0,7	7,4		2,5	11,3
<b>Total</b>	<b>16,2</b>	<b>145,0</b>	<b>9,7</b>	<b>0,7</b>	<b>12,8</b>	<b>32,3</b>	<b>156,9</b>	<b>373,6</b>

Habiendo quitado las fuentes y usos para los cuales el análisis no aplica, se aprecia que en caso de considerar a las plantas de celulosa el mayor consumo del sector se da en el uso de Electricidad para Fuerza Motriz, al tiempo que el uso de Leña para Generación de Vapor y el uso de Fuel Oil para Calor Directo presentan también consumos significativos. Por otro lado, sin considerar a las plantas de celulosa los mayores consumos están en el uso de Leña para Generación de Vapor y en el uso de Electricidad para Fuerza Motriz.

Además, es de destacar la gran diferencia de consumos que resultan en el uso de Fuel Oil para Calor Directo entre las situaciones con y sin plantas de celulosa respectivamente.

#### 4.2. Precios equivalentes de la energía neta

Por otro lado, se establecieron precios equivalentes de los distintos energéticos (llevando los valores a una unidad común). En este apartado se presentan las hipótesis asumidas en los cálculos, así como también los resultados obtenidos.

##### 4.2.1. Hipótesis asumidas

Para establecer precios equivalentes (por unidad de energía) para cada una de las fuentes se tomaron los siguientes criterios:

- Gas Natural:
  - Dado que la mayor parte del consumo nacional es suministrado por la distribuidora Montevideo Gas, se utilizaron precios de dicha empresa distribuidora.



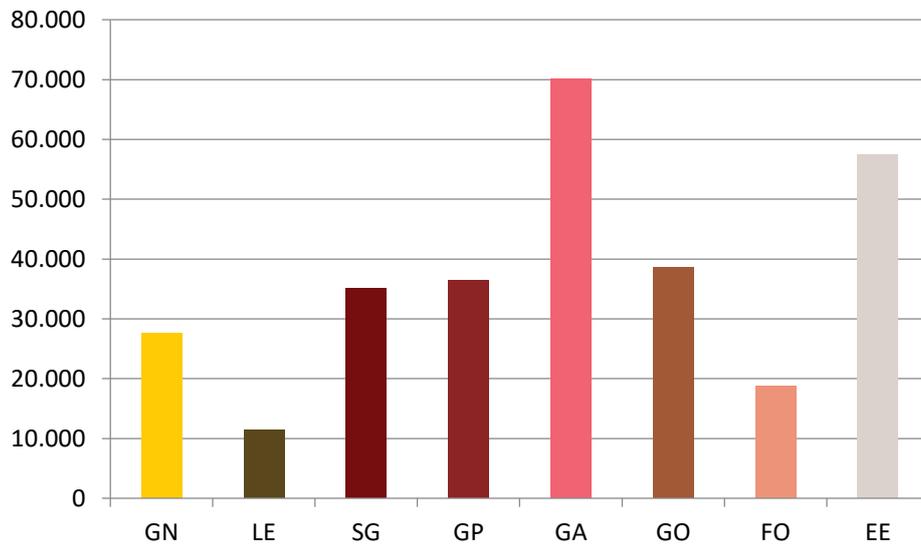
- A partir de un análisis de los establecimientos industriales consumidores de gas natural a nivel nacional, se estableció el consumidor tipo “com/ind10” es el más representativo para establecer el precio.
- Para ese consumidor tipo se tomó el promedio anual de precios en 2020, el cual resultó en 65,7 US\$/10<sup>6</sup> kcal
- Para convertir a moneda nacional se utilizó un promedio anual de datos del BCU (*Banco Central del Uruguay*), resultando en 42,01 \$/US\$
  
- Leña:
  - Se utilizaron datos de la propia *Encuesta de Consumo de Energía 2020*, resultando un precio de 3,1 \$/kg
  - Para convertir a unidades energéticas se utilizó el poder calorífico inferior indicado en el BEN (*Balance Energético Nacional*), siendo este de 0,00027 tep/kg
  
- GLP:
  - A efectos del procesamiento se desagregaron los datos del GLP en Supergás y Gas Propano.
  - Se utilizó el promedio anual del precio del Supergás sin IVA, resultando éste de 38,44 \$/kg
  - Para convertir a unidades energéticas se utilizó el poder calorífico inferior del Supergás indicado en el BEN (*Balance Energético Nacional*), siendo este de 1,09 tep/ton
  - Se utilizó el promedio anual del precio del propano industrial sin IVA, resultando éste de 4.070,90 US\$/ton
  - Para convertir a unidades energéticas se utilizó el poder calorífico inferior del Gas Propano indicado en el BEN (*Balance Energético Nacional*), siendo este de 1,10 tep/ton
  - Para convertir a moneda nacional se utilizó un promedio anual de datos del BCU (*Banco Central del Uruguay*), resultando en 42,01 \$/US\$
  
- Gasolina:
  - Se utilizó el promedio anual del precio para consumidor final de la Gasolina Super 95 SP, resultando éste de 54,95 \$/lt
  - Para convertir a unidades energéticas se utilizó el poder calorífico inferior de la Gasolina indicado en el BEN (*Balance Energético Nacional*), siendo este de 0,78 tep/m<sup>3</sup>
  
- Gasoil:
  - Se utilizó el promedio anual del precio del Gas Oil 50S sin IVA, resultando éste de 33,11 \$/lt
  - Para convertir a unidades energéticas se utilizó el poder calorífico inferior del Gasoil indicado en el BEN (*Balance Energético Nacional*), siendo éste de 0,86 tep/m<sup>3</sup>
  
- Fuel Oil:
  - Se utilizó el promedio anual del precio del Fuel Oil Pesado sin IVA, resultando éste de 17.581,97 \$/m<sup>3</sup>

- Para convertir a unidades energéticas se utilizó el poder calorífico inferior del Fuel Oil Pesado indicado en el BEN (*Balance Energético Nacional*), siendo éste de 0,94 tep/m<sup>3</sup>
- **Electricidad:**
  - A partir de un análisis de los establecimientos industriales consumidores de electricidad a nivel nacional, se estableció el consumidor tipo “lgh” es el más representativo para establecer el precio.
  - Para ese consumidor tipo se tomó el promedio anual de precios en 2020, el cual resultó en 117,51 US\$/MWh
  - Para convertir a moneda nacional se utilizó un promedio anual de datos del BCU (*Banco Central del Uruguay*), resultando en 42,01 \$/US\$

#### 4.2.2. Resultados

De esa manera, se calcularon los precios equivalentes por unidad de energía neta, resultando los valores que se ilustran en el siguiente gráfico:

*Ilustración 1: Precios equivalentes de la energía neta – 2020 (miles de \$/ktep)*



Tal como puede apreciarse, la Gasolina resultó ser el energético más caro en términos de energía neta, seguido en segundo lugar por la Electricidad. Por el contrario, la Leña resultó ser la fuente de energía neta más barata, seguida por el Fuel Oil. Las demás fuentes se ubican en un nivel de precios intermedios, si bien dentro de ese grupo es apreciable la diferencia en favor del Gas Natural en cuanto a bajo precio.

#### 4.3. Estimación de gastos en energía

Por otro lado, aplicándole esos precios a la estructura de consumos netos por fuente-uso establecida en el apartado 4.1, logramos una estimación que permite visualizar en qué combinaciones fuente-uso se tienen mayores gastos monetarios anuales por concepto de consumos energéticos.

En las secciones que siguen se analizan en primera instancia los resultados totales (o sea, incluyendo todos los usos), para luego analizar en forma individual el caso de cada uso por separado.



El caso del uso Cogeneración de Vapor no se analizará por separado debido a que las fuentes que figuran dentro de esa categoría en buena medida constituyen combustibles de arranque de calderas que posteriormente continúan funcionando en régimen permanente a base de Residuos de Biomasa, de modo que probablemente el análisis que se hace no aplique a ese caso.

Por otro lado, tampoco se analizarán por separado usos como Procesos Electroquímicos, Frío de Proceso e Iluminación, debido a que no presentan alternativas en términos de fuentes, sino que constituyen usos cautivos de la Electricidad.

#### 4.3.1. Todos los usos

A continuación se muestran los resultados, primero con plantas de celulosa incluidas, y luego sin plantas de celulosa, para la totalidad de los usos. Si bien más adelante se analizará cada uso por separado, estas tablas ayudan a dar una noción general que además tenga en cuenta el peso de cada uno de los usos respecto a los demás.

Tabla 5: Gasto en energía – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	306.682	320.318	274.453		171.964	1.593.719	707.969	<b>3.375.105</b>
Cogeneración de Vapor		45.217			49	171.866		<b>217.131</b>
Procesos Electroquímicos							260.859	<b>260.859</b>
Frío de Proceso							1.777.781	<b>1.777.781</b>
Fuerza Motriz				451	395		12.868.333	<b>12.869.179</b>
Generación de Vapor	45.035	1.251.880	44.440		3.064	542.661	22.633	<b>1.909.713</b>
Iluminación							718.090	<b>718.090</b>
Otros Equipos de Calor	96.318	119.295	5.969		32.300	131.168	27.578	<b>412.630</b>
Transporte Interno			24.057	51.038	333.605		186.421	<b>595.120</b>
<b>Total</b>	<b>448.035</b>	<b>1.736.710</b>	<b>348.919</b>	<b>51.488</b>	<b>541.376</b>	<b>2.439.413</b>	<b>16.569.663</b>	<b>22.135.606</b>

Tabla 6: Gasto en energía – Sin plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	306.682	314.185	274.527		172.081	153.458	650.199	<b>1.871.131</b>
Cogeneración de Vapor		5.150			49			<b>5.198</b>
Procesos Electroquímicos							239.573	<b>239.573</b>
Frío de Proceso							1.632.715	<b>1.632.715</b>
Fuerza Motriz				451	395		5.893.974	<b>5.894.819</b>
Generación de Vapor	45.035	1.227.911	44.452		3.066	359.741	20.786	<b>1.700.991</b>
Iluminación							402.815	<b>402.815</b>
Otros Equipos de Calor	96.318	117.011	5.971		32.322	91.678	25.328	<b>368.629</b>
Transporte Interno			23.777	51.038	287.135		141.410	<b>503.360</b>
<b>Total</b>	<b>448.035</b>	<b>1.664.257</b>	<b>348.726</b>	<b>51.488</b>	<b>495.048</b>	<b>604.877</b>	<b>9.006.799</b>	<b>12.619.231</b>

A partir de las tablas anteriores se puede concluir que la utilización de Electricidad para Fuerza Motriz no solamente es la combinación fuente-uso que consume mayor cantidad de energía neta (exceptuando las fuentes y usos quitadas del análisis), sino que también es la que implica un mayor gasto monetario para el sector (esto refiere únicamente a los gastos por concepto de

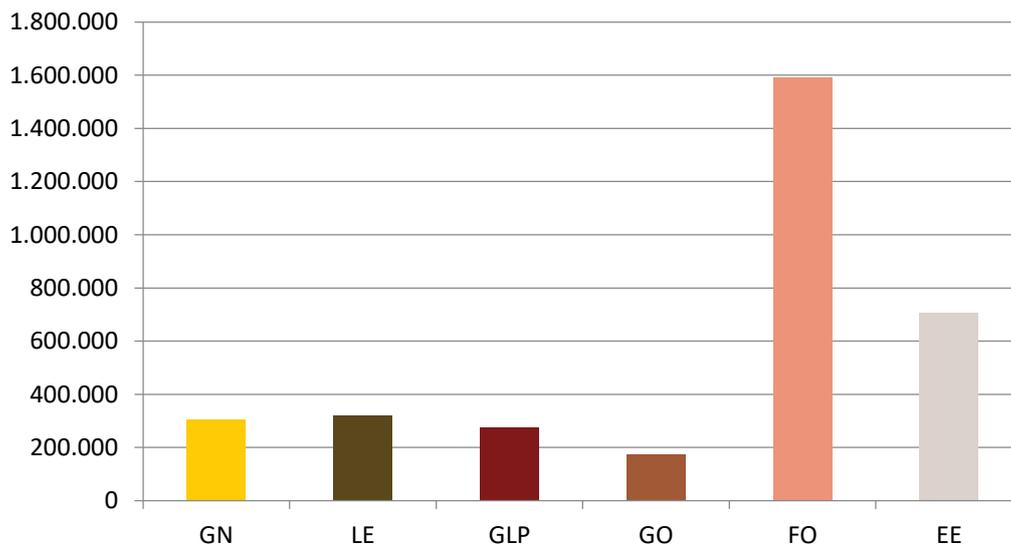
compra de energía, no se tienen en cuenta otro tipo de gastos asociados, como pudieran ser los costos de mantenimiento o de almacenamiento). Incluso sin considerar las plantas de celulosa, situación en la cual el consumo de Leña para Generación de Vapor supera ligeramente al consumo de Electricidad para Fuerza Motriz, esta última combinación fuente-uso sigue siendo la que implica un mayor gasto monetario por un amplio margen.

Recordemos que por un lado las fuentes con mayor peso en el consumo (quitando aquellas que no se consideran en el análisis) son por mucha diferencia la Electricidad y la Leña, y que además la diferencia de consumos entre ellas no es demasiado significativa (ver Tabla 3 y Tabla 4 en el apartado 4.1), y por otro lado la diferencia de precios equivalentes entre la Electricidad y la Leña resultó ser muy grande, siendo la Electricidad la fuente más cara y la Leña la más barata en términos de energía neta (ver Ilustración 1 en el apartado 4.2.2). Eso nos indica que la gran diferencia en gasto entre la Electricidad y la Leña se debe en mayor medida a la diferencia de precios equivalentes entre esas fuentes, y no tanto a la diferencia de consumos.

#### 4.3.2. Calor Directo

A continuación se ilustra el caso del uso Calor Directo, el cual se compone principalmente de equipos como hornos, calentadores, secaderos, reactores, etc.

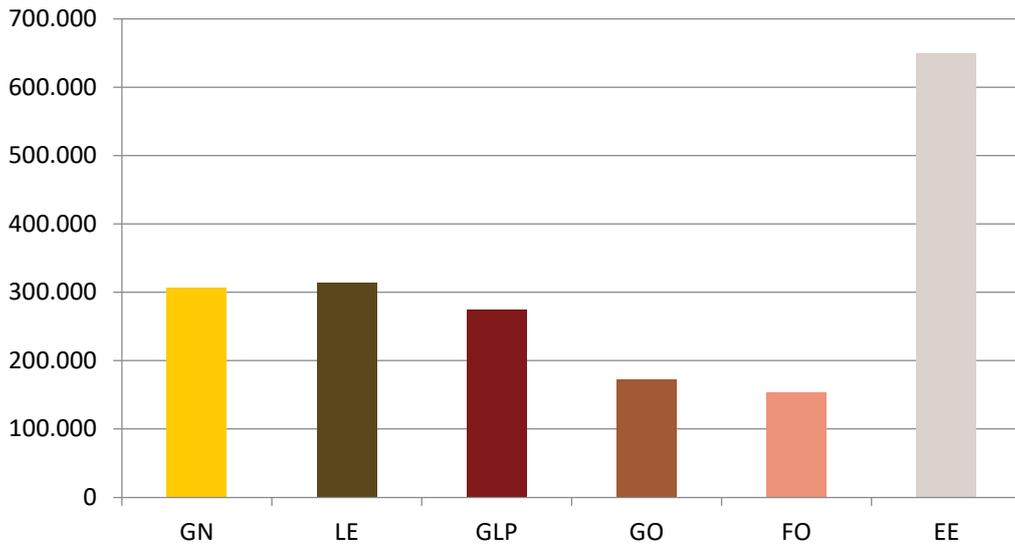
*Ilustración 2: Gasto en energía – Calor Directo – Con plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)*



Si bien en el caso con plantas de celulosa los resultados dan un gasto muy concentrado por concepto de Fuel Oil, es pertinente hacer dos acotaciones. Por un lado, el hecho de que gran parte de ese Fuel Oil corresponde a las plantas de celulosa, y por lo tanto no es un valor representativo del resto del sector. Y por otro lado, el hecho de que el precio del Fuel Oil al que acceden las plantas de celulosa no tiene por qué coincidir con el que se está considerando en estos cálculos, dado que ambas plantas se encuentran ubicadas en zonas francas.

A continuación se ilustra el caso sin plantas de celulosa.

*Ilustración 3: Gasto en energía – Calor Directo – Sin plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)*



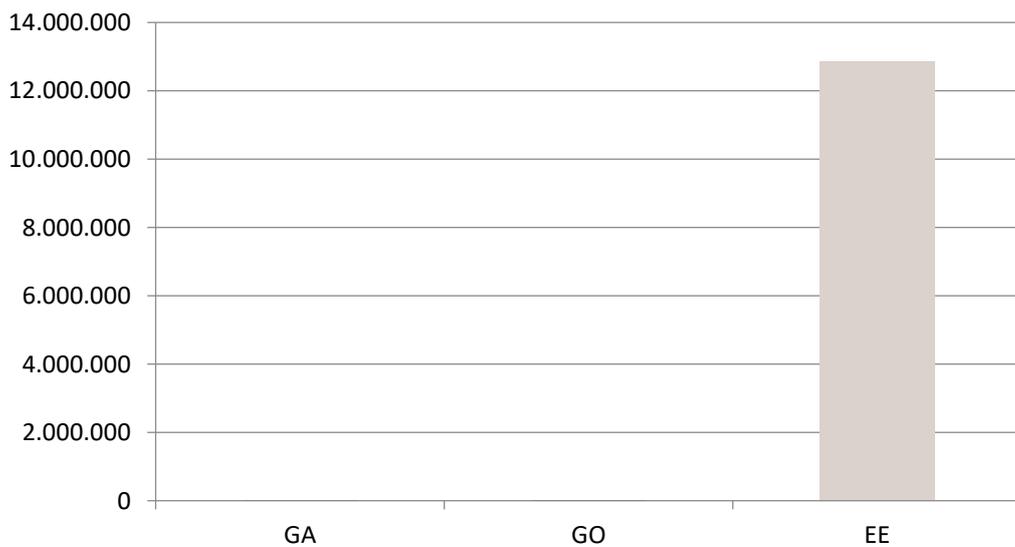
Tal como puede apreciarse, en este caso el gasto en Fuel Oil no solo no es el más significativo, sino que, por el contrario: es el menor. El mayor gasto bajo esta hipótesis corresponde al consumo de Electricidad.

Al igual que en caso general, este resultado no se debe tanto a diferencias en los consumos (de hecho, el consumo de Leña es bastante mayor que el de Electricidad), sino sobre todo a la diferencia de precios.

#### 4.3.3. Fuerza Motriz

A continuación se ilustra el caso del uso Fuerza Motriz, compuesto esencialmente por motores destinados a generar potencia mecánica en equipos tales como molinos, envasadoras, correas transportadoras, bombas, compresores de aire, etc.

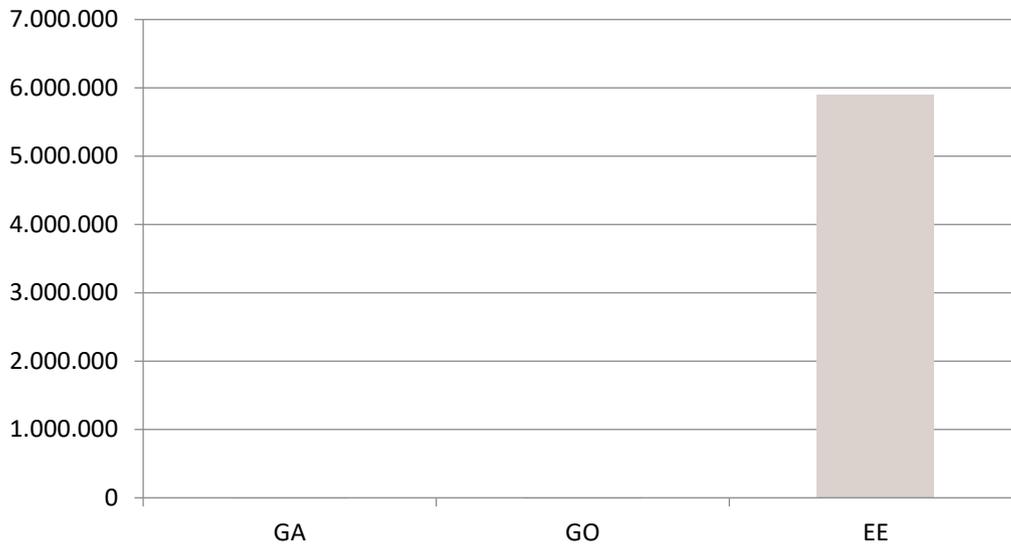
*Ilustración 4: Gasto en energía – Fuerza Motriz – Con plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)*



Tal como puede apreciarse, en este uso el gasto del sector está esencialmente concentrado en los equipos a Electricidad, siendo los gastos en Gasolina y Gasoil insignificantes en

comparación. De todas maneras, hay que hacer una acotación: tanto las plantas de celulosa, como algunos otros establecimientos industriales, auto-producen la mayor parte de la Electricidad que consumen, por lo que los precios considerados no aplican a ellos. El gasto real seguramente es menor al que dan como resultado estos cálculos.

*Ilustración 5: Gasto en energía – Fuerza Motriz – Sin plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)*

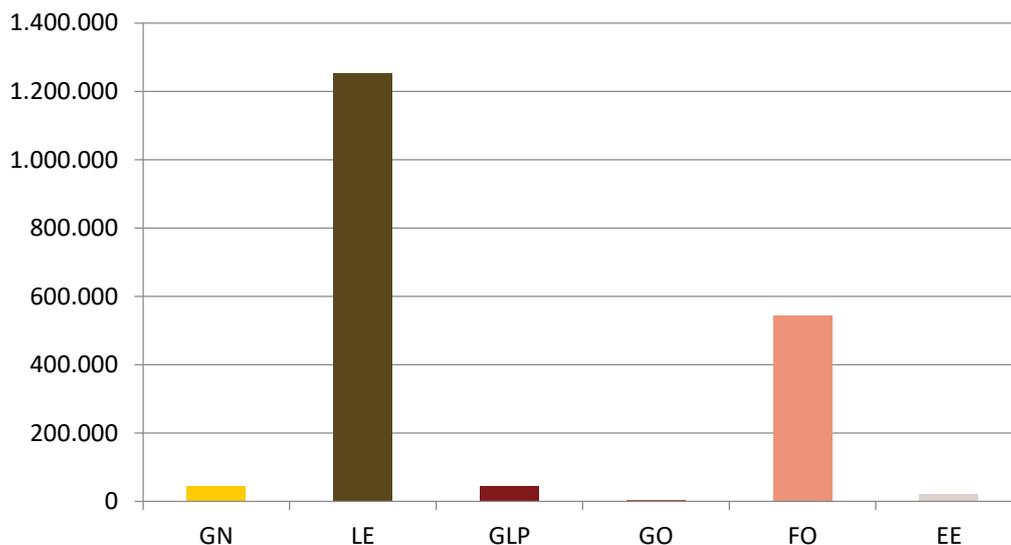


En el caso sin plantas de celulosa se ve cómo cualitativamente la situación es la misma, pero cuantitativamente el gasto es aproximadamente la mitad, lo que evidencia el peso que las plantas de celulosa tienen a nivel nacional en este uso.

#### 4.3.4. Generación de Vapor

A continuación se presenta el caso del uso Generación de Vapor, el cual se compone únicamente de aquellas calderas destinadas a producir solamente vapor de proceso, excluyendo los casos de cogeneración.

*Ilustración 6: Gasto en energía – Generación de Vapor – Con plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)*



Tal como puede apreciarse en el gráfico, la mayor parte del gasto destinado a Generación de Vapor se concentra en consumo de Leña, al tiempo que el Fuel Oil también implica un gasto considerable. El resto de las fuentes representan gastos mucho menos significativos.

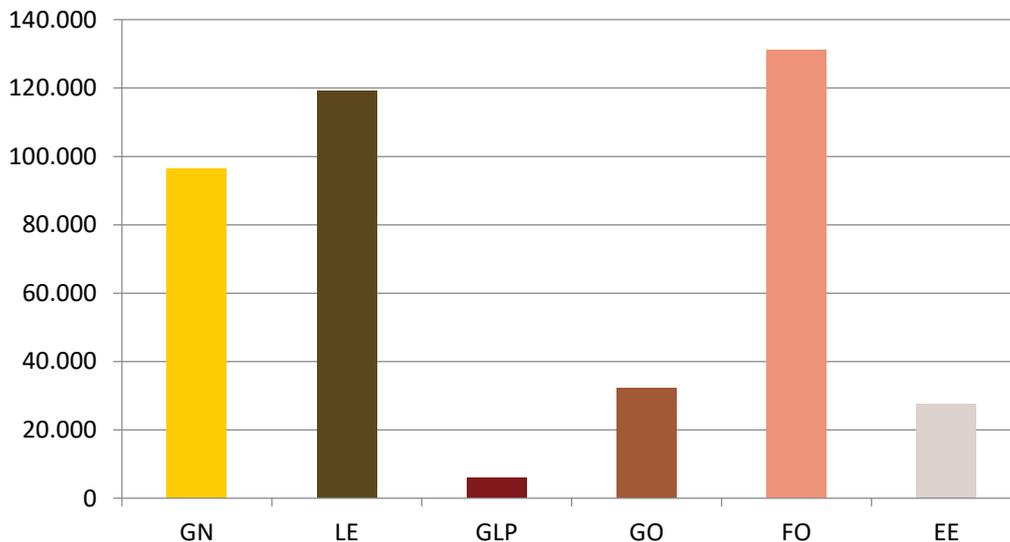
Si se tiene en cuenta que la Leña y el Fuel Oil son las fuentes más baratas en términos de precios equivalentes de la energía neta, eso significa que esta concentración de gastos se explica no por diferencias de precios en detrimento de estas fuentes, sino por una aún mayor concentración de consumos.

El caso sin plantas de celulosa no se ilustra debido a que es esencialmente igual al caso anterior, no presentando diferencias significativas.

#### 4.3.5. Otros Equipos de Calor

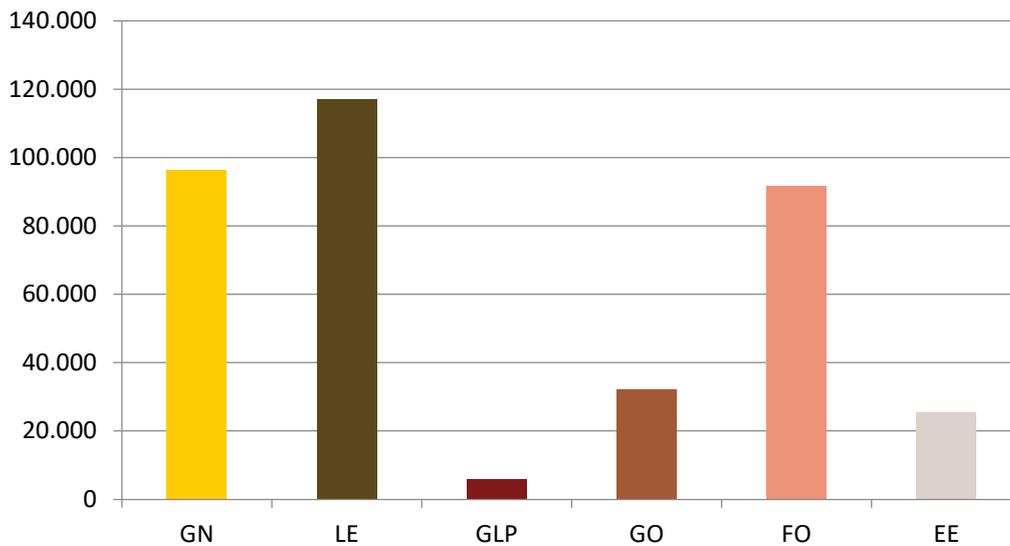
A continuación se presenta el caso del uso Otros Equipos de Calor, compuesto principalmente por calderas y calefones destinados a producir fluidos calientes que posteriormente se utilizan en procesos productivos.

*Ilustración 7: Gasto en energía – Otros Equipos de Calor – Con plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)*



Tal como puede apreciarse en el gráfico, los mayores gastos destinados a este uso se dan en Fuel Oil, Leña y Gas Natural, siendo las demás fuentes bastante menos significativas. Si se tiene en cuenta que justo esas son las tres fuentes con precios equivalentes más bajos, significa que esta concentración de gastos se explica por consumos aún más concentrados en esas fuentes.

Ilustración 8: Gasto en energía – Otros Equipos de Calor – Sin plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)

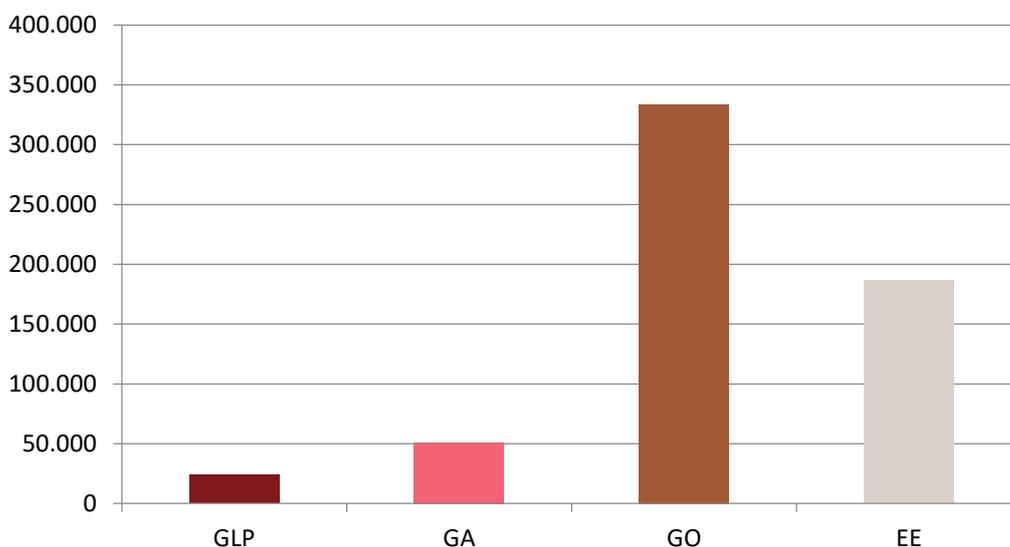


Al considerar el caso sin plantas de celulosa, la situación es esencialmente la misma, con la principal diferencia de que el Fuel Oil pierde peso, dejando de ser la fuente que implica mayor gasto a ser la tercera.

#### 4.3.6. Transporte Interno

A continuación se presenta el caso del uso Transporte Interno, que refiere a vehículos para el movimiento de personas o cargas en el interior de los establecimientos industriales (el transporte externo no se incluye como parte del sector industrial), usualmente mediante autoelevadores, montacargas, tractores, carros, elevadores, etc.

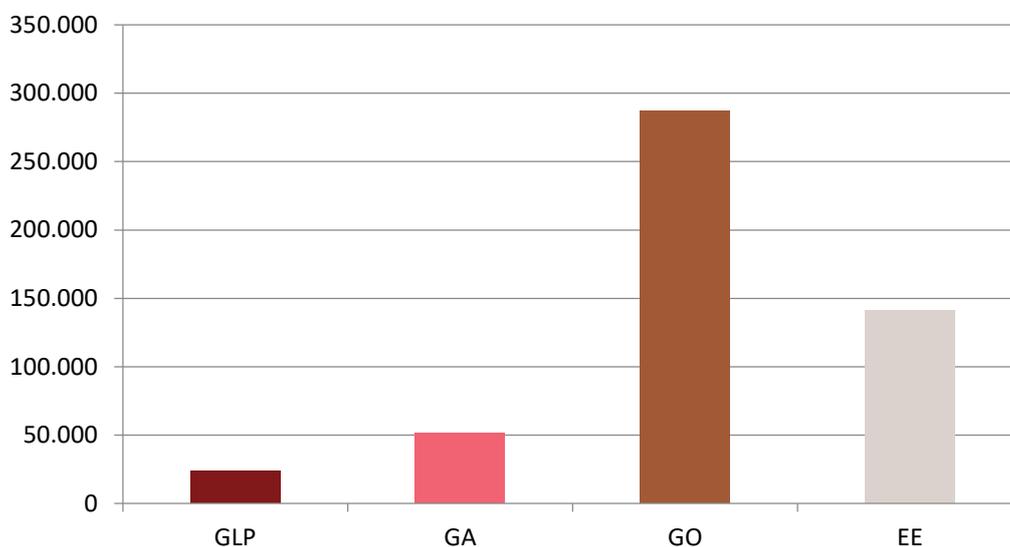
Ilustración 9: Gasto en energía – Transporte Interno – Con plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)



Tal como puede apreciarse en el gráfico, la mayor parte del gasto para Transporte Interno se concentra en Gasoil, si bien el gasto en Electricidad es también significativo, al tiempo que el gasto en GLP y Gasolina es mucho menor.

La concentración de gasto en Gasoil se explica esencialmente por concentración de consumo, mientras que en el caso de la concentración de gasto en Electricidad se puede decir que amplifica a la verdadera concentración de consumo debido al alto precio de esta fuente. Lo mismo sucede en el caso de la Gasolina, donde su alto precio hace que el consumo sea aún menos significativo que el gasto.

Ilustración 10: Gasto en energía – Transporte Interno – Sin plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)



El caso sin plantas de celulosa es esencialmente igual al anterior, con la diferencia cuantitativa de que los gastos en Gasoil y Electricidad son algo inferiores.

#### 4.4. Estimación de demanda de energía útil

Si bien puede ser de interés comparar el precio equivalente de los distintos energéticos, eso no necesariamente nos da una idea de cuáles fuentes son más convenientes y cuáles más inconvenientes desde el punto de vista económico para cada uso, ya que las distintas combinaciones fuente-uso suelen tener diferentes valores de rendimiento (en otras palabras: de poco sirve que una fuente sea 10% más barata que otra, si al mismo tiempo se tiene que consumir el doble debido a que su utilización es 50% más ineficiente). Para lograr estimar el costo por unidad de energía útil se tiene que dividir el costo neto entre la energía útil que satisface. Dado que el costo neto ya fue estimado (apartado 4.3), el próximo paso para lograr ese objetivo es poder estimar la demanda de energía útil. Para eso se utilizan los valores de rendimiento asociado a cada combinación fuente-uso que resultaron en el último Balance Nacional de Energía Útil del sector industrial, con y sin plantas de celulosa.

Tabla 7: Rendimientos de utilización – Con plantas de celulosa - BNEU industrial 2016 (%)

Uso/Fuente	GN	LE	SG	GP	GA	GO	FO	EE
Calor Directo	44%	26%	42%	44%		43%	76%	56%
Cogeneración de Vapor		85%				43%	89%	
Procesos Electroquímicos								64%
Frío de Proceso								63%
Fuerza Motriz					18%	14%		90%
Generación de Vapor	91%	84%	88%	87%		89%	88%	89%



Uso/Fuente	GN	LE	SG	GP	GA	GO	FO	EE
Iluminación								25%
Otros Equipos de Calor	88%	83%	86%	45%		88%	85%	90%
Transporte Interno			17%	17%	17%	24%		89%

Tabla 8: Rendimientos de utilización – Sin plantas de celulosa - BNEU industrial 2016 (%)

Uso/Fuente	GN	LE	SG	GP	GA	GO	FO	EE
Calor Directo	44%	26%	42%	44%		43%	26%	56%
Cogeneración de Vapor		87%				43%		
Procesos Electroquímicos								64%
Frío de Proceso								63%
Fuerza Motriz					18%	14%		89%
Generación de Vapor	91%	84%	88%	87%		89%	88%	89%
Iluminación								26%
Otros Equipos de Calor	88%	83%	86%	45%		88%	85%	90%
Transporte Interno			17%	17%	17%	23%		89%

Es de destacar la diferencia de rendimiento en el uso de Fuel Oil para Calor Directo entre la situación con plantas de celulosa y la situación sin plantas de celulosa. Si además tenemos en cuenta que, tal como se vio en cuadros anteriores, la mayor parte del consumo de Fuel Oil para Calor Directo se da en las plantas de celulosa, es de esperar que esta diferencia tenga un impacto importante en los resultados a los que conducen estos valores.

Multiplicando los datos de consumo neto por sus respectivos rendimientos asociados se puede obtener una estimación sobre la demanda de energía útil para cada combinación fuente-uso.

Tabla 9: Consumo de energía útil por fuente y uso – Con plantas de celulosa – 2020 (ktep útiles)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	4,9	7,3	3,3		1,9	64,6	6,9	88,9
Cogeneración de Vapor		3,4			0,0	8,2		11,5
Procesos Electroquímicos							2,9	2,9
Frío de Proceso							19,6	19,6
Fuerza Motriz				0,0	0,0		201,8	201,8
Generación de Vapor	1,5	91,3	1,1		0,1	25,4	0,4	119,7
Iluminación							3,2	3,2
Otros Equipos de Calor	3,1	8,6	0,1		0,7	5,9	0,4	18,9
Transporte Interno			0,1	0,1	2,1		2,9	5,2
<b>Total</b>	<b>9,4</b>	<b>110,5</b>	<b>4,6</b>	<b>0,1</b>	<b>4,8</b>	<b>104,2</b>	<b>238,1</b>	<b>471,8</b>

Tabla 10: Consumo de energía útil por fuente y uso – Sin plantas de celulosa – 2020 (ktep útiles)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	4,9	7,2	3,3		1,9	2,1	6,4	25,7



Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Cogeneración de Vapor		0,4			0,0			0,4
Procesos Electroquímicos							2,7	2,7
Frío de Proceso							18,0	18,0
Fuerza Motriz				0,0	0,0		90,9	90,9
Generación de Vapor	1,5	89,5	1,1		0,1	16,9	0,3	109,4
Iluminación							1,8	1,8
Otros Equipos de Calor	3,1	8,5	0,1		0,7	4,2	0,4	16,9
Transporte Interno			0,1	0,1	1,7		2,2	4,2
<b>Total</b>	<b>9,4</b>	<b>105,5</b>	<b>4,6</b>	<b>0,1</b>	<b>4,5</b>	<b>23,2</b>	<b>122,7</b>	<b>270,0</b>

En líneas generales se puede decir que los mayores consumos de energía útil se dan en las mismas combinaciones fuente-uso en las que se dan los mayores consumos de energía neta, tanto en el caso con plantas de celulosa como en el caso sin plantas de celulosa, más allá de algunas pequeñas diferencias debidas a distintos rendimientos en las diferentes combinaciones fuente-uso.

#### 4.5. Costos por unidad de energía útil

Por otro lado, teniendo el gasto anual asociado al consumo de energía neta y la estructura de consumos de energía útil, podemos obtener una estimación sobre el costo por unidad de energía útil para cada combinación fuente-uso. A continuación se presentan los resultados de dicho análisis, primero con una mirada global abarcando todos los usos para luego desagregar cada uno de ellos y analizar sus particularidades.

##### 4.5.1. Todos los usos

En las siguientes tablas se muestran los resultados de todos los usos simultáneamente (con y sin plantas de celulosa). Si bien más adelante se tratarán por separado el caso de cada uso, estas tablas pueden servir para adquirir una noción global acerca de cuáles fuentes y cuáles usos tienen mayores costos por unidad de energía útil.

Tabla 11: Costo por unidad de energía útil – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	63.034	43.932	83.087		90.013	24.658	101.940	37.945
Cogeneración de Vapor		13.448			90.186	21.021		18.817
Procesos Electroquímicos							89.910	89.910
Frío de Proceso							90.709	90.709
Fuerza Motriz				389.173	274.612		63.760	63.763
Generación de Vapor	30.201	13.718	41.283		43.603	21.356	64.454	15.960
Iluminación							225.802	225.802
Otros Equipos de Calor	31.239	13.814	70.509		43.766	22.053	63.769	21.807
Transporte Interno			215.523	419.468	160.942		64.169	114.198
<b>Total</b>	<b>47.463</b>	<b>15.710</b>	<b>76.251</b>	<b>419.182</b>	<b>112.939</b>	<b>23.418</b>	<b>69.579</b>	<b>46.919</b>



Tabla 12: Costo por unidad de energía útil – Sin plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)

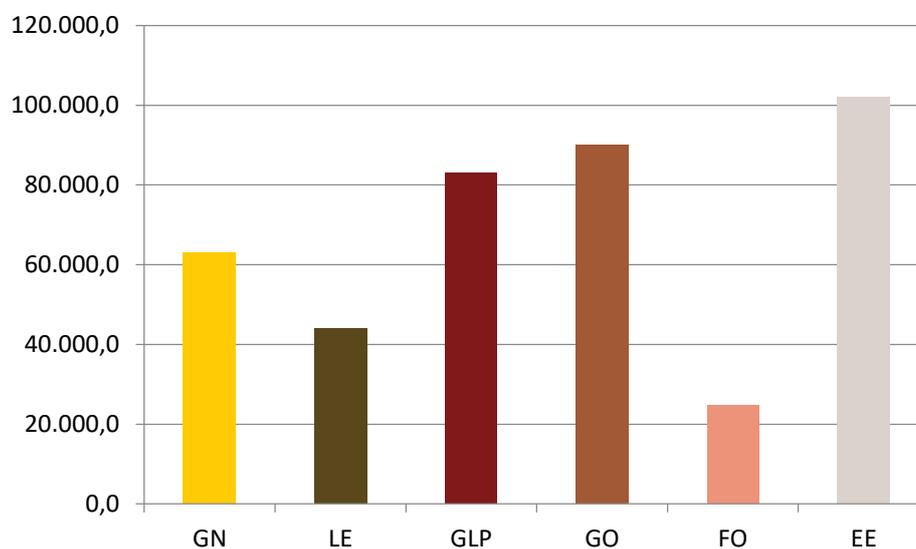
Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	63.034	43.932	83.087		90.013	72.052	101.940	<b>72.691</b>
Cogeneración de Vapor		13.202			90.186			<b>13.308</b>
Procesos Electroquímicos							89.910	<b>89.910</b>
Frío de Proceso							90.709	<b>90.709</b>
Fuerza Motriz				389.173	274.612		64.832	<b>64.840</b>
Generación de Vapor	30.201	13.718	41.283		43.603	21.276	64.454	<b>15.552</b>
Iluminación							222.339	<b>222.339</b>
Otros Equipos de Calor	31.239	13.814	70.512		43.766	22.053	63.769	<b>21.772</b>
Transporte Interno			215.491	419.468	166.202		64.242	<b>120.975</b>
<b>Total</b>	<b>47.463</b>	<b>15.772</b>	<b>76.210</b>	<b>419.182</b>	<b>111.242</b>	<b>26.077</b>	<b>73.414</b>	<b>46.740</b>

De las tablas anteriores se desprende el hecho de que los mayores costos por unidad de energía útil, tanto en el caso con plantas de celulosa como en el caso sin plantas de celulosa, se dan en los consumos de Gasolina (para Transporte Interno y para Fuerza Motriz), lo cual obedece al efecto combinado de altos precios y bajos rendimientos.

#### 4.5.2. Calor Directo

A continuación se ilustra el caso del uso Calor Directo, el cual se compone principalmente de equipos como hornos, calentadores, secaderos, reactores, etc.

Ilustración 11: Costo por unidad de energía útil – Calor Directo – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)

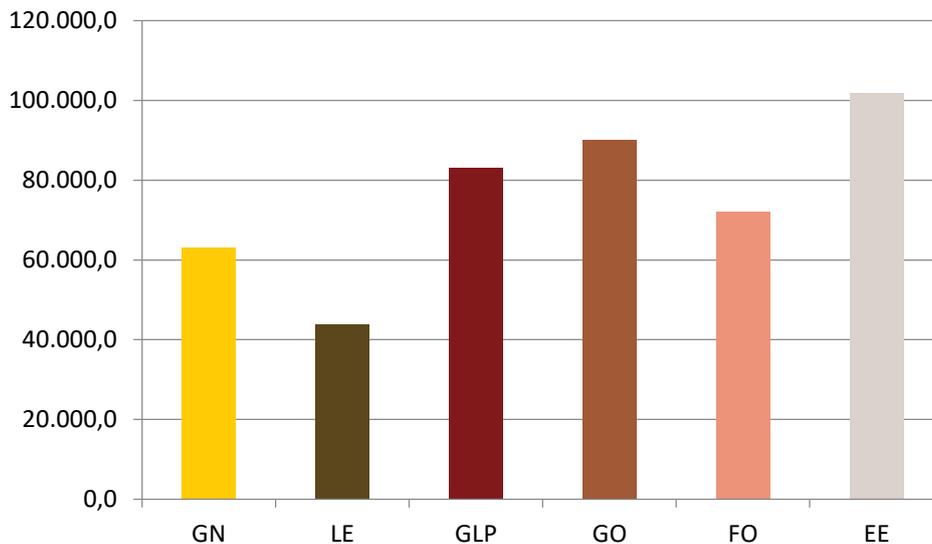


Tal como puede apreciarse, en el caso con plantas de celulosa para el uso Calor Directo el energético que resulta más barato en términos de energía útil es el Fuel Oil. Esto se debe tanto a su bajo precio por unidad de energía neta como a su alto rendimiento. De todas formas, vale decir que ese alto rendimiento está significativamente influido por el alto consumo y buen rendimiento de las plantas de celulosa, que no son representativos de lo que sucede en los procesos de Calor Directo de otros tipos de establecimientos. Por otro lado, es notable el alto costo de la Electricidad, el Gasoil y el GLP en términos de energía útil.



A continuación se ilustra el caso sin plantas de celulosa:

Ilustración 12: Costo por unidad de energía útil – Calor Directo – Sin plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)

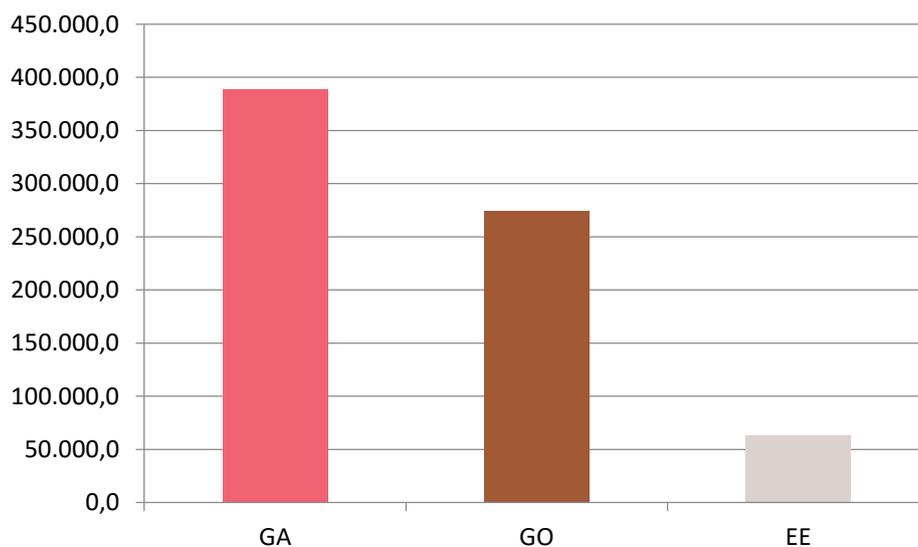


La principal diferencia que se observa al dejar de considerar las plantas de celulosa se da en el Fuel Oil, que pasa de costar 24.658 miles de \$ por cada ktep de energía útil generada a costar 72.052 miles de \$ por cada ktep de energía útil generada, dejando así de ser la fuente más conveniente para Calor Directo, y quedando la Leña ocupando ese primer lugar.

#### 4.5.3. Fuerza Motriz

A continuación se ilustra el caso del uso Fuerza Motriz, compuesto esencialmente por motores destinados a generar potencia mecánica en equipos tales como molinos, envasadoras, correas transportadoras, bombas, compresores de aire, etc.

Ilustración 13: Costo por unidad de energía útil – Fuerza Motriz – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)



En el uso Fuerza Motriz la Electricidad es la fuente que resulta más barata en términos de energía útil, al tiempo que el Gasoil ocupa un lugar intermedio, y la Gasolina es la fuente más

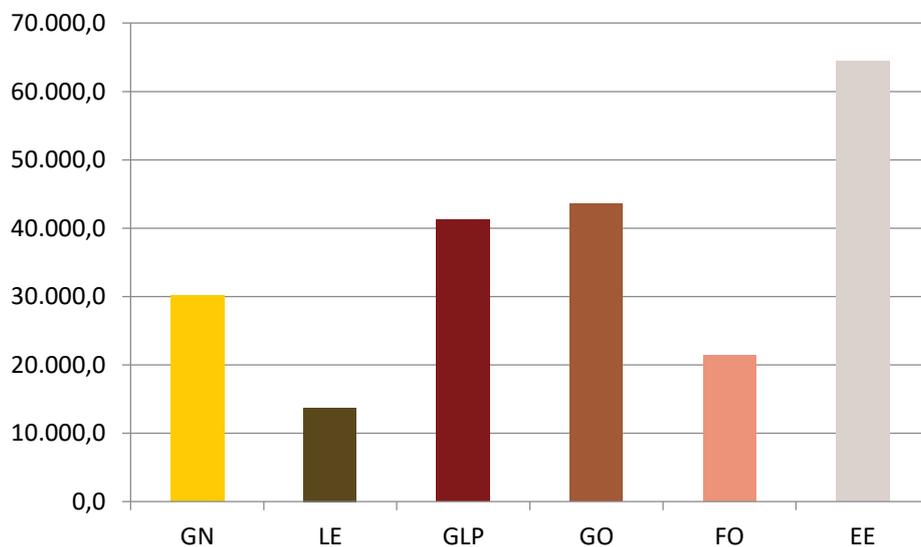
cara. Esto puede explicarse fundamentalmente por una gran diferencia de rendimiento a favor de la Electricidad, acompañada de una diferencia de precios de la energía neta que claramente desfavorece a la Gasolina. Si observamos los cuadros de consumo, tanto en el caso de energía neta como en el de energía útil, se puede apreciar que esta diferencia a favor de los motores eléctricos se ve reflejada en un consumo en Fuerza Motriz muy concentrado en la fuente Electricidad, siendo los motores de combustión más bien marginales.

El caso sin plantas de celulosa no se ilustra debido a que es esencialmente igual al anterior, teniendo apenas pequeñas diferencias que no llegan a resultar significativas.

#### 4.5.4. Generación de Vapor

A continuación se presenta el caso del uso Generación de Vapor, el cual se compone únicamente de aquellas calderas destinadas a producir solamente vapor de proceso, excluyendo los casos de cogeneración.

*Ilustración 14: Costo por unidad de energía útil – Generación de Vapor – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)*



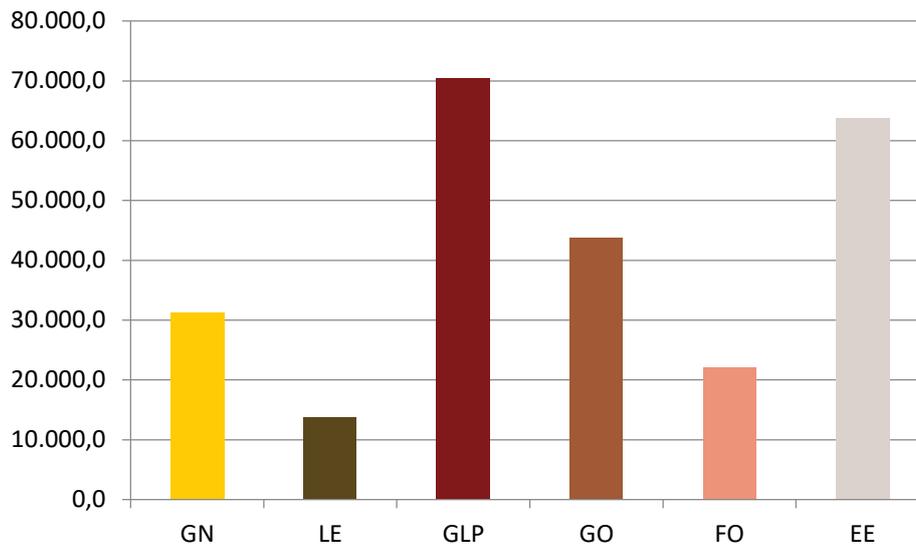
En el caso de la Generación de Vapor se da la paradoja de que la fuente menos eficiente en términos de rendimiento energético (la Leña) resulta ser la más barata en términos de costo unitario de la energía útil. Eso se explica por su bajo precio, que compensa el efecto de bajo rendimiento. En menor medida sucede algo similar con el Fuel Oil, que se ubica en segundo lugar entre las fuentes más convenientes. Por el contrario, la Electricidad a pesar de tener un rendimiento relativamente bueno, resulta ser la fuente más cara en términos de costo de la energía útil debido a su alto precio.

El caso sin plantas de celulosa no se ilustra debido a que es esencialmente igual al caso anterior, no presentando diferencias significativas.

#### 4.5.5. Otros Equipos de Calor

A continuación se presenta el caso del uso Otros Equipos de Calor, compuesto principalmente por calderas y calefones destinados a producir fluidos calientes que posteriormente se utilizan en procesos productivos.

Ilustración 15: Costo por unidad de energía útil – Otros Equipos de Calor – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)



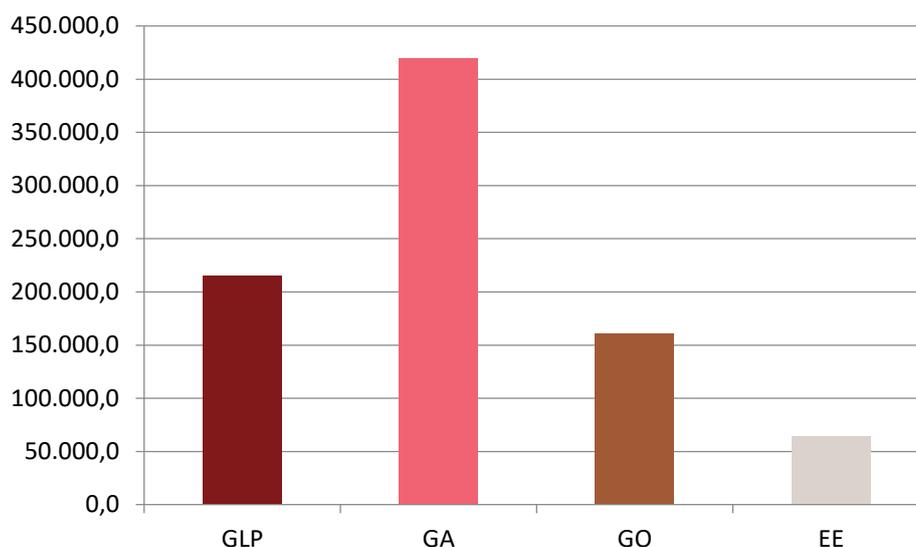
En este caso, al igual que en el de Generación de Vapor, principalmente por efecto de su bajo precio los energéticos que resultaron más baratos en términos de costos por unidad de energía útil fueron en primer lugar la Leña, y en segundo lugar el Fuel Oil. En este caso el más caro resultó ser el GLP principalmente por efecto de su bajo rendimiento relativo, si bien la Electricidad también se ubicó dentro de los más caros, estando en segundo lugar.

El caso sin plantas de celulosa no se ilustra debido a que es esencialmente igual al caso anterior, no presentando diferencias significativas.

#### 4.5.6. Transporte Interno

A continuación se presenta el caso del uso Transporte Interno, que refiere a vehículos para el movimiento de personas o cargas en el interior de los establecimientos industriales (el transporte externo no se incluye como parte del sector industrial), usualmente mediante autoelevadores, montacargas, tractores, carros, elevadores, etc.

Ilustración 16: Costo por unidad de energía útil – Transporte Interno – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/ktep útil)



En este caso se da una situación similar a la que se vio en el uso Fuerza Motriz, en el cual por un lado la Electricidad resulta ser la fuente más barata en términos de costo de la energía útil, y por otro lado la Gasolina resulta ser la fuente más cara. Sin embargo, a diferencia de lo que sucede en el uso Fuerza Motriz, en el cual se trata de motores fijos, en este caso en buena medida se trata de vehículos móviles. Esto hace que los equipos eléctricos requieran de baterías que usualmente encarecen bastante el precio de esos equipos. Eso explica por qué en este caso los consumos no están tan concentrados en Electricidad, sino que también los motores a Gasoil se llevan una buena parte del mismo.

El caso sin plantas de celulosa no se ilustra debido a que es esencialmente igual al caso anterior, no presentando diferencias significativas.

#### 4.6. Potenciales de ahorro

Combinando los datos de gasto monetario anual (apartado 4.3) con los de costos por unidad de energía útil (apartado 4.5) podemos elaborar una estimación acerca de los potenciales de ahorro anual que existirían por concepto de consumos energéticos bajo la hipótesis de sustitución de fuentes hacia el energético que haya resultado más conveniente dentro de cada uso, asumiendo como hipótesis los mismos requerimientos de energía útil.

En aquellos casos en los que se detectan altos potenciales de ahorro por lo general es razonable sospechar que existen factores que dificultan el aprovechamiento de esas ventajas comparativas, tales como mayores costos de inversión, mayores costos de mantenimiento, dificultades de acceso a las fuentes, etc. Si bien eso escapa al análisis cuantitativo de este informe, puede ser de interés esbozar hipótesis que pudieran explicar estos factores para cada caso, al menos como disparador para estudios más específicos y detallados.

##### 4.6.1. Todos los usos

A continuación se presentan tablas que muestra esa estimación para todos los usos, tanto para el caso con plantas de celulosa como para el caso sin plantas de celulosa. Si bien más adelante se analizarán las particularidades de cada uso por separado, estas tablas dan noción acerca de cuáles son aquellos usos en los cuales existen mayores potenciales de ahorro.

Tabla 13: Potencial de ahorro – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	186.712	140.528	193.002		124.856	0	536.718	1.181.817
Cogeneración de Vapor		0			41	61.919		61.961
Procesos Electroquímicos							0	0
Frío de Proceso							0	0
Fuerza Motriz				377	303		0	680
Generación de Vapor	24.578	0	29.673		2.100	194.070	17.816	268.236
Iluminación							0	0
Otros Equipos de Calor	53.726	0	4.800		22.106	49.006	21.604	151.242
Transporte Interno			16.894	43.230	200.594		0	260.718
<b>Total</b>	<b>265.017</b>	<b>140.528</b>	<b>244.369</b>	<b>43.607</b>	<b>350.000</b>	<b>304.996</b>	<b>576.138</b>	<b>1.924.653</b>

Ilustración 17: Potencial de ahorro – Sin plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)

Uso/Fuente	GN	LE	GLP	GA	GO	FO	EE	Total
Calor Directo	92.941	0	129.373		88.095	59.892	369.991	740.292
Cogeneración de Vapor		0			41			41
Procesos Electroquímicos							0	0
Frío de Proceso							0	0
Fuerza Motriz				376	302		0	677
Generación de Vapor	24.578	0	29.681		2.101	127.782	16.362	200.504
Iluminación							0	0
Otros Equipos de Calor	53.726	0	4.801		22.121	34.252	19.841	134.741
Transporte Interno			16.688	43.221	176.148		0	236.058
<b>Total</b>	<b>171.246</b>	<b>0</b>	<b>180.543</b>	<b>43.597</b>	<b>288.808</b>	<b>221.926</b>	<b>406.195</b>	<b>1.312.315</b>

De una mirada global de los resultados surge la conclusión de que el mayor potencial de ahorro está en la sustitución de Electricidad en procesos de Calor Directo, que en el caso con plantas de celulosa se considera sustituido por Fuel Oil mientras que en el caso sin plantas de celulosa se considera sustituido por Leña. Tal como se desprende de los apartados anteriores, es el segundo caso el que tiene mayor validez, ya que la conveniencia del Fuel Oil no aplica al sector sin plantas de celulosa, y por otro lado el precio considerado para el Fuel Oil tampoco aplica a las plantas de celulosa, ya que las mismas se ubican en zonas francas. De todas formas, en el caso sin plantas de celulosa también resulta que el Calor Directo es con diferencia el uso con mayores potenciales de ahorro. Muy por debajo, pero en segundo lugar, destacan los usos Transporte Interno, Generación de Vapor y Otros Equipos de Calor.

Además, si se considera el caso sin plantas de celulosa, se observa que la Leña resultó como el energético más conveniente para todos los usos en los que se la utiliza. Casos particularmente notables de esto son la sustitución de Fuel Oil por Leña en Generación de Vapor, y la sustitución de GLP, Gas Natural, y Gasoil por Leña en Calor Directo. Esto se debe fundamentalmente a su bajo precio, ya que de hecho su rendimiento energético en muchos casos fue incluso uno de los peores. Las dificultades para aprovechar estos potenciales pueden estar en parte en cuestiones técnicas, tales como infraestructuras necesarias para el almacenamiento de stock, variabilidad en la humedad de la Leña, equipamientos para el

suministro, costos de mantenimiento, etc. que por lo general en otras fuentes suelen ser menos complejos.

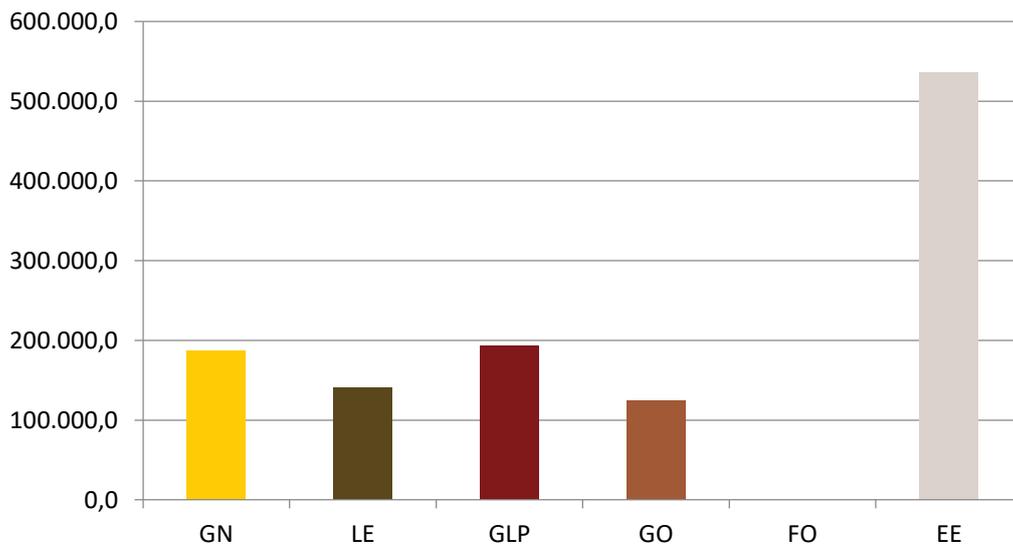
También vale la pena destacar otros casos con potenciales significativos, como por ejemplo la sustitución de equipos a Gasoil por equipos a Electricidad en Transporte Interno.

A continuación se analizan los resultados de cada uso por separado.

#### 4.6.2. Calor Directo

Los siguientes gráficos muestran los potenciales de ahorro estimados para el uso Calor Directo.

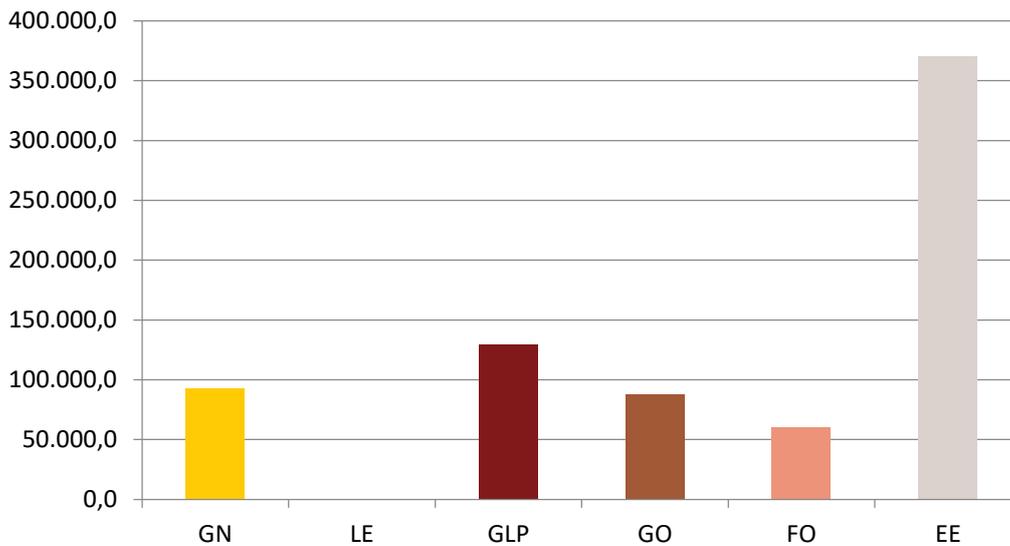
*Ilustración 18: Potenciales de ahorro – Calor Directo – Con plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)*



En este uso los resultados con plantas de celulosa indican claramente que el mayor potencial de ahorro monetario estaría en la sustitución de Electricidad por Fuel Oil. Esto tiene que ver en buena medida con la gran diferencia de costo unitario de la energía útil que resultó de los cálculos. Sin embargo, puede ser pertinente desestimar este resultado, ya que -tal como se mencionó anteriormente- el alto rendimiento energético que resultó en el Fuel Oil está fuertemente influido por procesos particulares de las plantas de celulosa, y hace que no necesariamente los resultados que arroja sean representativos para otro tipo de establecimientos. De todas maneras, independientemente de la cuestión de la conveniencia del Fuel Oil, es claro que además la Electricidad resulta inconveniente debido a su alto precio, y que además existe un considerable consumo de Electricidad para Calor Directo, lo cual resulta en altos potenciales de ahorro por concepto de sustitución de Electricidad por fuentes económicamente más convenientes.

A continuación se muestra el caso sin plantas de celulosa:

Ilustración 19: Potenciales de ahorro – Calor Directo – Sin plantas de celulosa – 2020 (miles de \$/año)



Tal como se mencionaba, en este caso se ve que el potencial era de menor magnitud, y que además se da al considerar la sustitución por Leña, y no por Fuel Oil.

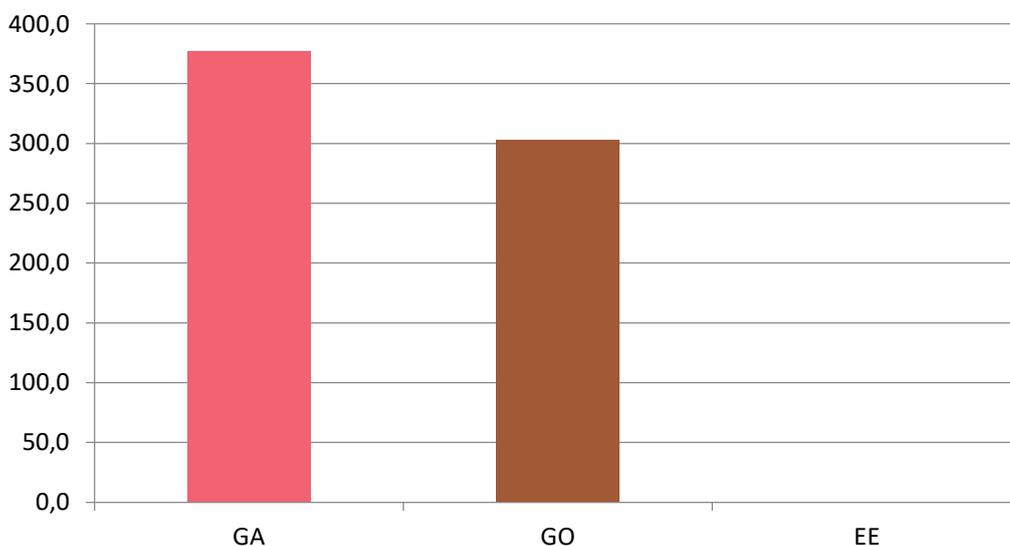
Las dificultades para el aprovechamiento de esta ventaja económica de la Leña pueden estar asociados a mayores costos de mantenimiento y almacenamiento, así como también a inconvenientes que pudiera acarrear la variabilidad de características de la Leña, tales como el tipo de madera o la humedad.

Por otro lado, la alta utilización de la Electricidad para este uso, a pesar de resultar como una opción inconveniente desde el punto de vista de los costos por concepto de energía, puede estar relacionada a factores tales como su fácil acceso, ausencia de costos de almacenamiento, en muchos casos menores costos de mantenimiento, etc.

#### 4.6.3. Fuerza Motriz

El siguiente gráfico muestra los potenciales de ahorro del uso Fuerza Motriz.

Ilustración 20: Potenciales de ahorro – Fuerza Motriz – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)



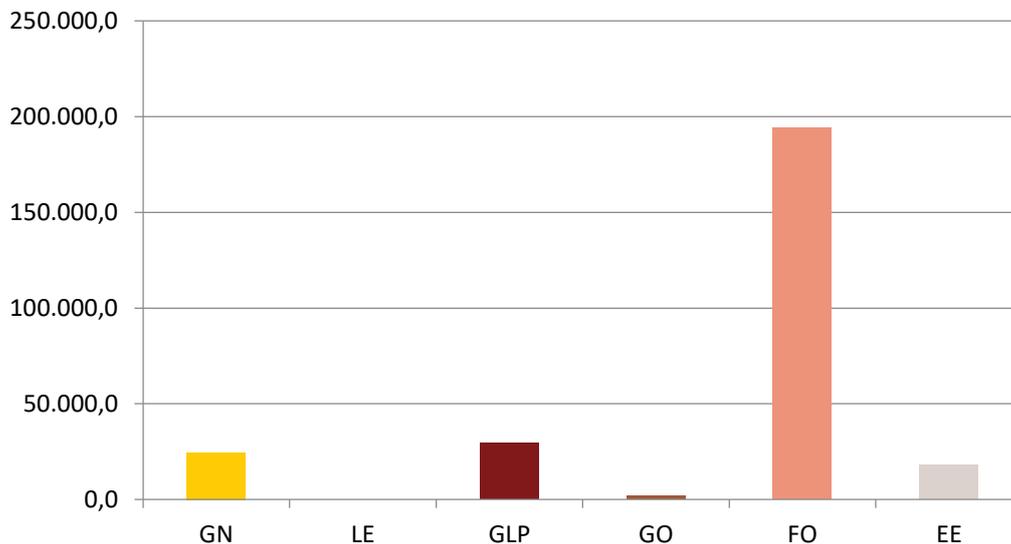
En este uso los potenciales de ahorro se deben principalmente a los mejores rendimientos de los motores eléctricos en comparación con los de los motores a combustión, además de precios especialmente altos en la Gasolina. De todas formas, en términos cuantitativos estos potenciales resultaron relativamente bajos en comparación con los que se ven en otros usos. Eso se debe a que por no existir mayores dificultades en la sustitución de motores a combustión por motores eléctricos cuando se trata de equipos fijos, la enorme mayoría de los equipos de Fuerza Motriz del sector ya son equipos eléctricos, siendo los motores a combustión minoritarios. En definitiva, en este caso la situación actual ya es cercana a la minimización de costos por concepto de energía.

No se ilustra el caso sin plantas de celulosa debido a que no presenta diferencias significativas con el caso anterior.

#### 4.6.4. Generación de Vapor

El siguiente gráfico muestra los potenciales de ahorro del uso Generación de Vapor con plantas de celulosa.

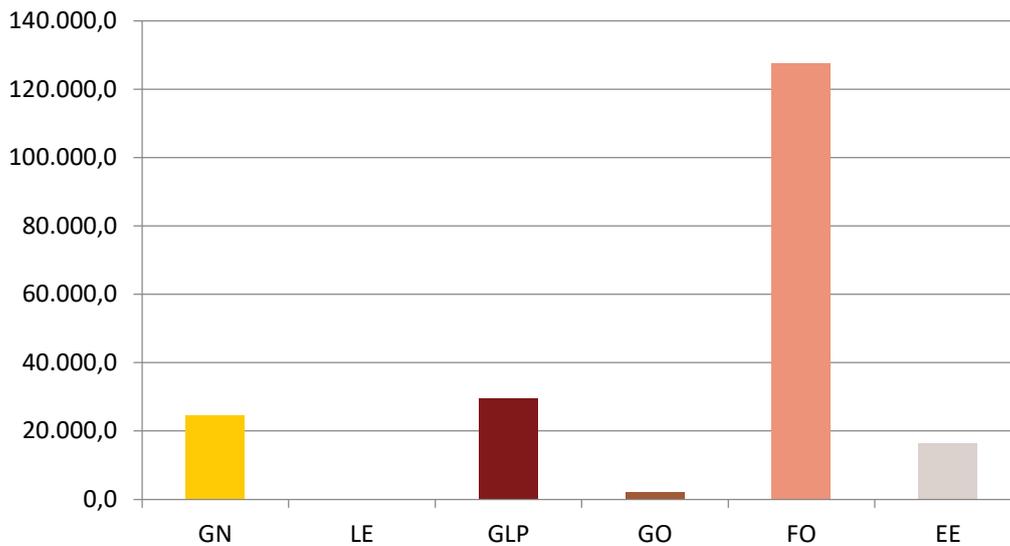
*Ilustración 21: Potenciales de ahorro – Generación de Vapor – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)*



En este uso los resultados muestran claramente mayores potenciales de ahorro en la sustitución de Fuel Oil por Leña. Si bien la fuente que resultó más cara en términos de costo de energía útil fue la Electricidad, el potencial de ahorro en esa fuente resultó bajo por la poca cantidad de equipos eléctricos presentes en el sector. En menor medida también sucede lo mismo con el GLP y el Gasoil. En cambio, en el Fuel Oil a pesar de no ser la fuente más cara (de hecho, se ubica en segundo lugar en cuanto a conveniencia económica después de la Leña), el hecho de que existan sí altos consumos termina compensando eso y haciendo que sea donde mayores potenciales existan. La Leña, a pesar de ser energéticamente la fuente que resultó más ineficiente, termina siendo la más conveniente por efecto de su bajo precio en el mercado.

A continuación se ilustra el caso sin plantas de celulosa:

Ilustración 22: Potenciales de ahorro – Generación de Vapor – Sin plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)



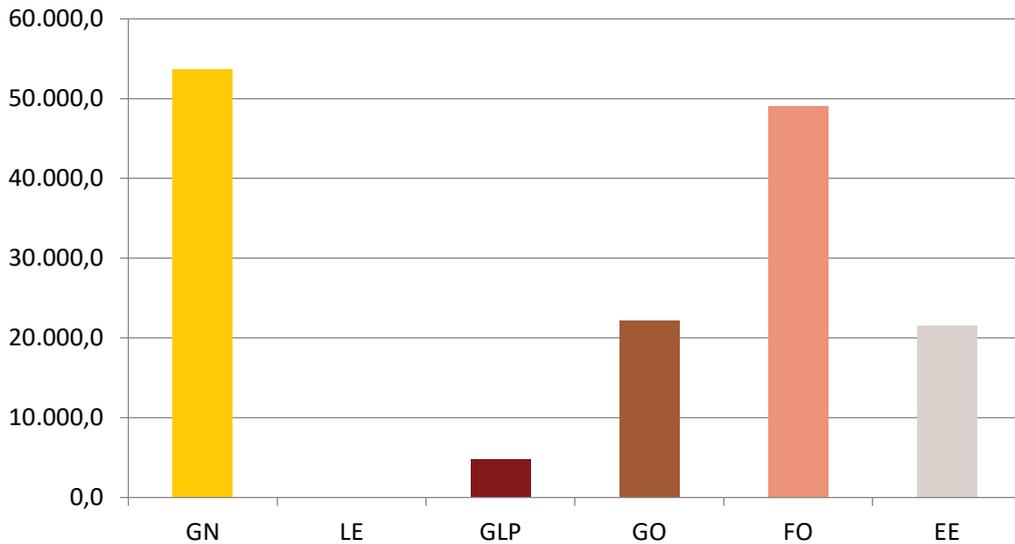
En comparación con el caso con plantas de celulosa no se aprecian grandes diferencias cualitativas, por lo que los comentarios hechos al respecto se mantienen. Sin embargo, sí se aprecian algunas diferencias cuantitativas, constatándose de que el potencial es algo menor que el caso anterior.

Si bien el potencial de ahorro de este uso resultó en un valor relativamente alto, al analizar su estructura actual se puede ver que la mayor parte del consumo ya está concentrado en la Leña (o sea, la fuente que resultó como la más conveniente), y que la mayor parte de los potenciales de ahorro provienen del uso de la segunda fuente más conveniente (el Fuel Oil), que en algunos casos puede llegar a tener algún tipo de ventajas técnicas. En definitiva, se concluye que la situación actual de este uso no se aleja demasiado del óptimo en términos de costos económicos por concepto de energía.

#### 4.6.5. Otros Equipos de Calor

El siguiente gráfico muestra los potenciales de ahorro del uso Otros Equipos de Calor para el caso con plantas de celulosa.

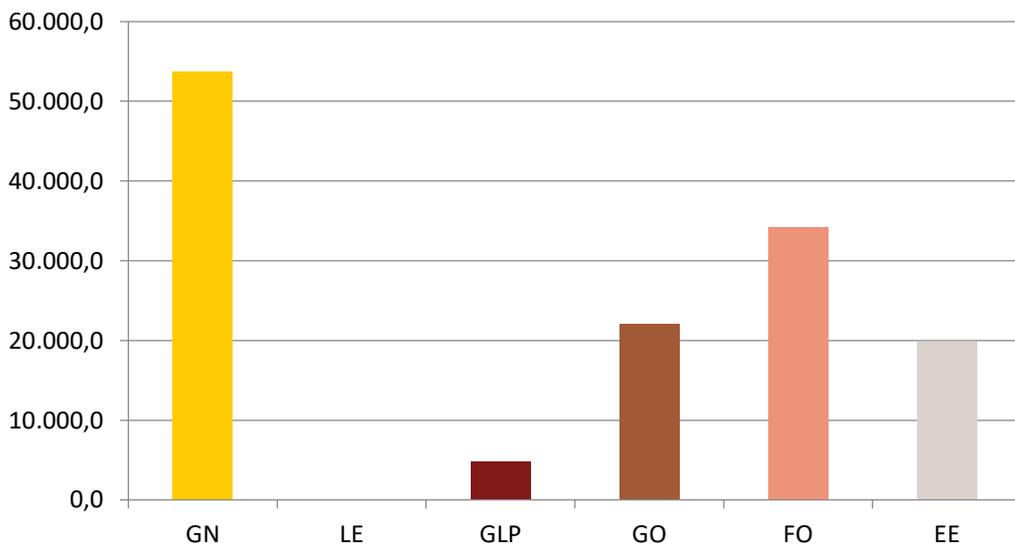
*Ilustración 23: Potenciales de ahorro – Otros Equipos de Calor – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)*



Al igual que en el caso anterior, en este uso la Leña resultó el energético más conveniente, no porque tenga el mejor rendimiento energético sino por efecto de su bajo precio. Los mayores potenciales de ahorro resultan de sustitución a Leña de equipos que actualmente funcionan a Gas Natural y a Fuel Oil. Eso se da a pesar de que esas no son las fuentes con peores rendimientos (de hecho, tienen rendimientos relativamente buenos), y es producto de que en el sector hay consumos significativamente mayores de esas fuentes para el uso Otros Equipos de Calor.

A continuación se ilustra el caso sin plantas de celulosa:

*Ilustración 24: Potenciales de ahorro – Otros Equipos de Calor – Sin plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)*



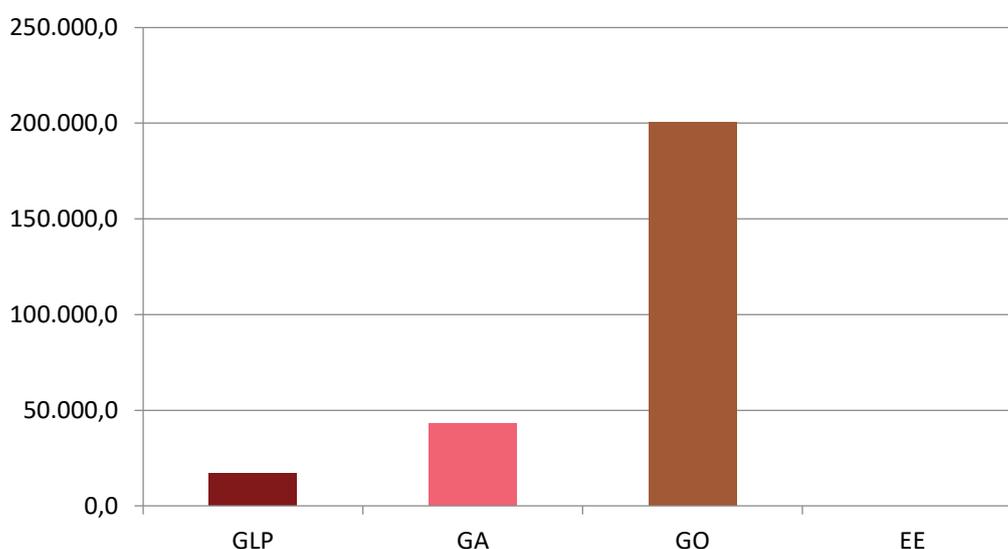
Respecto al caso con plantas de celulosa no se observan grandes diferencias cualitativas, por lo que los comentarios hechos en dicho caso se mantienen también en este. Sin embargo, sí se observan varias diferencias significativas a nivel cuantitativo, siendo potenciales de menor magnitud, especialmente en el caso del Fuel Oil, y en menor medida también en Gasoil y Electricidad.

Si bien a primera vista resultaron valores de potenciales de ahorro considerables, al analizar en detalle este uso se puede ver que la mayor parte de su consumo ya está concentrado en la fuente más conveniente (la Leña), y que los mayores potenciales de ahorro no provienen del uso de las fuentes más inconvenientes sino justo de las fuentes que le siguen a la leña en cuanto a mejores costos por unidad de energía útil (el Fuel Oil y el Gas Natural), por lo que se concluye que la situación actual no se aleja demasiado del óptimo en términos de minimización de costos por concepto de energía.

#### 4.6.6. Transporte Interno

El siguiente gráfico muestra los potenciales de ahorro del uso Transporte Interno para el caso con plantas de celulosa.

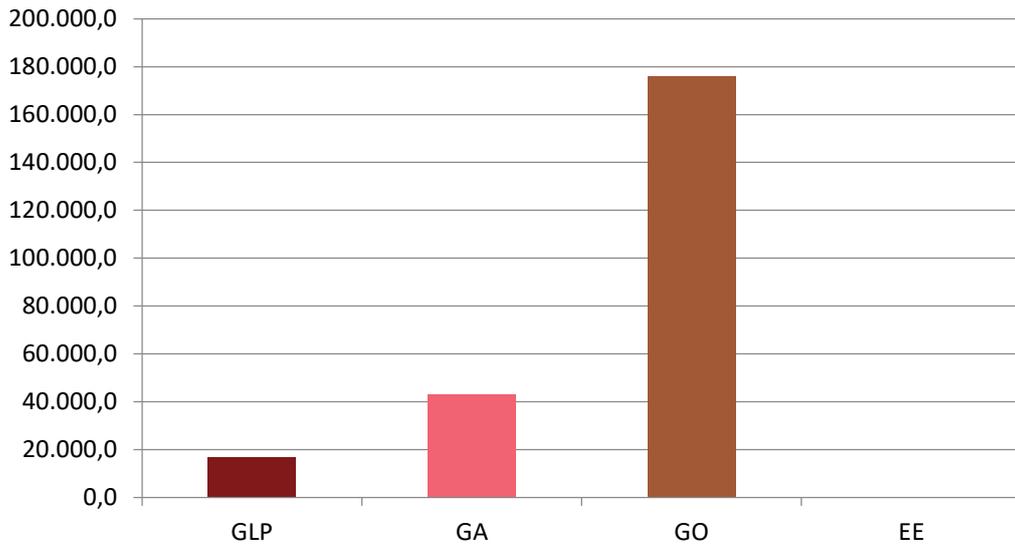
*Ilustración 25: Potenciales de ahorro – Transporte Interno – Con plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)*



En el uso Transporte Interno la fuente más conveniente resultó ser la Electricidad, principalmente debido al alto rendimiento de los motores eléctricos en comparación con los motores a combustión, y el mayor potencial de ahorro se da en la sustitución de los equipos a Gasoil, no porque esa sea la fuente menos conveniente (de hecho, la Gasolina resultó ser claramente la menos conveniente) sino porque en el sector existen mucho mayor cantidad de equipos a Gasoil para este uso. En este caso sí se tiene una situación alejada del óptimo en términos de minimización de costos por concepto de energía, ya que la mayor parte de los consumos netos no están concentrados en la Electricidad sino en el Gasoil (si bien la estimación de demanda de energía útil dio mayor en la Electricidad que en el Gasoil). Tal como se mencionó anteriormente, este proceso de sustitución tiene la dificultad de los altos precios de los vehículos eléctricos, debidos en buena medida al costo de las baterías que requieren para su funcionamiento. Otra desventaja que tienen los vehículos eléctricos son los mayores tiempos de carga que requieren en comparación con los tanques de combustible, además de la infraestructura eléctrica necesaria.

A continuación se muestra el gráfico correspondiente al caso sin plantas de celulosa:

Ilustración 26: Potenciales de ahorro – Transporte Interno – Sin plantas de celulosa - 2020 (miles de \$/año)



Respecto al caso con plantas de celulosa solamente se observan algunas diferencias menores a nivel cuantitativo, siendo los valores de potencial ligeramente menores. Sin embargo, a nivel cualitativo no hay diferencias significativas, por lo que los comentarios hechos para ese caso son válidos también en este.