

ANEXOS

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

Anexo1. Estimación de los costes de recarga de las baterías.

En el siguiente anexo se estima la demanda de las instalaciones en un caso de mercado maduro y desarrollado, tomando para ello como base las condiciones de demanda de una estación de servicio.

A1.1 Estimación de la demanda del servicio.

Debido a que no existe en la actualidad ninguna instalación de este tipo es imposible obtener una demanda aproximada de la misma, por tanto, se ha optado por tomar como referencia la demanda existente en una estación de servicio convencional reciente.

Actualmente no es posible equiparar ambos tipos de estaciones como tales dado que en el caso de la estación de servicio convencional se trata de un mercado maduro y estable mientras en el caso de la estación de servicio para vehículos eléctricos no existe tal mercado en absoluto y es de esperar varios años hasta que alcance el mismo grado de madurez y estabilidad que el mercado actual. No obstante, el estudio se realiza teniendo como objeto la viabilidad del método propuesto tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo el objetivo reside en reducir los costes de la puesta en marcha y funcionamiento de la instalación, mientras a largo el objetivo es determinar si cuando alcance su madurez y estabilidad respecto a la demanda es método es igualmente viable.

Actualmente la demanda de una estación de servicio con unas ventas de unos 3.000.000 de litros anuales se distribuye semanalmente del a siguiente forma:

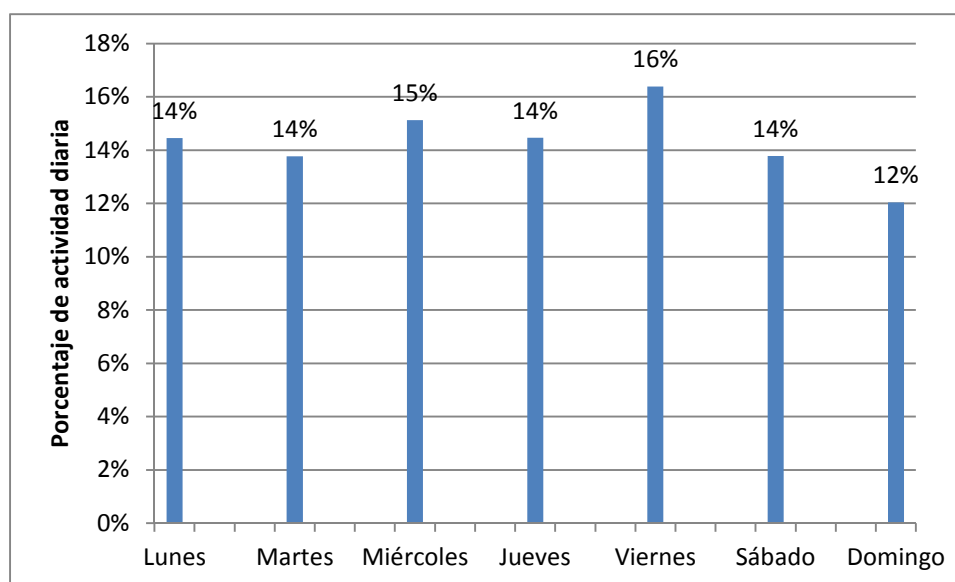


Figura A1.1: distribución de la demanda semanalmente en una estación de servicio tipo. Fuente: Zoilo Ríos.

Como se puede observar en la gráfica anterior el número de operaciones se reparte de forma bastante uniforme a lo largo de toda la semana, con una variación máxima entre el día de mayor afluencia y el de menor afluencia del 35% aproximadamente, aunque en términos absolutos sólo representa una variación del 4% del total semanal.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

En el caso de la estación de servicio tiene una media de operaciones diarias de 696, con picos que superan las 800 y valles inferiores ligeramente a las 600.

Por tanto, para nuestra estación en un mercado maduro en régimen estable, vamos a suponer un pico de 700 intercambios de baterías el día de mayor afluencia y un promedio de 616.

No se disponen de datos, o las compañías no han querido distribuirlos, de la afluencia horaria a la instalación, por lo que no es posible determinar con exactitud la demanda en función de la hora del día. Así mismo y según la tarifa que se va a proponer, existe una amplia variación de precios en función de la época del año y del horario seguido, por lo que se va a optar por simular una demanda constante y uniformemente distribuida a lo largo de todo el día.

Por otro lado, la demanda eléctrica va a tratar de concentrarse en la medida de lo posible en horario nocturno cuando la estación de servicio se encuentre cerrada debido a que las tarifas eléctricas nocturnas con el método propuesto son sensiblemente más baratas. Se reservará eso sí la posibilidad de recarga de un cierto número de baterías a lo largo del día distribuidas de forma uniforme al igual que la demanda, para evitar tener faltas de baterías cargadas para realizar intercambios.

Horas	Consumo	Existencias	Entran
0 a 1		0	
1 a 2		0	
2 a 3		200	
3 a 4		200	
4 a 5		200	
5 a 6		200	
6 a 7		200	
7 a 8		200	
8 a 9	44	156	
9 a 10	44	112	
10 a 11	44	68	
11 a 12	44	68	44
12 a 13	44	68	44
13 a 14	44	68	44
14 a 15	44	68	44
15 a 16	44	68	44
16 a 17	44	68	44
17 a 18	44	68	44
18 a 19	44	68	44

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

19 a 20	44	68	44
20 a 21	44	44	20
21 a 22	44	0	
22 a 23		0	
23 a 00		0	
TOTAL	616	Recargas:	416

Tabla A1.1: distribución horaria del consumo de baterías, de las existencias y de las recuperaciones de baterías cargadas.

En la tabla anterior se puede observar el número de baterías en stock cargadas al inicio del día, 200 y el consumo de las mismas horariamente. Se ha supuesto una demanda de 44 baterías por hora. Igualmente se ha supuesto que las baterías retiradas por hora pasan a un slot de carga donde comienzan una carga lenta a 7.3kW de potencia, con una duración total de unas 3 horas, periodo tras el cual vuelven a estar disponibles para su uso comercial. De esta forma a partir de las 3 primeras horas se alcanza una estabilización en el número de baterías en stock con un mínimo de 68, algo más del 50% de la demanda horaria, como reserva. En las últimas horas no se recarga ninguna batería con el objeto de llegar al cierre de la estación (a las 22h) con una reserva estimada de 0, para poder realizar en la medida de lo posible la recarga en horario nocturno, al ser más asequible.

Cabe destacar que con el modo de carga 3 y los conectores empleados es posible la carga de las baterías mediante AC tanto monofásica como trifásica, pudiendo variar entre 7.3 y 22kW de potencia, con tiempos de carga de entre 3 y 1 horas, de forma que en la realidad es posible adaptarse a la demanda real existente de baterías. Además, la carga en modo 3 permite la programación de la misma, de forma que una vez se alcance una cierta estabilidad en la demanda es posible contratar la potencia estimada necesaria para satisfacer la recarga de baterías en el tiempo que demanden los usuarios. Es posible así adaptarse a la demanda a la vez que optar por los horarios y potencias más baratos para realizar la recarga, todo ello de forma automática.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.



Figura A1.2: ejemplo de cargador público que permite modos de carga 1, 2 y 3 en modo trifásico o monofásico con potencias entre 3.6kW y 22kW y hasta 32 A. Fuente: Ingeteam.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

A2.Estimación de la demanda eléctrica.

Se va a calcular la demanda de potencia y el consumo de energía eléctrica en función de la demanda del servicio estimada anteriormente.

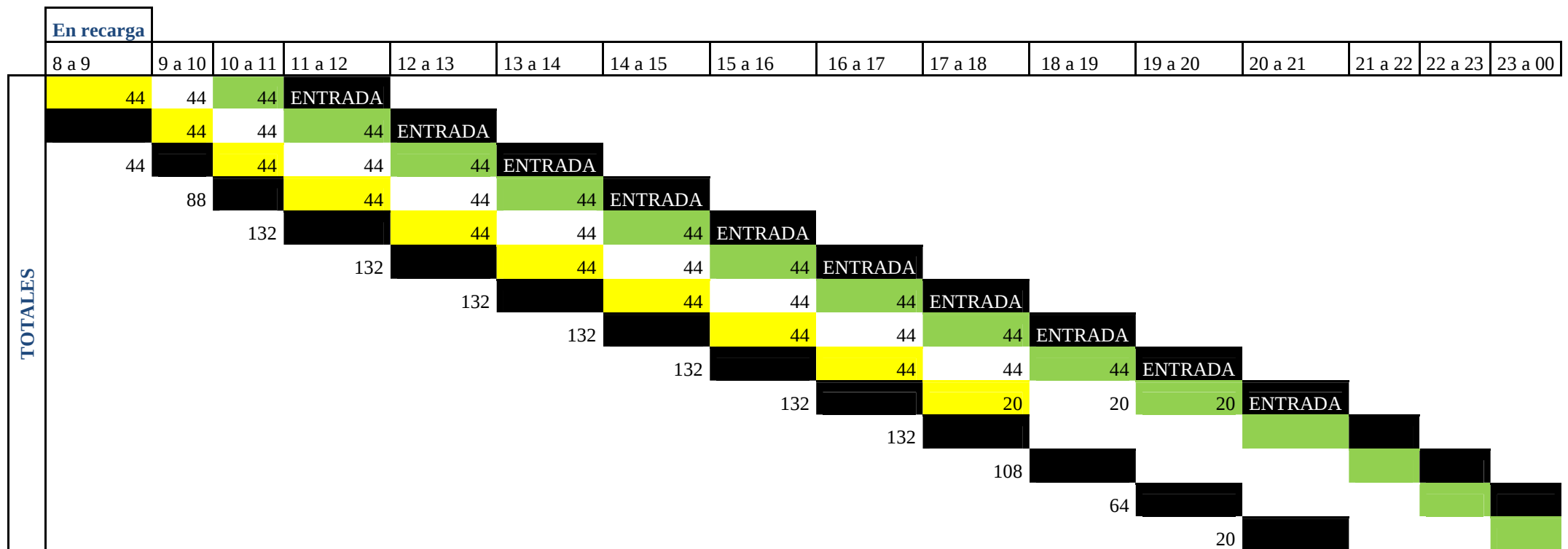


Figura A1: figura de cálculo de carga de baterías.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

En la tabla anterior podemos observar la distribución temporal de las baterías según son retiradas descargadas de los vehículos de los usuarios, son cargadas y posteriormente vuelven al pool de reserva para poder ser insertadas de nuevo en un vehículo usuario.

Así, la fila superior se encuentra dividida en secciones horarias representando intervalos de una hora a lo largo de todo el día. Los números hacen referencia a baterías, bien en proceso de entrada al sistema de carga o en la propia carga. Así, las casillas en amarillo significan entrada de baterías, las blancas suponen baterías en carga y las verdes baterías finalizando carga, siempre en referencia al intervalo horario en el que se encuentran. Las casillas marcadas como “ENTRADA” suponen la salida de un lote de baterías del sistema de carga (horizontal) y la entrada de las mismas en el pool de disponibles para intercambio. El último número de la columna marca el total de baterías fuera de disponibilidad bien por que estén iniciando, finalizando o en medio del proceso de carga.

Franja horaria	Baterías en carga	Consumo/hora (kW)	Potencia kW
0 a 1	200	1460	1460
1 a 2	200	1460	1460
2 a 3	200	1460	1460
3 a 4	0	0	0
4 a 5	0	0	0
5 a 6	0	0	0
6 a 7	0	0	0
7 a 8	0	0	0
8 a 9	44	322	322
9 a 10	88	643	643
10 a 11	132	964	964
11 a 12	132	964	964
12 a 13	132	964	964
13 a 14	132	964	964
14 a 15	132	964	964
15 a 16	132	964	964
16 a 17	132	964	964
17 a 18	108	788	788
18 a 19	64	468	468
19 a 20	20	146	146
20 a 21	0	0	0
21 a 22	0	0	0
22 a 23	0	0	0
23 a 00	0	0	0

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

Tabla A1.2: número de baterías en carga, consumo de energía eléctrica y potencia eléctrica necesaria, por franja horaria.

En la anterior tabla es posible observar el número de baterías en el proceso de carga por franja horaria. Debido a que la recarga se va a realizar a una potencia de 7.3kW para tratar de reducir en la medida de lo posible el contratar potencias elevadas con fuerte penalización económica, es posible conocer así la potencia necesaria en cada franja horaria para poder cargar el número de baterías indicado. Igualmente multiplicando la potencia de carga por el número de baterías obtenemos el consumo de energía eléctrica necesario.

$$N^{\circ} \text{ de baterías} * 7.3 \text{ kW} = \text{Potencia total necesaria (kW)}$$

$$N^{\circ} \text{ de baterías} * 7.3 \text{ kWh} = \text{Consumo horario de energía (kWh)}$$

La potencia necesaria contratar por periodo será igual a la potencia mayor en dicho periodo.

3. Elección de la tarifa eléctrica.

Se va a elegir una tarifa tipo 6 períodos por ser las tarifas más ventajosas para grandes consumidores, especialmente si como en este caso se realiza una parte importante de la recarga en horario nocturno. Dado además que la carga se va a llevar a cabo en 200 instalaciones a 230 voltios, por tanto la tarifa a seleccionar en este caso es la 6.2:

Tarifa acceso A.T.	
6.1	> 1 kV y < 36 kV
6.2	> 36 kV y < 72,5 kV
6.3	> 72,5 kV y < 145 kV
6.4	> 145 kV
6.5	Conexiones internacionales

Tabla A1.3: tabla de estimación de tarifa en función de la tensión contratada.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

DISTRIBUCION HORARIA ANUAL DE TARIFAS DE ACCESO GENERALES DE ALTA TENSION EN 6 PERIODOS (ORDEN ITC/2794/2007)

	ENER O	FEBRER O	MARZ O	ABRI L	MAY O	JUNIO		JULI O	AGOST O	SEPTIEMBR E	OCTUBR E	NOVIEMBR E	DICIEMBR E									
						1ª quincena	2ª quincena															
0 a 1 h	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6									
1 a 2 h																						
2 a 3 h																						
3 a 4 h																						
4 a 5 h																						
5 a 6 h																						
6 a 7 h																						
7 a 8 h																						
8 a 9 h	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2									
9 a 10 h	P1	P1				P3				P3			P1									
10 a 11 h						P1	P1															
11 a 12 h																						
12 a 13 h	P2	P2				P4	P1	P1		P4		P2	P2									
13 a 14 h																						
14 a 15 h																						
15 a 16 h										P4					P4							

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

16 a 17 h													
17 a 18 h													
18 a 19 h													
19 a 20 h	P1	P1	P3									P3	P1
20 a 21 h													
21 a 22 h													
22 a 23 h	P2	P2	P4									P4	P2
23 a 24 h													

NOTA: El PERIODO 6 incluye, además de las horas señaladas, todas las horas de fines de semana y fiestas nacionales

Tabla A1.4: distribución de periodos horarios tarifarios en la tarifa 6 periodos.

Por otro lado, en 2013 la distribución de días quedó de la siguiente manera:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTALES
Laborables	23	20	20	22	22	21	24	21	22	23	20	20	258
Fines de semana	8	8	10	8	9	10	8	10	9	8	10	9	107
Festivos	2	1	2	1	1	0	0	1	0	2	1	4	15

Tabla A1.5: distribución de los días del calendario 2013.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

Para calcular el precio a pagar una vez se conoce la tarifa a contratar hay que tener en cuenta una serie de elementos:

- El precio del “pool” de energía: es el precio de mercado que se puede conocer a través de OMIE²⁵. Tomando como referencia el año 2013 el precio medio del MWh para el año 2013 fue de 45 €.
- El precio de los peajes a pagar, tanto en función de la potencia contratada como del kWh. Tarifas fijadas por la administración.
- Márgenes de las distribuidoras y comercializadoras así como otras tasas (moratoria nuclear): calculamos aproximadamente un recarga del 15% del total.

Términos de potencia (€/KW y año)

Peaje	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
6.1	38,102134	19,067559	13,954286	13,954286	13,954286	6,366846
6.2	21,550117	10,784384	7,892379	7,892379	7,892379	3,601014
6.3	18,396962	9,206443	6,737588	6,737588	6,737588	3,074123
6.4	13,320989	6,666262	4,878598	4,878598	4,878598	2,225932
6.5	13,320989	6,666262	4,878598	4,878598	4,878598	2,225932

Términos de energía (€/KWh)

Peaje	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
6.1	0,025967	0,019393	0,010334	0,005143	0,003321	0,002080
6.2	0,015159	0,011321	0,006034	0,003002	0,001938	0,001213
6.3	0,014635	0,010929	0,005823	0,002897	0,001871	0,001173
6.4	0,008227	0,006825	0,003912	0,002221	0,001434	0,000989
6.5	0,008227	0,006825	0,003912	0,002221	0,001434	0,000989

Tabla A1.6: peajes por los términos de potencia y energía. Agosto 2013.

²⁵ Operador del Mercado, responsable de la gestión económica del mismo.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

Así las cosas, con la potencia necesaria por período ya calculada anteriormente:

	Potencia (kW)	Peaje €/kW y año	PEAJE ANUAL TOTAL
Periodo1	964	21,55 €	20.774,31 €
Periodo2	964	10,78 €	10.396,15 €
Periodo3	964	7,89 €	7.608,25 €
Periodo4	964	7,89 €	7.608,25 €
Periodo5	964	7,89 €	7.608,25 €
Periodo6	1460	3,60 €	5.257,48 €
			59.252,70 €

Tabla A1.7: estimación del pago de peajes anuales por términos de potencia.

Por otro lado, el precio del kWh si al coste de la electricidad le añadimos el peaje queda, según el periodo:

	Consumo kWh por hora	Peaje €/kWh	Precio kWh	PRECIO TOTAL kWh
Periodo1	Variable	0,0152 €	0,044195 €	0,0594 €
Periodo2	Variable	0,0113 €	0,044195 €	0,0555 €
Periodo3	Variable	0,0060 €	0,044195 €	0,0502 €
Periodo4	Variable	0,0030 €	0,044195 €	0,0472 €
Periodo5	Variable	0,0019 €	0,044195 €	0,0461 €
Periodo6	1.460,00	0,0012 €	0,044195 €	0,0454 €

Tabla A1.8: estimación del coste por kWh.

Finalmente, el gasto en energía eléctrica consumida obtenido tomando los periodos y el precio por kWh queda como se muestra en la siguiente tabla agrupado por franja horaria y período de tarificación de cada mes:

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio 1ª	Junio 2ª	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Horas	Festivos...
1.524,80 €	1.325,91 €	1.325,91 €	1.458,50 €	1.458,50 €	662,96 €	729,25 €	1.591,10 €	1.392,21 €	1.458,50 €	1.524,80 €	1.325,91 €	1.325,91 €	0 a 1	8.088,07 €
1.524,80 €	1.325,91 €	1.325,91 €	1.458,50 €	1.458,50 €	662,96 €	729,25 €	1.591,10 €	1.392,21 €	1.458,50 €	1.524,80 €	1.325,91 €	1.325,91 €	1 a 2	8.088,07 €
1.524,80 €	1.325,91 €	1.325,91 €	1.458,50 €	1.458,50 €	662,96 €	729,25 €	1.591,10 €	1.392,21 €	1.458,50 €	1.524,80 €	1.325,91 €	1.325,91 €	2 a 3	8.088,07 €
													3 a 4	
													4 a 5	
													5 a 6	
													6 a 7	
													7 a 8	
411,15 €	357,52 €	303,95 €	326,81 €	326,81 €	151,97 €	196,64 €	429,03 €	307,05 €	334,34 €	341,66 €	303,95 €	357,52 €	8 a 9	1.783,81 €
821,03 €	713,94 €	606,95 €	652,60 €	652,60 €	322,97 €	392,66 €	856,72 €	613,14 €	710,54 €	682,26 €	606,95 €	713,94 €	9 a 10	3.562,08 €
1.316,00 €	1.144,35 €	909,96 €	978,39 €	978,39 €	484,21 €	588,69 €	1.284,42 €	919,24 €	1.065,26 €	1.022,86 €	909,96 €	1.144,35 €	10 a 11	5.340,34 €
1.316,00 €	1.144,35 €	909,96 €	978,39 €	978,39 €	484,21 €	629,39 €	1.373,21 €	919,24 €	1.065,26 €	1.022,86 €	909,96 €	1.144,35 €	11 a 12	5.340,34 €
1.316,00 €	1.144,35 €	909,96 €	978,39 €	978,39 €	484,21 €	629,39 €	1.373,21 €	919,24 €	1.065,26 €	1.022,86 €	909,96 €	1.144,35 €	12 a 13	5.340,34 €
1.230,90 €	1.070,35 €	909,96 €	978,39 €	978,39 €	484,21 €	629,39 €	1.373,21 €	919,24 €	1.065,26 €	1.022,86 €	909,96 €	1.070,35 €	13 a 14	5.340,34 €
1.230,90 €	1.070,35 €	909,96 €	978,39 €	978,39 €	484,21 €	629,39 €	1.373,21 €	919,24 €	1.065,26 €	1.022,86 €	909,96 €	1.070,35 €	14 a 15	5.340,34 €
1.230,90 €	1.070,35 €	909,96 €	978,39 €	978,39 €	454,98 €	629,39 €	1.373,21 €	919,24 €	1.000,95 €	1.022,86 €	909,96 €	1.070,35 €	15 a 16	5.340,34 €
1.230,90 €	1.070,35 €	968,42 €	978,39 €	978,39 €	454,98 €	629,39 €	1.373,21 €	919,24 €	1.000,95 €	1.022,86 €	968,42 €	1.070,35 €	16 a 17	5.340,34 €
1.006,17 €	874,93 €	791,61 €	799,76 €	799,76 €	371,91 €	514,48 €	1.122,50 €	751,41 €	818,21 €	836,11 €	791,61 €	874,93 €	17 a 18	4.365,34 €
638,89 €	555,55 €	470,14 €	474,99 €	474,99 €	220,88 €	305,55 €	666,66 €	446,27 €	485,94 €	496,58 €	470,14 €	555,55 €	18 a 19	2.592,62 €
199,31 €	173,31 €	146,67 €	148,18 €	148,18 €	68,91 €	89,16 €	194,53 €	139,22 €	151,60 €	154,91 €	146,67 €	173,31 €	19 a 20	808,81 €
€	- €	€	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	20 a 21	- €

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

€	- €	€	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	21 a 22	- €
													22 a 23	
													23 a 00	
16.522,54 €	14.367,43 €	12.725,23 €	13.626,57 €	13.626,57 €	6.456,52 €	8.051,28 €	17.566,44 €	12.868,40 €	14.204,33 €	14.245,95 €	12.725,23 €	14.367,43 €	171.353,91 €	74.759,28 €
													246.113,19 €	

En la tabla anterior es posible observar la distribución del coste en electricidad por mes del año calculado con los datos anteriores, en función del tipo de período de que se trate. El precio neto anual a pagar por la electricidad consumida asciende a 246.113,19 €.

Análisis de los efectos del uso de los combustibles derivados del petróleo y estudio de viabilidad del modelo de intercambio de baterías para el vehículo eléctrico.

Si se unen todos los conceptos, se aplica el recargo comentado anteriormente y los impuestos, tanto especial de la electricidad como el IVA, el resultado total es:

Coste total peajes de potencia	59.252,70 €
Coste total electricidad consumida	246.113,19 €
Coste total energía	305.365,89 €
Recargo 15%	351.170,77 €
Impuesto elec. (x1,05808x4,864%)	18.073,01
TOTAL	369.243,78 €
IVA (21%)	77.541,19 €
TOTAL FINAL	446.784,97 €
Consumo total (kWh)	4.878.720,00
Precio medio (kWh)	0,09158 €

Tabla de coste de la electricidad empleada.

Por tanto finalmente la factura eléctrica en los términos de demanda supuestos asciende a **cuatrocientos cuarenta y seis mil setecientos ochenta y cuatro euros con noventa y siete céntimos. 446.784,97 €.**