

6.3.1.d Rentabilidad económica

Ahorro: 811,9 €

Inversión: 3159,4

Pay Back: $811,9/3159,4 = 3,9$ años

6.3.2 Optimización de la factura eléctrica

6.3.2.a Planteamiento

Es muy habitual que la gente no entienda toda la información que aparece en una factura, aquí se darán unos conceptos básicos para entender como optimizar la potencia contratada en la factura eléctrica y conseguir un ahorro.

En el recibo de la luz se cobran dos conceptos: la energía (kWh) y la potencia (kW). Por así decirlo, la potencia es la que determina el número de elementos que puedan estar funcionando simultáneamente. Mientras que la energía consumida es el resultado del número de horas de funcionamiento de todos los elementos del edificio.

Cuanta más potencia tengamos contratada y más energía consumamos más se encarecerá la factura eléctrica. Para conseguir un ahorro energético existen varias estrategias: mejorar los hábitos de consumo (colocando temporizadores o detectores de presencia en el caso de la iluminación) o incrementar la eficiencia de los aparatos conectados. Para ahorrar en la potencia directamente hay que utilizar la potencia óptima y eso se hace a partir de las facturas, como veremos más adelante.

Por otro lado, cabe destacar que existen distintas tarifas en el mercado eléctrico en el que podemos contratar hasta seis potencias distintas según el horario de consumo, el requisito que debemos cumplir es que la potencia del primer periodo sea inferior o igual a la del siguiente, y así sucesivamente: $P1 \leq P2 \leq P3$.

La parte importante para la optimización de la factura viene ahora. El maxímetro es un elemento de medida integrado dentro de la instalación

eléctrica que mide la potencia que se consume en cada momento indicando el consumo máximo. En función de la potencia que haya registrado el maxímetro se incluirá en la factura un valor de potencia consumida según los siguientes criterios:

Si la potencia registrada está entre un 105% y un 85% respecto a la de contrato, dicha potencia será la facturada.

Si la potencia registrada es inferior al 85% de la de contrato, la potencia facturada será igual al 85% de la potencia de contrato.

Si la potencia registrada fuera superior al 105% de la de contrato se aplicará la siguiente fórmula: Potencia a facturar = valor de maxímetro + 2(valor de maxímetro – 1,05 valor de la potencia contratada).

Siendo Pf la potencia a facturar, Pc la potencia contratada y M el valor registrado por el maxímetro, las condiciones anteriores quedarían resumidas de la siguiente manera:

$$\text{Si } 0,85P_c \leq M \leq 1,05P_c \rightarrow P_f = P_c$$

$$\text{Si } M \leq 0,85P_c \rightarrow P_f = 0,85P_c$$

$$\text{Si } M > 1,05P_c \rightarrow P_f = M + 2(M - 1,05P_c)$$

La optimización de la factura se realizará en base a estos criterios. El objetivo está claro, reducir al óptimo las distintas potencias para conseguir el máximo ahorro.

6.3.2.b Ahorro

RECIBO	POTENCIA CONTRATADA (kW)			MAXÍMETRO (kW)			COSTE FIJO (€/Kw)			POTENCIA FACTURA (kW)			COSTE DE LA POTENCIA (€)			TOTAL (€)	NUEVAS POTENCIAS (kW)			NUEVA POTENCIA FACTURA (kW)			NUEVO COSTE DE LA POTENCIA (€)			TOTAL (€)
	P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)	P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)	P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)	P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)	P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)		P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)	P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)	P1 (P)	P2 (LL)	P3 (V)	
6	43,6	43,6	43,6	26	37	15	0,05	0,03	0,02	37,06	37,06	37,06	53,62	32,17	21,45	107,23	31,6	34,6	34,6	26,86	38,34	29,41	38,86	33,28	17,02	89,16
8	43,6	43,6	43,6	30	31	15	0,05	0,03	0,02	37,06	37,06	37,06	61,01	36,61	24,4	122,02	31,6	34,6	34,6	30	31	29,41	49,39	30,62	19,37	99,38
11	43,6	43,6	43,6	31	32	12	0,05	0,03	0,02	37,06	37,06	37,06	51,77	31,06	20,71	103,54	31,6	34,6	34,6	31	32	29,41	43,3	26,82	16,43	86,56
12	43,6	43,6	43,6	31	32	14	0,05	0,03	0,02	37,06	37,06	37,06	57,31	34,39	22,93	114,63	31,6	34,6	34,6	31	32	29,41	47,94	29,69	18,19	95,83
14	43,6	43,6	43,6	39	42	19	0,05	0,03	0,02	39	42	37,06	60,31	38,97	22,93	122,21	31,6	34,6	34,6	50,64	53,34	29,41	78,32	49,5	18,19	146,00
15	43,6	43,6	43,6	39	41	20	0,116	0,07	0,047	39	41	37,06	136,2	85,88	51,75	273,79	31,6	34,6	34,6	50,64	50,34	29,41	176,8	105,4	41,07	323,31
17	43,6	43,6	43,6	32	34	17	0,116	0,07	0,047	37,06	37,06	37,06	142,3	85,39	56,93	284,64	31,6	34,6	34,6	32	34	29,41	122,9	78,34	45,18	246,41
19	43,6	43,6	43,6	31	39	20	0,129	0,07	0,047	37,06	39	37,06	128,9	73,52	46,58	248,99	31,6	34,6	34,6	31	44,34	29,41	107,8	83,59	36,96	228,37
20	43,6	43,6	43,6	28	35	17	0,116	0,07	0,047	37,06	37,06	37,06	146,6	87,98	58,65	293,27	31,6	34,6	34,6	28	35	29,41	110,8	83,09	46,55	240,42
22	43,6	43,6	43,6	11	12	6	0,116	0,07	0,047	37,06	37,06	37,06	129,4	77,63	51,75	258,76	31,6	34,6	34,6	26,86	29,41	29,41	93,77	61,6	41,07	196,45
23	43,6	43,6	43,6	27	37	27	0,113	0,068	0,045	37,06	37,06	37,06	117,4	70,44	46,96	234,80	31,6	34,6	34,6	27	38,34	29,41	85,53	72,87	37,27	195,67
24	43,6	43,6	43,6	25	37	27	0,112	0,067	0,045	37,06	37,06	37,06	4,135	2,481	1,654	8,27	31,6	34,6	34,6	26,86	38,34	29,41	2,997	2,567	1,313	6,88
26	43,6	43,6	43,6	29	35	18	0,112	0,067	0,045	37,06	37,06	37,06	111,7	66,99	44,66	223,31	31,6	34,6	34,6	29	35	29,41	87,37	63,27	35,44	186,08
27	43,6	43,6	43,6	28	32	17	0,112	0,067	0,045	37,06	37,06	37,06	136,5	81,88	54,59	272,93	31,6	34,6	34,6	28	32	29,41	103,1	70,7	43,32	217,13
29	43,6	43,6	43,6	26	29	13	0,112	0,067	0,045	37,06	37,06	37,06	124,1	74,44	49,62	248,12	31,6	34,6	34,6	26,86	29,41	29,41	89,92	59,07	39,38	188,37
																2334,50										2037,92

El gasto actual derivado de la potencia contratada es de 2334,5 €, y con la propuesta de nuevas potencias el gasto se reduce a 2037,92 €. Comparando estos dos resultados vemos cómo se consigue un ahorro de 296,58 € al año.

En el primer apartado aparecen las “**potencias contratadas**”. Seguidamente, en el apartado de “**maxímetro**” se indica la potencia registrada por el maxímetro. El “**coste fijo**”, es el coste por kW facturado. La “**potencia facturada**” es la potencia resultante de las fórmulas que se ha hablado anteriormente. El “**coste de la potencia**” es el resultante del producto de la potencia facturada y el coste fijo. El apartado “**total**” es la suma de los costes de la potencia para los distintos periodos.

En “**nuevas potencias**” proponemos las potencias que reducirán el coste derivado de la potencia contratada. Este apartado debe compararse con el de “potencias contratadas”. El apartado de “**nueva potencia facturada**” es el resultado de la aplicación de las fórmulas citadas anteriormente, a las nuevas potencias propuestas. Y el “**nuevo coste fijo**” es el resultado de multiplicar el coste fijo (€/kW) por la nueva potencia facturada y debe de compararse con el apartado de “coste de la potencia”. El apartado “**total**” es la suma de los nuevos costes de potencia para los distintos periodos.

En el apartado de “nuevo coste fijo” hay valores que aparecen **remarcados** esto es porque este nuevo coste es mayor que el anterior, se debe a que la potencia se ha reducido hasta tal punto que hay momentos en que se nos penalizará porque consumiremos más de lo contratado. Pero en suma sigue saliendo más económico como se puede ver al final.

6.3.2.c Inversión

Como vemos, hemos conseguido un ahorro anual de 296,58 € al año sin hacer ninguna obra, simplemente cambiando el contrato con la empresa suministradora de la electricidad.

6.3.4 Cambio de ascensor

6.3.4.a Planteamiento

En el hotel existen dos ascensores hidráulicos de 9 kW. En la actualidad existen ascensores más eficientes que debido a su diseño les permite ahorrar hasta un 70% de energía en comparación con los ascensores hidráulicos.

6.3.4.b Ahorro

El coste energético que generan los ascensores representan un 9% del consumo del hotel (23884,87), es decir 2149,56 € al año.

El fabricante de ascensores ofrece la siguiente de tabla donde podemos ver el ahorro que se produce de un ascensor a otro:

Ascensor	Hidráulico		Tracción de 2 velocidades		Otis GeN2 Comfort	
	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo
4 personas	7,7 kW	1.790 kWh / año	3,3 kW	1.150 kWh / año	2,2 kW	590 kWh / año
6 personas	9,5 kW	2.200 kWh / año	5,0 kW	1.330 kWh / año	3,2 kW	660 kWh / año
8 personas	11,0 kW	2.520 kWh / año	5,0 kW	1.470 kWh / año	4,2 kW	770 kWh / año
Luz en cabina	Consumo sin apagado automático		Consumo sin apagado automático		Consumo con apagado automático	
	530 kWh / año		530 kWh / año		130 kWh / año	

Comparando el ascensor hidráulico con el ascensor de la derecha vemos como pasa de una potencia de 9,5 kW a 3,2 kW y de un consumo de energía de 2200 kWh/año a 660 kWh/año. Esto nos da el siguiente ahorro:

$$A = 100 \cdot \left(1 - \frac{660}{2200}\right) = 70\%$$

Vemos como se produce el ahorro del 70% que nos hablaban. Pero como hemos visto anteriormente, se pueden conseguir ahorros bajando la potencia contratada en la factura eléctrica. Con este tipo de ascensor conseguimos reducir la potencia consumida en 6,3 kW, con lo cual estamos viendo que se produce un doble ahorro: por energía consumida y por potencia necesaria.

Finalmente el ahorro anual será de: $2149,56 \cdot 0,7 = 1504,3$ €/año

6.3.4.c Inversión

Puesto que ya existe un recinto del ascensor el coste del cambio puede encontrarse entre 12000 y 20000 €. Como no hemos podido acceder al precio del ascensor y se trata de un ascensor de alta eficiencia suponemos que el precio del ascensor está en torno a los 18000 €. Y por tanto los dos ascensores costarán 36000 €.

6.3.4.d Rentabilidad económica

Ahorro: 1504,3 €

Inversión: 36000 €

Payback: $PB = \frac{36000}{1504,3} = 23,93 \text{ años}$

6.3.5 Motores de mayor eficiencia

6.3.5.a Planteamiento

En el mercado existen multitud de motores. Existe una clasificación de motores en función de su eficiencia a saber: IE1 (75%), IE2 (79,6%), IE3 (82,7%) e IE4 (86,7) de menor a mayor; estos valores varían según la potencia del motor y el modelo. Pero, ¿cómo se evalúa el rendimiento de una bomba?

En el desarrollo del inventario hemos dicho que teníamos bombas de diversa potencia, esa potencia es la llamada potencia de salida (P_s), es la que son capaces de generar. Sin embargo a esos motores reciben una potencia de entrada (P_e) mayor que la de salida. De esta manera llegamos al término de eficiencia, que se expresa de la siguiente manera:

$$\mu = 100 \cdot \frac{P_s}{P_e}$$

Con motores de mejor eficiencia conseguiremos la misma potencia a un menor coste.

6.3.5.b Ahorro

El ahorro económico con el cambio de motor de mayor eficiencia dependerá de la potencia del motor, del número de horas que esté funcionando el motor y del precio de la energía.

Al tratarse de una instalación relativamente nueva la eficiencia de los motores será de IE2. A continuación se adjuntan unas tablas con las que hemos calculado el ahorro anual con el cambio a motores de eficiencia IE2 a IE3 e IE4.

Cambio de motores IE2 a IE3

Ps (kW)	horas/día	horas/año	μ IE2	μ IE3	$\Delta \mu$ IE3-IE2	€/kWh	Pe E2 (kW)	Pe E3 (kW)	AHORRO kWh/h IE3-IE2	AHORRO ANUAL IE3-IE2 (€)
1,5	6	2190	0,813	0,842	3,6%	0,172	1,84	1,78	0,063	23,93
1,5	12	4380	0,813	0,842	3,6%	0,172	1,84	1,78	0,063	47,87
0,8	6	2190	0,796	0,827	3,9%	0,172	1,00	0,96	0,037	14,19
0,9	6	2190	0,796	0,827	3,9%	0,172	1,13	1,08	0,042	15,96
3	6	2190	0,846	0,871	3,0%	0,172	3,54	3,44	0,101	38,33
1,3	6	2190	0,813	0,842	3,6%	0,172	1,59	1,54	0,055	20,74
1,4	6	2190	0,813	0,842	3,6%	0,172	1,72	1,66	0,059	22,34

Cambio de motores IE2 a IE4

Ps (kW)	horas/día	horas/año	μ IE2	μ IE4	$\Delta \mu$ IE4-IE2	€/kWh	Pe IE2 (kW)	Pe IE4 (kW)	AHORRO kWh/h IE4-IE2	AHORRO ANUAL IE4-IE2 (€)
1,5	6	2190	0,813	0,865	6,4%	0,172	1,84	1,73	0,110	41,77
1,5	12	4380	0,813	0,865	6,4%	0,172	1,84	1,73	0,110	83,55
0,8	6	2190	0,796	0,852	7,0%	0,172	1,00	0,93	0,066	24,88
0,9	6	2190	0,796	0,852	7,0%	0,172	1,13	1,05	0,074	27,99
3	6	2190	0,846	0,891	5,3%	0,172	3,54	3,36	0,179	67,46
1,3	6	2190	0,813	0,865	6,4%	0,172	1,59	1,50	0,096	36,20
1,4	6	2190	0,813	0,865	6,4%	0,172	1,72	1,61	0,103	38,99

Como vemos a mayor potencia y número horas obtenemos un mayor ahorro, además todo esto se incrementa con la mejora de la eficiencia. Veamos ahora cuál sería la inversión necesaria.

6.3.5.c Inversión y rentabilidad

Motores IE3

Ps (kW)	INVERSIÓN IE3 (€)	AHORRO ANUAL IE3-IE2 (€)	PAY BACK (AÑOS)
1,5	503	23,93	21,05
1,5	503	47,87	10,52
0,8	437	14,19	30,82
0,9	437	15,96	27,39
3	706	38,33	18,43
1,3	503	20,74	24,29
1,4	503	22,34	22,55

Motores IE4

Ps (kW)	INVERSIÓN IE4 (€)	AHORRO ANUAL IE4-IE2 (€)	PAY BACK (AÑOS)
1,5	637	41,78	15,24
1,5	637	83,56	7,62
0,8	592	24,88	23,78
0,9	592	27,99	21,13
3	784	67,46	11,61
1,3	637	36,21	17,59
1,4	637	38,99	16,33

A la vista de estos resultados la inversión inicial por cada motor es elevada, pero también vemos unos ahorros muy interesantes que consiguen recuperar la inversión inicial antes de finalizar la vida útil de la instalación. Tal y como se ha presentado la información se puede ver cuál sería el periodo de retorno individualmente por cada motor, esto permite evaluar el ahorro en caso de cambiar únicamente un motor.

De todas formas se hará un análisis conjunto de los motores con mayor rentabilidad:

Ps (kW)	UD.	INVERSIÓN IE4	AHORRO ANUAL IE4-IE2 (€)	PAY BACK (AÑOS)
1,5	1	637	83,56	15,24
3	2	1568	134,92	7,62
		2205	218,48	10,09

7. RESUMEN

A lo largo de este trabajo hemos ido desarrollando unas propuestas de mejora para mejorar la eficiencia de las instalaciones. A modo de síntesis se adjunta el siguiente cuadro donde se puede ver gráficamente cuáles son las propuestas más interesantes tanto en ahorro, como en inversión como en rentabilidad. Cuanto más oscura sea la celda, más interesante será esa opción.

Propuesta	Ahorro anual (€)	Inversión (€)	Payback (años)
Recuperación del agua del spa para cisternas	553,2	3494	6,3
Instalación de captadores solares	2857	27344,78	9,57
Recuperador de calor en el spa	—	—	—
Cambio a gas natural	11044	6065	0,54
Cambio de carpinterías	1094	51825,18	47,3
Aislamiento exterior de la fachada	1053,92	27950	26,52
Manta térmica en la piscina	1189,3	104	0,08
Implantación de iluminación LED	811,9	3159,4	3,9
Optimización factura eléctrica	296,58	0	0
Cambio de ascensor	1504,3	36000	23,93
Motores de mayor eficiencia	218,48	2205	10,09

De esta manera podemos ver como el cambio a gas natural es la propuesta con mejores resultados tanto en ahorro como en inversión y por tanto en periodo de retorno.

Las opciones con inversiones más atractivas son las de la manta térmica y la optimización de la factura (puesto que no representa ningún coste).

Y desde el punto de vista del periodo de recuperación de la inversión vemos que las opciones más rentables son de mayor a menor rentabilidad: la optimización de la factura, la colocación de la manta térmica en la piscina, el cambio a gas natural, la implantación de iluminación LED y el aprovechamiento del agua del spa para las cisternas del w.c.

BIBLIOGRAFÍA

A. Barragán y J. Navarro

Instalaciones de climatización, curso 2013/14 Master de Eficiencia Energética y Sostenibilidad, Universidad Jaume I

J. Latorre

Auditoría Energética, curso 2013/14 Master de Eficiencia Energética y Sostenibilidad, Universidad Jaume I

F. Galvany

Integración de energías renovables, curso 2013/14 Master de Eficiencia Energética y Sostenibilidad, Universidad Jaume I

NORMATIVA

Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)

Código Técnico de la Edificación (CTE)

IMÁGENES CONSEGUIDAS A TRAVÉS DE INTERNET

<http://sacyv.com/nuestro-blog/sistemas-de-climatizacion/> 10/11/2014 23:19

<http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/Colectorsolar.htm> 13/11/2014 21:17

<http://www.weber.es/sate-aislamiento-termico-por-el-exterior/soluciones/sistema-webertherm-etics/sistema-webertherm-etics-acabado-mineral-capa-gruesa.html>

17/11/2014 19:23

http://i.ytimg.com/vi/APIUqD_JOkw/hqdefault.jpg 09/11/2014 20:39

PLANOS

Cedidos por los propietarios del Hotel. Autor: J. Navarro

ANEXO I: PLANOS











ANEXO II: DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

II.1 Documentación técnica sobre el captador

II.2 Documentación técnica sobre los motores

II.1 Documentación técnica de los captadores solares

II.2 Documentación técnica sobre los motores

Eficiencia Energética Motores de Inducción ABB

Potencia [KW]	IE1 Eficiencia estándar			IE2 Alta eficiencia			IE3 Eficiencia Premium			IE4 Eficiencia Super Premium		
	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	72,1	70	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9	84,9	85,6	83,1
1,1	75	75	72,9	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81	86,7	87,4	84,1
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5	87,5	88,1	86,2
2,2	79,7	79,7	77,7	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3	89,1	89,7	87,1
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6	89,7	90,3	88,7
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8	90,3	90,9	89,5
5,5	84,7	84,7	83,1	87	87,7	86	89,2	89,6	88	91,5	92,1	90,2
7,5	86	86	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1	92,1	92,6	91,5
11	87,6	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3	93	93,6	92,5
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2	93,4	94	93,1
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7	93,8	94,3	93,5
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93	92,2	94,2	94,7	93,9
30	90,7	90,7	90,2	92	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9	94,5	95	94,3
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3	94,8	95,3	94,6
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94	94,2	93,7	95,1	95,6	94,9
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	94,3	94,6	94,1	95,4	95,8	95,2
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94	93,7	94,7	95	94,6	95,6	96	95,4
90	93	93	92,9	94,1	94,2	94	95	95,2	94,9	95,8	96,2	95,6
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1	96	96,4	95,6
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4	96	96,5	95,8
160	93,7	93,8	93,8	94,8	94,9	94,8	95,6	95,8	95,6	96,2	96,5	96
200	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,3	96,6	96,1
250	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,4	96,7	96,1
315	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,5	96,8	96,1
355	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	96,6	96,8	96,1
375	94	94	94	95	95,1	95	95,8	96	95,8	-400	96,6	96,8

ANEXO III: FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO

Fachada del edificio



Sectores del edificio desde el exterior



Sector B

Sector A

Sector C

Instalaciones del Balneario



Recinto de las bombas del spa

