

Carles Suau Regordosa

**Millora de l'eficiència energètica en una empresa de
fabricació d'articles de parament**

**Treball Fi de Màster
dirigit per Dr. Dieter-Thomas Boer**

Màster en Enginyeria Industrial



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona
2018**

Carles Suau Regordosa

**Millora de l'eficiència energètica en una empresa de
fabricació d'articles de parament**

DOCUMENT I: Índex general



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona
2018**

Índex general

Document I: Índex general

1	Introducció.....	1
1.1	L'auditoria energètica i la seva importància en el sector industrial.....	1
1.2	Objectius del projecte.....	2
2	Dades generals de l'empresa auditada.....	3
2.1	Dades generals.....	3
2.2	Dades de producció.....	3
3	Processos de producció.....	5
3.1	Memòria descriptiva de la instal·lació.....	5
3.1.1	Fabricació.....	5
3.1.2	Pintura.....	5
3.1.3	Muntatge.....	6
3.1.4	Magatzem.....	6
3.1.5	Oficines.....	6
3.1.6	Taller.....	6
3.1.7	Altres.....	6
3.2	Diagrama de processos.....	6
3.3	Característiques dels principals consumidors d'energia.....	8
3.3.1	Maquinària de producció.....	8
3.3.2	Pintura.....	9
3.3.3	Ventilació.....	9
3.3.4	Refrigeració.....	9
3.3.5	Producció d'aire comprimit (compressors).....	9
3.3.6	Il·luminació.....	9
3.3.7	Equips d'ofimàtica.....	10
4	Anàlisi energètic del centre.....	11
4.1	Fonts de subministrament energètic.....	11
4.1.1	Consum d'energia elèctrica.....	11
4.1.2	Consum de gas natural.....	12
4.1.3	Produccions energètiques pròpies.....	13
4.2	Distribució del consum energètic per activitats.....	13
4.3	Distribució del consum energètic per hores.....	13
5	Mesurament i registre de dades.....	15
5.1	Mesuraments elèctrics.....	15
5.1.1	Potència consumida.....	15

5.1.2	Energia activa – reactiva	16
5.1.3	Compressors	16
5.1.4	Anàlisi dels fums del forn de fosa.....	17
6	Consums específics i costos energètics	18
6.1	Consum específic de l'energia en l'establiment.....	18
6.2	Cost energètic de l'establiment, factura energètica i tarifes aplicades.....	18
6.2.1	Energia elèctrica	18
6.2.2	Gas natural	19
7	Estudi de possibles millores detectades en l'auditoria energètica	21
7.1	Implementació d'un nou forn principal	21
7.1.1	Característiques del forn actual	21
7.1.2	Característiques dels diferents tipus de forns.....	21
7.1.3	Resultats dels diferents forns	23
7.1.4	Elecció del nou forn de fosa.....	24
7.2	Implementació d'un nou forn de manteniment.....	24
7.2.1	Comparació forn actual amb les ofertes	24
7.2.2	Elecció del nou forn de manteniment.....	25
7.3	Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica en la nau industrial	25
7.3.1	Objectiu de l'estudi i generalitats de l'efecte fotoelèctric.....	25
7.3.2	Emplaçament i dimensions de les cobertes.....	26
7.3.3	Dimensionament de la instal·lació	27
7.3.4	Pressupost	33
7.3.5	Estudi de rendibilitat	33
7.3.6	Conclusions.....	34
7.4	Anàlisi del límit de potència de la tarifa d'electre.....	35
7.4.1	Superació del límit de potència.....	35
7.4.2	Modificació de la tarifa actual.....	36
7.5	Anàlisi i modificació del compressor.....	36
7.5.1	Fuites del compressor	37
7.5.2	Ordre dels compressors.....	37
7.5.3	Estalvi total	37
7.6	Implementació d'un sistema de monitoratge i control	37
7.7	Pressupost total	38
7.8	Recomanacions.....	39
7.8.1	Implementació d'un nou forn principal.....	39
7.8.2	Implementació d'un nou forn de manteniment	39

7.8.3 Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica	40
7.8.4 Anàlisi del límit de potència	40
7.8.5 Anàlisi i modificació del compressor	40
7.8.6 Implementació sistema monitoratge	40
8 Conclusions	41
9 Referències	42
A Taula d'equivalències energètiques.....	1
B Costos energètics.....	1
B.1 Energia elèctrica.....	1
B.2 Gas Natural	3
C Corbes de consum	5
D Implementació d'un nou forn principal.....	7
E Implementació d'un nou forn de manteniment	9
F Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica en la nau industrial.....	10
F.1 Càlcul d'inversors	10
F.1.1 Comprovació de no superació de la potència màxima.....	10
F.2 Càlcul de producció diària	10
F.3 Estudi de la rendibilitat	11
G Càlculs econòmics.....	17
G.1 Payback.....	17
H Anàlisi compressors	17
H.1 Llistat de fuites	17

Carles Suau Regordosa

**Millora de l'eficiència energètica en una empresa de
fabricació d'articles de parament**

DOCUMENT II: Memòria



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona
2018**

Índex

Document II: Memòria

1	Introducció.....	1
1.1	L'auditoria energètica i la seva importància en el sector industrial.....	1
1.2	Objectius del projecte.....	2
2	Dades generals de l'empresa auditada.....	3
2.1	Dades generals	3
2.2	Dades de producció.....	3
3	Processos de producció	5
3.1	Memòria descriptiva de la instal·lació	5
3.1.1	Fabricació	5
3.1.2	Pintura.....	5
3.1.3	Muntatge	6
3.1.4	Magatzem	6
3.1.5	Oficines	6
3.1.6	Taller.....	6
3.1.7	Altres.....	6
3.2	Diagrama de processos.....	6
3.3	Característiques dels principals consumidors d'energia.....	8
3.3.1	Maquinària de producció.....	8
3.3.2	Pintura.....	9
3.3.3	Ventilació	9
3.3.4	Refrigeració.....	9
3.3.5	Producció d'aire comprimit (compressors)	9
3.3.6	Il·luminació	9
3.3.7	Equips d'ofimàtica.....	10
4	Anàlisi energètic del centre	11
4.1	Fonts de subministrament energètic.....	11
4.1.1	Consum d'energia elèctrica	11
4.1.2	Consum de gas natural.....	12
4.1.3	Produccions energètiques pròpies	13
4.2	Distribució del consum energètic per activitats.....	13
4.3	Distribució del consum energètic per hores.....	13
5	Mesurament i registre de dades	15

5.1	Mesuraments elèctrics	15
5.1.1	Potència consumida	15
5.1.2	Energia activa – reactiva	16
5.1.3	Compressors	16
5.1.4	Anàlisis dels fums del forn de fosa.....	17
6	Consums específics i costos energètics	18
6.1	Consum específic de l'energia en l'establiment.....	18
6.2	Cost energètic de l'establiment, factura energètica i tarifes aplicades.....	18
6.2.1	Energia elèctrica	18
6.2.2	Gas natural	19
7	Estudi de possibles millores detectades en l'auditoria energètica	21
7.1	Implementació d'un nou forn principal	21
7.1.1	Característiques del forn actual	21
7.1.2	Característiques dels diferents tipus de forns.....	21
7.1.3	Resultats dels diferents forns	23
7.1.4	Elecció del nou forn de fosa	24
7.2	Implementació d'un nou forn de manteniment.....	24
7.2.1	Comparació forn actual amb les ofertes	24
7.2.2	Elecció del nou forn de manteniment.....	25
7.3	Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica en la nau industrial	25
7.3.1	Objectiu de l'estudi i generalitats de l'efecte fotoelèctric.....	25
7.3.2	Emplaçament i dimensions de les cobertes.....	26
7.3.3	Dimensionament de la instal·lació	27
7.3.4	Pressupost	33
7.3.5	Estudi de rendibilitat	33
7.3.6	Conclusions	34
7.4	Anàlisis del límit de potència de la tarifa d'electre.....	35
7.4.1	Superació del límit de potència.....	35
7.4.2	Modificació de la tarifa actual.....	36
7.5	Anàlisis i modificació del compressor.....	36
7.5.1	Fuites del compressor	37
7.5.2	Ordre dels compressors.....	37
7.5.3	Estalvi total	37
7.6	Implementació d'un sistema de monitoratge i control	37
7.7	Pressupost total	38
7.8	Recomanacions	39

7.8.1 Implementació d'un nou forn principal	39
7.8.2 Implementació d'un nou forn de manteniment	39
7.8.3 Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica	40
7.8.4 Anàlisi del límit de potència	40
7.8.5 Anàlisi i modificació del compressor	40
7.8.6 Implementació sistema monitoratge	40
8 Conclusions	41
9 Referències	42

1 Introducció

El present document consisteix en la memòria del Treball de Fi de Màster titulat com "Millora de l'eficiència energètica en una empresa de fabricació d'articles de parament". Aquest treball té com a objectiu final l'obtenció del Màster d'Enginyeria Industrial a la Universitat Rovira i Virgili, i s'ha realitzat en l'empresa Comercial Valira S.A de Reus.

A continuació es mostra una breu contextualització del problema dins el marc energètic, polític i econòmic actual, abans d'exposar més detalladament els objectius plantejats en aquest treball.

1.1 L'auditoria energètica i la seva importància en el sector industrial

L'energia és un dels recursos que suporten el desenvolupament de la societat actual, i la seva disponibilitat i bon ús és essencial per tal de determinar l'èxit o fracàs de l'economia mundial. Això ha comportat que s'intenti reduir el consum de components fòssils mitjançant energies renovables i l'optimització del consum de la pròpia energia, fet que comporta importants estalvis econòmics per a les empreses.

Per tal de reduir aquests consums, les empreses donen una gran importància a la realització de les auditories energètiques.

L'auditoria energètica és l'eina sobre la qual es basa un pla estructurat d'estalvi energètic. L'auditoria implica realitzar una tasca de recollida d'informació, anàlisi, classificació, proposta d'alternatives, quantificació d'estalvis i presa de decisions^{[2] [3]}.

Cada vegada amb més freqüència en les últimes dècades, les auditories energètiques han permès reduir la demanda d'energia, cada dia més costosa, les despeses i avançar cap a un desenvolupament sostenible. Amb aquestes auditories s'ha tractat de reduir els consums energètics en el sector industrial a través de guies d'estalvi i eficiència energètica. Els programes d'auditoria han demostrat la seva eficàcia a escala mundial per millorar el rendiment energètic de les instal·lacions industrials.

En aquest sector les auditories energètiques persegueixen els següents objectius:

- Adequar els consums reals de la planta als consums nominals, garantint un bon manteniment de les instal·lacions.
- Reduir els consums nominals amb noves tecnologies que augmentin l'eficiència del consum energètic.
- Minimitzar la demanda del procés optimitzant l'operació dels serveis energètics.

El consum d'energia final es divideix pràcticament en tres grans blocs, residencial, transport i industrial. La distribució es mostra en la figura 1.1.

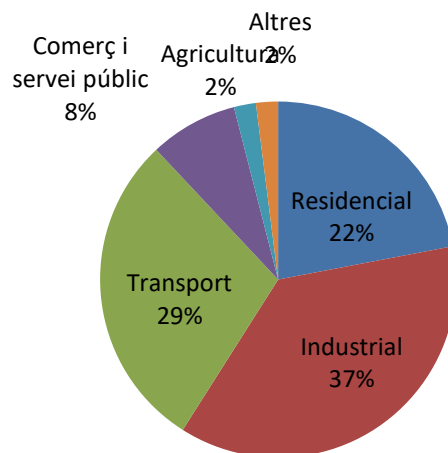


Figura 1.1. Consum total d'energia al món en el 2015 (9384 Mtep)^[4].

Tal com es pot observar en la figura 1.1, la realització d'una auditoria energètica en el sector industrial és una necessitat vital, ja que és el sector que consumeix més energia.

1.2 Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és realitzar una auditoria a les instal·lacions de la fàbrica Comercial Valira S.A en el polígon industrial Agro-Reus situat en la província de Tarragona.

Aquesta auditoria s'ha realitzat des del punt de vista energètic i contindrà els següents apartats^[5].

- Recopilació de les dades generals de la fàbrica, així com dels principals equips consumidors d'energia: Forns, compressors, màquines d'injectar, etc.
- Anàlisi dels històrics de consums d'energia elèctrica, de la seva utilització i possible optimització.
- Estudiar els consums específics i els costos energètics de les instal·lacions.
- Estudiar les possibles millores a realitzar i la seva aplicació.

Pel que fa a les mesures d'estalvi, no totes han de suposar una inversió econòmica, com per exemple la modificació en la tarifa elèctrica o del funcionament del compressor. Ara bé, si el que es vol és reemplaçar algun equip que requereixi una inversió, caldrà avaluar quin és el període de retorn perquè les solucions plantejades siguin viables. Per tant, l'anàlisi econòmica també serà un dels aspectes clau a avaluar per tal de decidir quines mesures s'aportaran i quines es descartaran.

Per tant l'objectiu final del treball de fi de màster serà analitzar si es poden optimitzar els consums energètics en la planta de producció, mantenint o millorant les característiques del procés productiu i sense empitjorar el confort de l'empleat.

2 Dades generals de l'empresa auditada

2.1 Dades generals

L'empresa on s'ha realitzat l'estudi energètic d'aquest projecte és Comercial Valira S.A. Està situada en el polígon industrial Agro-Reus, en el municipi de Reus, la capital de la comarca del Baix Camp, a l'oest del Camp de Tarragona i a uns 10 km de la mar Mediterrània. La seva població és de 103.194 habitants (2015), que es concentren en una àrea de 52,8 km².



Figura 1.1. Localització de Comercial Valira S.A.

En la taula 1.1 es mostren les dades generals de l'empresa auditada.

Taula 1.1. Dades generals.

Dades generals de l'empresa auditada	
Empresa	Comercial Valira S.A
Domicili social	C/Apel·les Mestres (polígon industrial Agro-Reus), 12-14, 43206, Tarragona
Activitat empresarial	Manufacturera
CNAE	4649 – Comerç a l'engròs de productes d'ús domèstic
Data de creació	09/01/1976
Email	valira@valira.com
Descripció de la indústria	Empresa que fabrica parament per a la llar

2.2 Dades de producció

És una empresa dedicada a la fabricació i comercialització de parament per a la llar, principalment paelles.

Taula 1.2. Règim d'activitat de l'empresa.

Règim d'activitat			
Nre. d'empleats	72 treballadors		
Règim de funcionament	Hores/dia 24	Dies/setmana 5	Dies/any 255
Horari de funcionament	Dilluns – Divendres		0:00 – 0:00
Capacitat productiva de la fàbrica	Mensual 800.000 unitats	Anual 9.600.000 unitats	
Matèries primeres	Alumini, discos d'acer AISI 430, mànecs de baquelita, d'acer inoxidable, antiadherents i plàstics		
Productes	Bateria de cuina d'injecció d'alumini, injecció de plàstics i productes de mobilitat		

3 Processos de producció

3.1 Memòria descriptiva de la instal·lació

La instal·lació està dividida en diferents parts tal com s'observa en la figura 3.1.

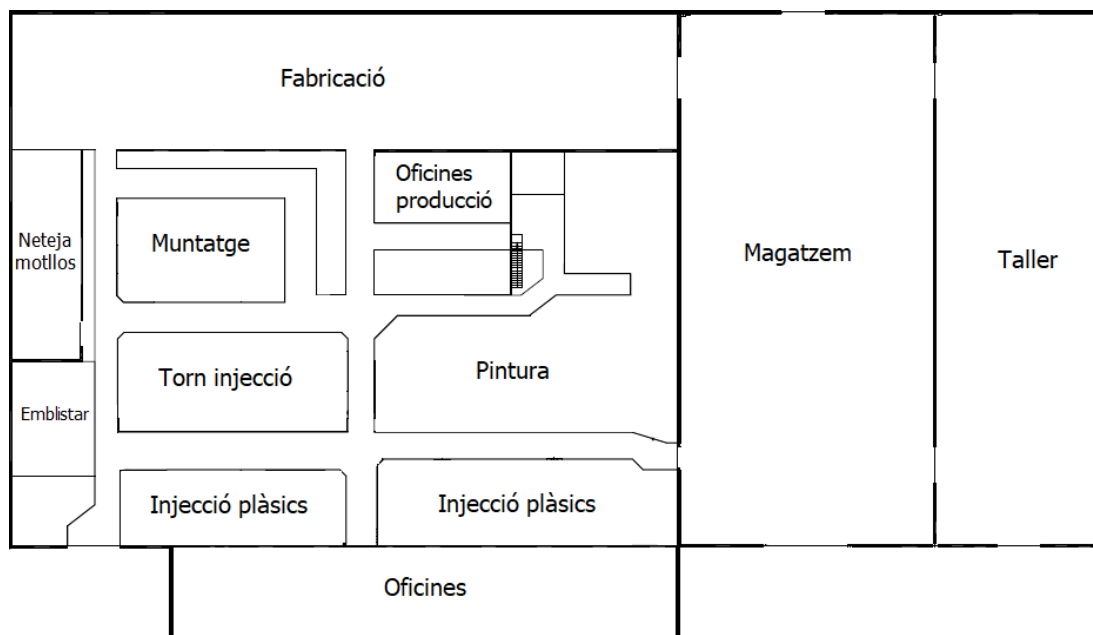


Figura 3.1. Parts de la instal·lació.

A continuació es realitza una breu descripció de totes les parts importants que engloba la instal·lació de l'empresa Comercial Valira S.A.

3.1.1 Fabricació

Es fabriquen els diferents tipus de paelles a partir dels forns de fosa que fon l'alumini i les màquines d'injecció que donen la forma a la paella. Aquesta part s'explica més detalladament en la figura 3.3 de l'apartat 3.2.

3.1.2 Pintura

És una cadena dividida en diferents parts, la sorrejadora que homogeneïtza, elimina petites impureses, afina i ajuda que s'adhereixi la pintura, i la maquinària de pintura. El seu procediment és el següent.

Es col·loca la peça a la sorrejadora i un cop sorrejada s'expulsa la sorra restant i s'envia a la cinta transportadora. Després es retira la peça i es pinta el logotip i l'ansa (si en té) i es continua a la zona de pintura.

Aquesta zona presenta 5 fases:

- 1a fase: Pinta *base primer*
- 2a fase: Pinta interior
- 3a fase: Pinta *topcoat*
- 4a fase: Pinta *coat interior*
- 5a fase: Pinta *coat interior* per segona vegada

Entre la segona i tercera fase es realitza un preassecatge al forn a 70 °C i es refreda posteriorment fins a 40 °C.

A continuació la peça és introduïda a un forn durant 20 minuts a 418 °C i en finalitzar es refreda amb els ventiladors. Un cop refredada es retira del forn i s'introdueix al torn d'injecció on es mecanitza el fons difusor de la peça.

Per finalitzar s'envia a la zona de muntatge.

3.1.3 Muntatge

En aquesta zona es realitza el muntatge de manera individual, mitjançant tornavisos neumàtics o rebladores.

3.1.4 Magatzem

És on s'emmagatzemen els productes una vegada ja fabricats, les primeres matèries a utilitzar i productes semielaborats.

3.1.5 Oficines

Zona on es troben les seccions de compres i vendes de l'empresa. A més, a l'interior de la nau industrial també hi ha una oficina de la part de producció, on es planifica detalladament el procediment a seguir per a la fabricació dels productes (quina quantitat fabricar, quins dies i hores s'han d'injectar, control d'estocs, organització de la part de pintura, control de qualitat, etc.)

3.1.6 Taller

En aquesta secció es realitzen els manteniments generals, les creacions de nous motlles per produir les paelles i la fabricació de noves maquinàries que es necessitin eventualment.

3.1.7 Altres

- Magatzem pulmó i torn injecció: Mecanitza la peça al polir la base de les paelles.
- Emblistadora: Recobreix el producte amb una capa de plàstic.
- Zona on es poleixen els estris de cuina: Aquesta part es realitza externament en el centre penitenciari Mas d'Enric (Catllar).

3.2 Diagrama de processos

Els principals processos de fabricació s'observen en la figura 3.2 que es mostra a continuació.

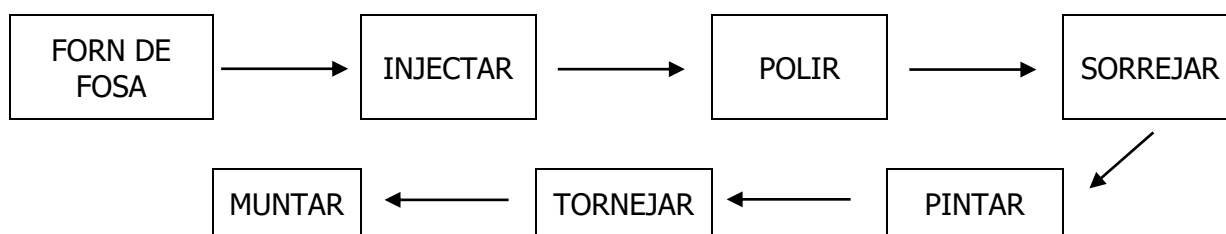


Figura 3.2. Diagrama general.

Aquesta figura 3.2 descriu l'ordre que segueix el procés de fabricació, que comença en el forn de fosa i acaba amb el muntatge de les peces.

Seguidament es mostra més detalladament el diagrama de la part dels forns i de la injecció en la figura 3.3.

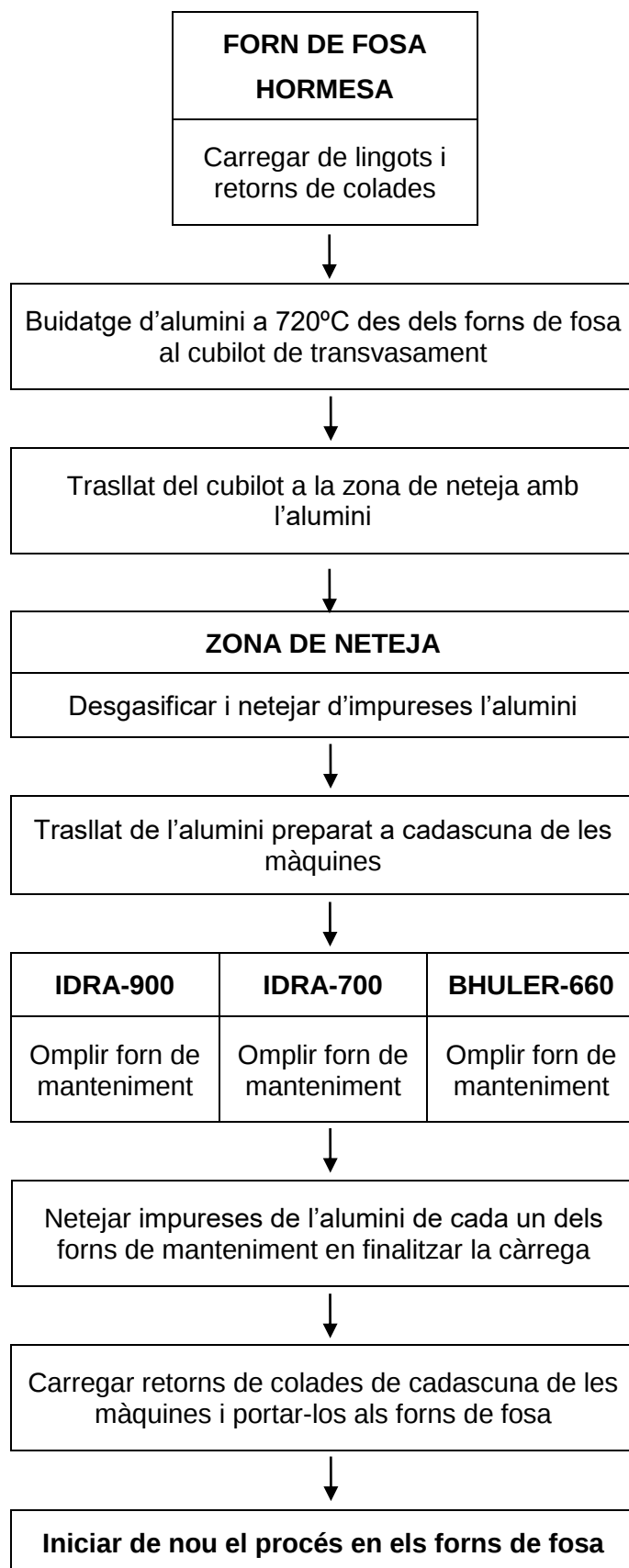


Figura 3.3. Diagrama de la part dels forns de fosa i la injecció.

3.3 Característiques dels principals consumidors d'energia

A continuació s'identifiquen els principals equips consumidors d'energia de les instal·lacions.

3.3.1 Maquinària de producció

La zona de producció està dividida en 5 parts, la del forn de fosa i les altres quatre d'injecció. La part de la màquina d'injecció I-380 no s'ha tingut en compte, ja que està fora de servei. La seva distribució es mostra en la figura 3.4.

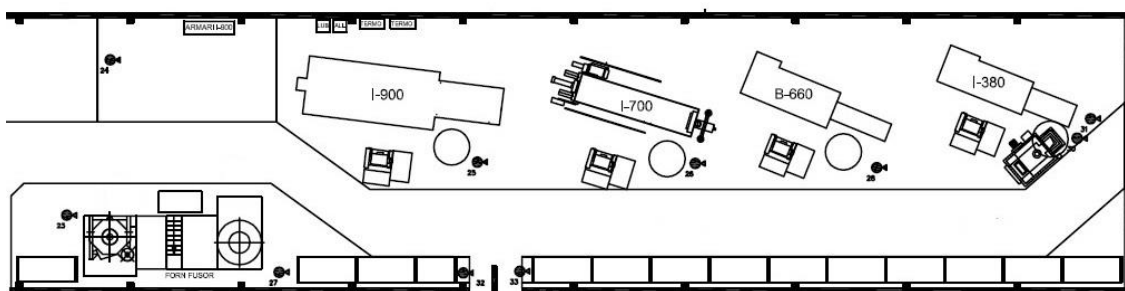


Figura 3.4. Zona de producció.

Distribució de potència elèctrica de l'àrea de producció: potència elèctrica total aproximada de la instal·lació: 465,65 kW. La del gas: 750 kW.

En la taula 3.1 es mostren les potències elèctriques dels equips principals de la planta industrial.

Taula 3.1. Potència elèctrica dels equips principals.

Equip	Potència (kW)	Equip	Potència (kW)
FORN DE FOSA			
Forn de fosa Hormesa	8	Forn elèctric bombolles	10
Aspirador forn de fosa	7,35	Pont grua THOMAS	8
INJECTOR B-660			
Injector B-660	45	Termoregulador frigo	30
Alimentador cassó	2	Forn elèctric TP	65
Prensa retallar	15	Ventilador refredament	0,2
Màquina desemmotllant	1	x3	
INJECTOR I-700			
Injector I-700	47	Termoregulador frigo	30
Alimentador cassó	2	Forn elèctric Hormesa	19,5
Prensa retallar	15	Ventilador refredament	0,2
Màquina desemmotllant	1	x3	
INJECTOR I-900			
Injector I-900	47	Termoregulador frigo	30
Alimentador cassó	2	Forn elèctric TP	65
Prensa retallar	15	Ventilador refredament	0,2
Màquina desemmotllant	1	x3	

En la taula 3.2 es mostra la potència de l'únic equip de la zona de producció que utilitza gas natural.

Taula 3.2. Gas natural utilitzat en els equips principals

Equip	Potència (kW)
Forn de fosa Hormesa	750

L'auditoria energètica se centrarà en la part de producció, ja que és la responsable del 75% del consum global de tota l'empresa. En l'apartat 4.2 es mostra la distribució del consum energètic per activitats.

3.3.2 Pintura

No s'han pogut obtenir els consums de la zona de pintura. A més, la sorrejadora és molt cara i no hi ha cap intenció de modificar-la o substituir-la durant els pròxims anys. La part de pintura va ser alterada recentment, per tant en aquesta auditoria no s'entrarà a valorar cap de les dues zones.

3.3.3 Ventilació

La planta utilitza màquines d'extracció per tal de ventilar-la. Aquesta instal·lació té una potència elèctrica de 27 kW.

3.3.4 Refrigeració

S'utilitzen dues torres de refrigeració per tal de disminuir la temperatura de l'aigua, ja que és necessària per a refredar les màquines d'injecció tant de plàstics com les d'alumini. Aquesta instal·lació té una potència elèctrica de 17,23 kW.

En la taula 3.3 es mostra la potència elèctrica dels equips de refrigeració presents en la planta. Per a les torres de refrigeració, els equips que representen aquest consum són els ventiladors i les bombes.

Taula 3.3. Potència elèctrica dels equips de refrigeració.

Equip	Potència (kW)	Equip	Potència (kW)
Bomba circuit aigua freda	5,88	Torre refrigeració 1	2
Bomba aigua refrigeració	7,35	Torre refrigeració 2	2

3.3.5 Producció d'aire comprimit (compressors)

La instal·lació disposa d'una sala de compressors per la producció d'aire comprimit. Aquest compressor de *Whorthington* núm. 3 té una potència elèctrica de 73,5 kW. També es disposa de 2 compressors alternatius per si en algun moment és necessari un extra de potència, però que no solen ser necessaris.

3.3.6 Il·luminació

Les oficines compten amb llum natural a través de finestres que donen al carrer, tot el contrari que en la resta de la instal·lació. La potència elèctrica total de la il·luminació és de 9,5 kW.

En aquesta auditoria no s'estudiaran les il·luminàries, ja que l'empresa va realitzar un projecte recentment en col·laboració de gas natural per substituir-les per LEDs. Encara falta reemplaçar gran part de les llums, per tant la potència elèctrica final serà menor quan s'hagi realitzat aquest canvi al complet.

3.3.7 Equips d'ofimàtica

La zona de les oficines disposa de 20 ordinadors que estan connectats durant aproximadament 8 hores al dia. A més, es disposa de 5 impressores.

En la taula 3.4 es mostren les potències elèctriques dels equips d'ofimàtica.

Taula 3.4. Potència elèctrica dels equips d'ofimàtica.

Equip	Potència (kW)	Equip	Potència (kW)
Ordinadors	0,25	Impressores	0,15

4 Anàlisi energètic del centre

4.1 Fonts de subministrament energètic

Les principals fonts de subministrament energètic són: electricitat i gas natural.

En la taula 4.1 es mostren els consums, costos elèctrics i la mitja del kWh de l'energia elèctrica, gas natural i produccions energètiques pròpies. Aquesta està dividida en tres columnes on s'indiquen els consums totals anuals, la mitjana mensual i la diària.

Taula 4.1. Dades de consum energètic de la indústria.

Consum energia elèctrica			
	Anual	Mitjana mensual	Mitjana Diària
Consum elèctric 2017 (kWh)	1.377.280	114.773	3.773
Cost elèctric sense IVA (€/any)		169.071	
Cost elèctric amb IVA (€/any)		204.576	
	Cost mínim	Cost mitjà anual	Cost màxim
Cost kWh (sense IVA)	0,1115	0,1227	0,1587
Consum gas natural			
	Anual	Mensual	Diària
Consum gas 2017 (kWh)	1.003.153	83.596	2.748
Cost gas sense IVA (€/any)		39.473	
Cost gas amb IVA (€/any)		47.763	
	Cost mínim	Cost mitjà anual	Cost màxim
Cost mitja del kWh (sense IVA)	0,0372	0,0393	0,0409
Produccions energètiques pròpies			
No es disposen.			

4.1.1 Consum d'energia elèctrica

Comercial Valira S.A compta amb una tarifa d'alta tensió amb la seva corresponent estació de transformació, que proporciona subministrament elèctric a la nau industrial. L'empresa subministradora és Gas Natural.

L'empresa compta amb un contracte de subministrament que es detalla en la taula 4.2 on s'inclou el número de contracte, el tipus de tarifa i la potència contractada.

Taula 4.2. Característiques de la tarifa elèctrica.

Núm. de contracte	01421311001602
Tarifa	6.1A
Potència contractada (kW)	825

En la taula 4.3 es mostra l'evolució del consum elèctric dels últims tres anys.

Taula 4.3. Consum anual d'energia elèctrica.

	2015	2016	2017
Consum elèctric (kWh)	1.556.726	1.509.132	1.377.280

En la figura 4.1 es mostra l'evolució del cost de l'energia elèctrica dels últims anys.

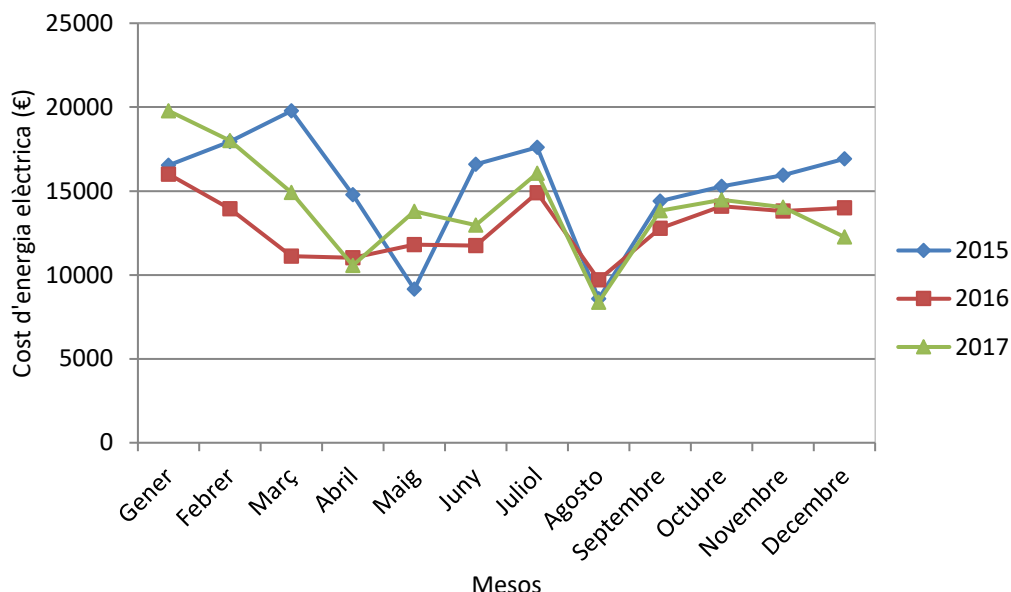


Figura 4.1. Evolució dels costos de l'energia elèctrica.

Tal com es pot observar el consum ha disminuït progressivament, encara que el preu del kWh ha augmentat. Aquest fet ha provocat un augment del preu en el 2017 respecte a l'any anterior encara que el consum hagi estat menor.

La baixada del preu entre el 2015 i 2016 és deguda a una disminució del cost del subministrament elèctric per la reducció dels pagaments de capacitat.

4.1.2 Consum de gas natural

El gas natural és utilitzat en màquines com el forn de fosa de la zona de producció.

L'empresa compta amb un contracte de subministrament que es detalla en la taula 4.4 on s'inclou el número de contracte, el tipus de tarifa i el seu cabal màxim.

Taula 4.4. Característiques de la tarifa de gas natural.

Núm. de contracte	01421311001110 Cost Plus
Tarifa	3.4
Cabal màxim (m³/h)	6000

En la taula 4.5 es mostra l'evolució del consum de gas natural dels últims tres anys.

Taula 4.5. Consum anual de gas natural.

	2015	2016	2017
Consum gas (kWh)	1.256.437	1.050.950	1.003.153

A continuació en la figura 4.2 es mostra l'evolució del cost del gas natural dels últims anys.

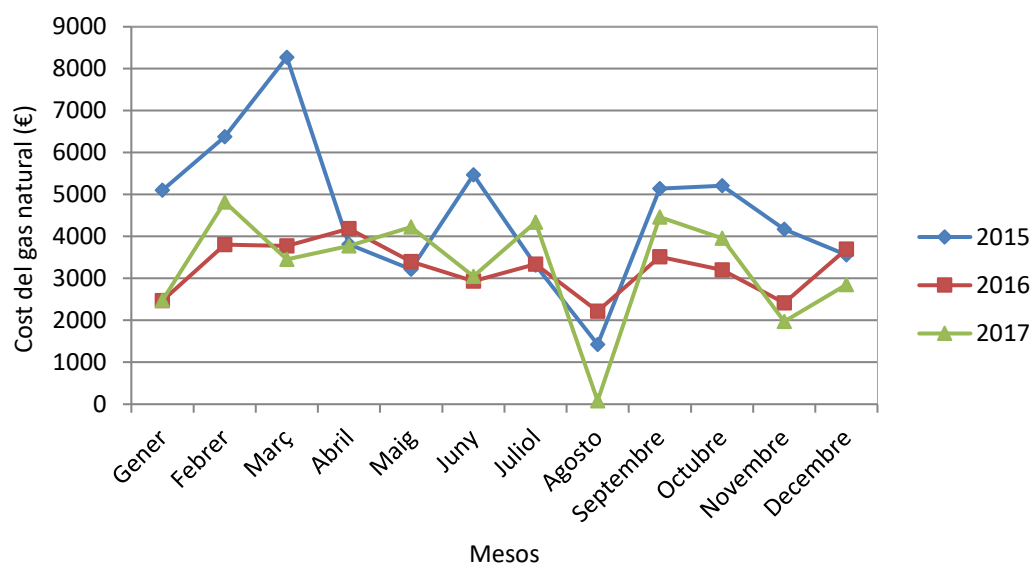


Figura 4.2. Evolució dels costos del gas natural.

En el cas del gas natural el consum ha disminuït progressivament, però el preu per kWh ha augmentat en l'últim any respecte a l'anterior.

4.1.3 Produccions energètiques pròpies

En l'empresa Comercial Valira S.A no existeixen produccions d'energia pròpies amb fonts renovables. L'estudi de la conveniència i aplicabilitat d'una implantació d'aquest tipus d'energia s'ha realitzat en l'apartat de millores.

4.2 Distribució del consum energètic per activitats

Se separen els diferents consums energètics per activitats per tal d'analitzar la repercussió de les mateixes en els consums i costos totals de l'empresa.

Taula 4.6. Distribució del consum elèctric per activitats.

Zona	%
Producció	62
Pintura	15
Compressors	14
Altres	9

La major part del consum de gas es produeix en el forn de fosa. En definitiva, el tant per cent del consum total de la zona de producció és del 75%.

4.3 Distribució del consum energètic per hores

La distribució del consum de l'energia elèctrica ve donat per la tarifa seleccionada, 6.1A. Es caracteritza per tenir 6 períodes en el terme d'energia i, també, en el de potència, permetent seleccionar el valor a contractar en cada període, segons les necessitats energètiques, però amb el mateix imperatiu legal de respectar que la potència contractada d'un període sigui més gran o igual al període immediatament anterior.

Com es pot observar en la següent imatge, l'horari (per a península) dels períodes canvia d'un mes a un altre i, fins i tot, com succeeix amb el mes de juny, d'una quinzena a una altra. Els dies festius són aquells d'àmbit nacional.

HORAS		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DE	A						1/2	1/2					
DE LUNES A VIERNES	00 01	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	01 02	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	02 03	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	03 04	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	04 05	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	05 06	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	06 07	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	07 08	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	08 09	2	2	4	5	5	4	2	6	4	5	4	2
	09 10	2	2	4	5	5	3	2	6	3	5	4	2
	10 11	1	1	4	5	5	3	2	6	3	5	4	1
	11 12	1	1	4	5	5	3	1	6	3	5	4	1
	12 13	1	1	4	5	5	3	1	6	3	5	4	1
	13 14	2	2	4	5	5	3	1	6	3	5	4	2
	14 15	2	2	4	5	5	3	1	6	3	5	4	2
	15 16	2	2	4	5	5	4	1	6	4	5	4	2
	16 17	2	2	3	5	5	4	1	6	4	5	3	2
	17 18	2	2	3	5	5	4	1	6	4	5	3	2
	18 19	1	1	3	5	5	4	1	6	4	5	3	1
	19 20	1	1	3	5	5	4	2	6	4	5	3	1
	20 21	1	1	3	5	5	4	2	6	4	5	3	1
	21 22	2	2	3	5	5	4	2	6	4	5	3	2
	22 23	2	2	4	5	5	4	2	6	4	5	4	2
	23 00	2	2	4	5	5	4	2	6	4	5	4	2
SÁBADOS		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
DOMINGOS		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
FESTIVOS		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Figura 4.3. Distribució del consum d'energia elèctrica per hores.

Aquestes tarifes disposen d'un equip de mesura amb telemesura integrada, amb el qual es pot accedir a la lectura del subministrament electrònicament per via remota, i el seu cicle de lectura és mensual, coincidint la data d'inici i final amb el primer i últim dia del mes.

La potència a facturar depèn dels registres de 15 minuts que emmagatzema l'equip de mesura en un registrador i als quals es poden accedir mitjançant la telemesura. El mínim de potència a pagar és la contractada, havent de pagar una penalització important en cas d'excedir-la^[6].

L'empresa Comercial Valira S.A treballa de manera intermitent, és a dir, hi ha setmanes que produeixen i altres que no. Segons la mitjana dels últims anys, es treballa unes 20 setmanes a l'any. En aquestes setmanes es treballa de manera contínua, des del dilluns de matinada fins al divendres a la nit. Segons un estudi realitzat per l'empresa anteriorment, és la manera més eficient i econòmica tenint en compte la seva producció actual.

5 Mesurament i registre de dades

5.1 Mesuraments elèctrics

El mesurament s'ha realitzat gràcies a la telemesura ja integrada de la tarifa de gas natural. S'han pogut obtenir dades dels 4 últims mesos amb mesures cada 15 minuts.

5.1.1 Potència consumida

Amb la tarifa actual es té contractat una potència de 450 kW. Si se superen aquests valors, existeix una penalització monetària que s'ha d'intentar evitar en la mesura del possible.

Seguidament es mostra com a exemple el consum kWh del mes de desembre. La resta de gràfics dels últims 5 mesos es troben a l'annex C.

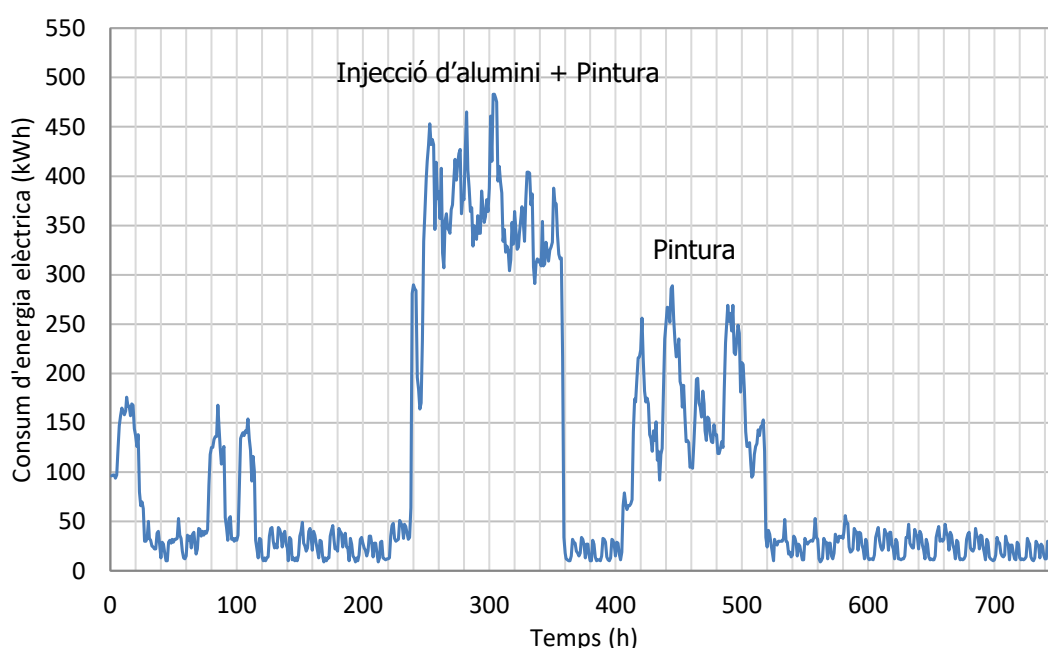


Figura 5.1. Consum del mes de desembre.

Com es pot observar, del dia 10 al 15 del mes de desembre se supera en certs moments la potència contractada, provocant així la penalització. Aquest fet s'ha repetit durant tots els mesos de l'any, provocant una despesa de més de 4.500 €. Els costos per mes es mostren a la següent taula 5.1.

Taula 5.1. Impost per superació de límit.

Mes	Impost (€)	Energia reactiva	Impost (€)
Gener	1.029	Juliol	476
Febrer	905	Agost	-
Març	499	Setembre	401
Abril	160	Octubre	183
Maig	360	Novembre	143
Juny	157	Desembre	223

En l'apartat de millores s'ha tractat aquest tema per tal d'intentar trobar una solució.

5.1.2 Energia activa – reactiva

L'energia activa és la que produeix un treball útil, m'entres que la reactiva és la que proporciona el subministrament necessari per al funcionament d'alguns equips i la que sobrecarrega las línies de distribució.

Si l'energia reactiva supera el 35% del total d'energia consumida, també hi ha una penalització monetària. Seguidament s'ha comprovat els tant per cents de les energies de l'últim any.

Taula 5.2. Tants per cents d'energia reactiva.

Mes	Energia activa	Energia reactiva	% energia reactiva
Gener	128.359	29.326	18,60
Febrer	143.708	29.090	16,83
Març	152.977	37.216	19,57
Abril	94.711	16.703	14,99
Maig	139.533	33.307	19,27
Juny	110.934	29.315	20,90
Juliol	135.343	41.591	23,51
Agost	61.525	18.259	22,89
Setembre	87.174	27.439	23,94
Octubre	128.773	34.007	20,89
Novembre	114.195	26.243	18,69
Desembre	80.048	21.523	21,19

S'ha observat que en cap dels mesos el tant per cent d'energia reactiva s'apropa al límit establert per gas natural, per tant no serà necessari cap tipus de modificació per tal de compensar les energies.

5.1.3 Compressors

Un sistema d'aire comprimit consta d'equip per a la generació, tractament i una xarxa de canonades instal·lats en una planta per al transport de l'aire. L'empresa Comercial Valira S.A consta de 3 compressors de diferents capacitats (75 kW autoregulable, 75kW de tot o res i 11 kW). El principal és el de 75 kW que s'autoregula, i els altres estan com a secundaris per si es produeix una falta de potència en algun moment.

S'ha col·locat un analitzador de xarxes als compressors per tal d'analitzar els seus consums. Els resultats obtinguts del mes d'abril de 2018 es mostren en la següent figura 5.2.

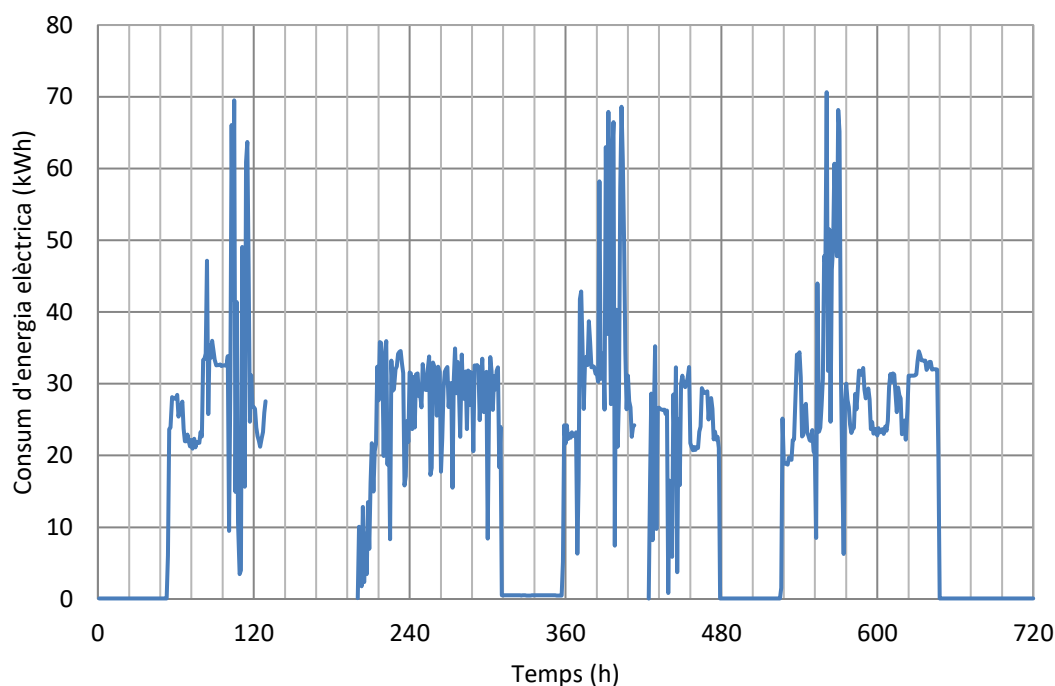


Figura 5.2. Consum del compressor *Whorthington* núm. 03.

S'observa que el consum de la primera setmana és molt elevat, ja que s'arriba fins als 70 kWh, i és degut al fet que es va pintar. A continuació, entre la primera i la segona setmana es va parar l'anàlisi durant 3 dies. En la segona setmana es va realitzar el procediment d'injectar, i a la tercera i quarta setmana es va tornar a pintar.

Durant el cap de setmana s'ha detectat que encara que el compressor estigui tancat, segueix consumint energia. També s'ha observat que en molts moments on l'aire comprimit necessari és mínim, el consum segueix oscil·lant en 30 kWh.

L'estudi de la possibilitat de millorar el compressor s'ha realitzat en l'apartat 7.5.

5.1.4 Anàlisi dels fums del forn de fosa

Amb l'ajuda d'un tècnic de gas natural, s'han analitzat a la sortida els fums del forn de fosa per tal de comprovar si les seves propietats estan dins del rang permès.

A la taula 5.3 es mostren els resultats obtinguts de l'anàlisi dels fums.

Taula 5.3. Resultat de l'anàlisi del forn de fosa.

Propietats	Resultats	Propietats	Resultats
% CO ₂	4,06	Lambda	2,93
% O ₂	13,7	Rendiment (%)	66,1
Temperatura del gas (°C)	360	Temperatura ambient (°C)	34,0

El valor de CO₂ està dins del permès (11,9%). Les propietats s'han considerat adequades, ja que presenta uns resultats típics dels forns de gresol. Les característiques d'aquest forn s'han detallat en l'apartat 7.1.1

6 Consums específics i costos energètics

6.1 Consum específic de l'energia en l'establiment

En aquest apartat, inicialment es mostra el consum de l'electricitat per element produït. El consum per peça per l'any 2017 ha estat de 6,5 kWh/peça.

En la taula 6.1 es mostra el consum elèctric utilitzat per fabricar una peça durant els últims tres anys.

Taula 6.1 Consum elèctric per peça fabricada.

	2015	2016	2017
kWh/peça	6,19	6,57	6,48

Aquesta dada mostra com del primer al segon any el consum elèctric per peça fabricada va patir un augment, i del segon al tercer any una lleugera reducció. Amb la realització de l'auditoria energètica s'espera continuar disminuint el consum per peça fabricada durant els pròxims mesos.

6.2 Cost energètic de l'establiment, factura energètica i tarifes aplicades

6.2.1 Energia elèctrica

S'ha analitzat el subministrament d'energia elèctrica i la tarifa aplicada per tal de millorar-la i obtenir un millor preu del kWh.

Seguidament es mostra l'evolució mensual del cost unitari del kWh elèctric en la figura 6.1.

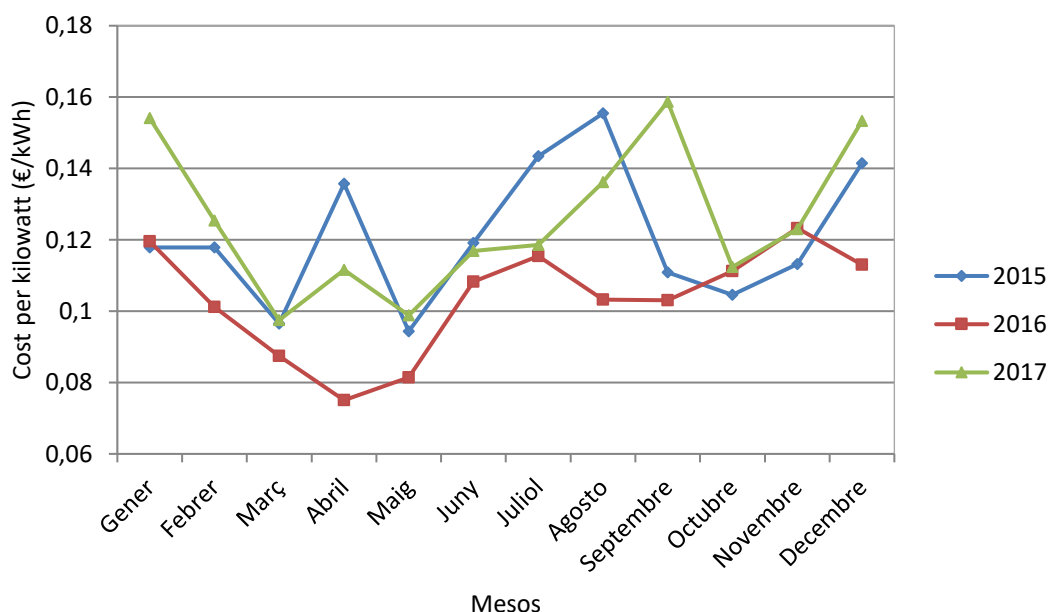


Figura 6.1. Cost unitari de l'energia elèctrica.

I la mitjana dels kWh dels tres últims anys es mostra en la següent taula 6.2.

Taula 6.2. kWh dels tres últims anys, sense IVA.

	2015	2016	2017
kWh	0,1178	0,1026	0,1227

Segons la figura i taula anterior, el preu per kWh és molt irregular, ja que cada mes té uns preus diferents depenent de la zona horària en la qual es treballa. S'observa que es va produir una baixada del preu entre el 2015 i 2016 deguda a una disminució del cost del subministrament elèctric per la reducció dels pagaments de capacitat. També que durant el 2017 s'ha passat a nivells de €/kWh més elevats.

Observant l'augment del preu del kWh s'ha intentat obtenir una nova millora de tarifa. La solució es mostra en l'apartat 7.4 del present treball.

Un altre aspecte a tenir en compte dins dels costos en el consum d'energia elèctrica, són els costos fixos que provenen de la potència contractada, com s'ha explicat en l'apartat 4.3. En la taula 6.3 es mostren aquests costos de l'any 2017, dividits en els 6 períodes.

Taula 6.3. Potències i costos fixos en els 6 períodes de 2017.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	TOTAL
Potència (kW)	450	450	450	450	450	825	
Import (€)	1.467	734	537	537	537	449	4.264

Així doncs, cada mes s'han de pagar 4.264 € a causa dels costos fixos. S'ha intentat reduir els kW per període, però el consum en setmanes d'injecció arriba al límit permès, fent impossible aquesta disminució.

6.2.2 Gas natural

L'evolució del cost unitari del gas natural es representa en la figura 6.2.

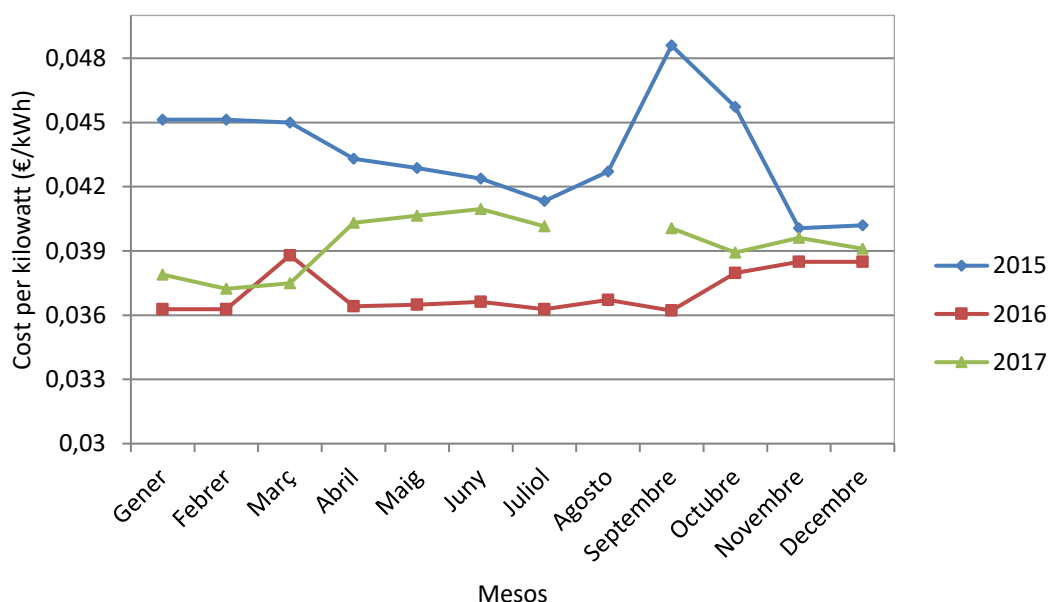


Figura 6.2. Cost unitari del gas natural.

El preu per kWh de l'agost de 2017 no s'ha tingut en compte en la gràfica, ja que no es va consumir gas natural i el preu només mostra els costos fixos, per tant la dada no es considera vàlida.

La mitjana dels kWh dels tres últims anys es mostra en la taula 6.4.

Taula 6.4. kWh de gas natural dels tres últims anys.

	2015	2016	2017
kWh	0,0408	0,0370	0,0393

Segons la figura i taula anterior, l'evolució dels preus segueix una tendència semblant al de l'energia elèctrica. Després de la millora de contracte el preu del gas natural torna a pujar, encara que en aquest cas no se superen els €/kWh de 2015.

En el gràfic no s'ha inclòs les dades del mes d'agost de 2017, ja que els kWh de gas natural van ser pràcticament nuls.

7 Estudi de possibles millores detectades en l'auditoria energètica

7.1 Implementació d'un nou forn principal

Actualment l'empresa Comercial Valira S.A utilitza un forn de fosa de gresol per tal d'escalfar l'alumini i fondre'l. El problema és que aquest forn té un consum de gas molt elevat, dels majors de tota la nau industrial.

En aquest apartat s'han estudiat els diferents tipus de forns de fosa per avaluar si és interessant reemplaçar l'existent, i s'han observat les seves característiques, quin desemborsament econòmic pot comportar en l'empresa i si serà amortitzable durant la seva vida útil.

7.1.1 Característiques del forn actual

A continuació es mostren les característiques del forn de fosa de gresol que s'utilitza actualment.

Taula 7.1. Forn de fosa actual.

Característica	Valor	Característica	Valor
Model	HORC800BG	Pes	4500 kg
Connexió elèctrica	2 x 400 V + N + Terra 50 Hz	Consum en fusió	375 kg/h
Potència elèctrica instal·lada	10 kW	Consum d'energia	2000 kWh/ton
Potència del cremador	90 mbar	kW de gas	750 kW
Potència del ventilador	1600 m³/h	kW d'electre	8 kW
Potència de l'hidràulic (5 cops cada 60s)	0.291 kW	kW de gas en manteniment	80 kW
Pressió màxima de treball	180 bars	kW d'electre en manteniment	4 kW

Aquest forn consumeix majoritàriament gas (750 kW), i és responsable de gran part de les despeses d'aquest recurs energètic, on la despesa total de gas de l'any anterior va ser de 39.473,78 €. Tal com es pot observar és un impost molt elevat que s'ha d'intentar reduir. A l'annex B.2 es mostra en detall els costos de gas natural any a any.

A l'hora d'estudiar aquesta implementació d'un nou forn, també s'ha de tenir en compte que l'actual fa més de 20 anys que està en funcionament i el canvi és possible que s'hagi de realitzar encara que no s'aconsegueixi una bona rendibilitat.

7.1.2 Característiques dels diferents tipus de forns

Existeixen diferents tipus de forns de fosa. En aquest apartat es mostren les seves característiques i comparacions entre ells.

7.1.2.1 Forn de Gresol a gas

És un dipòsit en forma de tronc cònica en el qual el metall està completament aïllat del combustible, sent la seva principal característica de presentar un envàs amb la part superior descoberta la qual cosa permet l'eliminació dels gasos i l'obtenció del metall líquid.

Un dels avantatges de fondre metalls no fèrrics amb gresol és que presenta un aliatge més net, els temps de manteniment són més ràpids i el control de l'energia és més precís. Solen tenir poca eficiència tèrmica, baixa capacitat, comporta riscos i és un sistema de càrrega complicat i sensible, però la seva inversió és molt baixa.

El tipus de forn de gresol a estudiar és el de tipus basculant, on tota l'estructura del forn pot inclinar-se per colar el brou per abocament.

7.1.2.2 Forn Reverber

Aquest tipus de forn basa l'eficàcia de la fusió de ferralles d'alumini a la reverberació de les parts i sostre del forn, al costat de l'efecte de convecció pel contacte dels fums calents producte de la combustió amb la càrrega.

El forn de reverber pot ser fix o basculant; pot tenir pessebres adossats, portes convencionals, o les que cobreixen tota una paret oberta amb una porta que permet l'accés a la càmera en tota la seva amplada. Pot estar dotat amb taps porosos i sistemes d'agitació per optimitzar la qualitat i homogeneïtat de l'alumini fos.

La inversió a realitzar per comprar aquest producte és relativament ajustada, les capacitats disponibles són elevades, redueix el risc per explosions i les seves càrregues són senzilles i automàtiques. El seu inconvenient és que presenta minves elevades, pateix complicats canvis d'aliatge i baixades de temperatures a l'introduir càrregues noves.

7.1.2.3 Forn Torre

La torre fonedora és un forn dedicat a fondre lingots o peces de ferralla de mida mitjana, d'alumini i els seus aliatges. És d'aplicació tant en foses com a plantes de recuperació d'alumini secundari, on complementen instal·lacions existents per augmentar la capacitat de fusió. El forn per fusió d'alumini amb càrrega per xemeneia proporciona una òptima utilització de la calor continguda en els fums i un descens uniforme de les càrregues cap a la zona d'alta temperatura.

Permet una gran autonomia sense atenció de l'operari per a la seva càrrega a l'utilitzar sistemes amb emmagatzematge d'un estoc de gabions o paquets.

Els seus avantatges són el seu consum molt raonable i la seva càrrega automatitzada, i els desavantatges la seva inversió mitjanament alta, poca flexibilitat per treballar de manera intermitent i les limitacions inicials pel seu concepte de fusió per a càrregues de material fi^[7].

7.1.2.4 Forn d'inducció

És un forn elèctric en què la calor és generada per escalfament, per la inducció elèctrica d'un mitjà conductiu en un gresol, al voltant del qual es troben enrotllades bobines magnètiques.

Un avantatge del forn d'inducció és la seva netedat. Eficient des del punt de vista energètic, és un procés de fosa i de tractament de metalls més controlable que la majoria dels altres mètodes d'escalfament. Un altre dels seus avantatges és la capacitat de generar una gran quantitat de calor de manera ràpida.

Uns altres avantatges són que produeix molt poques minves, presenta una gran flexibilitat per al canvi d'aliatges, no té inèrcies tèrmiques i emet poques emissions. I com a

desavantatges són la seva alta inversió, que l'energia és elèctrica, el seu sistema de càrrega no automatitzat i riscos en la càrrega.

7.1.2.5 Comparació entre forns

A continuació es mostra la taula comparativa 7.2 dels diferents forns mencionats anteriorment.

Taula 7.2. Comparativa dels diferents forns.

	Gresol	Reverber	Torre	Inducció
Eficiència	10 – 20%	30 – 40%	50 – 60%	70 – 75%
Minva	3 – 4%	4 – 5%	2 – 3%	0,4 – 1%
Flexibilitat	++	+	-	+++
Capacitat	-	+++	++	++
Avantatges	Inversió baixa	Inversió mitja Càrrega	Consum baix Càrrega	Minva mínima Flexibilitat
Inconvenients	Poc eficient Gasto gresols Riscos	Minves elevades Flexibilitat Inèrcies	Treball continu Flexibilitat Inèrcies	Inversió alta Cost energia
Energia consumida	Principalment Gas	Principalment Gas	Principalment Gas	Elèctrica

7.1.3 Resultats dels diferents forns

Un cop analitzades les característiques bàsiques de cada tipus de forn, s'ha passat a estudiar les diferents ofertes rebudes a l'empresa Comercial Valira S.A, que són les següents:

- Forn de gresol HORCB (el nou model de l'actual)
- Forn d'inducció EM250
- Forn d'inducció EM350
- Torres Strikomelter (MH II-T i MHS)
- Torre Marconi MTX²
- Torre KTFM

S'ha observat que el nou model de HORCB presenta millores considerables en el consum de kW per hora de gas, per tant també s'ha afegit a la llista de forns a estudiar.

A continuació es mostra la taula 7.3 amb l'estalvi anual net (tenint en compte que per a les torres hi ha un manteniment addicional d'uns 4.000 €, ja que solen ser més problemàtiques que la resta), la inversió necessària per adquirir els forns i el seu període de retorn.

Els passos a seguir per arribar als resultats d'aquesta taula es mostren en l'annex D.

Taula 7.3. Estalvi, inversió i amortització dels forns.

	Estalvi anual (€)	Inversió (€)	Payback (anys)
HORCB nou	14.713	55.0000	3,74
EM250	-30.313	200.000	-
EM350	-55.358	300.000	-
MH II-T 1500/750G	2.537	335.190	-
MHS 1000/750G	-1.417	226.450	-
MTX ²	11.014	167.460	15,2
KTFM 1000/350	24.222	146.510	6,05

7.1.4 Elecció del nou forn de fosa

Els forns d'inducció s'han descartat completament, ja que el seu preu és molt elevat i l'estalvi anual negatiu, per tant no s'aconseguiran amortitzar.

Les torres presenten el mateix problema del preu, menys en el cas de la torre KTFM, que s'aconseguiria amortitzar en 6 anys, fent aquesta opció l'única viable i interessant a aplicar d'aquest tipus de forn. El problema és que les torres de fosa presenten un mal rendiment per a treballar de manera intermitent. A més, la seva posada en marxa és molt costosa i requereix molt de temps.

Finalment s'ha observat que l'opció més rentable i menys problemàtica és la substitució del forn HORCB pel mateix model actual, ja que presenta unes característiques millorades que permeten amortitzar-lo en 3,74 anys. Amb la modificació del forn s'aconsegueix un estalvi de 393.600 kWh/any de gas sense tenir en compte l'estalvi amb el forn en estat de manteniment. A més, aquesta millora del consum energètic proporciona una reducció de 79.349 kg de CO₂ emesos a l'atmosfera per any.

7.2 Implementació d'un nou forn de manteniment

L'empresa Comercial Valira S.A utilitza tres forns de manteniment que tenen la funció de mantenir l'alumini fos mentre es realitzen les injeccions. Dos d'aquests forns són antics i presenten un consum elèctric molt elevat.

En aquest apartat s'han estudiat les diferents ofertes de forns de manteniment que l'empresa ha rebut, les seves característiques, quin desemborsament econòmic pot comportar en l'empresa i si serà amortitzable durant la seva vida útil.

7.2.1 Comparació forn actual amb les ofertes

L'empresa ha rebut tres ofertes diferents de forns de manteniment, que són les següents:

- STOTHERM 800
- STOTHERM 1200
- TEX²

A la taula 7.4 es mostra l'estalvi anual net, la inversió necessària per adquirir els forns i el seu període de retorn. Per l'estalvi només s'han tingut en compte les 20 setmanes de producció, ja que el manteniment és molt variable.

Els passos a seguir per arribar als resultats d'aquesta taula es mostren en l'annex E.

Taula 7.4. Estalvi, inversió i amortització dels forns.

	Estalvi anual (€)	Inversió (€)	Payback (anys)
STOTHERM 800	8.543	30.000	3,50
STOTHERM 1200	8.543	32.000	3,75
TEX ²	5.303	33.293	4,50

7.2.2 Elecció del nou forn de manteniment

Les tres ofertes aporten un estalvi anual elevat i s'amortitzen en 3-4 anys. S'ha seleccionat la STOTHERM 1200, ja que la seva capacitat és la ideal pel nivell de producció actual, i el període de retorn és menor a quatre anys.

Amb la modificació dels dos forns de manteniments s'aconsegueix un estalvi de 139200 kWh/any sense tenir en compte tot el que es pot estalviar amb el forn en manteniment. A més, aquesta millora del consum energètic proporciona una reducció de 53.592 kg de CO₂ emesos a l'atmosfera per any.

7.3 Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica en la nau industrial

7.3.1 Objectiu de l'estudi i generalitats de l'efecte fotoelèctric

Aquest apartat consisteix en el disseny i l'estudi econòmic d'una instal·lació fotovoltaica en la coberta de la nau industrial de l'empresa. S'ha estudiat la possibilitat que en la part de la coberta disponible que té la fàbrica sigui possible el disseny d'una instal·lació fotovoltaica que produeixi una part de l'energia que l'empresa necessita diàriament. També s'ha estudiat si aquest projecte és viable suposant les condicions econòmiques i legals en aquest moment, ja que s'ha de comprovar que no es perden diners.

7.3.1.1 Avantatges de la instal·lació fotovoltaica

Aquestes instal·lacions de generació d'energia elèctrica fotovoltaica presenten els següents avantatges i inconvenients:

- Larga duració: Els mòduls tenen una esperança de vida de 30 anys, encara que existeixen alguns que han durat més.
- Requereixen poc manteniment: El manteniment és mínim, i és convenient fer-lo en hores nocturnes per tal de tenir una disponibilitat diürna màxima i per evitar que existeixin tensions en els generadors.
- Baix impacte ambiental: Contribueixen en la reducció d'emissions de diòxid de carboni (CO₂) en utilitzar-se com una alternativa a altres sistemes generadors d'energia elèctrica més contaminants. A més no produeix ni sorolls ni vibracions, per la qual cosa resulta respectuosa amb el medi ambient. L'únic problema és que hi ha un impacte ambiental en la producció de les plaques i al final de la seva vida útil.
- Elevada fiabilitat: Aquestes instal·lacions fotovoltaïques són d'una fiabilitat i disponibilitat operativa altes.
- Baix costos d'operació: Una vegada realitzada la inversió inicial, els costos d'operació i manteniment es limiten a una simple neteja dels panells i a mínims ajustos tècnics.

- Flexible: Els panells solats proporcionen múltiples possibilitats per integrar-se a qualsevol tipus d'immoble, amb un mínim d'impacte visual i sense alterar l'arquitectura d'aquest.
- Energia intermitent: L'energia que produeix el sol és la font d'energia més abundant del planeta i és pràcticament inesgotable. El problema és que aquesta instal·lació proporciona l'energia de manera intermitent, ja que durant la nit o els dies en els quals el sol estigui tapat no s'obtindrà energia solar.

7.3.1.2 Efecte fotovoltaic

L'energia solar és una energia neta, que utilitza una font inesgotable, però l'inconvenient està en com convertir aquesta energia en energia aprofitable de forma eficient. La conversió directa d'energia elèctrica es produeix en les cèl·lules solars i es basa en l'efecte fotovoltaic.

Els sistemes fotovoltaics transformen l'energia del sol en energia elèctrica. Aquest procés de transformació es produeix en un element semiconductor anomenat cèl·lula fotovoltaica. Quan la llum incideix sobre la cèl·lula fotovoltaica, els fotons de llum solar transmeten la seva energia als electrons del semiconductor generant així un corrent elèctric capaç de circular per un circuit extern. Aquestes cèl·lules es presenten associades elèctricament entre si i encapsulades en un bloc anomenat mòdul o panell fotovoltaic^[8].

7.3.1.3 Radiació solar

Les condicions de funcionament d'un mòdul fotovoltaic depenen de variables externes com la radiació solar i la temperatura de funcionament. Per poder efectuar el disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica es necessita la radiació de la zona on estigui col·locada la nau industrial.

7.3.2 Emplaçament i dimensions de les cobertes

La fàbrica està situada en el polígon industrial d'Agro-Reus com s'ha especificat anteriorment. L'estudi de la instal·lació de les plaques fotovoltaiques s'ha realitzat tenint en compte que aquestes estaran situades en la coberta de la nau industrial de Comercial Valira S.A, i que s'ha dimensionat depenent de l'espai disponible.

La fàbrica consta de tres parts amb cobertes diferents, la de les oficines, la zona de producció i el magatzem i taller de l'empresa. La geomètrica de les diferents zones es mostra a la taula 7.5.

Taula 7.5. Geometria de la nau industrial.

	Amplada (m)	Llargada (m)	Superfície (m ²)
Oficines	9	47	423
Producció	50	64	3.200
Magatzem i taller	40	50	2.000

La part on es podria implementar la instal·lació fotovoltaica és en la del magatzem i taller, que es mostra en la figura 7.1.

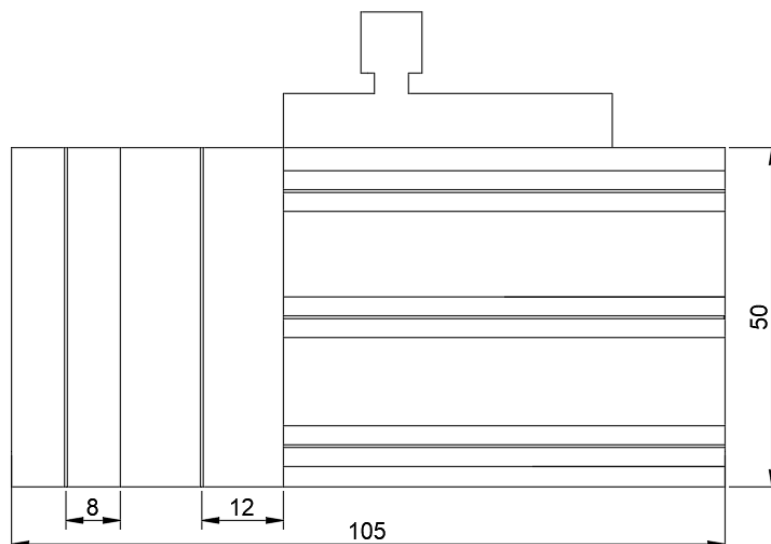


Figura 7.1. Dimensions de la nau industrial Comercial Valira S.A.

La coberta de l'esquerra presenta una inclinació de 30° , que s'ha aprofitat per col·locar les plaques inclinades. Es col·locaran les plaques a la part de les cobertes que estan inclinades cap al sol pràcticament durant tot el dia, que són les de 8 i 12 metres.

7.3.3 Dimensionament de la instal·lació

S'ha realitzat el dimensionament de la instal·lació per tal de seleccionar els components a instal·lar i obtenir les quantitats d'energia que es podran extreure amb les plaques fotovoltaïques.

7.3.3.1 Radiació

Per tal de realitzar una anàlisi econòmica del sistema d'aprofitament d'energia solar, és necessari tenir informació detallada de la radiació solar. Les condicions atmosfèriques, les característiques geogràfiques i el clima són alguns dels paràmetres importants que determinen la quantitat de radiació solar que es rep en un punt determinat.

La radiació solar en la zona de Reus s'ha extret del programa en línia PVGIS^[9] que proporciona les dades dels 12 mesos de l'any. Aquest estudi subministra valors de radiació en el pla inclinat amb el valor de l'angle que se seleccioni, en aquest cas de 30° , i amb una orientació de 0° , ja que la coberta està orientada al sud. S'ha seleccionat aquest angle, ja que és la inclinació que presenta la coberta i que s'aprofitarà per col·locar les plaques.

Els valors de radiació solar en una inclinació de 30° es mostren a la taula 7.6.

Taula 7.6. Radiació solar amb una inclinació de 30° .

Mes	Radiació solar (kWh/dia)	Mes	Radiació solar (kWh/dia)
Gener	3,73	Juliol	7,19
Febrer	4,74	Agost	6,75
Març	6,01	Setembre	5,99
Abril	6,10	Octubre	5,04
Maig	6,75	Novembre	3,94
Juny	7,17	Desembre	3,45

7.3.3.2 Tipus de vidre

Les cèl·lules fotovoltaïques presenten diferents tipus de materials. La seva investigació sempre està en continua evolució per tal de trobar la millor relació de qualitat-preu. El material més utilitzat avui en dia és el silici, a causa de la llarga experiència que hi ha en l'ús d'aquest en l'àmbit fotovoltaic.

Els tipus de silici més utilitzats són els següents^[10]:

- Cèl·lules de silici monocristal·lins: En refredar-se el silici fos se solidifica formant un únic vidre de grans dimensions. Després es talla el cristall en primes capes que donen lloc a les cèl·lules. Aquestes cèl·lules generalment són d'un blau uniforme. Els avantatges d'aquests panells són el seu rendiment de 14 al 16%, la bona relació de potència-superfície i que té un gran nombre de fabricants. Com a inconvenient el seu cost és més elevat.
- Cèl·lules de silici policristal·lines: Durant el refredament del silici en un motlle, es formen diversos vidres. La fotocèl·lula és d'aspecte blavós, però no és uniforme, es distingeixen diferents colors creats pels diferents vidres. Els avantatges d'aquests panells són que les cèl·lules són quadrades i això permet un millor funcionament del mòdul, el lingot és més barat de produir que el monocristal·lí i presenta un rendiment del 14%. Com a punt negatiu presenta un baix rendiment en condicions d'il·luminació baixes.
- Cèl·lules de silici amorf: El silici durant la seva transformació, produeix un gas que es projecta sobre una làmina de vidre. La cel·la és grisa molt fosca, i aquestes van ser les primeres a ser manufacturades, ja que es podien emprar els mateixos mètodes de fabricació de díodes. Els avantatges són que funciona amb una llum difusa baixa (fins i tot en dies ennuvolats), és una mica menys costosa que les altres tecnologies i presenta una bona integració sobre suport flexible o rígid. Com a inconvenient, presenta un rendiment a ple sol baix, del 5 al 7%.

En aquest projecte s'han seleccionat els mòduls amb cèl·lules de silici policristal·lines, ja que presenten un bon rendiment i preu.

7.3.3.3 Mòduls fotovoltaics

El generador fotovoltaic és un subsistema de captació i generació, i està constituït per mòduls connectats elèctricament entre si. Aquests mòduls són els encarregats de transformar l'energia solar en energia elèctrica generant un corrent elèctric continu proporcional a la irradiància solar que incideix sobre ells.

Aquests panells estan formats per un nombre determinat de cèl·lules que estan protegides per un vidre, encapsulades sobre un material plàstic i tot el conjunt emmarcat amb un perfil metàl·lic.

El mòdul solar elegit ha estat el model AXITEC de 300 Wp, amb més d'un 15% d'eficiència. A més, és un resistent i durador, gràcies al seu marc d'alumini, la seva protecció a la luminescència i la seva caixa de connexions d'alta qualitat fa que aquesta placa solar estigui a l'última en tecnologia a un bon preu. Aquest panell és dels més adequats per a la instal·lació, ja que gràcies a la seva potència elevada diària ens permet aconseguir complir els consums més habituals^[11].

Aquest mòdul està format per un total de 72 cèl·lules de silici policristal·lí d'alta qualitat. El fabricant garanteix un 90% del rendiment nominal al cap de 15 anys, i un 85% als 25.

A continuació es mostren les característiques d'aquestes plaques fotovoltaïques en la taula 7.7.

Taula 7.7. Característiques del mòdul AXITEC 300 Wp.

Característiques	Descripció	Característiques	Descripció
Cèl·lules	72	Tipus de cèl·lula	Policristal·lí
Potència	300 Wp	Dimensions	1962 x 992 x 40 mm
Vmpp (V)	36,73 V	Rang temperatures	-40°C a 85°C
Impp (A)	8,18 A	Tensió màxima	1000 V
Garantia	12 anys en materials i 25 en producció	Pressió de superfície	2400 N/m ²
Pes	22.5 kg	Rendiment	15,41%

Les dades elèctriques estan calculades per condicions estàndard; 1000 W/m² de radiació i 25°C de temperatura.

A continuació es mostra la forma i dimensions del mòdul elegit en la figura 7.2.

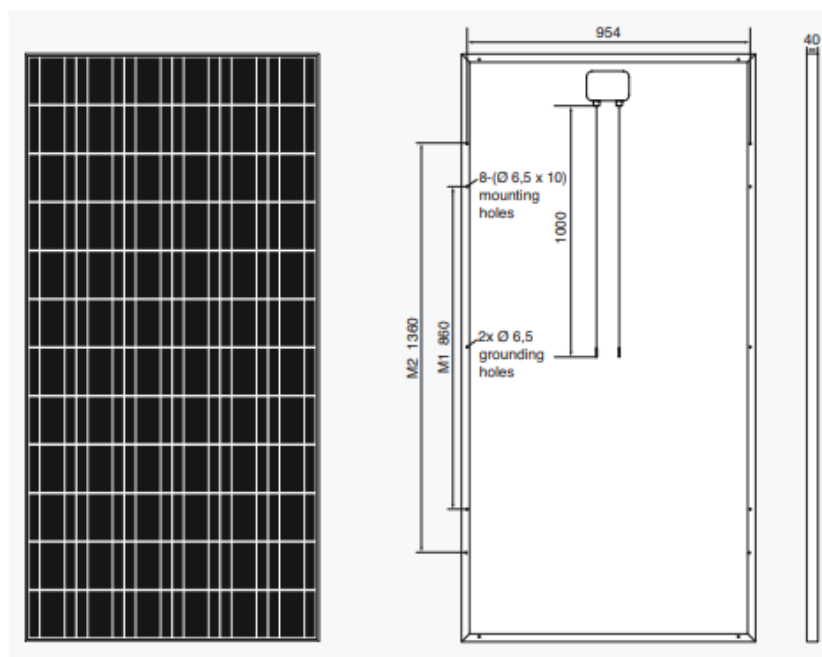


Figura 7.2. Mòdul AXITEC 300 Wp.

7.3.3.4 Subjecció

Per a la subjecció de les plaques fotovoltaïques s'ha utilitzat una estructura coplanar^[12], ja que és ideal per una coberta ja orientada al sud i amb una inclinació de 30° com la de la nau industrial Comercial Valira S.A.

Aquestes s'utilitzen en teulades inclinades i ofereixen possibilitats com els fixadors de doble rosca que faciliten el seu muntatge i disminueixen l'impacte visual. Es fixen al sostre dels edificis utilitzant dos perfils d'alumini sobre els quals es col·loquen els panells solars.

Aquests panells tenen la mateixa inclinació que l'angle de la teulada sobre el qual s'instal·la l'estructura. També és l'estructura fotovoltaica més econòmica i ràpida de muntar.

S'hauran d'instal·lar 40 estructures de 10 panells de coberta coplanar i 10 estructures de 9 panells per tal de subjectar totes les plaques^{[13][14]}. Això és perquè es podran instal·lar 490 plaques solars, com s'ha demostrat en l'apartat 7.3.3.7. L'opció de la instal·lació d'un seguiment solar s'ha descartat perquè la coberta no aguantaria el pes addicional del formigó, i per la seva inclinació, que també complicaria la seva col·locació.

A l'utilitzar una estructura coplanar en una coberta inclinada no serà necessari l'estudi de les ombres que podrien interferir en l'obtenció de la màxima energia solar en les plaques.



Figura 7.3. Col·locació de les plaques fotovoltaïques.

Tal com es pot observar en la figura 7.3, amb aquesta col·locació no es produiran situacions en les quals les plaques evitin la total recepció de l'energia solar a causa d'ombres.

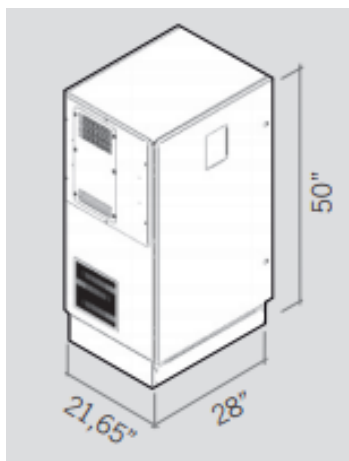
7.3.3.5 Inversors

Els inversors són uns subsistemes de condicionament de potència, que transformen el corrent continu generat en el camp solar en corrent altern. D'aquesta manera permet subministrar l'energia produïda a la xarxa.

L'inversor elegit ha estat el INGECON 25 U 480, de 25 kW del fabricant *Ingeteam*. Aquest inversor combina la robustesa d'una carcassa d'acer inoxidable apta per a instal·lacions a l'exterior, i d'altra banda, el manteniment és molt assequible, ja que es pot substituir la seva part electrònica des de l'exterior sense necessitat de realitzar grans maniobres^{[15][16]}.

L'etapa de conversió trifàsica pura de l'inversor ofereix una sèrie equilibrada en les tres fases de corrent altern sense ser necessari instal·lar cap element addicional per a la desconexió de les línies simultàniament.

A la figura 7.4 es mostren les dimensions de l'inversor.


 Figura 7.4. Mesures 25 U 480^[15].

L'inversor presenta les mesures dels principals paràmetres mitjançant un display LCD. Aquestes mesures es mostren a la taula 7.8.

 Taula 7.8. Mesures de l'inversor^[15].

Valors d'entrada (DC)			
Rang potència camp FV recomanada	26 – 33 kWp	Corrent màxima	87 A
Rang de tensió MPP	300 - 550 V	Nº entrades	2
Tensió màxima	600 V	MPPT	1
Valors de sortida (AC)			
Potència nominal	25 kW	Tensió nominal	480 V
Corrent màxim	34 A	Freqüència nominal	50 / 60 Hz
Rendiment			
Eficiència màxima	95,9 %	Euroeficiència	95,5 %
Dades generals			
Refrigeració per aire	674 m ³ /h	Consum nocturn	1 W
Consum <i>stand-by</i>	30 W	Rang temperatura	-15°C a +65°C

La comprovació de si els inversors elegits podran suportar la potència dels panells es mostra a l'annex F.1.1.

7.3.3.6 Col·locació dels Panells

El sistema està format per 490 mòduls fotovoltaics AXITEC de 300 Wp cada un, agrupats com es mostra en la figura 7.5, i tenint en compte que s'han utilitzat les cobertes enfocades cap al sud-est, on es rebrà més energia solar.

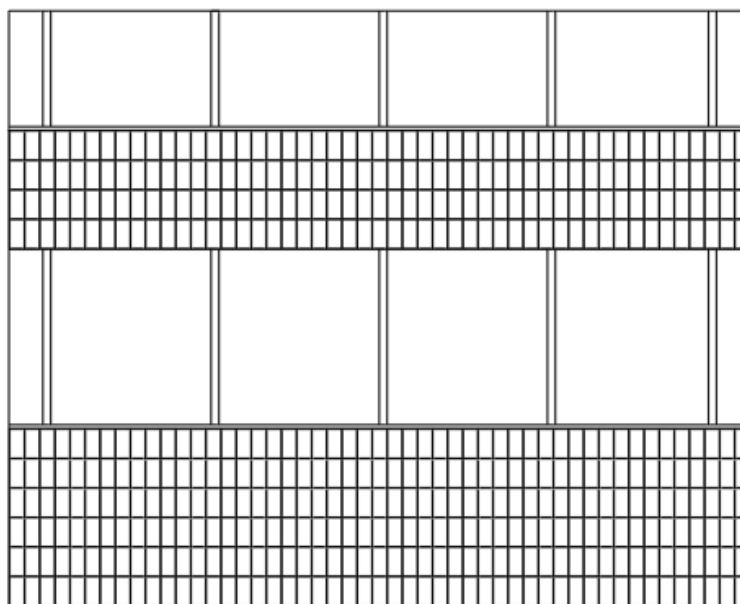


Figura 7.5. Col·locació dels panells.

La distància entre plaques ha estat de 3 cm tant en vertical com en horitzontal. Per tant, tenint en compte les dimensions dels panells i la distància que les separa, se'n podran instal·lar 49 per fila i 6 per columna en la part situada més al sud, i les mateixes per files però 4 per columna en la del nord, fent el total de 490 plaques.

7.3.3.7 Producció

Per calcular la producció s'ha utilitzat la radiació solar de cada mes, la potència dels panells, el nombre de panells i la suposició de les pèrdues (15%). L'exemple de càlcul es mostra en l'annex F.2.

En la figura 7.6 es mostren els resultats aproximats obtinguts del consum energètic diari durant tots els mesos de l'any.

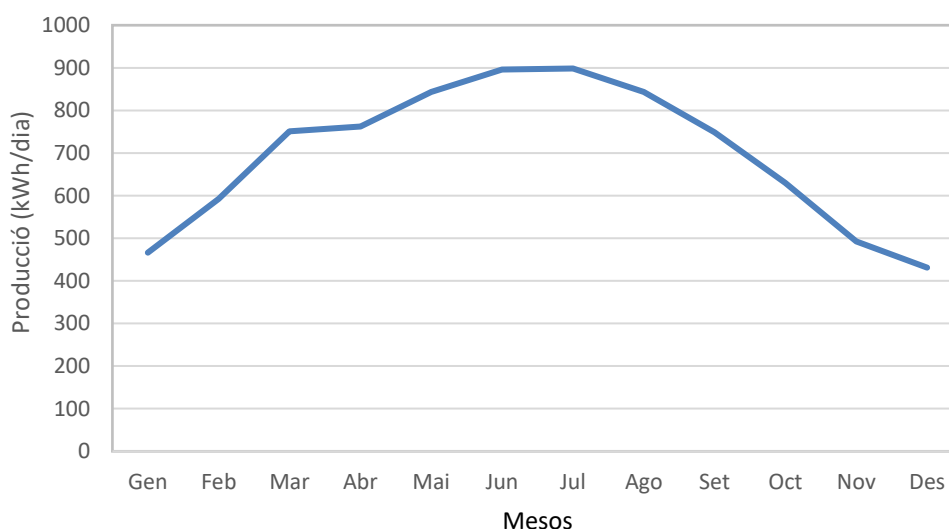


Figura 7.6. Gràfica de producció d'energia elèctrica.

La previsió de producció energètica de l'empresa Valira S.A ascendeix a 254.303 kWh/any una vegada s'han descomptat totes les pèrdues.

7.3.3.8 Altres

No s'ha aprofundit en l'estudi del cablejat, les proteccions, els transformadors i altres equips que serien necessaris en la instal·lació. Fent una observació d'altres estudis on s'han instal·lat plaques fotovoltaiques en la coberta d'una nau industrial, s'ha trobat que aquesta part no estudiada sol ser un 10% del pressupost final.

Aquest tant per cent s'ha tingut en compte en l'apartat 7.3.4 dels pressupostos de la instal·lació.

7.3.4 Pressupost

En aquest apartat es mostra el pressupost aproximat del què podria costar aquesta instal·lació amb la taula 7.9.

Taula 7.9. Pressupost.

Dispositiu	Quantitat	Preu Unitari (€)	Preu Total (€)
Mòdul fotovoltaic AXITEC 300	490	220	107.800
Inversor 25 U 480	6	9.354	56.121
Subjecció de 10 mòduls	40	196	7.838
Subjecció de 9 mòduls	10	175	1.749
TOTAL			173.508
+10% d'altres			27.761
TOTAL			201.269
Despeses generals 6%			12.076
Benefici industrial 16%			32.203
TOTAL sense iva			245.549
IVA 21%			51.565
TOTAL amb IVA			297.114

Les despeses generals són els costos de l'encarregat, del cap d'obra, d'altres com la grua o equips auxiliars d'elevació, la part proporcional al cost d'oficina, administratiu, etc. I el benefici industrial és l'import que se suposa que guanya l'adjudicatari.

El preu total aproximat de la instal·lació de plaques fotovoltaiques és de dos-cents noranta-set mil cent catorze euros, 297.114 €.

7.3.5 Estudi de rendibilitat

Per tal de calcular el possible estalvi econòmic que proporcionaria aquest projecte, s'han utilitzat les dades dels consums dels últims 12 mesos. En aquestes dades se li han restat els kWh que podria proporcionar la instal·lació de plaques per tal d'observar quants se'n podrien estalviar i quants s'haurien de vendre a la xarxa elèctrica.

En la figura 7.7 es mostren aquestes quantitats de kWh, que s'ha obtingut a partir d'un càlcul horari. L'explicació de la realització d'aquest gràfic es mostra en l'annex F.3.

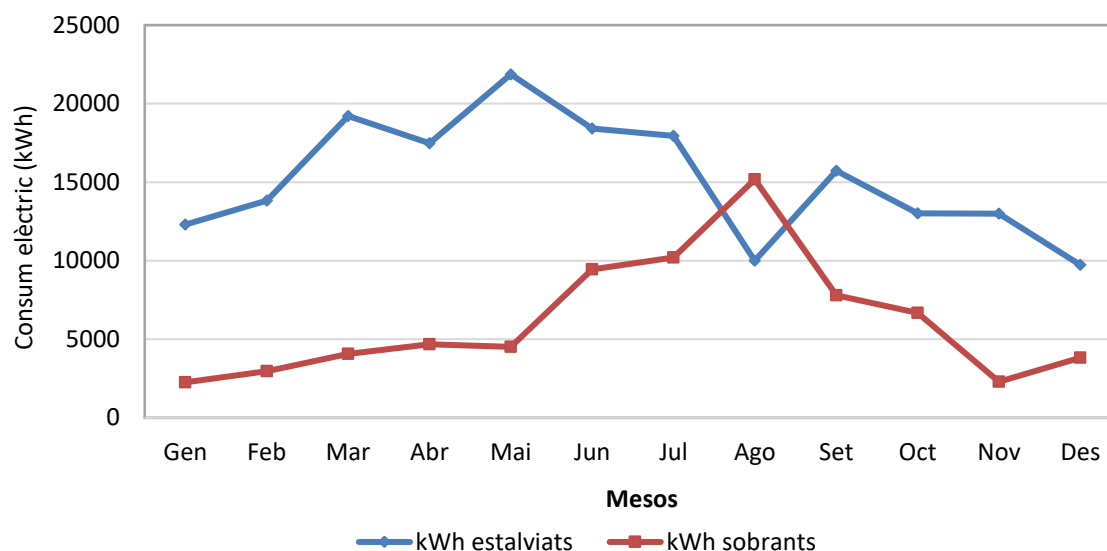


Figura 7.7. kWh anuals estalviats i sobrants gràcies a les plaques fotovoltaiques.

La gràfica segueix una progressió i descens lògics tenint en compte que durant els mesos d'estiu és quan s'obtindrà una major quantitat d'energia. L'única xifra discordant és durant el mes d'agost, ja que és quan l'empresa sol estar tancada durant 3 setmanes. A més, s'obté energia elèctrica quan l'electricitat és més cara, tal com s'ha observat en l'apartat 4.3.

Seguidament es mostra la taula 7.10 dels beneficis econòmics que proporcionaria la instal·lació. Per als kWh sobrants també s'ha considerat una alternativa on es pogués vendre per 0,05 € el kWh, encara que actualment l'estat espanyol no ho permet.

Taula 7.10. Beneficis econòmics.

Mes	€	€ (+0,05)	Mes	€	€ (+0,05)
Gener	1.876	1.989	Juliol	1.972	2.482
Febrer	1.231	1.379	Agost	792	1.551
Març	1.539	1.743	Setembre	1.450	1.840
Abril	1.433	1.667	Octubre	1.267	1.600
Maig	1.751	1.977	Novembre	1.354	1.469
Juny	1.871	2.343	Desembre	1.322	1.513

Amb aquests resultats, s'han obtingut uns beneficis totals de 17.864 € anuals pel cas on no s'aprofiten els kWh sobrants, i 21.559 € quan si es fa.

El període de retorn del capital invertit (*payback*) ha estat de 15,0 i 12,4 anys respectivament^[17]. A partir d'aquests anys les plaques fotovoltaiques començaran a proporcionar un estalvi econòmic, i com la seva vida útil és d'uns 25 anys els beneficis seran elevats. A més, s'estalviaran aproximadament uns 97.900 kg de CO₂ anuals.

7.3.6 Conclusions

El projecte proporciona beneficis importants a partir del 15è any, però s'han de tenir en compte les restriccions de l'estat.

Amb el real decret 900/2015 s'ha afegit un impost al sol que afecta aquelles instal·lacions d'autoconsum que alhora estan connectades a la xarxa elèctrica, com en

aquest projecte. El preu d'aquest impost és incert, ja que encara no s'han promulgat dues normatives que detallen diversos procediments. Per tant, la implantació d'una instal·lació de plaques fotovoltaïques s'ha deixat com una possible millora de cara al futur, quan l'estat proporcioni millors garanties i ajudes en comptes d'impostos que poden augmentar considerablement el període de retorn del capital invertit^[18] [19].

7.4 Anàlisis del límit de potència de la tarifa d'electre

7.4.1 Superació del límit de potència

Si se supera el límit actual de potència de la tarifa elèctrica, es produeixen unes penalitzacions. Durant l'any anterior, es va patir un impost considerable per aquest fet, tal com s'ha observat en l'apartat 5.

La figura 7.8 mostra el període de més consum del desembre de 2017.

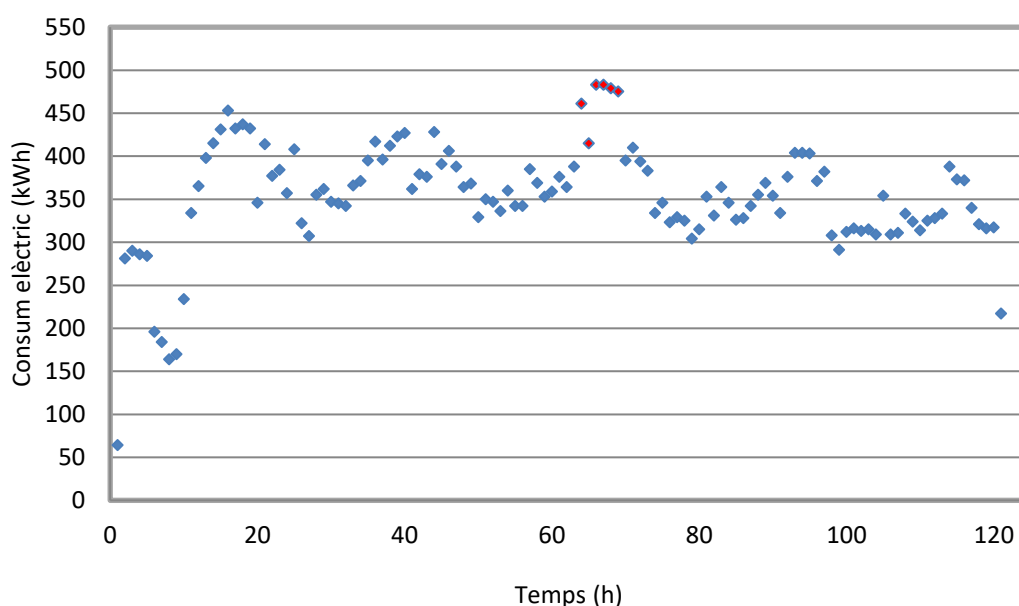


Figura 7.8. Consum durant el mes de desembre de 2017.

Durant aquest període de 5 dies es va injectar alumini i durant les hores que presenten punts de color vermell, a part de la injecció també es va pintar. Per tant, la major part de l'impost causat pel límit de potència és degut a realitzar les dues activitats al mateix temps.

A partir del mes d'abril, s'ha deixat de pintar en el moment en el qual s'injecta. Els resultats es mostren a la figura 7.9.

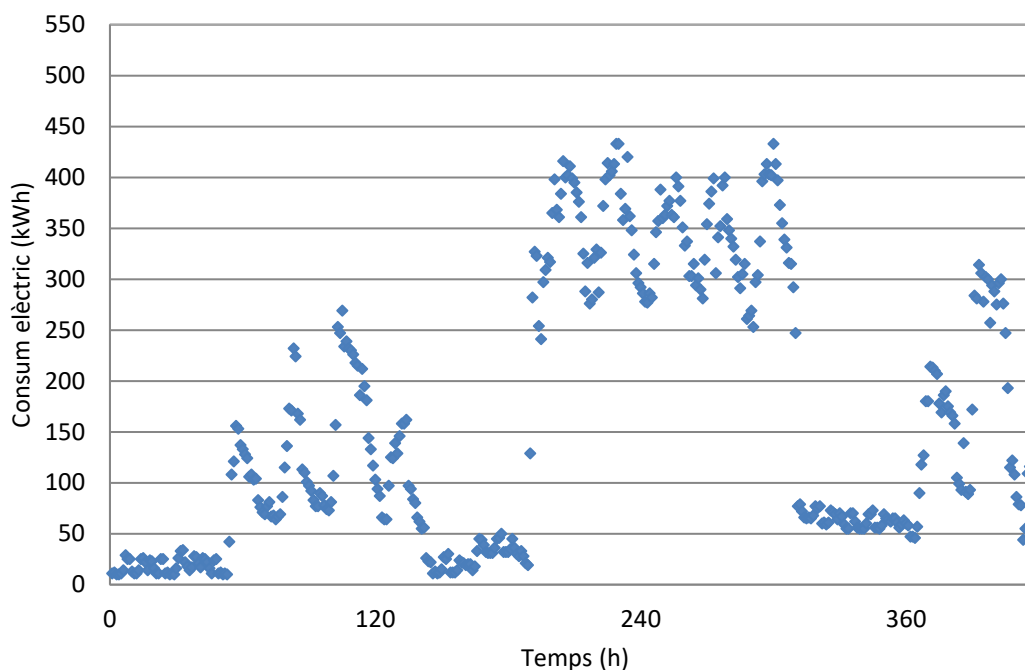


Figura 7.9. Consum durant el mes d'abril de 2018.

En la gràfica del mes d'abril s'observa que en cap moment se supera la barrera dels 450 kWh. Aquest canvi pot proporcionar un estalvi anual de 4.500 € i amb una inversió nul·la.

7.4.2 Modificació de la tarifa actual

Tal com s'ha comentat en l'apartat del cost energètic de l'establiment (6.1 i 6.2), el preu per kWh tant de l'energia elèctrica com del gas natural ha augmentat si es compara amb el de l'any anterior.

A finals de 2015 es va realitzar una millora en el contracte que va reduir el preu considerablement. Aquesta modificació favorable només va ser vàlida durant l'any 2016 on els preus estaven per sota de la mitjana de l'any anterior, ja que durant els últims mesos de l'any 2017 els preus ja han tornat a superar els del contracte anterior.

Considerant que la millora només va ser efectiva durant un any, a causa de l'augment del preu de l'energia, s'ha realitzat una reunió amb un representant de gas natural per tal d'intentar aconseguir una nova millora en aquests preus.

La reunió ha estat positiva i s'ha aconseguit un nou contracte que revisarà el preu per kWh. La millora es farà efectiva en els pròxims mesos, i pot comportar un estalvi anual de 2.000 €, també amb una inversió nul·la.

7.5 Anàlisi i modificació del compressor

Els compressors presenten unes corbes de consum inusuals, on pràcticament en tot moment consumeix de l'ordre de 30 kW, a excepció dels caps de setmana i festius on el seu consum és pràcticament nul. En l'apartat de mesuraments elèctrics (5.1) s'ha mostrat la gràfica d'aquest consum anormal durant el mes d'abril.

S'ha realitzat una reunió amb un dels fabricants de compressors on s'han compartit aquests problemes per tal de trobar-hi una solució. Aquestes es mostren a continuació.

7.5.1 Fuites del compressor

Un dels problemes més comuns són les fuites, ja que aquestes poden representar un 20% i un 30% de la capacitat de generació dels compressors instal·lats, la qual cosa en empreses amb baix manteniment es tradueix en un malbaratament energètic de milers d'euros a l'any.

Les principals fonts de fuites s'aconsegueixen ubicar en les connexions directes a màquina o prop de punts de consum, com ho són les següents:

- Vàlvules en general
- Reguladors
- Connexions ràpides
- Eines pneumàtiques
- Junta de canonades i mànegues

Les fuites es poden considerar com un malbaratament d'energia, ja que l'aire simplement s'escapa cap a l'atmosfera sense generar cap treball^[20].

Per tant, s'ha realitzat una auditoria de fuites, que ha consistit a realitzar un recorregut seguint les canonades per tal de detectar les fuites, ja sigui en escoltar el seu soroll (serveix per a les fuites grans, ja que generen un soroll elevat) o amb una pistola d'ultrasons. Un cop detectades s'han etiquetat amb el seu número de fuga, la ubicació i la seva severitat. Aquestes etiquetes han de romandre en el lloc fins que les fuites siguin reparades.

S'han trobat 27 fuites diferents per tota la planta, algunes d'elles molt importants i que han de ser reparades immediatament. El llistat d'aquestes es mostra en l'annex H.1.

7.5.2 Ordre dels compressors

El compressor passa de 10 a 30 kWh contínuament encara que no ho necessiti, això es produeix perquè l'empresa que els fabrica fixa un consum mínim.

La solució implica utilitzar el compressor d'11 kWh com el principal, i el de 75 kWh autoregurable com a secundari i que només s'activi quan sigui necessari, és a dir, quan s'injecten o es pinten les paelles.

7.5.3 Estalvi total

El consum anual dels compressors és d'uns 150.000 kWh, i segons el fabricant si s'aconsegueix solucionar les fuites i s'utilitza el compressor de menys capacitat com a principal, es podria reduir el consum entre un 20 i 30%. Per tant, l'estalvi anual podria ser d'uns 45.000 kWh, que es traduirien en uns 7.000 € i 17.325 kg de CO₂ evitats anualment.

Es calcula que la inversió necessària per tancar les fuites importants serà d'uns 3500 €. Amb aquestes dades es calcula que aquesta inversió presenta un període de retorn de 0,5 anys.

7.6 Implementació d'un sistema de monitoratge i control

Un sistema de mesura i supervisió energètica suposa el primer pas en la implantació d'un sistema de gestió energètica. Aquesta implementació porta implícit un potencial d'estalvi, a més de permetre establir les bases per realitzar projectes de millora gràcies a les dades obtingudes.

Un dels principals problemes a l'hora de realitzar l'auditoria energètica ha estat la falta d'instrumentació en els diferents equips per tal d'obtenir les dades dels seus consums.

A continuació es mostra la taula 7.11 amb els equips més importants de l'empresa i si estan sota un monitoratge constant.

Taula 7.11. Maquinària de consums elevats.

Maquinària	Monitoratge?	Maquinària	Monitoratge?
Forn de fosa Hormesa	No	Injector I-900	No
Injector B-660	No	Forn elèctric TP 2	No
Forn elèctric TP 1	No	Compressor núm. 1	No
Injector I-700	No	Compressor núm. 2	No
Forn elèctric Hormesa	No	Compressor núm. 3	Sí

Tal com es pot observar, només el compressor de *Whorthington* núm. 3 presenta un monitoratge constant. Aquest es realitza mitjançant l'aparell *Wibee*^[21].



Figura 7.10. Analitzadors de consums *Wibee*.

Wibee és un analitzador de consum amb connexió sense fil via *wi-fi*, que mostra les dades instantànies i històrics del consum elèctric mitjançant qualsevol dispositiu *smartphone*, *tablet* o PC. És una eina ideal per fer eficient la instal·lació elèctrica, per prendre definitivament el control i decidir en què actuar.

La versió de *Wibee* a adquirir és la trifàsica, i presenta un preu de 249,95 €. Per tant, per instal·lar un analitzador de consum en cada equip important de l'empresa, serà necessari una inversió de 2.249,55 €^[22].

S'estima que el potencial d'estalvi energètic pel primer any és d'un 1%, derivat dels plans d'acció i resultat de l'anàlisi dels perfils de càrrega dels diferents punts de mesura. Per tant, s'aconseguirà estalviar 13.770 kWh anuals i d'aquesta manera el període de retorn serà d'1,10 anys.

7.7 Pressupost total

A continuació es mostra una aproximació del pressupost total que comportaria la implantació de totes les millores i el benefici que es podria obtenir en la taula 7.12.

Els pressupostos i beneficis de la instal·lació fotovoltaica són sense tenir en compte els impostos. Els valors reals seran més elevats.

Taula 7.12. Inversions i beneficis.

Millora	Inversió (€)	Beneficis anuals (€)	<i>Payback</i> (anys)	Kg CO ₂ estalviats anualment
Implementació nou forn de fosa	55.000	14.713	3,74	79.349
Implementació nous forns de manteniment	2 x 32.000	2 x 8.543	3,50	53.592
Instal·lació fotovoltaica	297.114	17.864	15,0	97.900
Modificació de la manera de treballar	-	4.500	-	-
Modificació de la tarifa elèctrica	-	2.000	-	-
Modificació compressors	3.500	7.000	0,50	17.325
Sistema monitoratge	2.249	2.045	1,10	7.700
TOTAL (sense fotovoltaica)	124.749	47.345	2,63	157.966
TOTAL (amb fotovoltaica)	421.863	65.208	6,46	255.866

7.8 Recomanacions

S'han obtingut 6 possibles millores, i a continuació s'exposen les recomanacions sobre les seves implementacions.

7.8.1 Implementació d'un nou forn principal

La substitució del forn de fosa antic per un de nou és inevitable a causa de l'edat que presenta, ja que la seva vida útil va ser superada fa molt de temps. A més, en la present auditoria energètica s'ha detectat que amb la implementació del mateix model de forn de fosa s'aconseguirà una millora en el consum de gas molt important, que permetrà retornar la inversió realitzada en un període no major a 4 anys.

Per tant, aquesta millora es considera de caràcter vital i s'hauria de realitzar si es disposa de la quantitat monetària necessària per fer front a aquesta inversió.

7.8.2 Implementació d'un nou forn de manteniment

Els dos forns de manteniment antics que s'utilitzen en la secció de producció presenten un consum molt elevat d'energia elèctrica. La seva substitució es presenta com una bona oportunitat per aconseguir una millor eficiència energètica, així com reduir les despeses de l'empresa.

L'estalvi que s'aconseguirà amb la implementació dels dos forns de manteniment és considerablement elevat, per tant hauria de ser una millora prioritària per a Comercial Valira S.A.

7.8.3 Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica

El cas de la instal·lació de plaques fotovoltaïques és la més complexa de les millores presentades. S'aconseguirien uns beneficis importants, ja que la vida útil d'aquestes sol ser teòricament de més de 25 anys, i en molts casos se supera aquesta xifra amb facilitat. A més, el seu manteniment és pràcticament nul i es realitza en horari nocturn, sense intervenir en la producció d'energia diària.

El problema és que actualment l'estat no presenta ajudes a aquestes instal·lacions, i imposa uns impostos que poden arribar a ser elevats, que fan augmentar considerablement el període de retorn de la inversió a realitzar. És una indústria amb canvis reguladors per cada nou govern que entra, i això provoca que el desenvolupament no sigui sostenible. A més, actualment l'empresa Comercial Valira S.A no es pot permetre realitzar una inversió tan elevada i amb una recuperació a tants anys vista.

Per tant, actualment en aquest projecte no es recomana la seva implementació. És preferible esperar per veure com evoluciona aquest tema en els pròxims anys, a l'espera de què al final les energies renovables s'imposin a les no renovables i a l'estat no li quedin altres opcions que no sigui proporcionar ajudes.

7.8.4 Anàlisi del límit de potència

La millora per tal d'evitar l'impost econòmic a causa del límit de potència ja s'ha posat en pràctica i els resultats han estat positius. Durant els dos mesos en els quals no s'ha pintat i injectat al mateix temps, no s'ha superat en cap moment aquest límit. I en el cas de la modificació de la tarifa, els resultats es començaran a notar en els pròxims mesos quan s'apliquin els nous preus per kWh.

Són millores que no han requerit una inversió i el seu estalvi anual és molt important.

7.8.5 Anàlisi i modificació del compressor

El consum dels compressors presenta unes corbes inusuals, i amb el seu estudi s'ha detectat una gran quantitat de fuites. Aquestes pèrdues solen ser el 20 o 30% del consum d'aquestes màquines, per tant la seva reparació s'hauria de realitzar al més aviat possible. A més, realitzant el canvi de compressor secundari d'11 kWh com a principal, s'aconseguirà reduir encara més el consum.

La inversió en aquest cas no és molt elevada i els beneficis són importants, per tant és una millora de caràcter prioritari.

7.8.6 Implementació sistema monitoratge

La falta d'un sistema de monitoratge dels principals equips de la planta ha dificultat l'estudi energètic. La implementació d'aquest sistema proporciona un potencial d'estalvi gràcies al control dels consums en tot moment. Aquesta millora aportarà com a mínim un estalvi d'un 1% anual.

8 Conclusions

A l'inici del present projecte es proposaven com a objectius qualificar la demanda energètica de l'empresa Comercial Valira S.A, proposar millores energètiques, qualificar i certificar les solucions adoptades i estudiar la viabilitat econòmica d'aquestes. Aquests objectius han estat aconseguits amb èxit i aquest projecte ha permès tenir una visió clara del funcionament actual de l'empresa i el seu marge de millora.

Amb l'estudi de la situació de l'empresa en el moment actual i les seves característiques del procés, s'han proposat una sèrie de projectes de millora de l'eficiència, els quals tenen una major rendibilitat per a l'empresa. Es recomana implementar les següents millores estudiades.

- Substitució del forn de fosa actual per un amb un consum de gas natural menor.
- Substitució dels dos forns de manteniment per uns amb un consum energètic reduït.
- Modificació de la tarifa actual i de la manera en què es treballa, ja que s'ha detectat que m'entres s'injecta i es pinta a la vegada se supera el límit de potència permès, provocant una penalització monetària.
- Revisió de les fuites dels compressors i dels seus ordres de posada en marxa.
- Implementació d'un sistema de monitoratge i control per tal de detectar consums inusuals el més ràpid possible.

S'ha descartat la millora de la instal·lació de plaques fotovoltaïques, ja que amb les condicions actuals presenta una inversió i un període de retorn molt elevats i difícilment assumibles per l'empresa. A més, l'estat estableix uns impostos que eleven el *payback* del projecte.

Amb les millores proposades es produeixen estalvis anuals totals molt importants (47.345 €) i amb uns períodes de retorn molt baixos, per la qual cosa la realització de les propostes és molt assequible per a l'empresa. A més, s'aconsegueix un estalvi anual de 157.966 kg de CO₂, que significa una reducció del 21,5% de les emissions anuals de l'empresa, i d'aquesta manera es contribueix en alentar l'escalfament global del planeta.

9 Referències

- [1] "What is Peak Oil?" Web: peakoilbarrel.com/what-is-peak-oil/ Última visita: 11/05/2018
- [2] P.F. Herrero, "Cómo realizar una auditoría energética", Fund. Confemetal, 1ª ed., 2011
- [3] ISO 50001, "Energy management systems", 2015
- [4] "World energy balances", International Energy Agency iea, 2018
- [5] "Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid", Escan S.A., 2009
- [6] "Todo sobre las Tarifas de Alta Tensión de 6 periodos" Web: gesternova.com/todo-sobre-las-tarifas-de-alta-tension-de-6-periodos-6-x/ Última visita: 11/05/2018
- [7] "Tipos de Hornos de fusión y mantenimiento de aluminio" Web: www.ghihornos.com/hornos-industriales/fundicion-aluminio/hornos-fusion-mantenedores/ Última visita: 09/05/2018
- [8] "Solar Photovoltaic Energy", IEA Technology Roadmaps, OECD Publishing, Paris, 2015
- [9] "Photovoltaic Geographical Information System" Web: re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php Última visita: 13/05/2018
- [10] J.M. Mendez, "Energía Solar fotoeléctrica", Fund. Confemetal, 4ª ed., 2009
- [11] "Placa Solar Policristalina AXITEC 300 WP" Web: www.cambioenergetico.com/paneles-solares/2368-placa-solar-policristalina-axitec-300-wp.html Última visita: 07/05/2018
- [12] "Estructuras Coplanar" Web: www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/estructuras-coplanar/ Última visita: 13/05/2018
- [13] "Estructura de aluminio para paneles" Web: www.elalmacensolar.es/kit-estructura-aluminio-para-cubierta-coplanar/739-kit-solar-estructura-10-paneles-cubierta-coplanar.html Última visita: 07/05/2018
- [14] "Estructura de aluminio para paneles" Web: www.elalmacensolar.es/kit-estructura-aluminio-para-cubierta-coplanar/738-kit-solar-estructura-9-paneles-cubierta-coplanar.html Última visita: 07/05/2018
- [15] "INGECON SUN" Web: autosolar.es/pdf/Ingeteam-Ingecon-Sun-Smart.pdf Última visita: 05/05/2018
- [16] "Inversor Red 30000W INGECON Sun Smart" Web: autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-red-30000w-ingecon-sun-smart-30-kw Última visita: 05/05/2018
- [17] "Cálculo del periodo de recuperación de la inversión o payback" Web: www.gestiopolis.com/calculo-del-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-o-payback/ Última visita: 02/05/2018
- [18] "El impuesto al sol apenas recaudó 170.000 euros durante el año pasado" Web: www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/8997243/03/18/El-impuesto-al-sol-apenas-recaudo-170000-euros-durante-el-ano-pasado.html Última visita: 28/04/2018
- [19] Real Decreto 900/2015, Disposición 10927 del BOE núm. 243
- [20] "Fugas en un sistema de aire comprimido" Web: airecomprimidokaeser.com/index.php/2016/09/26/fugas-en-un-sistema-de-aire-comprimido/ Última visita: 04/05/2018

- [21] "Un experto en eficiencia siempre contigo" Web:wibeee.circutor.com/ Última visita: 08/05/2018
- [22] "Medidor de energía online Wibeee N-R (trifásica)" Web:www.efimarket.com/wibeee-monitor-de-energia-online-trifasico-n-r Última visita: 08/05/2018

Carles Suau Regordosa

**Millora de l'eficiència energètica en una empresa de
fabricació d'articles de parament**

DOCUMENT III: Annexos



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2018

Índex

Document III: Annexos

A	Taula d'equivalències energètiques.....	1
B	Costos energètics.....	1
	B.1 Energia elèctrica.....	1
	B.2 Gas Natural	3
C	Corbes de consum	5
D	Implementació d'un nou forn principal.....	7
E	Implementació d'un nou forn de manteniment	9
F	Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica en la nau industrial.....	10
	F.1 Càlcul d'inversors	10
	F.1.1 Comprovació de no superació de la potència màxima.....	10
	F.2 Càlcul de producció diària	10
	F.3 Estudi de la rendibilitat	11
G	Càlculs econòmics.....	17
	G.1 Payback.....	17
H	Anàlisis compressors	17
	H.1 Llistat de fuites	17

A Taula d'equivalències energètiques

Taula A.1. Equivalències energètiques

	Joule (J)	kcal	kWh	Tèrmia	Tep
Joule (J)	1	$0,239 \cdot 10^{-3}$	$0,277 \cdot 10^{-6}$	$0,239 \cdot 10^{-6}$	$23,89 \cdot 10^{-12}$
kcal	$4,187 \cdot 10^3$	1	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	10^{-7}
kWh	$3,60 \cdot 10^6$	$0,859 \cdot 10^3$	1	$860,42 \cdot 10^{-3}$	$86 \cdot 10^{-6}$
Tèrmia	$4,187 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$	1,163	1	10^{-4}
Tep	$4,184 \cdot 10^3$	10^7	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	1

B Costos energètics

B.1 Energia elèctrica

En aquest apartat es mostren els kWh, costos i €/kWh de cada un dels mesos dels últims 3 anys.

Taula B.1. Despeses d'energia elèctrica de l'any 2015.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener	140.233	16.528	19.998	0,1179	0,1426
Febrer	152.227	17.941	21.709	0,1179	0,1426
Març	204.862	19.775	23.927	0,0965	0,1168
Abril	108.945	14.786	17.891	0,1357	0,1642
Maig	96.924	9.144	11.064	0,0943	0,1142
Juny	139.287	16.595	20.080	0,1191	0,1442
Juliol	122.705	17.602	21.298	0,1434	0,1736
Agost	55.190	8.578	10.379	0,1554	0,1881
Setembre	129.939	14.399	17.423	0,1108	0,1341
Octubre	146.069	15.274	18.482	0,1046	0,1265
Novembre	140.809	15.941	19.289	0,1132	0,1370
Desembre	119.536	16.910	20.461	0,1415	0,1712
TOTAL	1.556.726	183.473	222.002	0,1178	0,1426

Taula B.2. Despeses d'energia elèctrica de l'any 2016.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener	133.904	16.005	19.366	0,1195	0,1446
Febrer	137.898	13.945	16.873	0,1011	0,1224
Març	127.068	11.110	13.443	0,0874	0,1058
Abril	146.946	11.027	13.343	0,0750	0,0908
Maig	144.997	11.804	14.283	0,0814	0,0985
Juny	108.609	11.756	14.225	0,1082	0,1310
Juliol	128.990	14.889	18.016	0,1154	0,1397
Agost	94.038	9.708	11.747	0,1032	0,1249
Setembre	123.925	12.775	15.457	0,1031	0,1247
Octubre	126.846	14.104	17.066	0,1112	0,1345
Novembre	111.992	13.805	16.704	0,1233	0,1492
Desembre	123.919	14.004	16.945	0,1130	0,1367
TOTAL	1.509.132	154.931	187.467	0,1026	0,1242

Taula B.3. Despeses d'energia elèctrica de l'any 2017.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener	128.359	19.782	23.936	0,1541	0,1865
Febrer	143.708	18.013	21.796	0,1253	0,1517
Març	152.977	14.912	18.044	0,0975	0,1180
Abril	94.711	10.563	12.781	0,1115	0,1350
Maig	139.533	13.786	16.681	0,0988	0,1195
Juny	110.934	12.968	15.692	0,1169	0,1415
Juliol	135.343	16.053	19.424	0,1186	0,1435
Agost	61.525	8.377	10.136	0,1362	0,1648
Setembre	87.174	13.834	16.740	0,1587	0,1920

Octubre	128.773	14.469	17.508	0,1124	0,1360
Novembre	114.195	14.039	16.988	0,1229	0,1488
Desembre	80.048	12.271	14.849	0,1533	0,1855
TOTAL	1.377.280	169.071	204.576	0,1227	0,1485

Taula B.4. Despeses d'energia elèctrica de l'any 2018.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener	128.423	16.491	19.782	0,1284	0,1540
Febrer	112.874	14.222	17.209	0,1260	0,1525
Març	104.146	11.492	13.905	0,1103	0,1335
Abril			10.563		0,1300

B.2 Gas Natural

En aquest apartat es mostren els kWh, costos i €/kWh de cada un dels mesos dels últims 3 anys.

Taula B.5. Despeses de gas natural de l'any 2015.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener	113.000	5.099	6.170	0,0451	0,0546
Febrer	141.334	6.377	7.717	0,0451	0,0546
Març	183.898	8.274	10.011	0,0450	0,0544
Abril	88.000	3.811	4.612	0,0433	0,0524
Maig	75.000	3.216	3.891	0,0429	0,0519
Juny	129.000	5.466	6.614	0,0424	0,0513
Juliol	80.268	3.318	4.015	0,0413	0,0500
Agost	33.375	1.425	1.725	0,0427	0,0517
Setembre	105.823	5.143	6.223	0,0486	0,0588
Octubre	113.998	5.213	6.307	0,0457	0,0553
Novembre	104.170	4.173	5.049	0,0401	0,0485

Desembre	88.571	3.560	4.308	0,0402	0,0486
TOTAL	1.256.437	55.075	66.641	0,0438	0,0527

Taula B.6. Despeses de gas natural de l'any 2016.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener	68.000	2.467	2.985	0,0363	0,0439
Febrer	105.000	3.809	4.609	0,0363	0,0439
Març	97.275	3.774	4.566	0,0388	0,0469
Abril	114.939	4.184	5.063	0,0364	0,0441
Maig	93.186	3.399	4.113	0,0365	0,0441
Juny	80.074	2.932	3.548	0,0366	0,0443
Juliol	91.981	3.336	4.037	0,0363	0,0439
Agost	60.443	2.219	2.685	0,0367	0,0444
Setembre	96.963	3.511	4.248	0,0362	0,0438
Octubre	84.246	3.199	3.870	0,0380	0,0459
Novembre	62.843	2.418	2.926	0,0385	0,0466
Desembre	96.000	3.695	4.470	0,0385	0,0466
TOTAL	1.050.950	38.944	47.122	0,0371	0,0449

Taula B.7. Despeses de gas natural de l'any 2017.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener	65.341	2.476	2.995	0,0379	0,0458
Febrer	129.549	4.823	5.836	0,0372	0,0450
Març	92.234	3.457	4.183	0,0375	0,0454
Abril	93.595	3.773	4.566	0,0403	0,0488
Maig	103.845	4.221	5.108	0,0406	0,0492
Juny	74.510	3.052	3.693	0,0410	0,0496
Juliol	108.127	4.341	5.252	0,0401	0,0486

Agost	31	82	99	-	-
Setembre	111.456	4.465	5.402	0,0401	0,0485
Octubre	101.778	3.961	4.793	0,0389	0,0471
Novembre	49.800	1.973	2.387	0,0396	0,0479
Desembre	72.887	2.850	3.449	0,0391	0,0473
TOTAL	1.003.153	39.474	47.763	0,0393	0,0436

Taula B.8. Despeses de gas natural de l'any 2018.

Mes	kWh	€ (sense IVA)	€ (amb IVA)	€/kWh (sense IVA)	€/kWh (amb IVA)
Gener					
Febrer	104.197	4.172	5.048	0,0400	0,0484
Març	66.112	2.676	3.239	0,0405	0,0490
Abril					

C Corbes de consum

En aquest apartat es mostren les corbes de consum d'energia elèctrica dels últims 5 mesos.

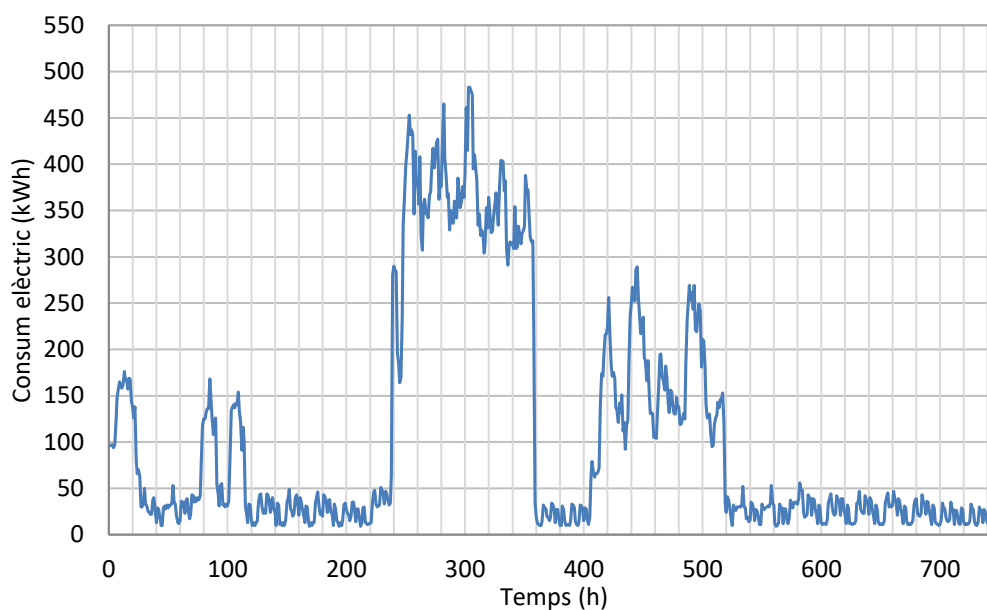


Figura C.1. Consum del mes de desembre.

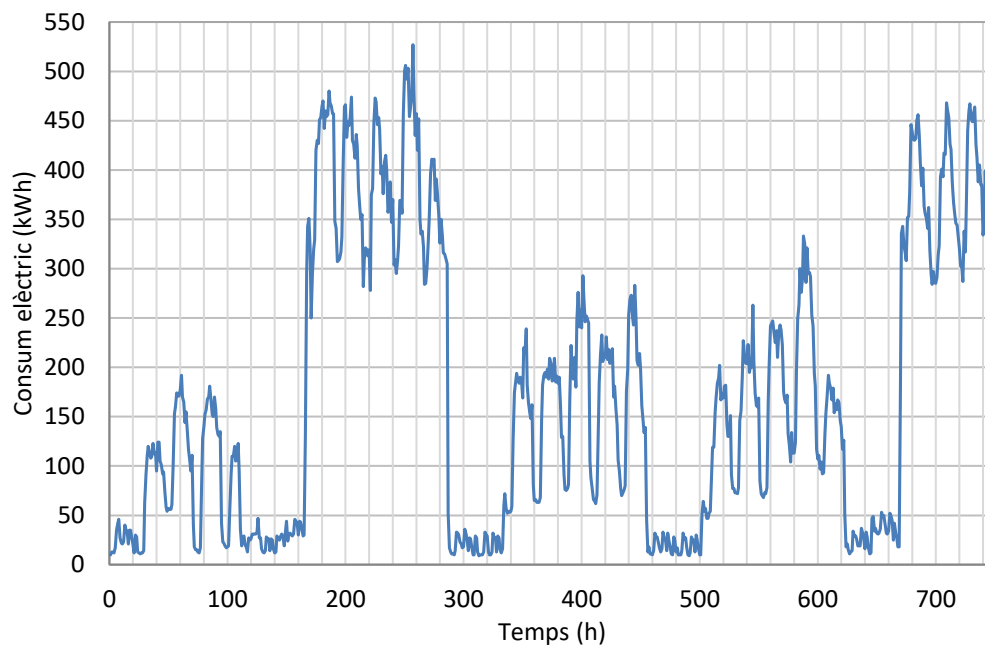


Figura C.2. Consum del mes de gener.

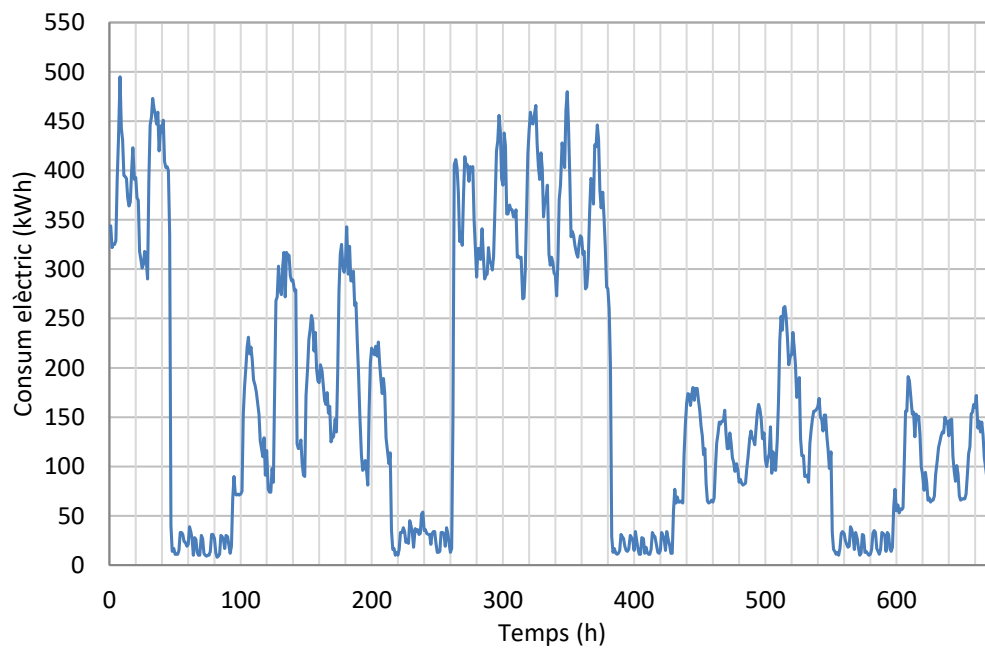


Figura C.3. Consum del mes de febrer.

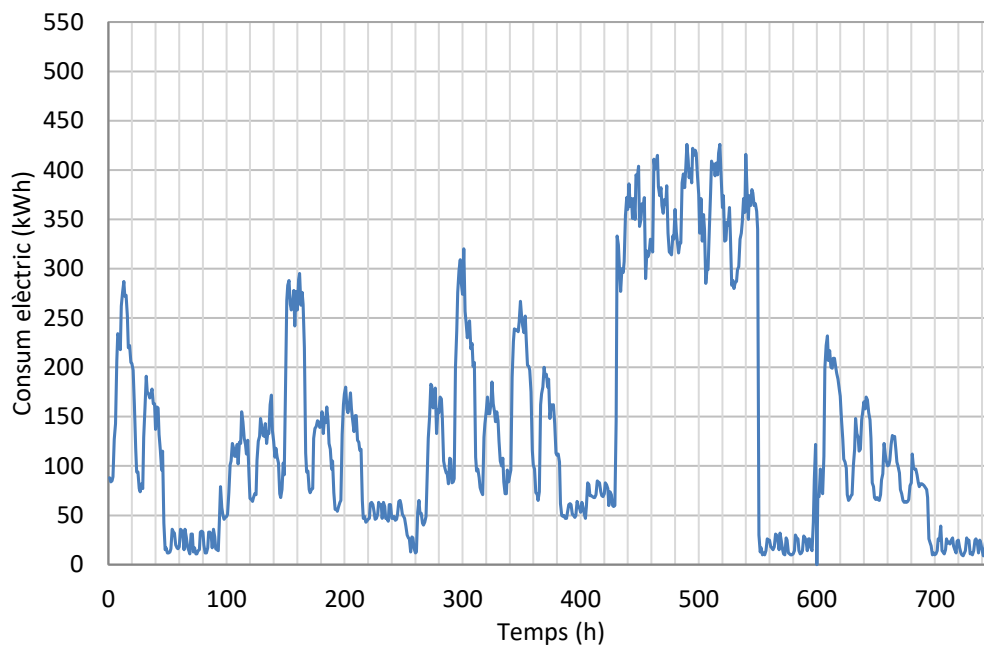


Figura C.4. Consum del mes de març.

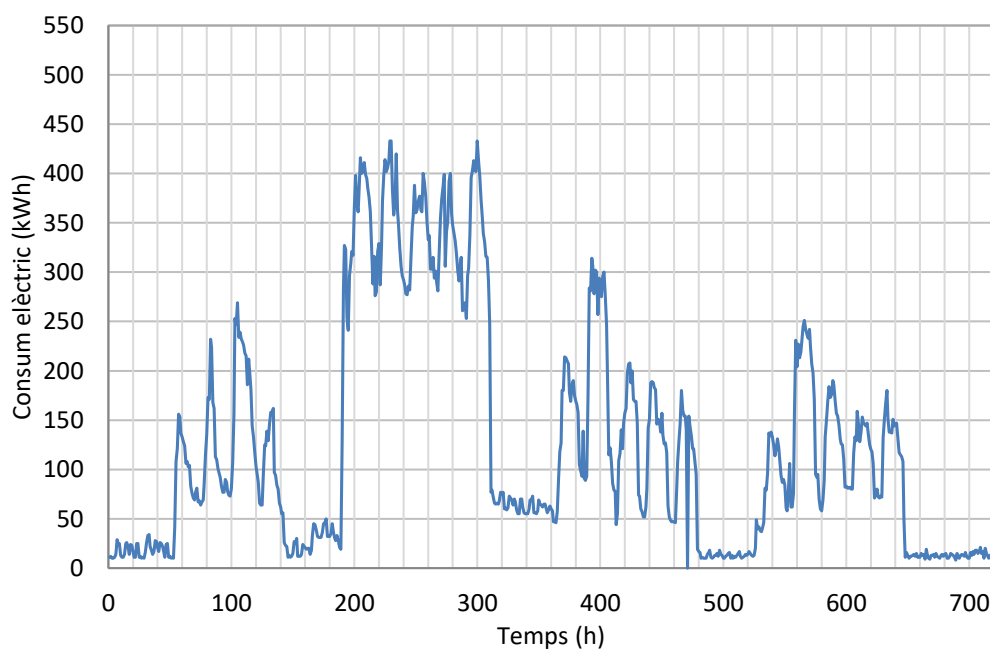


Figura C.5. Consum del mes d'abril.

D Implementació d'un nou forn principal

En aquest apartat es mostren les característiques dels 8 forns de fosa a estudiar.

Inicialment es mostren les potències instal·lades i les capacitats que tenen aquests forns a l'hora de produir paelles.

Taula D.1. Potències instal·lades i capacitats.

	kW electre	kW gas	kW manteniment	kWh/Tn	Capacitat	Capacitat 1h	Preu/kg
HORCB	8	500	80	2000	800	375	0,0564
HORCB nou	8	336	45	1260	800	375	0,0368
EM250	263	-	8	644	500	408	0,0804
EM350	348	-	8	644	530	540	0,0808
MH II-T 1500/750G	7	450	40	600	1500	750	0,0236
MHS 1000/750G	6	495	40	660	1000	750	0,0259
MTX ²	9	354	39	590	1000	600	0,0232
KTFM 1000/350	6	236	19	675	1000	350	0,0265

Així doncs s'observa com els d'inducció són els únics que no utilitzen el gas, però en canvi el seu consum d'electre és molt elevat. A més, a partir de la taula s'ha extret que totes les ofertes serien vàlides si la decisió depengués de les capacitats de producció per hora. També s'ha vist com les d'inducció presenten un preu per kg més elevat que l'actual, un inconvenient bastant important a l'hora d'elegir el forn.

En la següent taula D.2 es mostren els costos per hora de l'electricitat i el gas tant de producció com de manteniment.

Taula D.2. Preu/hora d'electricitat i gas.

	€/h electricitat	€/h gas	€/h electricitat en manteniment	€/h gas en manteniment
HORCB	0,98	19,67	-	3,15
HORCB nou	0,98	13,15	-	1,77
EM250	32,25	0,00	0,99	-
EM350	42,69	0,00	0,99	-
MH II-T 1500/750G	0,86	17,71	-	1,57
MHS 1000/750G	0,74	19,48	-	1,57
MTX ²	1,10	13,93	-	1,53
KTFM 1000/350	0,74	9,30	-	0,76

A continuació es mostra una taula amb els costos horaris dels forns, el cost suposant que es treballa 20 setmanes, el que costa mantenir el forn en manteniment durant els dies que no s'injecta i el cost global anual tenint en compte les setmanes de treball i les de manteniment.

Taula D.3. Costos generals. (€)

	Cost horari	Cost 20 setmanes	Cost en manteniment (245 dies)	Cost global anual
--	-------------	---------------------	--------------------------------------	----------------------

HORCB	20,66	47.097	18.510	65.607
HORCB nou	14,20	32.384	10.411	42.796
EM250	32,25	77.411	5.846	83.258
EM350	42,69	102.456	5.846	108.302
MH II-T 1500/750G	18,57	44.560	9.255	53.815
MHS 1000/750G	20,21	48.515	9.255	57.770
MTX ²	15,03	36.083	9.023	45.106
KTFM 1000/350	10,03	22.875	4.453	27.329

Amb les dades de la taula D.3 s'ha calculat l'estalvi anual a partir de la diferència de costos entre el forn actual i els nous. L'estalvi, inversió i període de retorn de cada forn es mostren en l'informe principal.

E Implementació d'un nou forn de manteniment

En aquest apartat es mostren les característiques dels 3 forns de manteniment a estudiar. Les seves capacitats són 800, 1200 i 1000 kg respectivament. Les tres ofertes són vàlides, ja que superen la capacitat del forn de manteniment actual (750 kg). A continuació es mostren les potències instal·lades de cada forn i el seu preu per hora.

Taula E.1. Potències instal·lades.

	kW electre	kW manteniment	€/h electricitat	€/h electricitat manteniment
Actual	45	45	5,52	5,52
STOTHERM 800	16	10	1,96	1,22
STOTHERM 1200	16	12	1,96	1,47
TEX ²	27	9	3,31	1,10

S'observa com els nous forns gasten molta menys electricitat, per tant el cost per hora es redueix considerablement.

A continuació es mostra una taula amb els costos suposant que es treballa durant 20 setmanes anuals, el cost del forn en manteniment durant 245 dies a l'any i el cost global.

Taula E.2. Costos generals. (€)

	Cost 20 setmanes	Cost en manteniment (245 dies)	Cost global anual
Actual	13.257 €	32.481 €	45.739 €
STOTHERM 800	4.713 €	7.218 €	11.932 €
STOTHERM 1200	4.713 €	8.661 €	13.375 €
TEX ²	7.954 €	6.496 €	14.451 €

Amb les dades de la taula E.3 s'ha calculat l'estalvi anual a partir de la diferència de costos entre el forn actual i els nous. L'estalvi, inversió i període de retorn de cada forn es mostren en l'informe principal.

F Estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica en la nau industrial

F.1 Càlcul d'inversors

Per calcular el nombre d'inversors necessaris es fa servir la següent equació.

$$\text{Núm. inversors} = 490 \text{ mòduls} \cdot 300 \text{ W} = 147000 \text{ W} = 147 \text{ kW} \quad (1)$$

Per tant, per aquesta instal·lació fotovoltaica són necessaris uns inversors que superin els 178 kW.

F.1.1 Comprovació de no superació de la potència màxima

En aquest apartat s'ha comprovat si amb la quantitat de mòduls de la instal·lació no superen la potència màxima del conjunt d'inversors.

Seguidament es mostra la taula amb les dades a utilitzar.

Taula F.1. Dades.

Nomenclatura	Valor
$P_{\text{màx}} \text{ mòdul}$	300 W
$P_{\text{màx}} \text{ inversor}$	2 x 25kW
Mòduls	490

Amb aquestes dades es comprova que no es superi la potència màxima:

$$P_{\text{màx}} \text{ inversor} \geq \text{Núm. Mòduls} \cdot P_{\text{màx}} \text{ mòdul} \quad (2)$$

$$2 \cdot 25000 \geq 490 \cdot 300 \rightarrow 150000 \geq 147000$$

Amb aquests mòduls sí que es compleixen les limitacions de potència de l'inversor.

F.2 Càlcul de producció diària

Tenint en compte la potència pic, la radiació òptima i el *Performance Ratio*, es pot calcular l'energia generada.

$$Ep = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{PMAX} \cdot PR}{G_{STC}} \quad (3)$$

On:

$G_{dm}(\alpha, \beta)$: Irradiació mensual en pla amb inclinació de 30° i orientada al sud-est.

P_{PMAX} : Potència pic del generador (kW) que és de 147 kW

PR: *Performace Ratio* (Rendiment energètic) que s'ha suposat del 15%

G_{STC} : Irradiància en condicions estàndard 1 kW/m²

Taula F.2. Energia generada.

Mes	Radiació solar (kWh/dia)	Energia generada (kWh/dia)	Energia generada (kWh/mes)
Gener	3,73	466	16.583
Febrer	4,74	592	16.583
Març	6,01	750	23.279
Abril	6,10	762	22.865

Maig	6,75	843	26.145
Juny	7,17	895	26.876
Juliol	7,19	898	27.850
Agost	6,75	843	26.145
Setembre	5,99	748	22.453
Octubre	5,04	629	19.522
Novembre	3,94	492	14.769
Desembre	3,45	431	13.363

Amb la taula F.2 s'extreu que la instal·lació generarà anualment uns 254.303 kWh/any.

F.3 Estudi de la rendibilitat

Inicialment s'ha obtingut la radiació solar mitjana per hores durant els 12 mesos de l'any, mitjançant el programa en línia PVGIS. ^[9]

Aquestes radiacions es mostren a les taules 7.3 i F.4.

Taula F.3. Radiacions diàries dels 12 mesos de l'any. (kW/m²)

Hora	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
5:00	-	-	-	-	0,02	0,03
6:00	-	-	-	0,05	0,07	0,08
7:00	-	0,07	0,11	0,16	0,21	0,22
8:00	0,13	0,20	0,31	0,34	0,39	0,41
9:00	0,30	0,39	0,51	0,51	0,56	0,59
10:00	0,45	0,55	0,67	0,65	0,70	0,74
11:00	0,55	0,66	0,77	0,75	0,79	0,84
12:00	0,59	0,71	0,82	0,79	0,83	0,88
13:00	0,58	0,69	0,80	0,77	0,82	0,87
14:00	0,50	0,61	0,73	0,71	0,75	0,79
15:00	0,38	0,48	0,59	0,59	0,63	0,67
16:00	0,21	0,30	0,41	0,43	0,48	0,50
17:00	0,03	0,10	0,20	0,25	0,30	0,32
18:00	-	-	0,03	0,08	0,12	0,14
19:00	-	-	-	-	0,03	0,04

Taula F.4. Radiacions diàries dels 12 mesos de l'any.

Hora	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
5:00	0,03	-	-	-	-	-
6:00	0,07	0,05	0,03	-	-	-
7:00	0,21	0,18	0,12	0,09	-	-

8:00	0,41	0,38	0,31	0,23	0,14	0,13
9:00	0,59	0,56	0,50	0,42	0,32	0,27
10:00	0,75	0,72	0,66	0,58	0,47	0,42
11:00	0,85	0,82	0,76	0,68	0,56	0,52
12:00	0,90	0,86	0,81	0,72	0,61	0,56
13:00	0,88	0,85	0,80	0,71	0,59	0,55
14:00	0,81	0,77	0,72	0,63	0,52	0,47
15:00	0,68	0,65	0,59	0,50	0,40	0,35
16:00	0,50	0,47	0,41	0,33	0,24	0,18
17:00	0,31	0,28	0,21	0,14	0,05	-
18:00	0,13	0,10	0,05	-	-	-
19:00	0,03	-	-	-	-	-

Seguidament s'ha aplicat l'equació 3 de l'apartat F.2 per tal de calcular la producció mitjana diària d'energia elèctrica.

Aquestes produccions es mostren a les taules 7.5 i F.6.

Taula F.5. Produccions diàries dels 12 mesos de l'any.

Hora	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
5:00	-	-	-	-	9,50	4,31
6:00	-	-	-	6,31	8,84	10,09
7:00	-	9,50	14,06	20,37	26,43	28,46
8:00	17,33	25,46	39,08	42,83	49,11	52,07
9:00	37,89	49,64	63,82	64,47	70,53	74,56
10:00	56,54	69,50	83,81	82,06	87,78	92,87
11:00	68,97	82,87	97,18	93,84	99,30	105,24
12:00	74,38	88,71	102,99	98,93	104,40	110,74
13:00	72,56	86,78	101,05	97,24	102,68	108,89
14:00	63,60	77,06	91,40	88,75	94,34	99,87
15:00	47,92	60,29	74,56	73,91	79,78	84,37
16:00	26,52	37,86	51,85	54,01	60,19	63,69
17:00	4,22	12,59	26,15	31,39	37,67	40,14
18:00	-	-	4,72	10,68	16,12	17,71
19:00	-	-	-	-	4,53	5,90

Taula F.6. Produccions diàries dels 12 mesos de l'any.

Hora	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
5:00	9,50	-	-	-	-	-
6:00	8,87	7,08	9,50	-	-	-
7:00	27,15	23,40	15,71	11,50	-	-
8:00	51,42	47,54	39,45	29,77	18,09	17,24
9:00	74,94	70,97	63,29	53,32	40,95	34,64
10:00	94,21	90,09	82,90	72,53	59,04	52,98
11:00	107,27	103,02	96,18	85,34	71,07	65,22
12:00	113,08	108,64	101,96	90,99	76,38	70,53
13:00	111,11	106,80	100,02	89,09	74,56	68,75
14:00	101,62	97,40	90,43	79,81	65,88	59,94
15:00	85,25	81,22	73,78	63,63	50,70	44,51
16:00	63,54	59,63	51,70	41,89	30,08	23,30
17:00	39,08	35,24	27,15	17,56	6,37	-
18:00	16,37	12,99	6,62	-	-	-
19:00	4,78	-	-	-	-	-

A la figura F.1 es mostra un exemple de consum diari durant un dia d'injecció per tal d'observar quina quantitat s'estalviaria, i a la figura F.2 es mostra el mateix però en un dia sense producció. En el gràfic s'observen els kWh que es consumirien normalment (blau) i els kWh que es consumirien restant-li en consum que es produiria amb una instal·lació fotovoltaica (vermell). Durant els trams de nit els dos consums s'igualen, ja que no s'aconsegueix energia elèctrica amb les plaques fotovoltaïques.

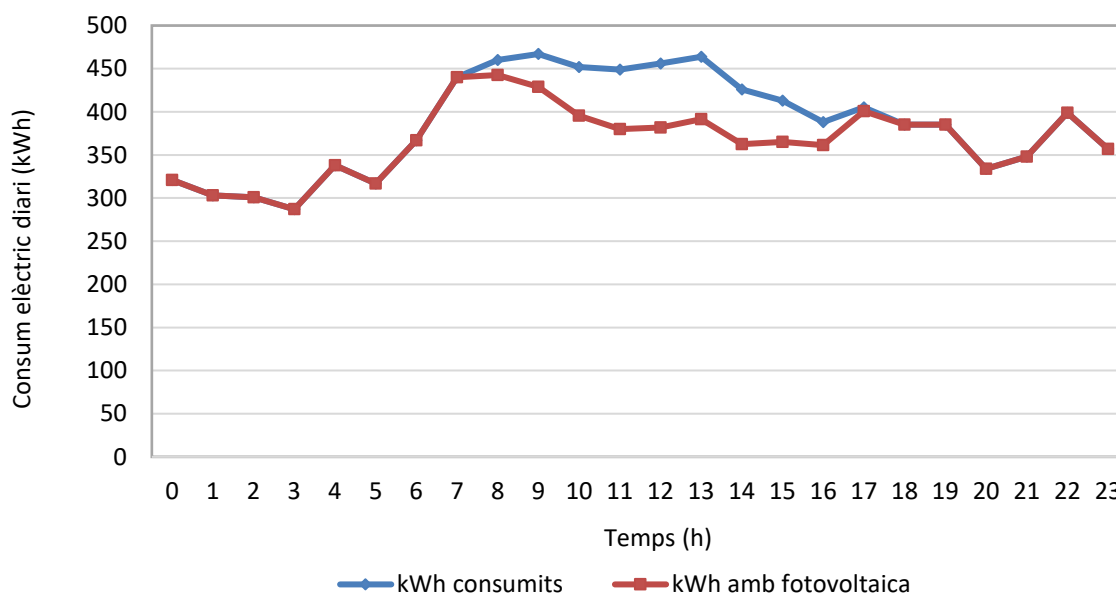


Figura F.1. Gràfica de consum amb l'aplicació de la instal·lació fotovoltaica durant el mes de gener en un dia amb injecció d'alumini.

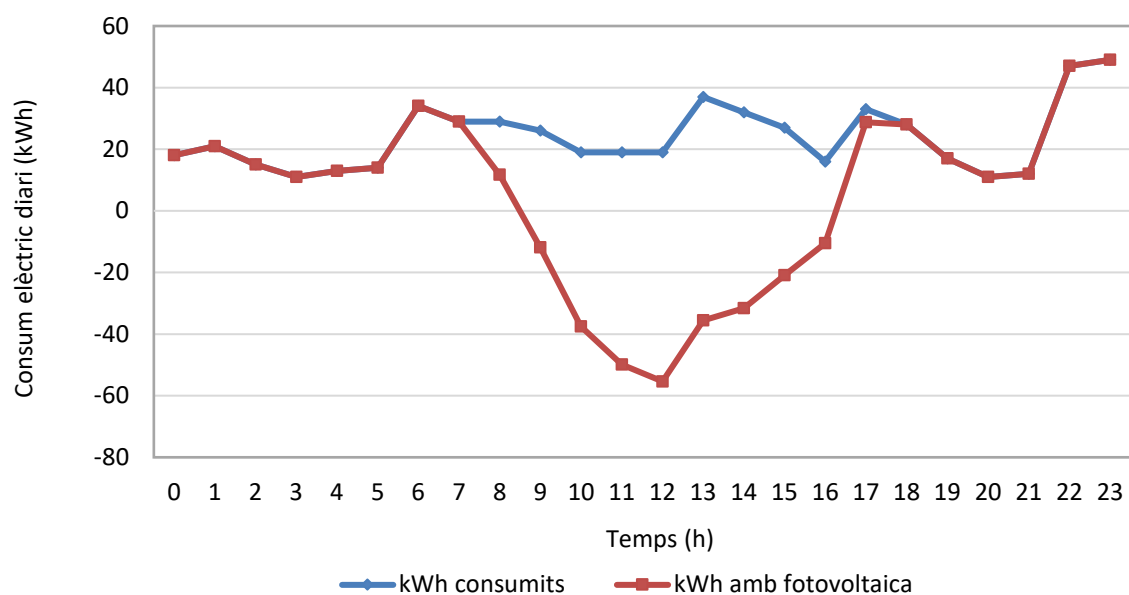


Figura F.2. Gràfica de consum amb l'aplicació de la instal·lació fotovoltaica durant el mes de gener en un dia sense injecció d'alumini.

Com es pot observar en els dies sense producció es produirà un consum d'electricitat sobrant que s'haurà d'intentar utilitzar o vendre com s'ha explicat en l'apartat 7.3 del present treball.

A continuació es mostren els mateixos gràfics en un dia del mes de juliol.

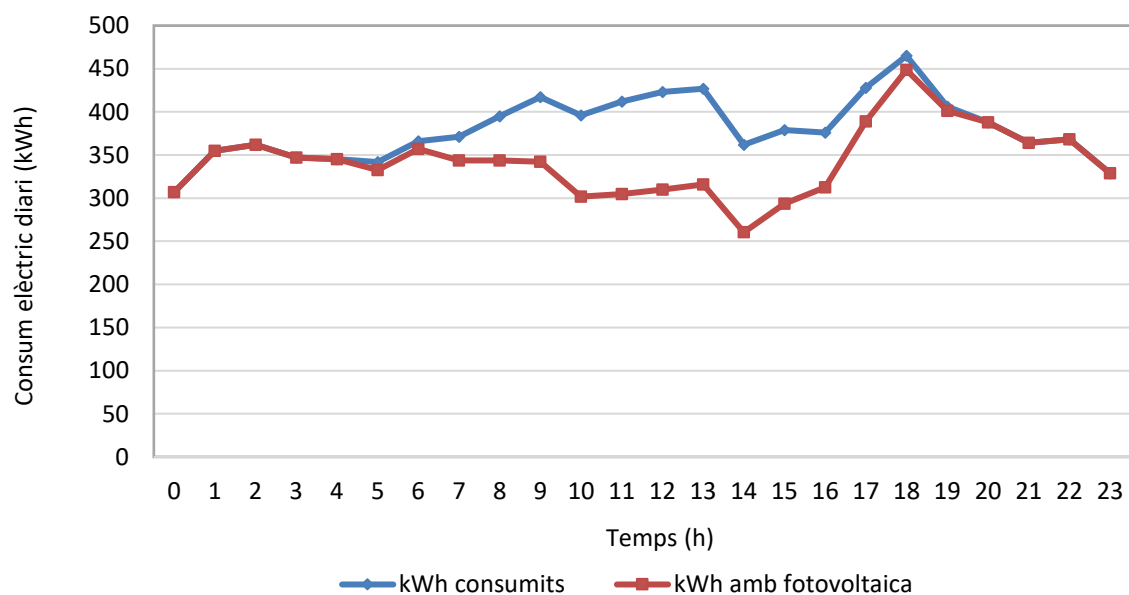


Figura F.3. Gràfica de consum amb l'aplicació de la instal·lació fotovoltaica durant el mes de juliol en un dia amb injecció d'alumini.

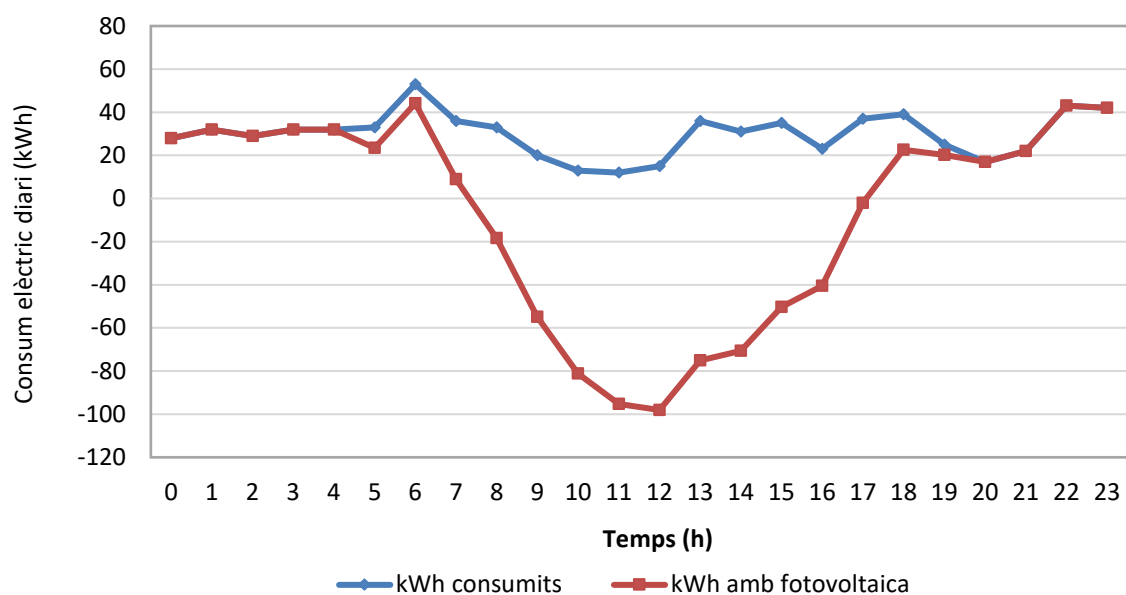


Figura F.4. Gràfica de consum amb l'aplicació de la instal·lació fotovoltaica durant el mes de juliol en un dia sense injecció d'alumini.

S'observa com la quantitat d'energia elèctrica aconseguida amb les plaques fotovoltaïques és major que la del mes de gener. Això és gràcies a una major radiació solar i hores solars durant aquest mes.

Seguidament s'ha calculat el benefici que s'obtingria en realitzar aquesta instal·lació. Per fer-ho s'han utilitzat els valors de €/kWh dividits per períodes (explicat en l'apartat 4.3) obtinguts a les factures d'energia elèctrica.

Aquests costos es mostren a la taula F.7.

Taula F.7. €/kWh dels diferents períodes i mesos.

Mesos	Períodes					
	1	2	3	4	5	6
Gener	0,166	0,145	-	-	-	0,099
Febrer	0,136	0,116	-	-	-	0,081
Març	-	-	0,089	0,080	-	0,071
Abril	-	-	-	-	0,083	0,071
Maig	-	-	-	-	0,080	0,074
Juny	0,125	0,112	0,097	0,087	0,087	0,076
Juliol	0,120	0,106	-	-	-	0,074
Agost	-	-	-	-	-	0,079
Setembre	-	-	0,096	0,087	-	0,076
Octubre	-	-	-	-	0,098	0,085
Novembre	-	-	0,117	0,104	-	0,086
Desembre	0,150	0,129	-	-	-	0,083

A continuació es mostra un exemple de càlcul de la primera setmana del dia 1 de gener de 2018 en la taula F.8. Es mostren els kWh consumits durant les 24 hores del dia, els kWh restant-li els obtinguts amb les plaques fotovoltaïques, el cost dels kWh inicials i els costos dels kWh una vegada ja s'ha aplicat la instal·lació fotovoltaïca.

Taula F.8. Exemple de kWh i costos del dia 1 de gener de 2018.

Hores	kWh	kWh menys fotovoltaïca	Cost inicial (€)	Cost aplicada fotovoltaïca (€)
1:00	10,0	10,0	0,99	0,99
2:00	13,0	13,0	1,29	1,29
3:00	13,0	13,0	1,29	1,29
4:00	12,0	12,0	1,19	1,19
5:00	17,0	17,0	1,68	1,68
6:00	35,0	35,0	3,47	3,47
7:00	42,0	42,0	4,16	4,16
8:00	46,0	28,6	4,56	2,84
9:00	27,0	-10,8	3,91	0
10:00	22,0	-34,5	3,19	0
11:00	21,0	-47,9	3,49	0
13:00	23,0	-51,3	3,82	0
13:00	40,0	-32,5	6,64	0
14:00	36,0	-27,6	5,22	0
15:00	34,0	-13,9	4,93	0
16:00	21,0	-5,52	3,04	0
17:00	35,0	30,7	5,08	4,46
18:00	35,0	35,0	5,08	5,08
19:00	26,0	26,0	4,32	4,32
20:00	21,0	21,0	3,49	3,49
21:00	12,0	12,0	1,99	1,99
22:00	30,0	30,0	4,35	4,35
23:00	28,0	28,0	4,06	4,06
00:00	13,0	12,0	1,88	1,88

S'ha realitzat aquest procediment per cada dia de l'any, i ha permès obtenir els beneficis que es podrien aconseguir en tot un any. Aquestes dades es mostren en l'apartat 7.3.5 en la taula 7.10.

G Càlculs econòmics

G.1 Payback

El període d'amortització bruta també es coneix com *payback* simple o temps de retorn de la inversió. Aquest paràmetre permet establir si una inversió es pot recuperar en un temps raonable comparat amb la vida estimada de l'equip. Si el període és inferior a la meitat de la vida estimada se sol considerar rendible la inversió. S'utilitza normalment quan només es vol tenir en compte el *cash-flow*, és a dir, la motivació principal és recuperar la inversió com més aviat millor amb benefici generat.

La equació per calcular-ho es mostra a continuació.

$$PB = \frac{C}{E} \quad (4)$$

On:

C = Total del cost econòmic

E = Estalvi total anual

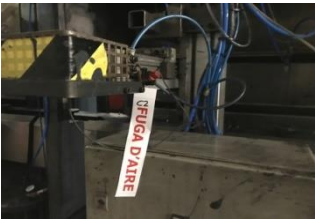
H Anàlisis compressors

H.1 Llistat de fuites

A continuació es mostra la taula H.1 amb el llistat de totes les fuites d'aire comprimit.

Taula H.1. Llistat de fuites.

Codi	Prioritat	Cost	Secció	Foto
A1	3- Baixa	3- Baix	Injecció ALU	
A2	1- Alta	2- Mitjà	Injecció ALU	
A3	1- Alta	1- Alt	Injecció ALU	

B1	3- Baixa	3- Baix	Polidores i sorrejat	
B2	2- Mitjana	2- Mitjà	Polidores i sorrejat	
B3	1- Alta	3- Baix	Polidores i sorrejat	
B4	1- Alta	3- Baix	Polidores i sorrejat	
C1	1- Alta	1- Alt	Pintura	
C2	1- Alta	1- Alt	Pintura	
C3	1- Alta	3- Baix	Pintura	

C4	1- Alta	3- Baix	Pintura	
D1	3- Baixa	2- Mitjà	Torns	
E1	1- Alta	3- Baix	Muntatges	
F1	3- Baixa	3- Baix	Epoxi	-
G1	2- Mitjana	1- Alt	Màquina de embassat	
G2	3- Baixa	2- Mitjà	Màquina de embassat	
H1	1- Alta	2- Mitjà	Muntatges i plàstics	

H2	3- Baixa	3- Baix	Muntatges i plàstics	
L1	1- Alta	2- Mitjà	Premersa	
L2	1- Alta	2- Mitjà	Premersa	
L3	1- Alta	1- Alt	Premersa	
L4	1- Alta	1- Alt	Premersa	
L5	1- Alta	3- Baix	Premersa	

L6 1- Alta 2- Mitjà Premersa



L7 1- Alta 2- Mitjà Premersa



L8 1- Alta 3- Baix Premersa



L9 1- Alta 3- Baix Premersa



