



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL:Projecte tècnic per l'implantació d'una planta de cogeneració en un edifici de l'EPSEVG.

AUTOR: Jordi Riba Closa

TITULACIÓ: Enginyeria elèctrica

DIRECTOR: Eusebio Martínez Piera

DEPARTAMENT: Enginyeria elèctrica

DATA: 04/07/2012

TÍTOL: Projecte tècnic per l'implantació d'una planta de cogeneració en un edifici de l' EPSEVG

COGNOMS: Riba Closa

NOM: Jordi

TITULACIÓ: Enginyeria tècnica

ESPECIALITAT: Electricitat

PLA: 95

DIRECTOR: Eusebio Martínez Piera

DEPARTAMENT: Enginyeria elèctrica

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

**MARCEL TORENT
BURGUES**

**PEDRO ANDRADA
GASCON**

**JOSEP GONZALEZ
ROVIRA**

DATA DE LECTURA: 04 de juliol del 2012

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: Sí No

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

L' objecte del següent projecte és l'estudi de les instal·lacions de l' edifici VG123 del campus universitari de l' EPSEVG, per tal d' extreure la viabilitat tècnica i econòmica per l' implantació d' un equip de cogeneració per la producció d' energia de chp.

El document desenvolupa amb varis punts els criteris tècnics a seguir per l' extracció del potencial de cogeneració de l' instal·lació, per tal de poder fer una selecció justificada del nou equip. Per realitzar la selecció de l'equip de cogeneració es du a terme una caracterització de la potència tèrmica entregada per la caldera de l' edifici per la climatització.

Per realitzar la caracterització de la demanda, es recull informació dels consums històrics i de les característiques tècniques de les instal·lacions energètiques de recepció i mesura de l' edifici VG123. Mitjançant el tractament de les dades de l' històric del consum de gas natural es traça una gràfica de freqüència acumulada de la potència tèrmica demandada, que mostra gràficament la tendència de la demanda de potència tèrmica sol·licitada per la caldera de l' instal·lació al llarg del temps.

Tenint en compte l' energia primària a l' abast per l' alimentació dels equips que es el gas natural, es selecciona la tecnologia dels equips per la realització de l' estudi. Les tecnologies escollides són; el motor de combustió interna i la micro turbina de gas.

Mitjançant el modelat de les corbes de freqüència acumulada es procedeix a buscar l' equip òptim per la demanda de producció d' energia de chp.

De les tecnologies seleccionades es busca l' oferta del mercat i es fa una comparativa entre les diferents games de potència dels equips, i es calculen els temps de retorn i cost de generació del diferents equip.

Finalment és selecciona l' equip que s' ajusta més a les corbes de la demanda de l' instal·lació, tenint en compte el càlculs del tems de retorn i la cobertura sense generar excedents d' energia tèrmica de chp.

Paraules clau (màxim 10):

Cogeneració	Chp	Motor	turbina
Gas natural	generació	calor	Electricitat
EPSEVG	caldera		

INDEX

INDEX	4
1. ESTRUCTURA DEL PROJECTE.....	14
A)MEMÒRIA DESCRIPTIVA	15
1.2. Definicions.....	15
2. INTRODUCCIÓ	16
2.1 Motivació personal	16
2.1.1 Agraïments	16
2.2 Objectiu.....	17
2.2.1 Fases del projecte	17
2.3 La Universitat politècnica de Catalunya	18
2.3.1 Els estudis.....	18
2.4 L' EPSEVG.....	18
2.5.1 Arquitectura de l'edifici VG123.....	19
3. PROCÉS DE COGENERACIÓ.....	20
3.1 Introducció al procés de cogeneració.....	20
3.1.2 Avantatges que s'atribueixen a la cogeneració.....	20
3.2 Tecnologies.....	21
3.3 Estat actual en l'entorn de la cogeneració.....	22
3.4. Motors de cogeneració.....	23
3.4.1 Recuperació de calor residual amb motors.....	23
3.4.2 Motors de cogeneració amb combustibles líquids.....	24
3.4.3 Motor de gas Natural	24
3.4.3.1 Cicle de l'equip	24
3.4.4 Proporció del flux d' energia amb motor de cogeneració de gran tamany.	25
3.4.4.1 Diagrama del flux d'energia tèrmica de refrigeració	26
3.4.4.2 Diagrama del flux de l'energia mecànica a l'eix de sortida.	27
3.5 Micro Turbines de Gas Natural.....	28
3.5.1 Generador	29
3.5.2 Recuperació de calor residual amb turbina.....	29
3.5.3 Característiques tècniques	30
3.5.2.1 Termodinàmica	30
4. INSTAL·LACIONS ENERGÈTIQUES DE L' EDIFICI VG123	32
4.1 Instal·lacions elèctriques.....	32
4.1.1 Característiques de l' energia elèctrica d' entrada.....	32
4.1.2 Punt de recepció del subministrament elèctric (CT).....	32
4.1.3. Interconnexió amb la línies de la Companya distribuïdora	33

4.1.3.1 Cel·les d' entrada i sortida CIA i sortida abonat numero: 1,2 ,3.....	34
4.1.3.2 Cel·la interruptor automàtic número 4	34
4.1.3.3 Cel·la de mesura numero 5.....	34
4.1.3.4 Cella de protecció del transformador numero 6	36
4.1.3.5 Cel·la de transformació número 10.....	37
4.1.4 Facturació de l' energia	38
4.1.3.1 Desglossaments de consums	38
4.2. Instal·lacions de gas natural.....	40
4.2.1 Punt de subministrament de gas.	40
4.2.2 ERM.	40
4.2.3 Caldera.....	41
4.2.2.1 El cremador	42
4.3 Facturació de l' energia.....	42
5. CRITERIS TÈCNICS PER L'ESTUDI	43
5.1 Modelat	43
5.1.1. Elaboració del model	44
5.1.2 Obtenció de la potència mitjana.	45
5.2 Formules que caracteritzen els flux d' energia elèctrica.....	46
5.2.1 Rendiment elèctric.....	46
5.3.2 Rendiment global.....	46
5.3.3 Rendiment elèctric equivalent.	46
5.3.4 Complement per eficiència.....	47
5.3 Característiques del gas Natural.....	48
5.3.1 Consideracions de la transformació del combustible.	48
5.3.1.1 PCS.....	49
5.3.1.2 PCI	49
5.4 Formules per calcular la viabilitat econòmica de sistemes de cogeneració	50
5.4.1 Pay – Back.....	50
5.5 Criteris de disseny per al càlcul de seccions	51
5.5.1 Escalfament	51
5.5.2 Caiguda de tensió	51
5.5.3 Curt circuit.....	51
6. ANALISIS TÈCNIC DE LA DEMANDA	52
6.1 Demanda de gas natural.....	52
6.1.1 Tractament de les lectures del gas.	52
6.1.1.2 Representació gràfica de la tendència del volum de gas històric consumit.	53
6.1.1.3 Corbes de caracterització del consum històric de Gas Natural.	55
6.1.2 Conversió de les lectures del volum de gas a energia tèrmica.....	56

6.2 Demanda tèrmica	56
6.2.1 Representació gràfica de la corba de freqüència acumulada de la demanda tèrmica	56
6.2.1.1 Potència mitjana demandada	56
6.2.1.2 Potència tèrmica útil.....	57
6.2.1.3 Temps de funcionament	57
6.2.2 Corba de freqüència acumulada de la demanda tèrmica útil.	57
6.2.3 Corba de freqüència acumulada de la demanda tèrmica en percentatge.	59
6.3. Hores de funcionament de la caldera d' un any tipus.	61
6.3.1 Temps tipus de funcionament anual	61
6.4 Demanda elèctrica.....	62
6.4.1 Estudi anual del consum elèctric	62
6.2.1.2 Estudi del consum elèctric d'energia activa	63
6.2.1.3 Consum d' energia elèctrica durant el període de funcionament de la caldera ..	63
6.2.1.2 Energia elèctrica consumida Red durant el període	65
6.5 Consum tipus anual d'energia elèctrica consumida període de funcionament caldera	66
7. CRITERIS TÈCNICS PER L' ELECCIÓ DE L' EQUIP	67
7.1 Tensió de treball.....	67
7.2 Factor de potència de l'equip	67
7.3 Potència de les centrals interconnectar en BT	67
8. PROPOSTES DE MILLORA	69
8.1 Equips escollit per realitzar la comparativa.	69
8.2 Equips amb motor de combustió de gas.	69
8.2.1 Potències i games del producte LOGANOVA.	70
8.2.2 Vista interna de un mòdul CHP Loganova	70
8.2.3 Càlcul rendiment dels equips LOGANOVA segons característiques tècniques.	71
8.3 Equips de cogeneració amb micro turbina de gas.	71
8.3.1 Característiques tècniques de l' equips CR 30	71
8.3.2 Característiques tècniques de l' equip CR 65	73
8.4 Nivell de cobertura de la demanda tèrmica de cada equip.....	75
B) ESTUDI ECONOMIC	77
9. ESTUDI ECONÒMIC	77
9.1 Cost dels equips de cogeneració LOGANOVA amb motor de combustió de gas.	77
9.1.1 Manteniment equips LOGANOVA amb motor de combustió de gas.	77
9.3 Cost dels equips de cogeneració amb turbina de gas CAPSTONE	78
9.4 Preu de la potència instal·lada segons equip.....	79
9.5 Cost del combustible per kWhe produït.....	80
9.6 Cost de l' energia produïda per la caldera kWht.....	80

10. VIABILITA DE L'IMPLANTACIÓ DE L' EQUIP DE COGENERACIO	81
10.1.1 Acolliment a juts per projecte d' inversió en estalvi eficiència en edificis	81
10.1.2 Elecció de la modalitat de producció.....	81
10.2.1 LOGANOVA EN20	82
10.2.2 LOGANOVA EN50	84
10.2.3 LOGANOVA EN 70	86
10.2.4 LOGANOVA EN 140	88
10.2.5 LOGANOVA EN 240.....	90
10.2.5 Càlcul del retorn del sistema amb turbina Capstone de gas.	92
10.2.5 Capstone C65.....	94
11. OPERACIONS TAULA EXCEL	96
10.1 Condicions de variabilitat del el retorn de l' instal·lació	98
11.2 Elecció de l' equip de cogeneració	99
12. SELECCIÓ DE L' EMPLAÇAMENT	100
12.1 Ubicació de l' equip de cogeneració	100
12.2 Disseny de la nova línia d' evacuació.....	101
12.3 Criteris de disseny.....	101
12.3.1 Escalfament	101
C) CALCULS.....	102
12. CÀLCULS DE DISENY DE LA LÍNIA D' EVAQUACIÓ	102
12.1 Cables.....	102
12.1.1 Criteri d'escalfament:	102
12.1.2 Criteri de caiguda de tensió (CDT).....	105
12.1.3 Criteri de curt circuit.....	106
D) PLEC DE CONDICIONS	107
13 TITULAR DE L' INSTAL·LACIÓ	107
14 APARAMENTA AUXILIAR DE LA LÍNIA D' EXPORTACIÓ	107
14.1 Canalització de la línia d' evacuació.....	107
15. Conclusions	108
16. BIBLIOGRAFIA.....	110
16.1 Informació general del funcionament i de la tecnologia:.....	110
16.2 Informació dels equips	110
16.3 Documentació	110
16.4 Llibres guia:	110
16.5 Documentació varia amb format paper com:	110

Índex de figures

Figura 1 Campus EPSEVG	18
Figura 2 Imatge aèria del edifici EPSEVG123 Font Google maps 2012	19
Figura 3 Nomenclatura de la distribució de les instal·lacions de l' edificis.....	19
Figura 4 Imatge del potencial de cogeneració instal·lat per comunitats Font IDAE	22
Figura 5 Motor de cogeneració Wärtzila Bassa 7.3 MW	23
Figura 6 Diagrama Sankey proporció flux d' energia amb motor (Wärtzila Basa)	25
Figura 7 Diagrama Sankey del flux d' energies de refrigeració del motor de cogeneració	26
Figura 8 Intercanviador plaques planes.....	26
Figura 9 Imatge equip aero-ventiladors.....	26
Figura 10 Diagrama de Sankey del flux d'energia del motor cap a l'alternador.....	27
Figura 11 Secció d' una micro turbina Capstone	28
Figura 12 Imatge del conjunt rotòric de l' alternador i les pales d' una turbina Capstone.....	28
Figura 13 Secció micro turbina Capstone C65.....	29
Figura 14 Diagrama cicle de Brayton	30
Figura 15 Imatge transformador CT.....	33
Figura 16 Imatge de les diferents celes CT	33
Figura 17 Cel·la interruptor automàtic numero 4.....	34
Figura 18 Cel·la de mesura n 5	35
Figura 19 Cel·la de protecció del transformador número 6	36
Figura 20 Transformador CT	37
Figura 21 Placa de característiques del transformador del CT.....	38
Figura 22 Comptador de gas de la instal·lació de l' edifici VG123.....	40
Figura 23 Caldera Viesman edifici VG123.....	41
Figura 24 Cremador Roca de la caldera	42
Figura 25 Modelat d' un sistema lineal.....	43
Figura 26 Linealització entorn d' un punt de treball	43
Figura 27 Corba de demanda de la freqüència acumulada.....	44

Figura 28 Balanç d' energia en la transformació tipus del gas Natural.....	49
Figura 29 Mòduls LOGANOVA.....	69
Figura 30 Esquema intern del mòdul CHP LOGANOVA	70
Figura 31 Canaleta Rejiband.....	107

Índex de taules

Taula 1 Comparativa de diferents tecnologies de cogeneració.....	21
Taula 2 Característiques de l' energia elèctrica d' entrada.....	32
Taula 3 Esquema de la denominació de les cel·les de CT	33
Taula 4 Característiques tècniques transformador	37
Taula 5 Taula del preu de facturació de l'energia.....	38
Taula 6 Preu facturació potència.....	39
Taula 7 Períodes de facturació	39
Taula 8 Característiques tècniques de la caldera de l' edifici VG123.....	41
Taula 9 Cost de la facturació del terme de energia amb forma de gas	42
Taula 10 Model d'elaboració de la taula de freqüències.....	44
Taula 11 Rendiment mínims exigibles segons el tipus de combustible	47
Taula 12 Exemple document de dades enregistrades per el personal de manteniment format Excel	53
Taula 13 Volum de gas consumit edifici VG123 de gas període	55
Taula 14 Model d'elaboració de la taula de freqüències.....	56
Taula 15 Taula resum del temps de funcionament de la caldera.....	61
Taula 16 Taula de l' històric de l' energia elèctrica consumida.....	62
Taula 17 Exemple selecció dates per estimar el consum elèctric període funcionament caldera	63
Taula 18 Energia elèctrica activa consumida estimada al període de funcionament caldera.....	64
Taula 19 Consum d' energia elèctrica de la Red període de funcionament de la caldera	65
Taula 20 Cost del la retribució interna per potència instal·lada.....	66
Taula 21 Potències de sortida dels mòduls de cogeneració LOGANOVA.....	70
Taula 22 Rendiment modelat segons característiques tècniques de l' equip.....	71
Taula 23 Característiques tècniques del mòdul C30 de Capstone Font Micropower Europe	72
Taula 24 Característiques tècniques del mòdul de cogeneració Capstone C65	74
Taula 25 Percentatge de cobertura de cada tecnologia.....	76
Taula 26 Taula de la llistat de preus LOGANOVA Iberia 2011	77
Taula 27 Manteniment motors Loganova	77

Taula 28 Llistat dels equips i serveis Capstone 2012.....	78
Taula 29 Preu €/kW instal·lat dels diferents equips.....	79
Taula 30 Cost en € del kWh produït segons equip.....	80
Taula 31 Taula comparativa dels diferents equips.....	99
Taula 32 Taula del corrent de funcionament de l' equip.....	102
Taula 33 Modes de conducció del cable d' evacuació de la línia amb PRISMIAN.....	103
Taula 34 Prysmian intensitats admissibles amb ampers al aire (40°C) cables.....	104

Índex d'equacions

Equació 1 Potència mecànica útil motor	27
Equació 2 Energia tèrmica	45
Equació 3 Potència mitjana	45
Equació 4 Rendiment elèctric	46
Equació 5 Rendiment global	46
Equació 6 Rendiment elèctric	46
Equació 7 Complement per eficiència	47
Equació 8 Pay-Bag	50
Equació 9 Hores equivalents de funcionament anuals	50
Equació 10 Criteri d'escalfament	51
Equació 11 Criteri de caiguda de tensió	51
Equació 12 Criteri de curt circuit	51
Equació 13 Potència activa	67
Equació 14 Potència aparent	67
Equació 15 Potència màxima equip d'evacuació	68
Equació 16 Cost de la potència instal·lada depenent de l'equip	79
Equació 17 Càlcul del cost del kWhe produït amb cogeneració	80
Equació 18 Cost kWt produït per la caldera	80

Índex de grafiques

Gràfic 1 Evolució nacional de la potència de cogeneració Font IDAE / MIT y C.....	22
Gràfic 2 Corba de distribució de l' històric del volum de gas consumit	54
Gràfic 3 Volum de gas consumit anual per la caldera de l' edifici VG123.....	55
Gràfic 4 Freqüència acumulada funció de les hores de funcionament	58
Gràfic 5 Freqüència acumulada amb funció del percentatge de les hores de funcionament	60
Gràfic 6 Històric de les hores de funcionament anuals de la caldera.	61
Gràfic 7 Gràfica de la demanda d' energia elèctrica anual segons període.....	62
Gràfic 8 Històric de la demanda energia activa P1més P2.....	63
Gràfic 9 Estimació energia elèctrica activa consumida, període de funcionament de la caldera.	64
Gràfic 10 Energia consumida de la Red durant període funcionament caldera.	65
Gràfic 11 Percentatge anual de cobertura de l' equip segons la potència escollida	75
Gràfic 12 Preu de la potència instal·lada dels diferents equips.....	79
Gràfic 13 Gràfica del preu del kWh produït amb diferents equips	80

1. ESTRUCTURA DEL PROJECTE

El projecte està compost per les següents parts:

A) Memòria descriptiva:

El document defineix la filosofia de les instal·lacions de cogeneració, introdueix les formules per realitzar els càlculs i projectar l'instal·lació. Fa referència als criteris per la selecció i disseny dels equips.

B) Costos econòmics:

Describeix el preu dels equips pressupostats per el comercialitzador i desglossa el preu del funcionament i cost de l' explotació en funció de la tecnologia emprada

C) Càlculs:

Desenvolupa numèricament els càlculs per el dimensionament de la nova línia d'exportació d'energia

D) Annexes

- Documentació necessària per la sol·licitació i posada en marxa del projecte.
- Inclou la normativa que es fa servir per dur a terme els càlculs i la memòria del projecte.
- Plànols de les instal·lacions
- Documentació dels equips

A) MEMÒRIA DESCRIPTIVA

1.2. Definicions

Equip: S'entén per equip el mòdul que conté en el seu interior la maquinària necessària per dur a terme l'operació de cogenerar, independentment de la tecnologia utilitzada.

EPSEVG: Escola politècnica superior d'enginyeria de Vilanova i la Geltrú.

VG123B: S'entén per VG123 el conjunt format per els diferents mòduls de l'edifici que reben el nom de VG1, VG2 i VG3.

CT: Centre de transformació i recepció d'energia elèctrica de l'edifici VG123.

chp: De l'angles (**combined heat and power**) es defineix com aquella energia generada amb un procés relacionat amb la producció de calor útil i electricitat.

ERM: Estació de regulació i mesura de gas.

L'històric: Fa referència al conjunt de dades enregistrades dels consums de gas o electricitat dels antecedents de les instal·lacions enregistrats en anys anteriors.

Plug&play: Fa referència al mode d'instal·lació de l'equip de cogeneració i designa una connexió i funcionament de l'equip de forma immediata.

Overhaul : Revisió de l'equip.

Package: Conjunt format per el recuperador de calor de l'equip.

2. INTRODUCCIÓ

2.1 Motivació personal

La motivació principal d'aquest projecte és resoldre els problemes d'abastiment energètic de l'EPSEVG d'una forma eficient i rentable estudiant la viabilitat de l'implantació d'un sistema de cogeneració, partint de la base que l'objectiu principal de tots els processos de cogeneració, és l'estalvi de combustible, i en conseqüència de les emissions de gasos d'efecte nociu pel medi ambient.

Aquest treball és fruit dels coneixements adquirits amb els estudis d'enginyeria tècnica especialitat amb electricitat cursada a l'EPSEVG. El projecte és una proposta pròpia que sorgeix a partir de l'interès personal per les centrals de cogeneració. La realització d'aquest projecte m'ha permès desenvolupar una recerca en la qual he pogut tractar i aprofundir certs aspectes de la generació elèctrica.

2.1.1 Agraïments

Agraeixo a totes aquelles persones que m'han donat el seu suport i m'han fet costat per fer realitat aquest estudis. En especial els dirigeixo a la meva família perquè sense ella això no hauria sigut possible.

També dono les gràcies als professors que m'han impartit classes hi han posat a disposició els seus coneixement per la comprensió de la matèria dels estudis, i a tota aquella gent que a col·laborat aportant informació per el desenvolupament del projecte.

Vilanova i la Geltrú, dijous 14 de juny de 2012.

2.2 Objectiu

L' objectiu dels següent projecte tècnic és estudiar les instal·lacions de l' edifici VG123 del campus universitari de l'EPSEVG, per extreure la viabilitat de l'abastiment de chp mitjançant un equip de cogeneració i poder fer el càlcul de les instal·lacions. Per això es pretén fer un estudi per quantificar la proporció de la demanda de calor, que des d'aquest moment, es du a terme mitjançant un sistema de climatització convencional, a través d'una caldera alimentada amb de gas natural.

Es pretén extreure la viabilitat de l'implantació de la combinació de la producció de calor i electricitat amb un equip de cogeneració, i estudiat el mètode més adequat per aconseguir la viabilitat de l' implantació de la instal·lació.

2.2.1 Fases del projecte

- Recerca d' informació referent a les instal·lacions de cogeneració.
- Estudi de la demanda energètica de les instal·lacions de l'edifici VG123 i recopilació de dades de la instal·lació.
- Tractament i modelat de les dades.
- Extracció de resultats del potencial de cogeneració de la instal·lació.
- Selecció de l'equip adient segons resultats amb consideració de la normatives particulars i totes aquelles que fan referència a aquests tipus d' instal·lacions.
- Selecció de l'emplaçament i disseny de la nova línia d' evacuació.

2.3 La Universitat politècnica de Catalunya

Es una institució pública de investigació i educació superior, especialitzada amb els àmbits de la arquitectura, les ciències i la enginyeria. Els seus centres són referència pel que fa a la formació de professionals i investigadors, i són pioners en recerca tant amb l'àmbit nacional com internacional.

És una universitat que mira al futur, compromesa amb l'impartiment d'estudis tècnics d'alta qualitat per donar resposta adequada a les necessitats formatives dels sectors productius tradicionals i dels emergents.

2.3.1 Els estudis

Especialitzada i reconeguda en els àmbits de l'arquitectura, les ciències i la enginyeria, la UPC imparteix titulacions de grau, que incorporen plenament els principis de la reforma de l'espai educatiu Europeu d'Educació Superior, i formació de post grau amb màsters i doctorats.

A més a més ofereix en l'àmbit de la formació màsters i cursos ajustats a les necessitats del professional.

2.4 L' EPSEVG

L' EPSEVG és un complex universitari de la UPC, situat a Vilanova i la Geltrú, capital de la comarca del Garraf, a la província de Barcelona. El campus de la UPC de Vilanova i la Geltrú està compost per diferents edificis:

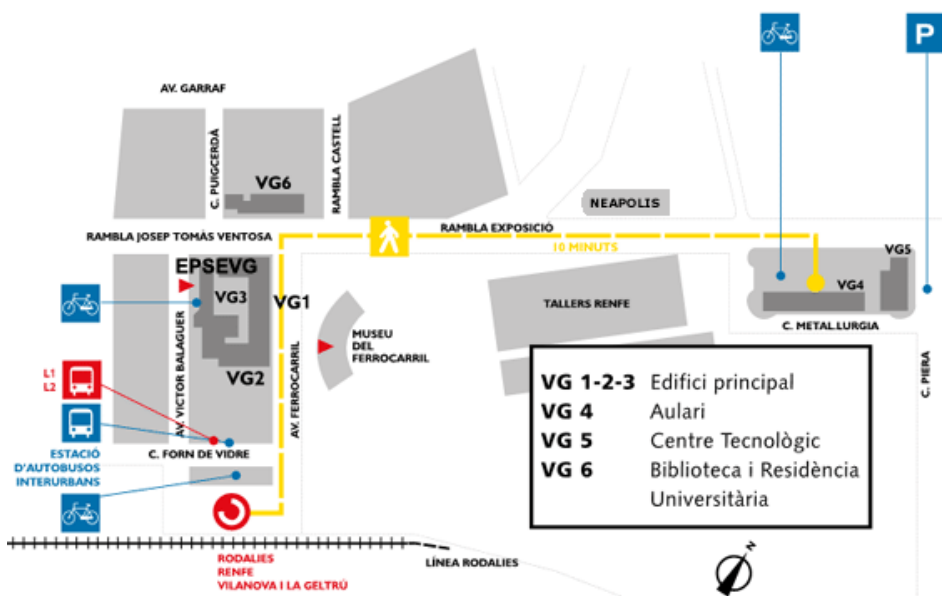


Figura 1 Campus EPSEVG

2.5.1 Arquitectura de l'edifici VG123.

L'edifici VG123, en el que es realitza l' estudi, ocupa tota una illa i la seva façana principal es troba a l'Avinguda Victor Balaguer entre del museu del ferrocarril i el museu Ricard Cucurella.



Figura 2 Imatge aèria del edifici EPSEVG123 Font Google maps 2012

L'edifici VG123 s'aixequen des del terra amb tres plantes per sobre del nivell de terra.

A la planta baixa, a l'entrada de l'edifici podem trobar la recepció, i al voltant d'un pati central es troben la cafeteria la sala d' actes i l' accés a la sala de calderes i ERM.

A la primera i a la segona planta concèntriques al pati central s'emplacen aules i laboratoris

I a la tercera planta serveis auxiliars.

Distribució dels diferents blocs de l'edifici.

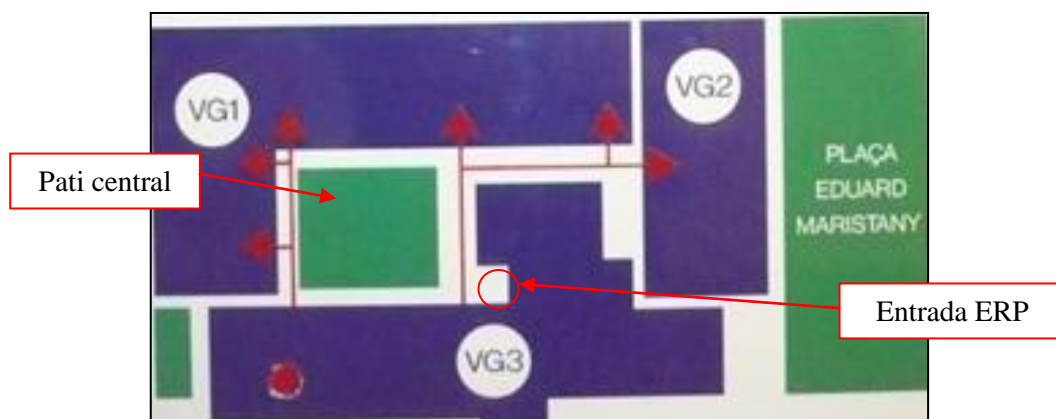


Figura 3 Nomenclatura de la distribució de les instal·lacions de l'edifici

3. PROCÉS DE COGENERACIÓ

3.1 Introducció al procés de cogeneració

La cogeneració es una tecnologia que consisteix en la generació simultània d'energia elèctrica i energia tèrmica útil en forma de vapor i/o aigua calenta, mitjançant un equip de cogeneració.

L'avantatge d'aquest tipus d'instal·lacions és la seva gran eficiència energètica, ja que s'aprofita tant la calor com l'energia mecànica que es transforma amb elèctrica, i tot amb un únic procés. Així doncs, s'evita utilitzar una central elèctrica convencional per l'abastiment d'electricitat i una caldera convencional per la totalitat de les necessitats de calor.

En general totes les plantes de cogeneració ben dissenyades aporten estalvi, però la seva capacitat d'estalvi pot ser molt diferent en funció del seu tamany i sobretot de com d'ajustat sigui el disseny a la demanda de calor.

La calor generada per la planta de cogeneració és, majoritàriament, la que s'extreu en el contingut dels gasos d'escapament de l'equip de cogeneració. Depenent de la tecnologia emprada, motor o turbina, tots aquest gasos poden ser aprofitats directament amb els processos o a través d'un intercanviador. Menys els gasos que son evacuats a l'atmosfera.

3.1.2 Avantatges que s'atribueixen a la cogeneració

- Més eficiència energètica global.
- Reporta beneficis econòmics a nivell micro i macroeconòmic.
- Introdueix tecnologies més eficients i competitives.
- Redueix l'impacte mediambiental associat a les activitats energètiques.
- Potencia la seguretat de l'abastament energètic de l'usuari.
- Menor necessitat d'inversions en xarxes.
- Redueix les pèrdues en transport en xarxes (generació distribuïda).
- Potencia la diversificació del consum i, per tant, disminueix el nivell de dependència de subministraments externs.

3.2 Tecnologies.

Amb la següent taula es presenten algunes de les tecnologies dels equips de producció de cogeneració, exemplificant els ràtios i fent la comparació amb equips de producció d' energia tèrmica convencional.

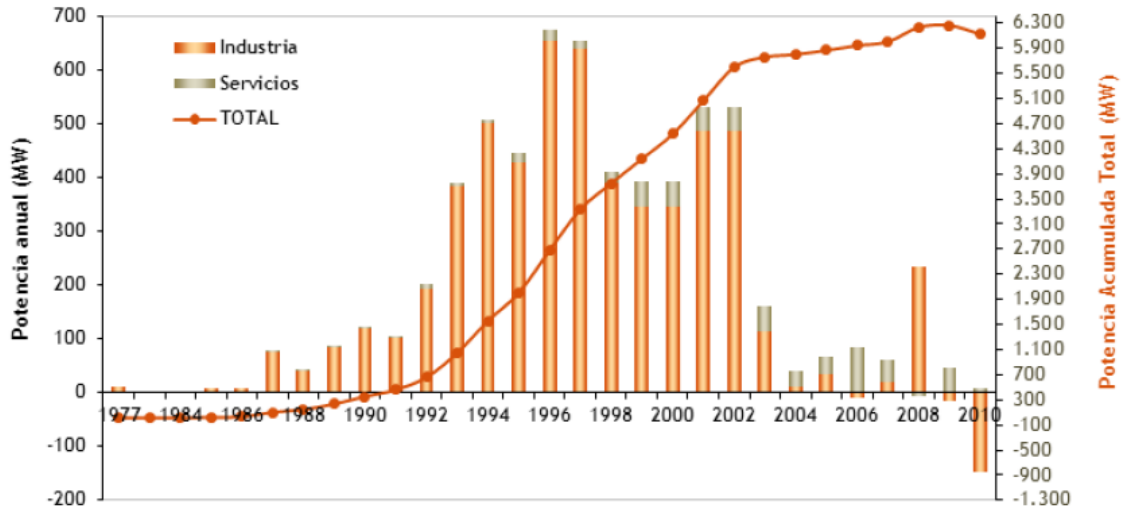
Tecnologia	Caldera de gas	Motor de gas Natural	Micro turbina Gas natural	Turbina de Gas Natural	Turbina de vapor	Caldera biomassa	Turbina biogàs	Motor biogàs	Pila de combustible
Potència elèctrica	5kW-600kW	5kw-15Mw	30-200 kw	1MW-450MW	100kW-1200MW	5-6MWt	X	60 - 3MW	5kW – 300kW
Rendiment elèctric (PCI)	X	25-43%	25-33%	30-40%	X	-	27-33%	25-43%	30-65%
Rendiment tèrmic (PCS)	80-100%	49-76%	60-74%	60-65%	60-74%	80-95%	68-77%	28 – 48%	X
Disponibilitat	98%	92-97%	90-98%	90-98%	98%	95%	92-97%	92-97%	95%
Espai (m^2/kW_t)	0,1	0,025	0,12	0,051	0,01	0,026	0,02-0,029	0,04-068	0,15
Cost d'instal·lació €/kw_e	80-112	1100	2200	900	1200	110-850	175-200	1200	Per definir
Cost de manteniment (€/kw_e)	0,1-2,5	0,009	0,005	0,005	0,003	0,26-0,58	0,54-0,704	0,01	Per definir

Taula 1 Comparativa de diferents tecnologies de cogeneració.

3.3 Estat actual en l'entorn de la cogeneració

Amb aquest punt es fa una pinzellada de l' estat actual de la cogeneració al sector industrial i al sector serveis del territori. Amb la següent gràfica es mostra la potència nacional instal·lada de cogeneració. S'observa la tendència creixent del potencial industrial instal·lat de cogeneració des de la dècada dels noranta fins al 2010, s'observa que a partir d' aquesta data la tendència de l' implantació d' instal·lacions de cogeneració en el sector industria s' ha capgirat i no s' implanten de noves.

Butlletí d'estadístiques energètiques de cogeneració, dades tancades a 30 de setembre de 2011.



Gràfic 1 Evolució nacional de la potència de cogeneració Font IDAE / MIT y C

La figura 4 mostra la potència de cogeneració instal·lada per comunitats autònomes amb una representació gràfica de la distribució sobre el mapa de la distribució del potencial de cogeneració instal·lat al territori.



Figura 4 Imatge del potencial de cogeneració instal·lat per comunitats Font IDAE

3.4. Motors de cogeneració

S'utilitzen en instal·lacions industrials de cogeneració a gran escala, predominant els motors de quatre temps amb injecció directa amb turbo alimentació i intercoolers. Se n'obté electricitat, vapor i aigua calenta. Les eficiències a l'eix acostumen a ser entre el 35 i el 50 % depenent de la potència de l'equip i el grau de potència arriba fins els 15MWe.



Figura 5 Motor de cogeneració Wärtzila Bassa 7.3 MW

El sistema d'arrencada d'aquests motors es fa mitjançant un sistema neumàtic. El procediment d'arrencada consisteix en injectar aire comprimit a alta pressió emmagatzemat en un calderí directament a les cambres de combustió d'una part de la bancada. Així s'aconsegueix fer girar l'eix primari a una velocitat n per poder procedir a la ignició de les cambres restants.

L'arrencada del grup es realitza amb l'alternador totalment amb buit. Un cop s'ha arrencat el motor i s'ha posat a velocitat nominal de treball, s'ha d'esperar a assolir una temperatura de treball de l'equip per procedir a la sincronització de la màquina.

La sincronització es fa mitjançant un equip de sincronisme que posa amb fase la màquina amb la Red amb la que treballa amb paral·lel. Mitjançant un control de l'excitació es procedeix a l'exportació de l'energia d'una forma gradual, fins arribar a la consigna de potència de treball programada.

3.4.1 Recuperació de calor residual amb motors

L'aprofitament de la calor produïda en un motor presenta una dificultat respecte d'altres sistemes de cogeneració perquè el 60% de la calor disponible es troba a un nivell tèrmic baix (aigua de refrigeració). I només la calor continguda en els fums es pot fer servir en la generació de vapor.

3.4.2 Motors de cogeneració amb combustibles líquids

Generalment s'alimenten amb gasoil o fuel-oil, els que funcionen amb gasoil degut a les característiques del combustibles no requereixen gaire aparatura auxiliar per al subministrament del combustible als equips.

Els equips que funcionen amb fuel-oil necessiten una aparatura auxiliar important ja que el fuel no pot ser cremat directament a l'equip sense ser processat. Primer se s'ha d'escalfar a una temperatura per poder ser bombat, i posteriorment espartat, separant les partícules sòlides contingudes en el combustible mitjançant equips centrífugs per ja poder ser administrat als motors.

El problema més gran que tenen aquestes plantes que funcionen amb aquest combustibles es la gran quantitat d'emissions de sofre i NO_x , un fet que obliga a instal·lar sistemes de reducció o tractament dels gasos d'escapament. A més, els gasos d'escapament contenen grans quantitats de partícules sòlides, que dificulten la recuperació de la calor i incrementen les despeses de manteniment del sistema de recuperació tèrmica.

3.4.3 Motor de gas Natural

S'alimenten amb gas natural, s'utilitzen en instal·lacions de cogeneració de petita i gran escala, predominant els motors de quatre temps amb injecció directa amb turbo alimentació i intercoolers. Se'n obté vapor i aigua calenta. Les eficiències a l'eix acostumen a ser entre el 35 i el 50 % i el grau de potència arriba fins els 15MWe.

3.4.3.1 Cicle de l'equip

Aquest motors segueixen un Cicle d'Otto generalment d'encesa per guspira utilitzant com a combustible el gas natural. Tenen un rendiment elèctric lleugerament més baix que els diesel, entre un 25 i un 43% i la seva potència màxima és d'uns 9 MW. Aquest tipus de motors són adequats per a instal·lacions de cogeneració petites, i amb recuperació de calor mitjançant sistemes de recuperació.

Per a la instal·lació de motors alternatius cal tenir present els aspectes següents:

- Requereixen suports i cimentacions apropiades per a absorbir les vibracions que generen.
- El soroll produït pot ser prou elevat (aproximadament 100 dB a 1 metre del motor).
- Tenen moltes parts mòbils que requereixen un manteniment freqüent.

3.4.4 Proporció del flux d'energia amb motor de cogeneració de gran tamany.

A continuació es presenta el diagrama de Sankey de la proporció de flux d'energia d'un motor de cogeneració (Wärtzila Basa).

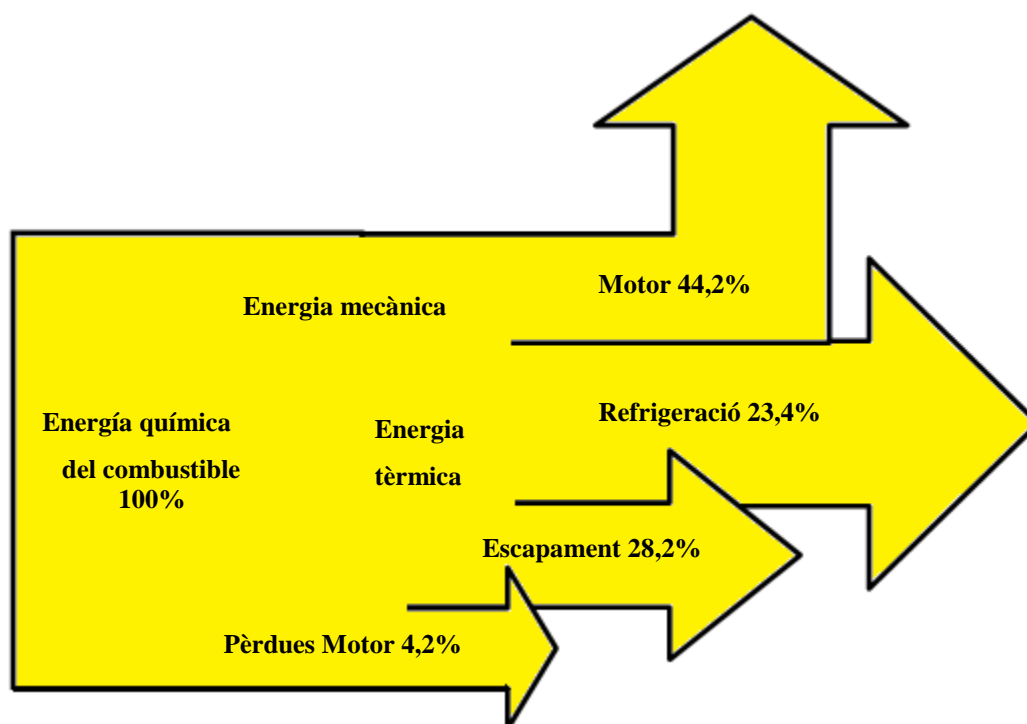


Figura 6 Diagrama Sankey proporció flux d'energia amb motor (Wärtzila Basa)

Energia química del combustible: És l'energia química d'entrada del combustible per unitat de combustible (PCI).

Energia mecànica: És l'energia mesurada a la sortida de l'eix primari del motor.

Amb aquest tipus d'equips l'eix està acoblat directament amb la màquina elèctrica, amb aquest cas un alternador síncron.

Energia tèrmica:

- **Refrigeració:** És la proporció d'energia tèrmica aprofitable per al bon funcionament de l'equip. Si no és possible de recuperar, en segons quines condicions, una part d'aquesta energia s'evacuarà a l'atmosfera per fer treballar la màquina amb bones condicions.
- **Escapament:** És la proporció d'energia tèrmica que s'allibera directament a l'atmosfera continguda amb el gasos de la combustió, sense fer-ne cap tipus d'aprofitament. Depenent de les condicions de treball de la màquina i de la modulació de la papallona del recuperador de l'escapament.
- **Pèrdues motor:** energia tèrmica intercanviada amb el medi de l'emplaçament de l'equip, ja que aquests motors no estan calorifugats.

3.4.4.1 Diagrama del flux d'energia tèrmica de refrigeració

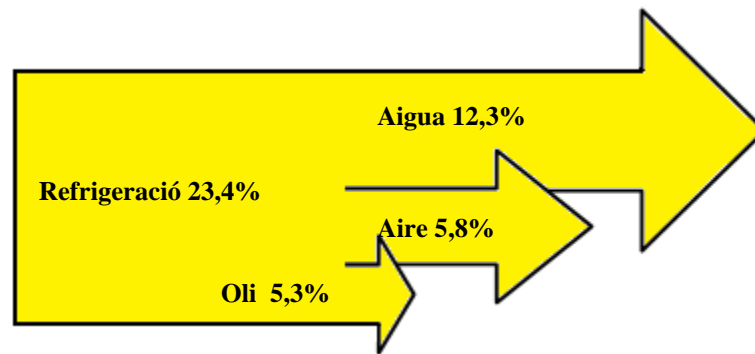


Figura 7 Diagrama Sankey del flux d' energies de refrigeració del motor de cogeneració

Energia refrigeració: És la part d'energia tèrmica aprofitable procedent de diferents punts de refrigeració de l'equip, que es pot extraure per tres punts diferents.

- **Aigua:** És l'energia tèrmica continguda en l'aigua de refrigerar que regula la temperatura de les camises del bloc motor. Aquesta energia tèrmica es evacua a l'exterior mitjançant un circuit secundari. L'intercanvia el calor es fa mitjançant un intercanviador de plaques, des de l'aigua del circuit primari del bloc motor mitjançant la circulació forçada del fluid amb bombes.



Figura 8 Intercanviador plaques planes

En el cas que aquesta energia tèrmica no sigui aprofitada, per tal de fer funcionar l'equip amb condicions tèrmiques nominals, s'evacua l' excident de calor directament a l'atmosfera a través d'una torre d'aero-ventiladors amb refrigeració forçada.



Figura 9 Imatge equip aero-ventiladors

- **Aire:** És l'energia tèrmica continguda amb els intercanviadors d'aire dels intercoolers, que es pot aprofitar per algun tipus de procés d'assecat, si no és així s'evacua directament a l'atmosfera.
- **Oli:** És l'energia tèrmica continguda en l'oli del carter del motor, que regula la temperatura dels equips que funcionen amb oli, per lubricar les parts mòbil, com per exemple l' eix del turbo. Aquest energia tèrmica continguda amb l'oli es pot evacua cap a l'exterior, mitjançant un circuit secundari igual que el cas de l'aigua.

3.4.4.2 Diagrama del flux de l'energia mecànica a l'eix de sortida.

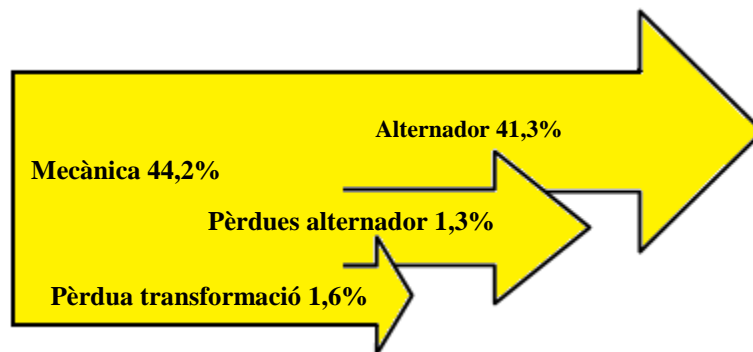


Figura 10 Diagrama de Sankey del flux d'energia del motor cap a l'alternador

- **Motor:** És la proporció d'energia transmesa de l'eix primari del motor, transmesa directament a l'alternador. No consta de cap sistema de transmissió per engranatges ni embragatge a diferència d'altres equips.
- **Alternador:** És la proporció d'energia elèctrica que es pot mesurar en borns de l'alternador.
- **Pèrdues alternador:** Es contemplen les pèrdues joule de la màquina, pèrdues al ferro i pèrdues mecàniques.
- **Pèrdues transformació:** Es contemplen les pèrdues mecàniques del funcionament de la màquina en els cilindres, arbre de lleves i vàlvules.

$$P_u = \text{Potència Mecànica absorbida a l'eix del motor} - \sum \text{de pèrdues}$$

Equació 1 Potència mecànica útil motor

3.5 Micro Turbines de Gas Natural

Les micro turbines de gas són màquines de combustió basades en el mateix principi que les turbines convencionals, però simplificant els elements mecànics. Per la seva simplicitat mecànica les micro turbines accepten diferents tipus de combustibles.

Les turbines per generació d'energia elèctrica consten d'un compressor d'aire de diverses etapes, una càmera de combustió i diverses etapes en què s'absorbeix tota l'energia dels gasos d'escapament. El moviment de les turbines de generació (usades habitualment en centrals de cogeneració) està entre les 15.000 i les 20.000 revolucions. Aquest sistema produeixen energia elèctrica mitjançant un generador acoblat mecànicament a una turbina i aquesta a un compressor que utilitza com a combustible primari gas.



Figura 11 Secció d'una micro turbina Capstone

Les micro turbines de generació elèctrica simplifiquen tots els elements quedant únicament una peça mòbil a tota la màquina. El conjunt gira sobre uns coixinets d'aire que permeten aconseguir velocitats. Per poder adaptar el corrent generat a un corrent altern de 50Hz útil, s'utilitza electrònica de potència.



Figura 12 Imatge del conjunt rotòric de l'alternador i les pales d'una turbina Capstone

3.5.1 Generador

El generador de la màquina genera corrent altern a freqüència variable, que es converteix a corrent continu i, mitjançant un inversor, es torna a convertir en corrent altern. D'aquesta manera, el moviment de la màquina és independent de la freqüència de la xarxa i, podem dir que la màquina està permanentment sincronitzada. Aquesta sincronització permanent mitjançant l' inversor, facilita la connexió de les micro turbines tant a les xarxes de baixa tensió dels centres consumidors com als quadres de connexió a la xarxa.

Per connectar aquest tipus d' equips no cal cap element intermedi, l' equip de la micro turbina es connecta directament i sincronitzar al quadre de baixa tensió. En l' inversor, les micro turbines ja disposen de les proteccions elèctriques de baixa tensió i el fet que la màquina pugui girar a diferents revolucions sense perdre el sincronisme, fa la connexió molt senzilla i fiable.

3.5.2 Recuperació de calor residual amb turbina.

Les possibilitats de recuperació del calor contingut en els gasos d'escapament de les turbines de són variades. Depenent de la potència de l' equip l'estructura de l'equip varia l' emplaçament.

En l' imatge s'observa l' estructura interna d' una micro turbina Capstone, que a diferència d' altres equips de menys potència, aquesta incorpora el paquet recuperador de calor en l' interior de l' equip.

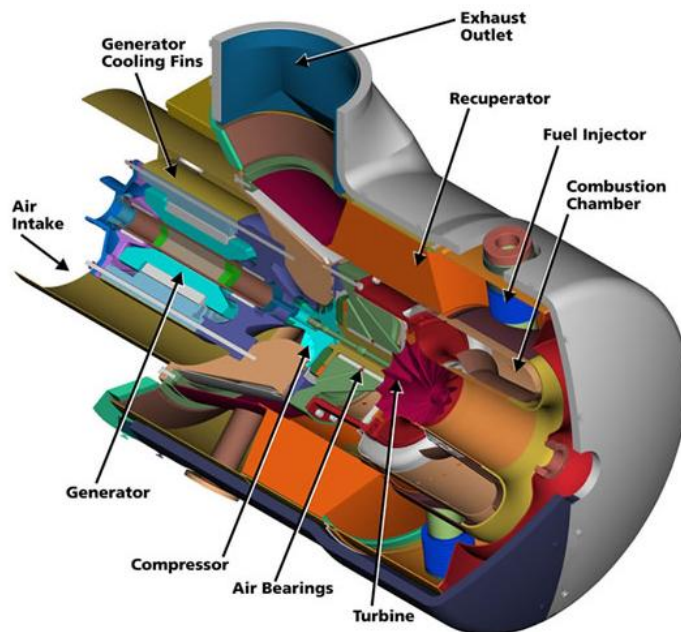


Figura 13 Secció micro turbina Capstone C65

3.5.3 Característiques tècniques

Degut a que les condicions de l'aire a la boca d'admissió del compressor de la micro turbines i la pressió i temperatura, afecten notablement a la potència real de la turbina, las característiques nominals d'aquesta màquina s'especificuen depenen de la pressió, 1,013 bar i temperatura de 25 °C condicions ISO.

Les dades, en condicions ISO que subministren els catàlegs i que són útils per l'elecció de la turbina apropiada, son:

- **Potència elèctrica nominal:** Es la mesura en borns de l'alternador en règim nominal de funcionament.
- **Potència elèctrica pic:** Es la que pot subministrar durant un període de temps no molt prolongat y que sol ser un 5-10% superior a la potència nominal.
- **Heat rate:** Es la relació entre la energia consumida en forma de combustible i la energia mecànica produïda.
- Combustible consumit i caudal de combustible (kg/h) en condicions nominals.
- Caudal d'aire necessari i caudal de gasos expulsats en condicions nominals (kg/h o Nm³/h).
- Temperatura dels gasos d'escapament.
- Relació de compressió del turbo compressor.

3.5.2.1 Termodinàmica

Aquet equips segueix un cicle de Brayton, que és un cicle de transformació d'energia o de potència que opera amb un gas que no canvia de fase com a fluid de treball.

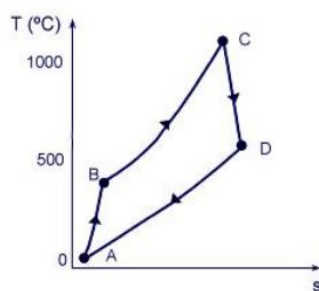


Figura 14 Diagrama cicle de Brayton

En el cas de les micro turbines Capstone segueix un cicle de Brayton regeneratiu que millora el seu rendiment elèctric. Utilitzar un recuperador de calor dels gasos a la sortida de la cambra de combustió, per pre escalfar l'aire comburent després del compressor.

Amb el cicle de Brayton regeneratiu s'aconsegueix que una turbina de tan sols 65 kW elèctrics tingui un rendiment elèctric del 29% comparable al de turbines de mides 100 vegades major.

Malgrat aquesta reducció en la temperatura dels gasos d'escapament, encara queda més del 50% de la potència tèrmica del combustible en forma de calor aprofitable a uns 300 ° C. Disposar de tota la calor a aquesta temperatura i en forma de gasos, facilita també la seva recuperació i aplicacions enfront dels motors alternatius.

En general les micro turbines s'adapten perfectament als combustibles no convencionals com el biogàs i permeten mantenir una elevada eficiència energètica a càrregues parcials.

Això es deu a la capacitat d'una micro turbina de mantenir el 85% del rendiment elèctric quan treballa només al 50% del seu càrrega i la modularitat que suposa instal·lar diverses turbines que poden arrencar i pararen funció de la quantitat de biogàs, a un sol motor de major grandària que tindrà molts problemes per seguir en funcionament a baixes càrregues parcials.

A més, amb la modularitat, s'optimitzem els costos de manteniment ja que els equips aturats no computen mentre que un gran equip amb una baixa càrrega, segueix comptabilitzant hores d'operació i el cost de manteniment repercutit per kWh generat serà més gran.

4. INSTAL·LACIONS ENERGÈTIQUES DE L' EDIFICI VG123

Amb aquest punt s' explica l' estat actual de les instal·lacions energètiques de l'edifici.

L' edifici VG123 consumeix per el seu subministrament energètic energia de dues grans formes diferents.

- Energia elèctrica.
- Gas natural.

L' energia elèctrica es destinada a dos grans utilitzacions:

-Alimentació de l'edifici VG123

- Il·luminació.
- Serveis de l' escola.

El gas natural es fa servir per calefacció , menys un petit consum dedicat a la cuina, cafeteria i laboratoris, que es una part insignificant i no computable per l' estudi d' aquest projecte.

A l'annex s' inclouen els plànols de les instal·lacions existents.

4.1 Instal·lacions elèctriques

Actualment les instal·lacions d'energia elèctrica d'entrada és en mitja tensió.

4.1.1 Característiques de l' energia elèctrica d' entrada.

- | | |
|--|------------|
| • Tensió de servei: | 11KV |
| • Potència transformador instal·lat: | 630 kVA |
| • Potència de curt circuit màxima: | 300MVA |
| • Intensitat màxima defecte terra | 1060A |
| • Temps d' actuació màxim de la línia | 0,2seg. |
| • Tensió més elevada pel material | 28kv terra |
| • Tensió més elevada pel material entre fases | 36kV |

Taula 2 Característiques de l' energia elèctrica d' entrada.

4.1.2 Punt de recepció del subministrament elèctric (CT).

El punt de recepció del subministrament d' energia elèctrica de l' edifici es el CT.

El CT està comprèn de tres zones, l' estació de recepció i medició, el centre de protecció de transformador i l'estació transformadora d' energia elèctrica.

A l'annex s'inclouen els plànols del CT que descriuen d'ubicació de les instal·lacions i les zones que els comprenen. Nom del plànol: **CT N° Plànol:001**

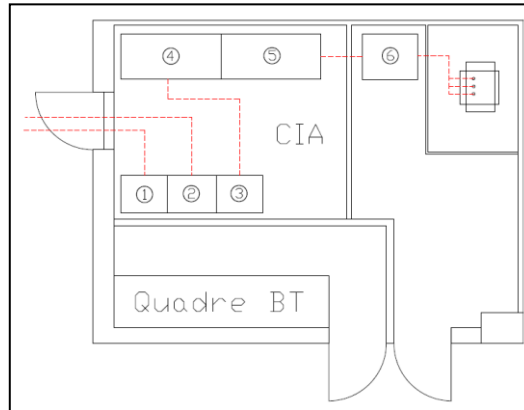


Figura 15 Imatge transformador CT

4.1.3. Interconnexió amb la línia de la Companya distribuïdora

La interconnexió amb la línia de la companyia distribuïdora es fa mitjançant l'equip de cabines.

El plànol de la denominació de les cel·les s'adjunta a l'apartat de plànols de la memòria amb el nom del plànol : **C.T N° Plànol: 004**

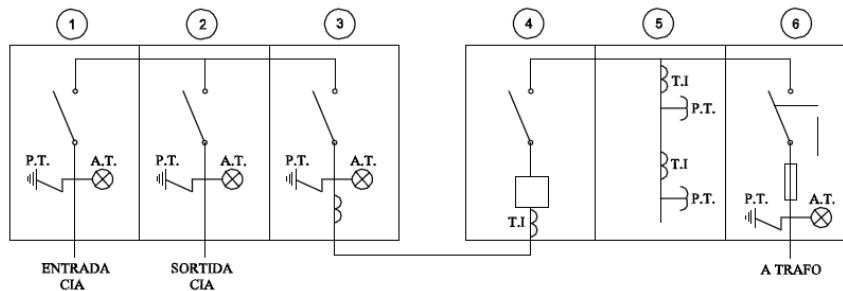


Figura 16 Imatge de les diferents celes CT

1	Cel·la d' entrada
2	Cel·la de sortida
3	Cel·la de seccionament frontera
4	Cel·la de protecció general
5	Cel·la de mesura
6	Cel·la de rupto-fusible protecció transformador

Taula 3 Esquema de la denominació de les cel·les de CT

4.1.3.1 Cel·les d' entrada i sortida CIA i sortida abonat numero: 1,2 ,3

Aquestes cel·les utilitzen SF-6 com a mitjà d' extinció i aïllament, contenint en el seu interior degudament muntats i connectats:

- Interruptor rotatiu III amb posicions de connexió seccionament i posada a terra, marca ORMAZABAL SÈRIE 36kV tipus B, capacitat de tancament sobre curt circuit de 40 kA de cresta, comandament manual, tensió de servei 25kV, i intensitat nominal 400A.
- 3Captadors capacitius de presència de tensió de 35kV
- Embarrat per a 400 A
- Platina de coure de 30x3 mm per a posada a terra de l' instal·lació.

4.1.3.2 Cel·la interruptor automàtic número 4

-1 Interruptor automàtic de CB-36LI marca ORMAZABAL sèrie 30/36 kV., execució fix, comandament motor, bobines de tancament i obertura, tensió nominal 25kV, intensitat nominal 400A, capacitat de tall 500 MVA

- 3 Transformadors d' intensitat AKW-36, relació de transformació 150/300/5A, tensió nominal 25 kV potència de precisió 30VA classe 5P10.
- 1 joc de panys d' enclavament amb seccionador anterior.
- Embarrat general de rodó d' alumini de 25mm. de diàmetre recobert amb aïllament i capaç de suportar els esforços electrodinàmics per a un nivell de curt circuit de 600 MVA a 35 kV.
- Platina de coure nu de $50mm^2$ per a posada a terra de l' aparellatge.



Figura 17 Cel·la interruptor automàtic numero 4

4.1.3.3 Cel·la de mesura numero 5

- 2 transformadors d intensitat AKR-36, tensió nominal 25kV potència de precisió 15 VA,

classe 0,5 relació de transformació 15-30/5A

- 3 Transformadors de tensió VKPE-36, relació de transformació 27.500/1,73/100/1,73, tensió nominal 36kV, potència de precisió 50VA en classe 0,5.
- -Equip de comprovació.

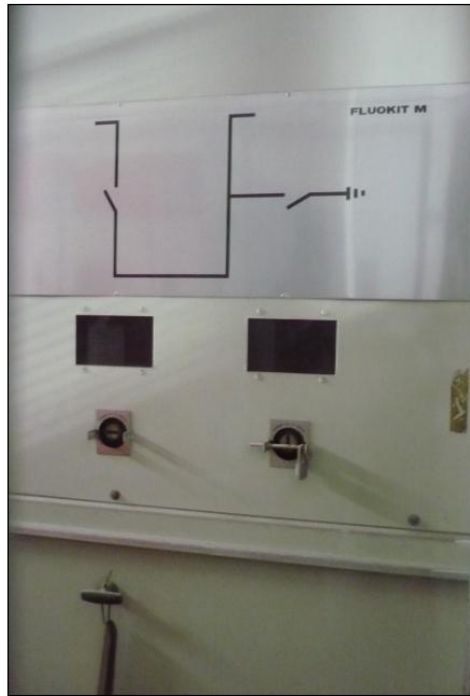


Figura 18 Cel·la de mesura n 5

Embarrat general de rodó d' alumini de 25mm. de diàmetre recobert amb aïllament i capaç de suportar els esforços electrodinàmics per a un nivell de curt circuit de 600MVA a 25 kV

- Platina de coure electrolític de 20x3 mm, per a posada a terra de l' instal·lació.
- Cable de coure nu de 50mm per a posada a terra de l' aparellatge.

4.1.3.4 Cella de protecció del transformador numero 6

Aquesta cel·la utilitza SF6 com a mitja d' extinció i aïllament, contenint en el seu interior degudament muntats i connexionats: BR amb bobina d' obertura i contactes auxiliars, comandament manual, tensió de servei 25kv, i intensitat nominal 400A.

- 3 porta fusibles per a cartutx de 36 kV segons DIN 43625.
- 1 seccionador de posada a terra, tensió nominal 36 kV, que efectua aquesta posada a terra sobre els contactes inferiors dels fusibles, comandament manual, marca ORMAZABAL.
- 3 Captadors capacitius de presència de tensió de 35 kV
- Embarrat per a 400A
- Platina de coure de 30x3mm per a posada a terra de l' instal·lació.

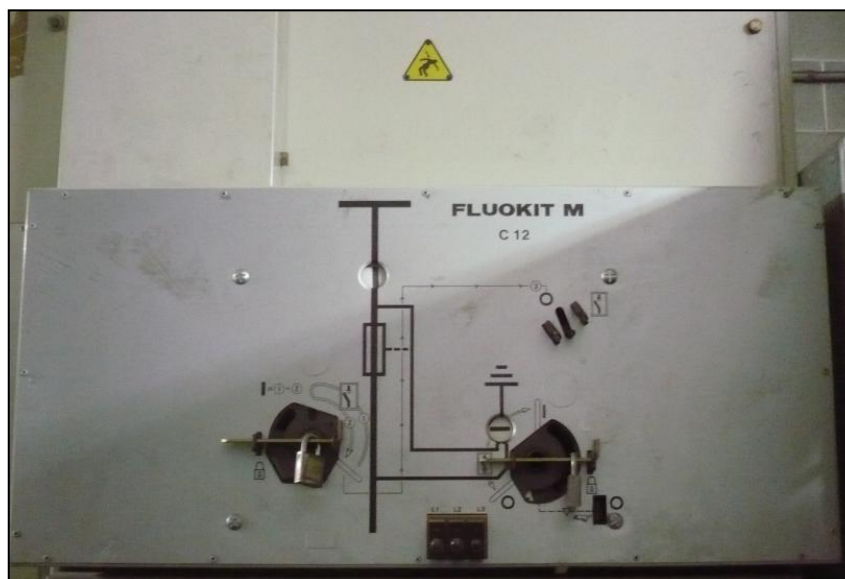


Figura 19 Cel·la de protecció del transformador número 6

4.1.3.5 Cel·la de transformació número 10

Característiques del transformador:

Marca	YEBENES
Tensió nominal d' aïllament	36kV
Tensió primària	25kV
Tensió secundària	380/220V
Grup connexió	Triangle estrella DY11
Potència	400 kVA
Refrigeració	oli
Commutació	En buit
Servei	Continu
Termòmetre	Sí
Sonda PT-100	Sí
Instal·lació	Interior
Neutre	Posat a terra

Taula 4 Característiques tècniques transformador



Figura 20 Transformador CT



Figura 21 Placa de característiques del transformador del CT

4.1.4 Facturació de l' energia

L'edifici VG123 per al seu subministrament elèctric te contractada la tarifa de la modalitat 3.1A, aquesta es una tarifa amb un subministrament en mitja tensió.

4.1.3.1 Desglossaments de consums

Es mostra el cost actual de la facturació amb la modalitat contractada de la tarifa d'accés a xarxa: 3.1A

TERME D' ENERGIA VARIABLE

La facturació de l'energia es un terme variable que depèn de l'energia consumida en cada període.

Període	Preu de l'energia
P1	0,138095 €/kWh
P2	0,120567 €/kWh
P3	0,085857 €/kWh

Taula 5 Taula del preu de facturació de l'energia.

POTÈNCIA PER PERÍODES

Potència activa:

Període	Preu de l'energia
P1	0,138095 €/kWh
P2	0,120567 €/kWh
P3	0,085857 €/kWh

Taula 6 Preu facturació potència

Potència reactiva:

La energia reactiva en l' instal·lació no es computable = 0, perquè es compleix que el $\cos \varphi \leq 0,90$. Això es així perquè l' instal·lació compta amb una bateria de condensadors que millorar el factor de potència per tal de no excedir el $\cos \varphi$ amb que la companyia aplica recàrrec.

Període de facturació tarifa

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3	P. T. 3
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7												
7 - 8												
8 - 9												
9 - 10				P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2			
10 - 11												
11 - 12												
12 - 13	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2
13 - 14												
14 - 15												
15 - 16												
16 - 17												
17 - 18												
18 - 19												
19 - 20	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 1	P. T. 1	P. T. 1
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23	P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2							P. T. 2	P. T. 2	P. T. 2
23 - 24												

Taula 7 Períodes de facturació

IMPOST ELÈCTRIC

S'atribueix al 4,864% de l' import de la facturació del sumatori de els termes d'energia i potència un 5,113% de recàrrec d' un conjunt de conceptes com dèficit tarifari i moratòria nuclear. En resum un **5,1126%** en concepte d' impost elèctric.

IVA

Un sobre cost en concepte d' impost del valor afegit del 18% del total de la facturació.

4.2. Instal·lacions de gas natural.

La línia de l' escomesa de gas natura va des de la vàlvula de la companyia als límits de la propietat fins a l'estació de regulació i mesura (ERM) dimensionada per la totalitat dels consums de gas de la universitat.

4.2.1 Punt de subministrament de gas.

Les dades principals del punt de subministrament del gas són els següents:

- **Empresa subministradora:** Gas Natural
- **Pressió màxima:** 16 bar
- **Pressió mínima garantida:** 3 bar
- **Pressió mínima esperada:** 5 bar
- **Pressió habitual:** 10 bar
- **Caudal màxim de subministra actual:** 3.400 Nm³/h

Les característiques del subministrament de recepció de gas estan dimensionada per suportar un nou equip de cogeneració alimentat amb gas natural sense tenir en comte la necessitat d' instal·lació d'equips auxiliar com: compressors de gas per l' abastiment del nou equip.

4.2.2 ERM.



Figura 22 Comptador de gas de la instal·lació de l' edifici VG123

4.2.3 Caldera

Es disposa d' una caldera de gas natural de les següents característiques:

Marca:	VIESMAN
Model:	Rondomat 5000
Tipus:	Piro tubular
Potència tèrmica útil:	910kW
Temperatura mínima:	60 °C
Temperatura fums:	180°C
Caudal de fums:	1560 Kg/h
Rendiment estacionari:	92%
Valors de gasos escapament:	10% CO ₂
Temperatura de sortida:	70°C
Temperatura de retorn	90 °C

Taula 8 Característiques tècniques de la caldera de l' edifici VG123



Figura 23 Caldera Viesman edifici VG123

Piro tubular: La tecnologia piro tubular es un sistema utilitzat amb calderes i generadors de vapor que fa referència a l'estructura del circuit d'intercanvi del cos de caldera. Designa que les flames i mescla de gasos calent segueixen un recorregut per l'interior de la superfície d'intercanvi i que el flux tèrmic els envolta, separat per el material de les parets de l'intercanviador.

4.2.2.1 El cremador



Figura 24 Cremador Roca de la caldera

4.3 Facturació de l'energia

Costos del consum d'energia en forma de gas:

Terme fix	$3,66577 \frac{\text{€}}{\text{KW dia}}$
Preu de l'energia	$0,048248 \frac{\text{€}}{\text{KW}}$
Descompte de l'energia consumida	7%
Lloguer de l'equip de gas	24,15€
IVA	18%

Taula 9 Cost de la facturació del terme de energia amb forma de gas

5. CRITERIS TÈCNICS PER L'ESTUDI

Qualsevol sistema del que se n' tingui interès d' estudi s' ha de comptar amb informació de les variables d' entrada sortida i internes d'aquest. A partir d' aquestes variables podem obtenir el model per poder analitzar el del seu funcionament.

5.1 Modelat

Per obtenir el model s' ha de fer el modelat, que consisteix en fer una representació més o menys acurada del sistema. Aquest model pot ser gràfic(plànols,mapes..) o un model matemàtic.

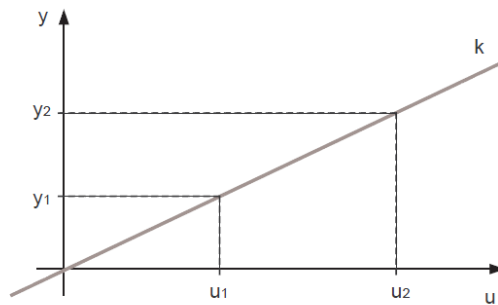


Figura 25 Modelat d' un sistema lineal

No tots el sistemes són lineals. Un sistema no lineal es pot linealitzar entorn d' un punt de treball.

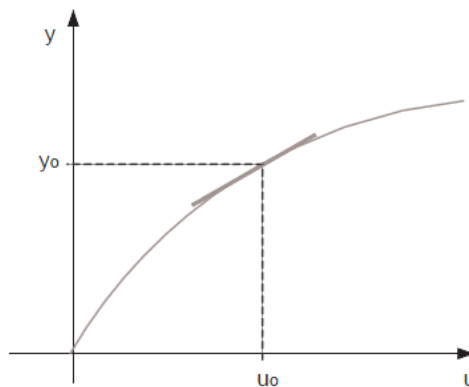


Figura 26 Linealització entorn d' un punt de treball

El sistema que ens interessa estudiar es l' equip de producció de calor de l' instal·lació, i obtenir-ne informació de la potència tèrmica que s' ha demandat a l'equip i amb quina freqüència a ocorregut en el temps. Per això es necessita comptar amb la informació de:

- **Variables d' entrada:**
- **Variables internes**
- **Variables de sortida.**

5.1.1. Elaboració del model

Una forma útil d'elaborar el model es, construir una corba de freqüència i/o freqüència acumulada. Partint de les dades de la potència mitja demandada es genera la taula de freqüència, que es pot generar per la demanda d'electricitat i/o calor.

Exemple de la construcció d'una taula de freqüència de potència mitja demandada

Potència mitja demandada	Nombre d'hores/any
N_1	f_1
N_2	f_1
.....
N_k	f_k
.....
	Total H

Taula 10 Model d'elaboració de la taula de freqüències.

La corba de freqüència acumulada consisteix en representar la potència demandada a l'eix vertical de les y, respecte el nombre d'hores amb la que es produeix aquesta demanda a l'eix horitzontal el de les x. L'àrea de la superfície compresa entre la corba i els eixos de coordenades es proporcional a l'energia consumida.

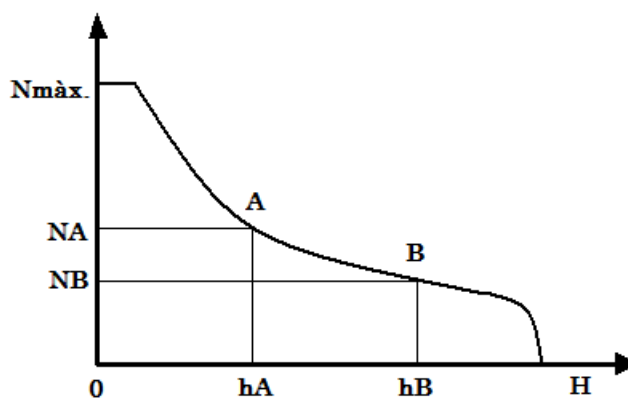


Figura 27 Corba de demanda de la freqüència acumulada

Així per exemple, la figura 28 de l'exemple gràfic de la corba de demanda, si l'equip de cogeneració té una potència NA i te un control tot o res, que no pot modular la potència entregada, el número de hores/any de funcionament serà **hA**, i l'energia cogenerada serà proporcional a l'àrea tancada dins del rectangle **NA-A.hA-0**. Si el control de l'equip instal·lat pogués modular la potència generada entre NA i NB, el nombre d'hores/any de funcionament seria **hB** i la energia cogenerada seria proporcional a l'àrea **NA-A-hB-0**.

Tenint en compte que l'equip de cogeneració no modula la potència tèrmica de sortida, l'energia de suport necessària per cobrir la demanda, està donada per l'àrea restant, i l'equip de suport tindrà d'aportar l'energia durant tot el període.

Amb l'exemple, l'energia a aportar per l'equip de suport es l'àrea generada entre **0-hA** i **hB-H**

5.1.2 Obtenció de la potència mitjana.

Per representar la corba de freqüències acumulades, es necessari disposar de la potència mitjana demandada i saber l'interval de temps en que s'ha demandat aquesta potència.

Partint de la expressió:

$$E_t = P_t(kW_t) \cdot t \text{ (h)}$$

Equació 2 Energia tèrmica

E_t = Energia tèrmica (kWh_t)

P_t = Potència tèrmica (kW_t)

t = Temps en (h)

Per tant podem dir que:

D' on :

$$P_t = \frac{E}{t(h)}$$

Equació 3 Potència mitjana

E= Energia tèrmica entregada.

P= Potència tèrmica mitjana demandada per la caldera.

t= Temps en hores.

5.2 Formules que caracteritzen els flux d' energia elèctrica

A continuació es presenten les diferents formules que caracteritzen el flux d' energia elèctrica de els sistemes de generació.

5.2.1 Rendiment elèctric

El rendiment elèctric genèric, es el quocient entre la energia elèctrica generada per l' equip i la energia aportada per el combustible.

$$\eta_e = \frac{E}{Q}$$

Equació 4 Rendiment elèctric

η_e = Rendiment elèctric.

E = Energia elèctrica generada en un període mesurada en borns de l' alternador (kWh)

Q = Combustible consumit per l' equip en kWh, PCI.

5.3.2 Rendiment global.

El rendiment global es una equació que expressa una relació entre la producció conjunta d' energia elèctrica i calor respecte el combustible fet servir. Es un valor intrínsec i no comparatiu en una planta de cogeneració.

$$\eta_g = \frac{V+E}{Q}$$

Equació 5 Rendiment global

η_g = Rendiment global.

V = Calor útil produït kWh.

Q = Combustible consumit kWh PCI

E = Energia elèctrica generada en un període mesurada en borns de l' alternador (kWh)

5.3.3 Rendiment elèctric equivalent.

El rendiment elèctric equivalent es el rendiment elèctric comparable amb una planta de només generació d' energia elèctrica, descomptant el combustible necessari consumit per produir per sistemes convencionals la calor. Aquest comparació no te en compte les pèrdues que s'eviten en amb les red's de transport i distribució.

El rendiment elèctric equivalent el definit com:

$$\eta_{ee} = \frac{E}{Q - \frac{V}{0,9}}$$

Equació 6 Rendiment elèctric

Notació segons el RD 661/2007

η_{ee} = Rendiment elèctric

Q = Combustible consumit kWh PCI

V = Calor útil produït kWh.

$\frac{V}{0,9}$ = Combustible necessari per generar V (kWh) de calor.

$Q - \frac{V}{0,9}$ = Combustible atribuïble a la generació d'electricitat en una planta de cogeneració.

E = Energia elèctrica generada en un període mesurada en borns de l' alternador (kWh)

S' assumeix que el rendiment tèrmic d' una caldera en la que produïm el calor útil V es el 92%.

Aquest rendiment te sentit ja que al denominador es descompta el consum de combustible que es gastaria per produir calor útil cremant només el combustible per la generació d' electricitat.

Els següent cuadro mostra el rendiments elèctrics equivalents mínims per a instal·lacions amb exigència de rendiment:

Tipo de combustible	REE mínimo
Combustibles líquidos en centrales con calderas	49 %
Combustibles líquidos en motores térmicos	56 %
Combustibles sólidos	49 %
Gas natural y GLP en motores térmicos	55 %
Gas natural y GLP en turbinas de gas	59 %
Otras tecnologías y/o combustibles	59 %
Biomasa incluida en los grupos b.6 y b.8	30 %
Biomasa y/o biogás incluido en el grupo b.7	50 %

Taula 11 Rendiment mínims exigibles segons el tipus de combustible

5.3.4 Complement per eficiència

A Espanya per tenir accés al cobrament de bestretes per generació elèctrica és necessari demostrar que la planta te un rendiment elèctric mínim, tenint en compte el combustible emprat.

Segons el (RD 661/2007) el rendiment elèctric equivalent està relacionat amb la bestreta elèctrica en el que s' estableix un complement per la prima d' eficiència que es calcula segons:

$$C_e = (c\text{€}/kWh) = 1,1 \times \left(\frac{1}{\eta_{ee\ min.}} - \frac{1}{\eta_{eei}} \right) C_{mp} \quad (C \text{ €}/kWh \text{ PCS})$$

Equació 7 Complement per eficiència

C_e = Complement per eficiència.

$\eta_{ee\ min.}$ = Rendiment elèctric equivalent mínim exigít.

η_{eei} : Rendiment elèctric equivalent anual real acreditat.

Actualment aquest complement no es computable a efectes de l' últim RD Real Decret llei 1/2012, de

27 de gener, per el que es procedeix a la suspensió dels procediments de pre assignació de retribucions i a la supressió dels incentius econòmics per les noves instal·lacions de producció de energia elèctrica a partir de cogeneració, fonts d' energia renovables i residus.

5.3 Característiques del gas Natural

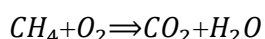
El gas natural és una font d'energia fòssil que està constituïda per una barreja d'hidrocarburs, unes molècules formades per àtoms de carboni i hidrogen.

És un compost no tòxic, incolor i inodor, en el qual el seu principal component és el metà (CH₄), una molècula senzilla formada un àtom de carboni i quatre àtoms d'hidrogen, també amb altres hidrocarburs lleugers en molta menor proporció.

La seva composició química varia sensiblement segons la seva procedència, ja que acostuma a anar associat a altres molècules o elements com l'àcid sulfhídric (H₂S), l'anhídrid carbònic (CO₂), el nitrogen (N₂) o l'heli (He) que cal extreure quan el gas natural és destinat a usos industrials i domèstics.

- Metà(CH₄)
- età (C₂H₆),
- el propà (C₃H₈),
- el butà (C₄H₁₀) o
- el pentà (C₅H₁₂)

Per extreure l'energia continguda en els enllaços químics C-H, s'ha de produir el procés de combustió. La combustió és una reacció d'oxidació exotèrmica d'un cos combustible (en aquest cas, gas natural) amb un altre cos oxidant (aire), anomenat comburent.



Aquesta transformació va acompanyada de despreniment de llum i calor.

5.3.1 Consideracions de la transformació del combustible.

La transformació de gas està subjecte a una condició que dona lloc a aquesta relació:

Aquesta relació ve donat en funció de una sèrie de paràmetres que registrat l'aparell de mesura.

Aquest paràmetre són indicadors de la composició i per tant qualitat del gas que comercialitza la companyia distribuïdora. El paràmetre registra són la densitat del gas i la proporció continguda de nitrogen i CO₂ amb el subministrament d'aquest que marcarà el preu de compra.

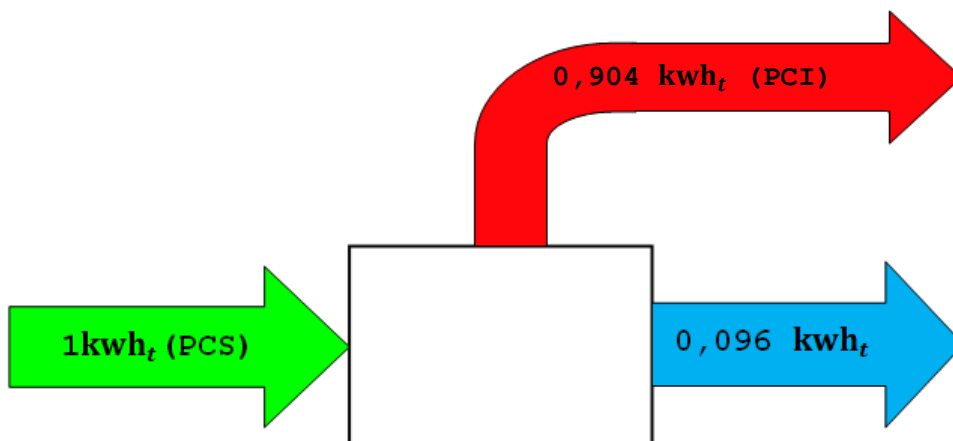


Figura 28 Balanç d' energia en la transformació tipus del gas Natural

Per passar l' H_2O contingut en estat de vapor com a residu de la combustió cal fer un canvi de fase que dona lloc a un despesa d' energia.

5.3.1.1 PCS

Es el calor alliberat en la combustió completa de una unitat de gas considerat de volum de gas i l' aigua producte de la reacció en estat líquid.

5.3.1.2 PCI

Anàloga al el (PCS) però considerant l' aigua resultant de la combustió en estat de vapor.

5.4 Formules per calcular la viabilitat econòmica de sistemes de cogeneració

La viabilitat econòmica es basa en el coneixement de paràmetres econòmics, com PB , la taxa de rendiment intern de la inversió (TRI), o el valor actual net de l' inversió (VAN) i d'altres.

El valor del PB en serveix per tenir una idea aproximada de la bondat de la inversió i, sobre tot, per comparar una instal·lació amb d' altres. No serveix per preveure el temps real de recuperació de la inversió perquè no tenen compte factors com el finançament del prestatge necessari per realitzar l' instal·lació, la taxa de inflació de els productes energètics. No profunditza en la viabilitat econòmica.

5.4.1 Pay – Back

El temps de retorn simple de la inversió es defineix com el quocient entre la inversió i l'estalvi anual.

$$PB = \frac{I}{A_{ea}}$$

Equació 8 Pay-Back

I = Sobre inversió ocasionada per la inversió.

A_{ea} = Estalvi econòmic anual.

Amb aquesta suposició del model definim unes hores equivalents de funcionament de l'equip de cogeneració H com el nombre d' hores/any que tindria d' estarà funcionant, a la potència elèctrica nominal N_{ecg}, per generar la energia cogenerada anual

$$H = \frac{E_{cg}}{N_{ecg}}$$

Equació 9 Hores equivalents de funcionament anuals

H = Hores de funcionament de l'equip.

E_{cg} = Energia cogenerada anual $\frac{kWh}{any}$

N_{ecg} = Potència elèctrica de l'equip de cogeneració kW.

5.5 Criteris de disseny per al càlcul de seccions

5.5.1 Escalfament

- Limita el corrent que pot circular per la línia en règim permanent.
- Està indicat a l' RBT
- S' imposa en línies curtes.

$$I_B \leq I_Z$$

Equació 10 Criteri d' escalfament

I_B = Intensitat utilitzada en el circuit.

I_Z = Intensitat màxima admissible en la canalització.

5.5.2 Caiguda de tensió

- Imposa el bon funcionament de la línia.
- També la reglamentació vigent indica els valors que cal contemplar
- S imposa en línies de gran longitud.

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{m\grave{a}x}$$

Equació 11 Criteri de caiguda de tensió

ε = Caiguda de tensió existent

$\varepsilon_{m\grave{a}x}$ = Caiguda de tensió màxima admissible entre el punt inicial i el punt final del la línia,

5.5.3 Curt circuit

- Serveixen per verificar que la línia pot suportar l' energia que deixa passar la protecció de capçalera fins que aquesta ha actuat.
- S' imposa quan els corrents de curt circuit previstos són elevats.

$$I^2 \cdot t \leq (KS)^2$$

Equació 12 Criteri de curt circuit

6. ANALISIS TÈCNIC DE LA DEMANDA

Per escollir l'equip de CHP adequat es realitza un anàlisi tècnic de la demanda tèrmica de l'instal·lació, representant gràficament la corba de freqüència acumulada d'energia tèrmica demanada per l'instal·lació amb l'històric de funcionament. La informació que ens aporta la corba de la demanda es de forma gràfica, ens permet posicionar-nos visualment en l'entorn del punt òptim del mix de generació de energia tèrmica de chp amb la caldera com a suport amb l'equip.

6.1 Demanda de gas natural

Per estudiar i modelar la demanda tèrmica de l'edifici VG123 s'ha analitzen les lectures del comptador de gas natural de l'ERM de l'instal·lació per tal de extreure informació dels consums

6.1.1 Tractament de les lectures del gas.

L'ERM es l'equip que incorpora el comptador de gas de l'instal·lació. Aquest equip s'encarrega de realitzar el comptatge del volum de gas consumit a tot l'edifici VG123. L'equip incorpora a la part frontal una pantalla que reflexa el volum de gas consumit. Les lectures del volum de gas es un valor numèric, que ens indica el volum de gas que s'ha consumit fins l'instant en que es pren la lectura.

Les unitats de la lectura estan expressades en Nm^3 . L'índex N fa referència a normal, que es una consideració que es pren per al comptatge de combustibles gasosos com per exemple el gas natural.

Aquesta consideració contempla les condicions del gas a:

- Pressió d' 1bar.
- A temperatura de 20°C.

Per extreure el volum de gas consumit durant un períodes, es necessari fer la diferència entre dues lectures del comptador de gas. Del resultat de la diferència d'aquestes s'obté en valor absolut el volum de gas del període. Per fer l'estudi es compte amb un arxiu del registre històric de les lectures del volum de gas consumit per l'edifici VG123 amb format **Ms Excel**, construït per el personal de manteniment de l'edifici.

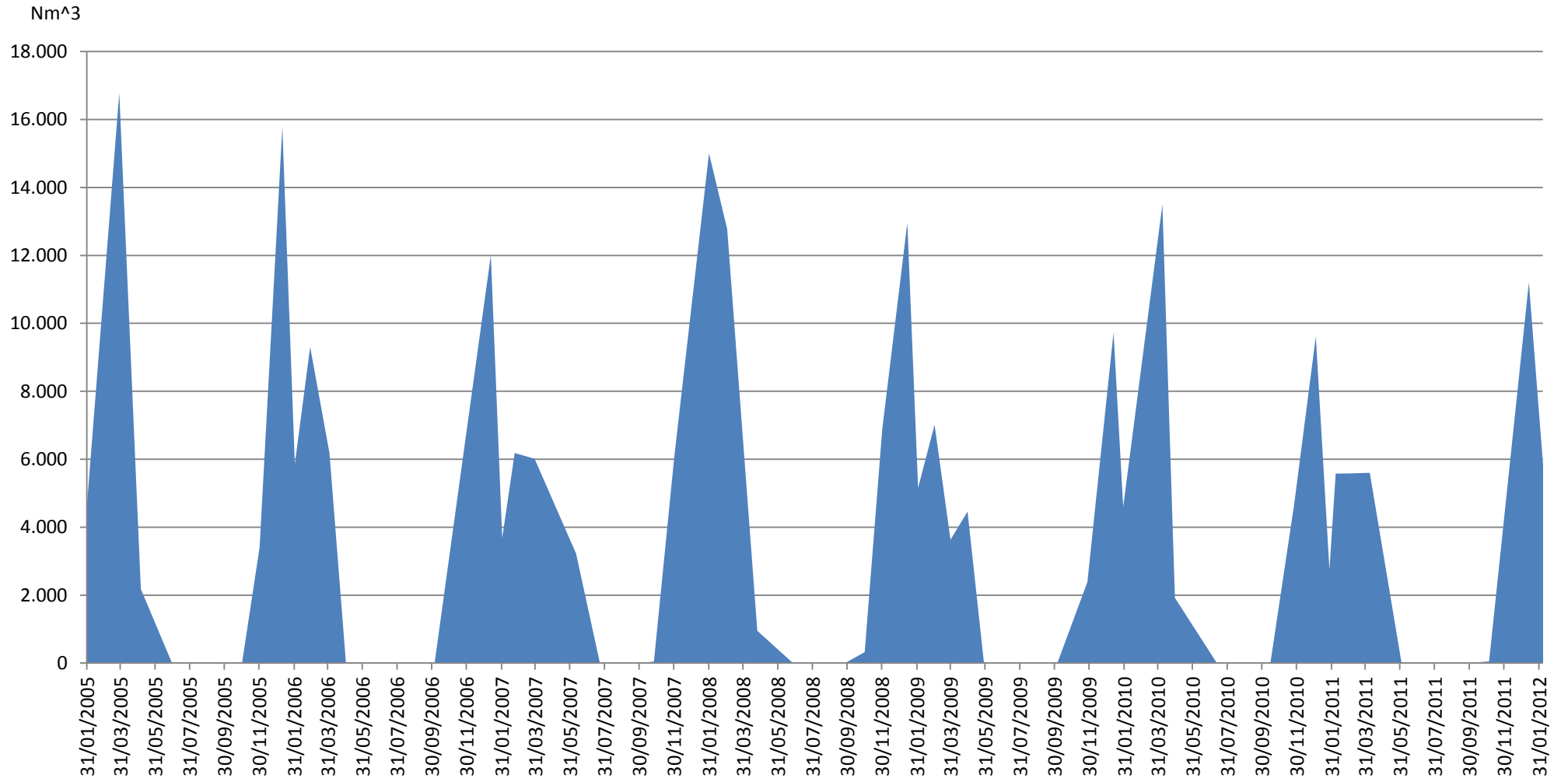
El document amb format taula de Ms Excel  es troba a l'annex del projecte a l'apartat documentació que rep el nom de: **Lectures consum de gas de edifici VG123**

data	lectures			total dies	consums totals		
	VG123	Labor.	VG4		VG123	Labor.	VG4
10/01/2005	296.900	87	44.778				
31/01/2005	301.530	87	46.070	21	4.630	0,0	1.292
29/03/2005	318.315	88	50.271	57	16.785	1,0	4.201
06/05/2005	320.496			38	2.181	1,0	411
30/06/2005	320.496			55	0	0,0	0
30/09/2005	320.496	90	50.682	92	0	1,0	0
31/10/2005	320.496	90	50.682	31	0	0,0	0
01/12/2005	323.902	92	51.393	31	3.406	2,0	711

Taula 12 Exemple document de dades enregistrades per el personal de manteniment format Excel

6.1.1.2 Representació gràfica de la tendència del volum de gas històric consumit.

La construcció de la gràfica del consum de gas històric consumit s'ha representat amb Ms Excel directament a partir de les lectures del volum de gas consumit a l' edifici VG123. La gràfica representa d' una forma explicativa la tendència del consum de gas m^2 al llarg del temps i mostra d' una forma gràfica com es distribueix la demanda de gas anualment.



Gràfic 2 Corba de distribució de l' històric del volum de gas consumit

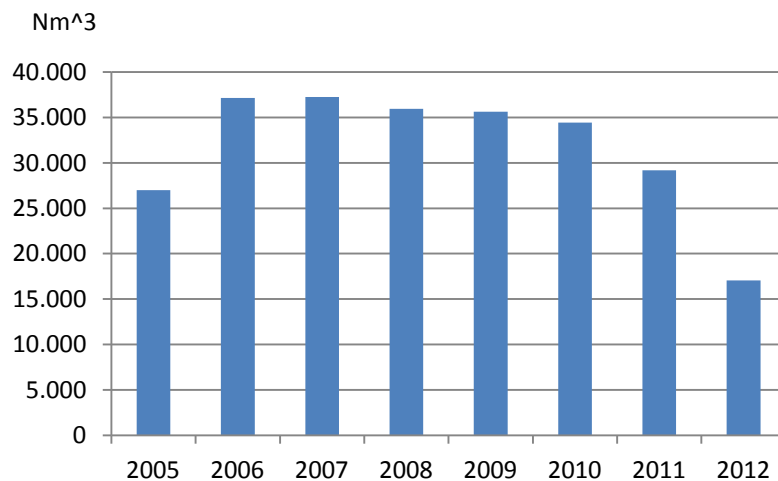
De la gràfica de la corba linealitzada de la distribució de l' històric de volum de gas consumit, en podem extreure relacionant el volum de gas amb l' energia entregada per la caldera, que el règim de funcionament de la caldera no es constant al llarg de l' any, si no que ho fa d' una forma puntual durant quatre mesos de l' any i segueix una tendència repetitiva al llarg del temps.

6.1.1.3 Corbes de caracterització del consum històric de Gas Natural.

Consum energètic de Gas Natural.

Període	Volum de gas
2005	27.002
2006	37.140
2007	37.263
2008	35.964
2009	35.624
2010	34.443
2011	29.190
2012	17.048

Taula 13 Volum de gas consumit edifici VG123 de gas període



Gràfic 3 Volum de gas consumit anual per la caldera de l' edifici VG123

De la representació gràfica del volum de gas consumit anualment s'observa una tendència regular del consum anual. La mitjana d' l' històric sense tenir en compte les dades de l' últim any ja que estan incompletes. El consum mig es de 33803,71 m³/any.

6.1.2 Conversió de les lectures del volum de gas a energia tèrmica

Per convertir les dades del volum de gas consumit (Nm^3) a energia tèrmica kwh_t , la companyia subministradora facilita un factor de conversió.

$$1Nm^3=11,579 kW$$

El resultat d'aquesta conversió són una unitat de l'energia kWh que estimem que són kWh (PCI) segons s'ha extrapolat d'altres factures.

6.2 Demanda tèrmica

Entenem com demanda tèrmica l'energia tèrmica útil que ha entregat la caldera a l'instal·lació de climatització en forma de calor.

6.2.1 Representació gràfica de la corba de freqüència acumulada de la demanda tèrmica

Per representar la corba de freqüència acumulada, es genera una taula en que contingui la freqüència de potència mitjana demandada, i el nombre d'hores en que s'ha demandat la potència.

Potència mitjana demandada	Nombre d'hores/any
N_1	f_1
N_2	f_1
.....
N_k	f_k
.....
	Total H

Taula 14 Model d'elaboració de la taula de freqüències.

El fet de no comptar directament amb el valor de la potència mitjana fa que s'hagin d'elaborar les dades.

6.2.1.1 Potència mitjana demandada

Per generar la columna de la potència mitjana tèrmica s'aconsegueix realitzant una conversió del volum de gas consumit a energia tèrmica. i relacionant aquesta amb una estimació del temps en que s'ha produït la demanda s'obté la potència mitjana bruta sense tenir en compte el rendiment de l'equip.

Per representar les dades amb una corba de freqüència acumulada i poder comparar amb el calor útil de qualsevol altre equip es realitza una correcció per ajustar els càlculs

6.2.1.2 Potència tèrmica útil

Per comptar amb la potència tèrmica real útil **kWh t (PCI)**/ Hores de funcionament i aquest resultat es rectifica multiplicant-lo per el rendiment de l' equip de generació de calor la caldera Viesman sense tenir en compte per separat el rendiment del cremador.

6.2.1.3 Temps de funcionament

Per representar gràficament la corba de freqüència acumulada s'ha de comptar amb el valor de temps amb que s'ha demandat la potència mitja. Tenint en compte que no es compte amb aquest registre de es realitza una estimació de el temps de funcionament anual de la caldera.

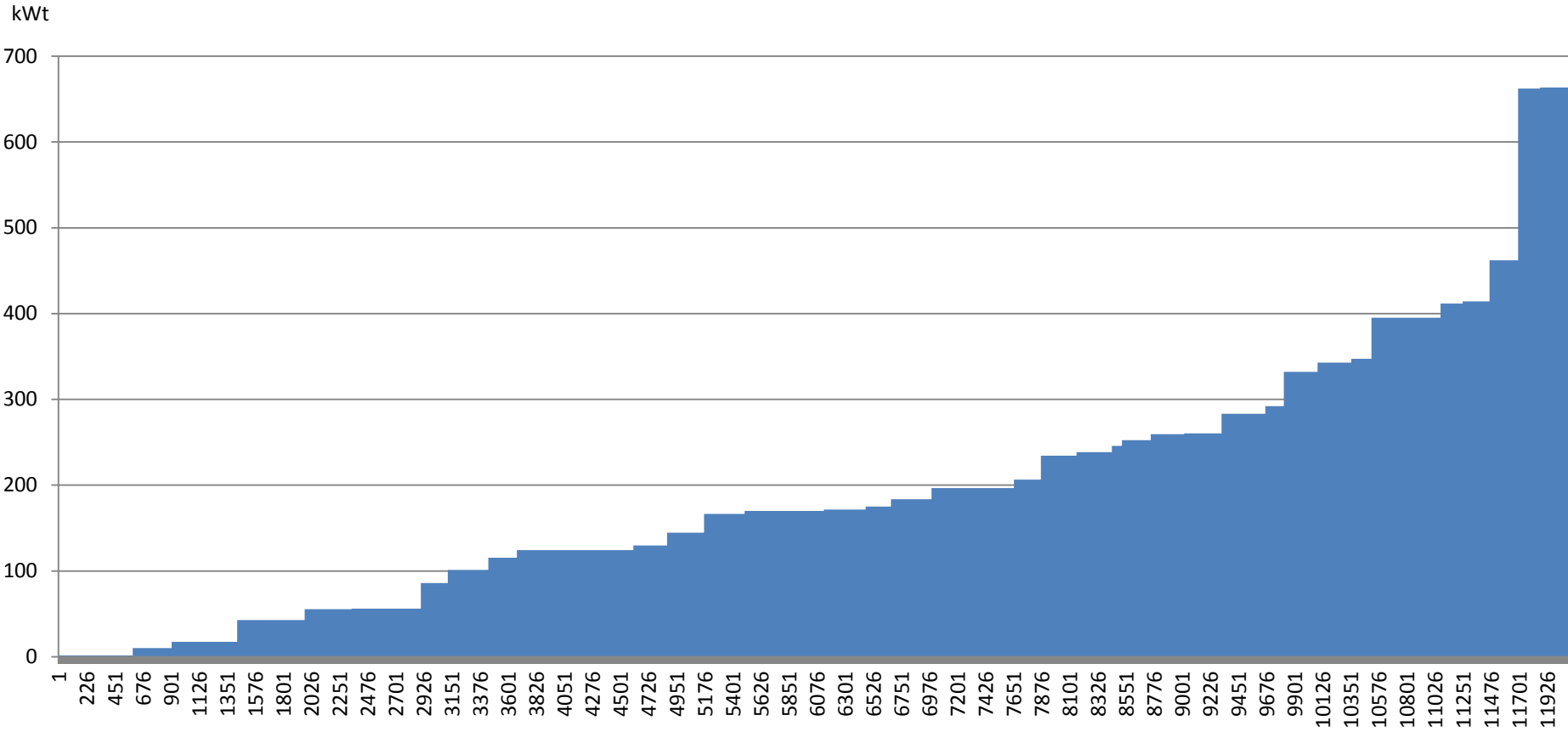
Per realitzar l' estimació del càlcul del temps de funcionament de la caldera, s'ha estima mitjançant el calendari dels dies de funcionament de l' equip, tenint en compte els dies que te programats la caldera com a caps de setmana festius del centre i festes locals.

Posteriorment es fa el producte del nombre de dies reals de funcionament de l' equip per el nombre d' hores diaris de funcionament que té programat el rellotge horari de la caldera. L' horari de funcionament programat es de 7:30 del matí a 21:00 de la nit sumant un total de 13,5 hores.

6.2.2 Corba de freqüència acumulada de la demanda tèrmica útil.

Un cop s' han generat les dues columnes amb la potència mitjana demandada i el d' nombre d' hores anuals, es procedeix a ordenar de forma creixent els valors de la potència mitjana demandada de forma creixent, i es relacionant amb el nombre d' hores de funcionament es pot procedir a traçar la gràfica de la freqüència acumulada que te la següent forma:

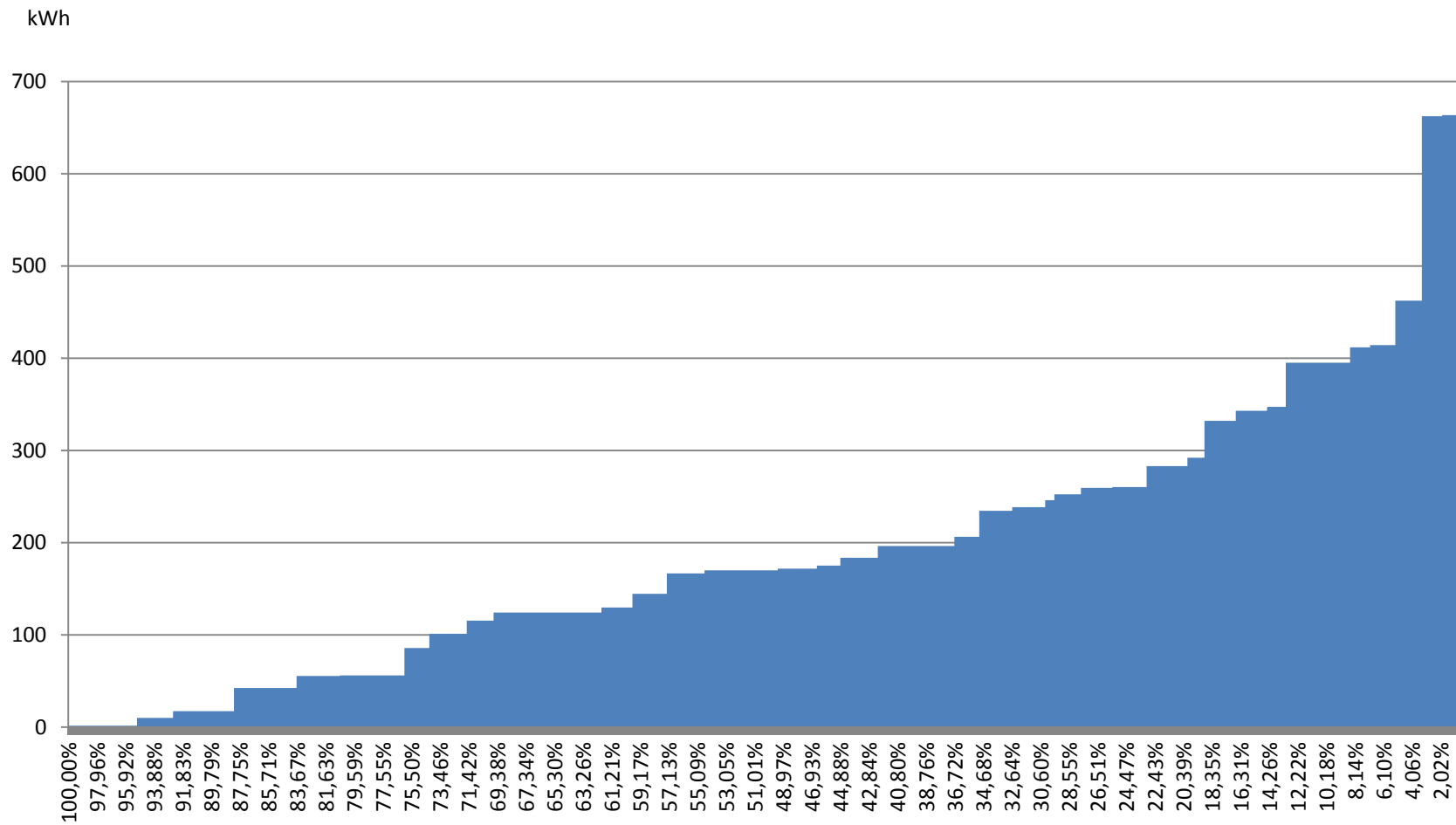
Corba de freqüència acumulada de la demanda tèrmica útil.



Gràfic 4 Freqüència acumulada funció de les hores de funcionament

6.2.3 Corba de freqüència acumulada de la demanda tèrmica en percentatge.

Per tal d'avaluar la cobertura dels equips en funció de la potència tèrmica de chp, es representa l'eix de la corba de la demanda tèrmica útil en percentatge. Per realitzar la transformació del valor real a tant per cent es divideix cadascun dels valors per el nombre de dades que són 12100. I s'ordenen a l'eix de les x de forma creixent. El fet de representar l'eix de les x del gràfic en tant per cent, aquest explica d'una forma més entenedora i visual la proporció de la cobertura depenent de la potència de l'equip de producció de calor chp.



Gràfic 5 Freqüència acumulada amb funció del percentatge de les hores de funcionament

6.3. Hores de funcionament de la caldera d' un any tipus.

Per realitzar la representació de la corba de freqüència anual tipus s' estima un nombre d' hores de funcionament per a un any tipus. Per modelar aquet valor s' agafa l' històric de les hores de funcionament i es fa la mitjana. El procediment per realitzar la mitjana ha sigut fer el sumatori de les hores anuals acumulades de funcionament, i aquest resultat dividit per el nombre d' anys que han intervingut amb l' històric de l' històric.

S' ha tingut en compte la correcció de les dades de l' últim any ja que encara no se' n té la totalitat de les dades.

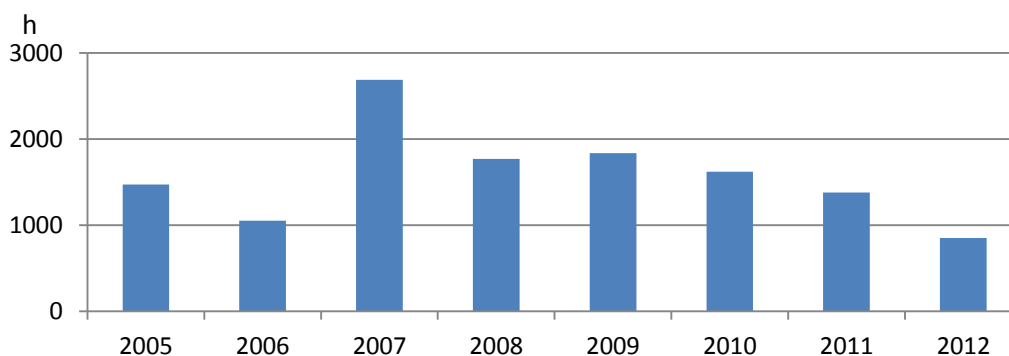
6.3.1 Temps tipus de funcionament anual

El temps tipus de funcionament anual es el resultat de fer el sumatori del total de hores de funcionament de la caldera i dividir-ho per el nombre d' anys en el que s' han pres les mostres:

Període	Temps de funcionament hores
2005	1471,5h
2006	1053h
2007	2686,5h
2008	1768,5h
2009	1835h
2010	1620h
2011	1377h
2012	850,5h

Taula 15 Taula resum del temps de funcionament de la caldera.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{1471,5+1053+2686,5+1768,5+1835+1620+1377}{7,25} = 1687,5 \frac{h}{any}$$



Gràfic 6 Històric de les hores de funcionament anuals de la caldera.

6.4 Demanda elèctrica

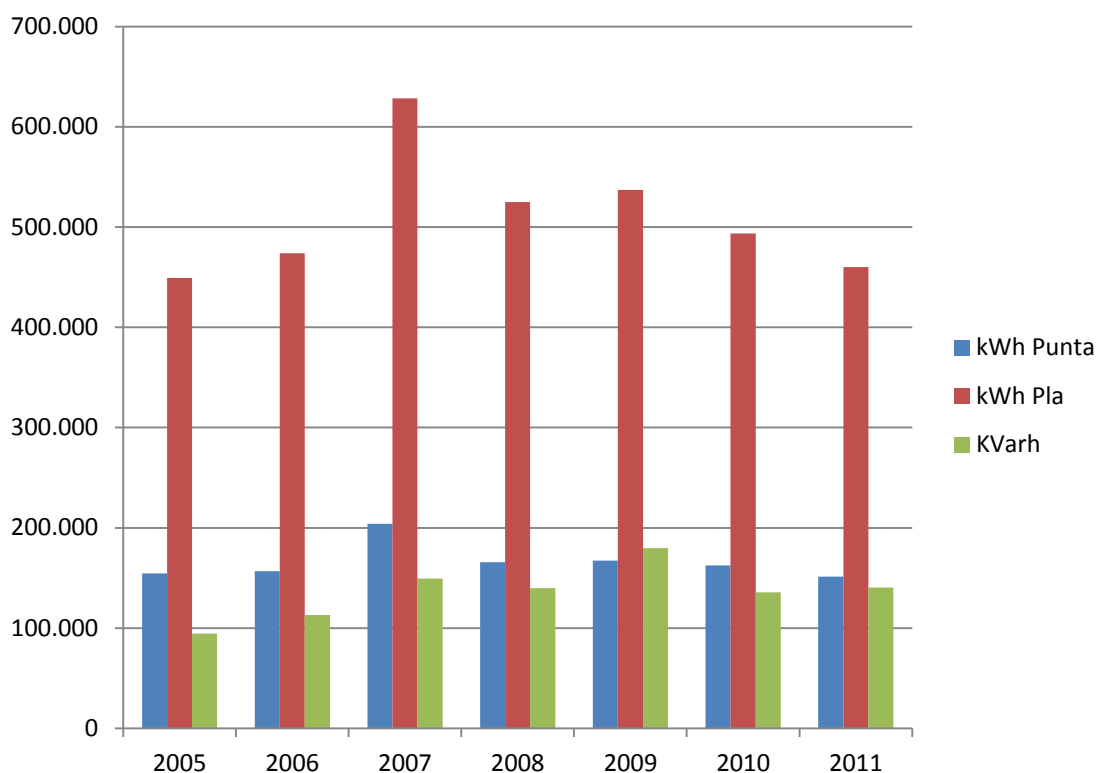
Es realitza una representació gràfica de la demanda elèctrica per poder estimar d'una forma gràfica la proporció entre els diferents períodes de facturació del consum elèctric de l'edifici VG123.

6.4.1 Estudi anual del consum elèctric

Es presenten la caracterització dels consums elèctric de l'edifici VG123

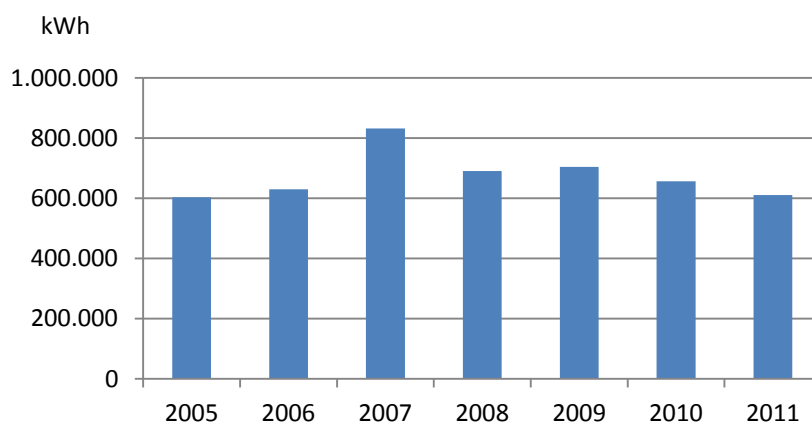
Període	Energia punta kWh	Energia pla kWh	Reactiva kVarh
2005	154.650	449.160	94.510
2006	156.830	473.760	112.920
2007	204.110	628.360	149.330
2008	165.650	525.040	139.910
2009	167.430	536.910	179.890
2010	162.590	493.630	135.860
2011	151.340	459.970	140.550

Taula 16 Taula de l'històric de l'energia elèctrica consumida



Gràfic 7 Gràfica de la demanda d'energia elèctrica anual segons període

6.2.1.2 Estudi del consum elèctric d'energia activa



Gràfic 8 Històric de la demanda energia activa P1més P2.

6.2.1.3 Consum d' energia elèctrica durant el període de funcionament de la caldera

S' avaluja l'energia elèctrica activa consumida durant el període de funcionament de la caldera ja que es la proporció que es pretenem injectar a l' instal·lació amb l' equip. Per realitzar aquest estudi s'ha fet servir les dades del consum d'energia elèctrica segons el període.

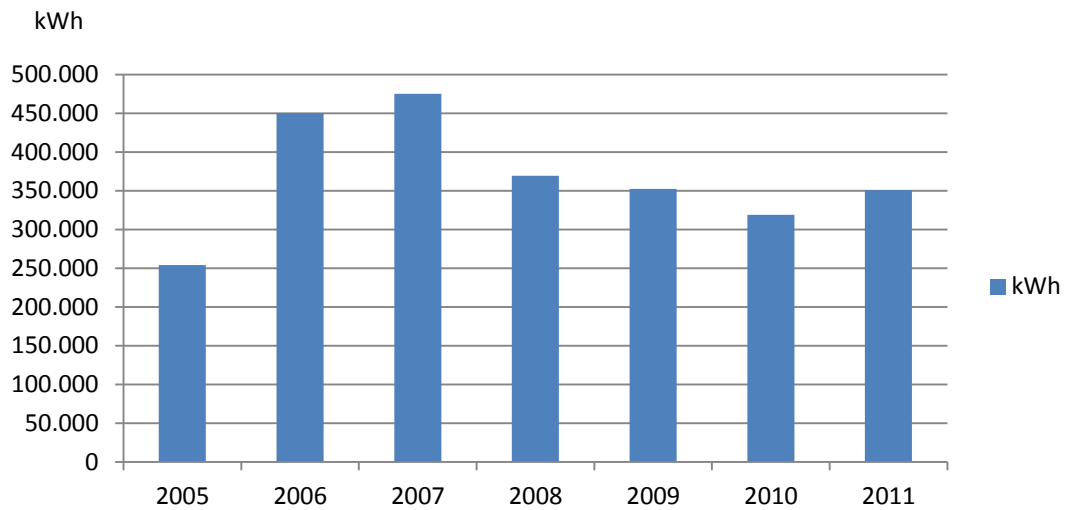
Per fer la selecció de les dades de consums s' han escollit les lectures de les dates de funcionament de la caldera seguint l' exemple:

data	lectures		
	pla	punta	reactiva
10/01/2005	350.849	124.355	97.682
31/01/2005	353.346	125.180	98.167
28/02/2005	357.760	126.690	99.175
29/03/2005	362.085	128.011	100.000
06/05/2005	367.416	129.898	101.335
30/06/2005	376.819	133.294	103.464
30/09/2005	387.902	137.143	105.761
31/10/2005	391.737	138.493	106.442
01/12/2005	395.765	139.820	107.133
10/01/2006	402.079	141.853	108.458
01/02/2006	404.855	142.740	109.094
28/02/2006	409.224	144.130	110.014
03/04/2006	415.054	145.968	111.279
02/05/2006	418.662	147.133	112.011
01/06/2006	422.426	148.375	112.747
30/06/2006	428.499	150.538	114.259
05/10/2006	443.141	155.503	118.425
12/01/2007	457.326	160.032	121.738
01/02/2007	459.521	160.737	122.385
23/02/2007	463.570	162.089	123.663
30/03/2007	468.929	163.760	124.979

Taula 17 Exemple selecció dates per estimar el consum elèctric període funcionament caldera

Any	Consum d' energia activa kWh
2005	254.320
2006	450.440
2007	475.320
2008	369.550
2009	352.330
2010	319.190
2011	350.950

Taula 18 Energia elèctrica activa consumida estimada al període de funcionament caldera.



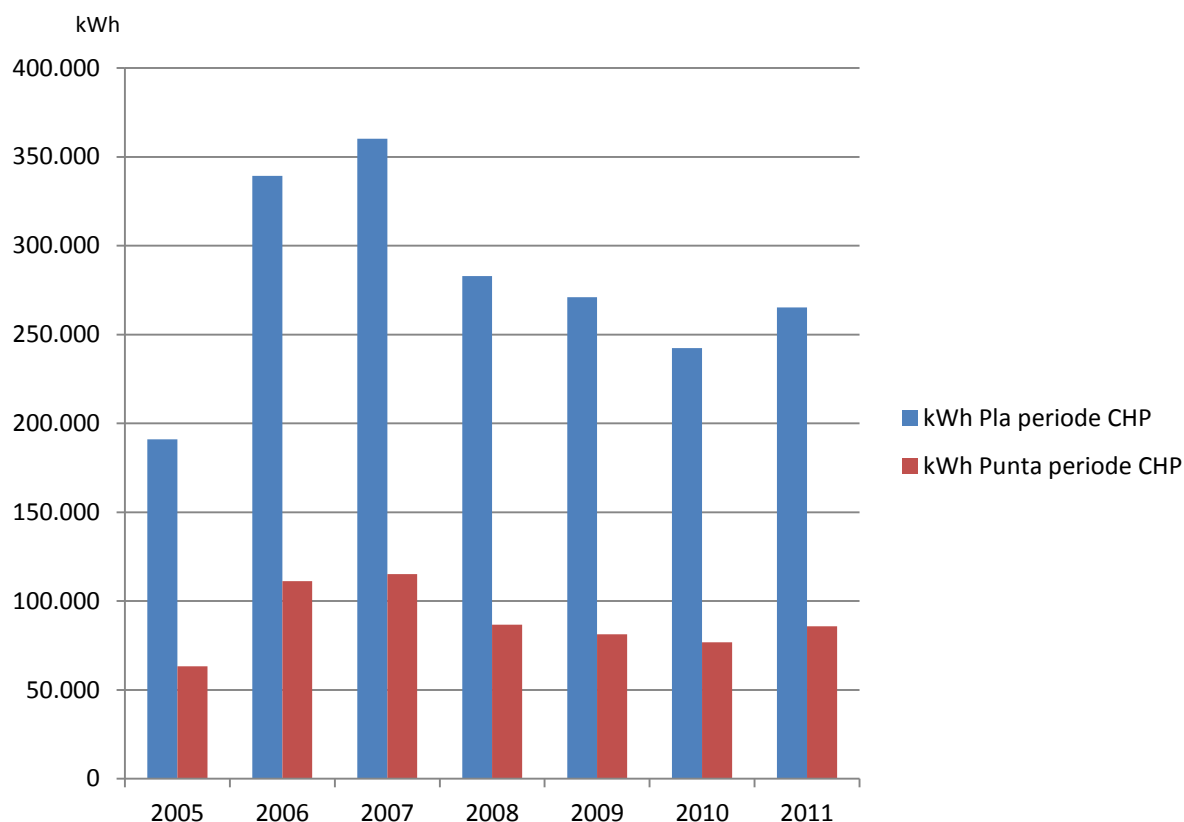
Gràfic 9 Estimació energia elèctrica activa consumida, període de funcionament de la caldera.

6.2.1.2 Energia elèctrica consumida Red durant el període

Es mostra a la taula de forma ordenada la energia anual consumida de la Red elèctrica durant el període de funcionament de la caldera amb P1 i P2.

Període	P1 Energia punta kWh	P2 Energia pla kWh
2005	63330	190990
2006	111130	339210
2007	115200	360120
2008	86700	282850
2009	81360	270970
2010	76790	242400
2011	85730	265222

Taula 19 Consum d' energia elèctrica de la Red període de funcionament de la caldera



Gràfic 10 Energia consumida de la Red durant període funcionament caldera.

6.5 Consum tipus anual d'energia elèctrica consumida període de funcionament caldera.

Mitjana anual del consum d'energia elèctrica amb període de facturació de Punta durant les hores de funcionament de la caldera.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{63330+111130+115200+86700+81360+76790+85730}{7} = 620247 \text{ kWh}$$

Mitjana anual del consum d' energia elèctrica durant període pla de funcionament caldera durant les hores de funcionament de la caldera.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{190990+339210+360120+282850+270970+242400+265222}{7} = 278823,14 \text{ kWh}$$

Energia elèctrica total tipus consumida durant el període de funcionament de la caldera.

$$E = 620247 + 278823,14 = 899070,13 \text{ kWh}$$

6.6 Càlcul de l' estalvi econòmic de potència contractada a la companyia

Aquest càlcul pretén reflexa l' estalvi econòmic que es produeix per el fet de deixar de contractar la demanda de potència a la companyia.

FAC. POTÈNCIA PER PERÍODE

El cost de la potència que podem deduir dependrà de la potència de l' equip escollit.

El preu de facturació de l'energia coincidirà amb P2.

$$P1: 24,493015 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$$

$$P2: 15,104184 \frac{\text{€}}{\text{kW}} \text{ que fa referència a 12mesos} = \text{un any}$$

$$P2: \frac{15,104184 \text{ €/kW}}{365 \text{ dies}} = 0,041381326 \frac{\text{€}}{\text{kW dia}}$$

Fent el supòsit que treballarà 1687,5 h deduïm amb els diferents equips:

$$\frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{0,041381326 \text{ €}}{\text{kW dia}} 1687,5 \text{ h} = 2,8125 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$$

Remuneració interna en funció de la potència entregada

Model	LN20	LN50	LN70	LN140	LN240	C30	C65
€/kW instal·lat anuals	56,25	147,50	206,50	413	708	88,50	191,75

Taula 20 Cost del la retribució interna per potència instal·lada

7. CRITERIS TÈCNICS PER L' ELECCIÓ DE L' EQUIP

7.1 Tensió de treball.

Un dels criteris per fer la selecció de la potències màxima de l'equip a interconnectar la marca la selecció de el nivell de tensió de la instal·lació generadora. En el cas dels equips que ens ocupen el nivell de tensió de sortida es en BT 400V AC, preparats per estar connectats directament a la xarxa.

La normativa aplicable a aquest tipus d' instal·lacions generadores està regulada per el REBT.

Segons la ITC-BT-40 que fa referència a. Instal·lacions generadores de baixa tensió.

7.2 Factor de potència de l'equip

4.3.4 Control de l' energia reactiva.

Els generadors síncrons han de tenir una capacitat de generació d' energia reactiva suficient per mantenir el factor de potència entre 0,8 i 1' en avanç o en retard. Per poder mantenir estable l' energia reactiva subministrada s' ha d' instal·lar un control de l' excitació que permeti regular-la.

7.3 Potència de les centrals interconnectar en BT

4.3.1 Potències màximes de les centrals interconnectades en baixa tensió.

Amb caràcter general la interconnexió de centrals generadores a les xarxes de baixa tensió de 3x400/230v és admissible quan la suma de les potències nominals dels generadors no excedeixi de 100kVA, ni de la meitat de la capacitat de la sortida del centre de transformació corresponent a la línia de la xarxa de distribució pública a la qual es connecti la central

POTÈNCIA ACTIVA

Suma de les potències actives per cada fase

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{LINEA} \cdot I_{LINEA} \cdot \cos \varphi$$

Equació 13 Potència activa

POTÈNCIA APARENT

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{LINEA} \cdot I_{LINEA}$$

Equació 14 Potència aparent

Amb les condicions més favorables $\cos \varphi = 0,1$ la potència màxima evacuada admissible serà segons l' REBT:

$$P = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 10^3 \text{ VA} \cdot \cos 1$$

$$P_{sortida} = 173,205 \text{ kW}$$

Amb les condicions més desfavorables $\cos \varphi = 0,8$ la potència màxima evacuada admissible serà segons el REBT:

$$P = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 10^3 \text{ VA} \cdot \cos 0,8$$

$$P_{sortida} = 138,564 \text{ kW}$$

$\cos \varphi$ = factor de potència

Amb el cas que ens ocupa amb la nostra instal·lació la potència màxima admissible en cas d'evacuació seria de la meitat de la potència del CT:

Potència del CT= 400kVA

Pmax. d' evacuació segons en BT segons RBT:

$$P_{max.} = 0.5 \cdot 400 \text{ kVA} = 200 \text{ kVA}$$

Equació 15 Potència màxima equip d' evacuació.

8. PROPOSTES DE MILLORA

Es compara les prestacions de cadascuna de les tecnologies escollides per la generació de chp.

8.1 Equips escollit per realitzar la comparativa.

Per realitzar els càlculs del temps de retorn de les instal·lacions es du a terme una estudi comparatiu entre dues tecnologies. Les tecnologies escollides per l' estudi a criteri del projectista són:

- Equips amb motor de combustió interna de gas.
- Equips amb micro de turbina de gas.

Aquesta selecció ve donada tenint en compte que el combustible que es pot emprar per a l' implantació de la planta es el gas natural. Això ha sigut motiu per fer la selecció del combustible de la tecnologia de l' equip a implantar.

Es procedeix a buscar equips que compleixin amb les condicions fixades.

8.2 Equips amb motor de combustió de gas.

Un del equip de CHP de cogeneració escollit amb els que es realitzarem l' estudi comparatiu del temps de retorn, es un mòdul amb motor de combustió interna de la marca LOGANOVA.



Figura 29 Mòduls LOGANOVA

8.2.1 Potències i games del producte LOGANOVA.

Mòdul CHP	Combustible	Nombre de metà	Temperatura de retorn	Consum 1 (kW)	Potència Elèctrica (kW)	Potència Tèrmica (kW)
EN20	Gas Natural	>80	80/60	54+/-5%	19	38+/-5%
EN50	Gas Natural	>80	90/70	148+/-5%	50	80+/-5%
EN70	Gas Natural	>80	90/70	204+/-5%	70	109+/-5%
EN140	Gas Natural	>80	90/70	384+/-5%	140	212+/-5%
EN240	Gas Natural	>80	90/70	669+/-5%	240	374+/-5%

Taula 21 Potències de sortida dels mòduls de cogeneració LOGANOVA

1-Consums segons ISO 3046-1 Valors de sortida continu operant amb paral·lel.

2-Potència amb $\cos\theta = 1$

3-Potencia para gas natural segons la associació DVGW alemanya

8.2.2 Vista interna de un mòdul CHP Loganova

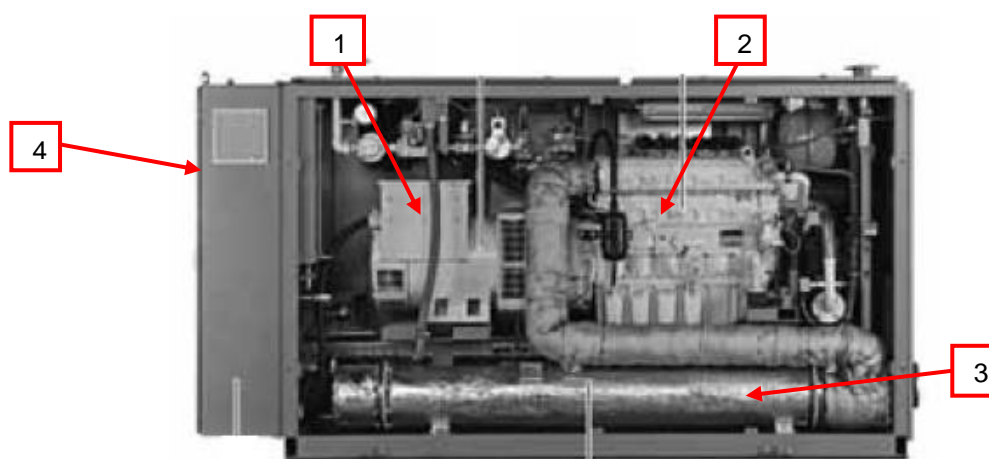


Figura 30 Esquema intern del mòdul CHP LOGANOVA

1- Generador.

2- Motor de gas.

3- Intercanviador de sortida de gasos.

4- Frontal de comandament i control amb pantalla tàctil.

8.2.3 Càlcul rendiment dels equips LOGANOVA segons característiques tècniques.

Per extreure el rendiment elèctric de l'equip s'aplica l' **12 Rendiment elèctric** que es el quocient entre la energia elèctrica de sortida mesurada en borns de l' alternador i el consum de combustible mesurat amb kWh (PCS) d' entrada.

Model	LN20	LN50	LN70	LN140	LN240
η_e	0,35	0,33	0,34	0,36	0,35
η_t	0,70	0,54	0,53	0,55	0,55
Ràtio de calor	2	1,6	1,55	1,51	1,55
η_{global}	1,0	0,87	0,87	0,91	0,91


Taula 22 Rendiment modelat segons característiques tècniques de l' equip

8.3 Equips de cogeneració amb micro turbina de gas.

Els equip de cogeneració amb turbina de gas amb els que es realitzarem l' estudi comparatiu del temps de retorn, són dos mòdul amb de la marca Capstone, les característiques estan facilitades per la companyia Micropower Europe.

8.3.1 Característiques tècniques de l' equips CR 30


CAPSTONE	C30/CR30	
Prestacions elèctriques		Amb compressor intern
Potència neta	30kw	28kw
Tensió	400 a 480V AC	
Tipus	Trifàsic	
Freqüència		
Connectada a la Red	50/60 Hz	
Mode aïllat	10/60Hz	
Corrent màxima de sortida		
Connectada a la Red	46A	
Mode aïllat	54A	
Rendiment elèctric (PCI)	26%	25%

Característiques de la turbina de gas		
Gas natural (PCS)	8,5 a 13,18 kWh/Nm ³	
Pressió d' entrada	3,8-4,1 bar	0,01-1,0 barg
Consum de combustible PCI	115kW	112kW
Emissions		
NOx	<9ppmed	
Caudal de gasos d' escapament	0,31kg/s	
Temperatura de sortida gasos	275 °C	
Dimensions i pes		
Amplada xProfunditatxaltura (mm)	762X1524x1956	
Pes model connexió Red	405kg	
Pes model dual	578kg	
Recuperació de calor	-	
Tipus de mòdul de recuperació	Inoxidable	
Calor recuperat a aigua calenta	74kW	
Rendiment global PCI	62%	
Imatge del mòdul		

Taula 23 Característiques tècniques del mòdul C30 de Capstone Font Micropower Europe

8.3.2 Característiques tècniques de l' equip CR 65

CAPSTONE	C65	
Prestacions elèctriques		Amb compressor interno
Potència neta	65kw	
Tensió	400 a 480V AC	
Tipus	Trifàsic	
Freqüència		
Connectada a la Red	50/60 Hz	
Mode aïllat	10/60Hz	
Corrent màxima de sortida		
Connectada a la Red	100A	
Mode aïllat	127A	
Rendiment elèctric (PCI)	29%	
Característiques de la turbina de gas		
Gas natural (PCS)	8,5 a 13,18 kWh/Nm ³	
Pressió d' entrada	5,2 barg	
Consum de combustible PCI	224kW	
Emissions		
NOx	<9ppmed	
Caudal de gasos d' escapament	0,31kg/s	
Temperatura de sortida gasos	275 °C	
Dimensions i pes		
Amplada x profunditat x altura (mm)	762X1524x1956	
Pes model connexió Red	405kg	
Pes model dual	578kg	
Recuperació de calor		

Tipus de mòdul de recuperació	Coure
Calor recuperat a aigua calenta	120kw
Rendiment global PCI	82%
Imatge del mòdul	

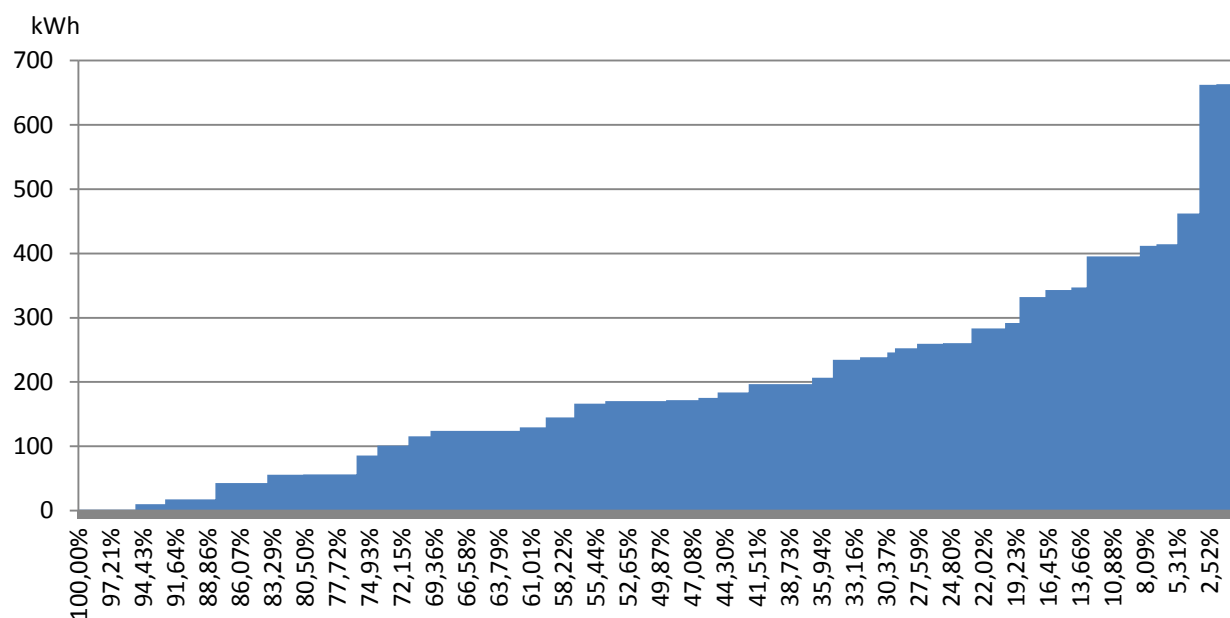
Taula 24 Característiques tècniques del mòdul de cogeneració Capstone C65

8.4 Nivell de cobertura de la demanda tèrmica de cada equip

Una de les condicions que marca la selecció de la potència de l'equip es la cobertura de la potència tèrmica adient, que es el nivell de cobertura que aquest ofereix treballant a potència elèctrica constant en condicions nominals.

Mitjançant la representació gràfica de l'eix x del gràfic de freqüència acumulada, ordenat el percentatge de forma decreixent, de tal forma que com més pròxim a l'origen sigui la correspondència del percentatge segons la potència, menor serà la energia tèrmica excedent cogenerada al llarg de l'any.

Per extreure el nivell de cobertura de cada equip, es procedeix posicionant a l'eix de les y la potència tèrmica de l'equip i de forma gràfica es fa la correspondència amb l'eix de les x extraient el percentatge anual de cobertura.



Gràfic 11 Percentatge anual de cobertura de l'equip segons la potència escollida

Equip	Tecnologia	Potència tèrmica recuperable kW_t	Percentatge de cobertura tèrmica
LOGANOVA EN20	Motor	38+/-5%	87%
LOGANOVA EN50	Motor	80+/-5%	76%
LOGANOVA EN70	Motor	109+/-5%	72%
LOGANOVA EN140	Motor	212+/-5%	37%
LOGANOVA EN240	Motor	374+/-5%	13%
Capstone C30	Turbina	74	88%
Capstone C65	Turbina	120	68%

Taula 25 Percentatge de cobertura de cada tecnologia

B) ESTUDI ECONOMIC

9. ESTUDI ECONÒMIC

En aquest punt es presenta el pressupost dels preus dels equips i condicions de l' oferta feta per les companyies distribuïdores dels equips.

9.1 Cost dels equips de cogeneració LOGANOVA amb motor de combustió de gas.

Referència de l' equip	Descripció	Preu
7747221030	LOGANOVA EN 20	52603 €
7747213708	LOGANOVA EN 50	95.760 €
7747213586	LOGANOVA EN 70	108037 €
7747213587	LOGANOVA EN 140	165.738 €
7747213588	LOGANOVA EN 240	251150 €

Taula 26 Taula de la llistat de preus LOGANOVA Iberia 2011

9.1.1 Manteniment equips LOGANOVA amb motor de combustió de gas.

El cost de manteniment dels equips Loganova s' ha estima a criteri del projectista d' una forma linealment en els equips de potència superior a 20 kW elèctrics i puntualment per l'equip de 20kW.

El preu del manteniment es d' un cost aproximat creient que sempre pot anar a l' alça segons taula:

Equip	% sobre el cos de l' equip	Cost manteniment
LOGANOVA EN 20	15%	5800€
LOGANOVA EN 50	10%	9573,6€
LOGANOVA EN 70	10%	10877,6
LOGANOVA EN 140	10%	16573,8€
LOGANOVA EN 240	10	25115€

Taula 27 Manteniment motors Loganova

9.3 Cost dels equips de cogeneració amb turbina de gas CAPSTONE

Descripció	Preu
Capstone C30 amb Recuperador de calor 65 kWt	60.000 €
Manteniment total	4.900 €
Capstone C65 amb recuperador propi 120KW	85000 €
Manteniment total	6500€

Taula 28 Llistat dels equips i serveis Capstone 2012

- **Capstone C30:** El preu inclou taxes i transport i un kit de combustible i un mòdem GSM per a comunicacions així com la PEM i l'entrega de la documentació completa de la màquina.
- **Capstone C65:** Aquesta porta un recuperador de calor al propi al Package de 120 kW i inclou el kit de combustible, mòdem, i documentació. Els equips Capstone són molt modulars i de fàcil instal·lació, quasi arribant a un Plug&play en el cas de la C65 i CHP.

Aquest manteniment inclou:

- Correctiu, preventiu i overhaul a les 40.000 h (o sigui tot el manteniment) i no cal afegir-hi ni lubricants (les turbines funcionen amb coixinets lubricats per aire, flotants).

El manteniment es realitza cada 8.000 h i cada 20.000 h, i el temps de realització fins i tot amb l'overhaul és de 2 a 4 hores.

9.4 Preu de la potència instal·lada segons equip

Preu del kW instal·lat (p)

El preu de la potència instal·lada és P que resulta ser:

$$P = \frac{C}{p}$$

Equació 16 Cost de la potència instal·lada dependent de l' equip

C = Cost total de l'equip en €

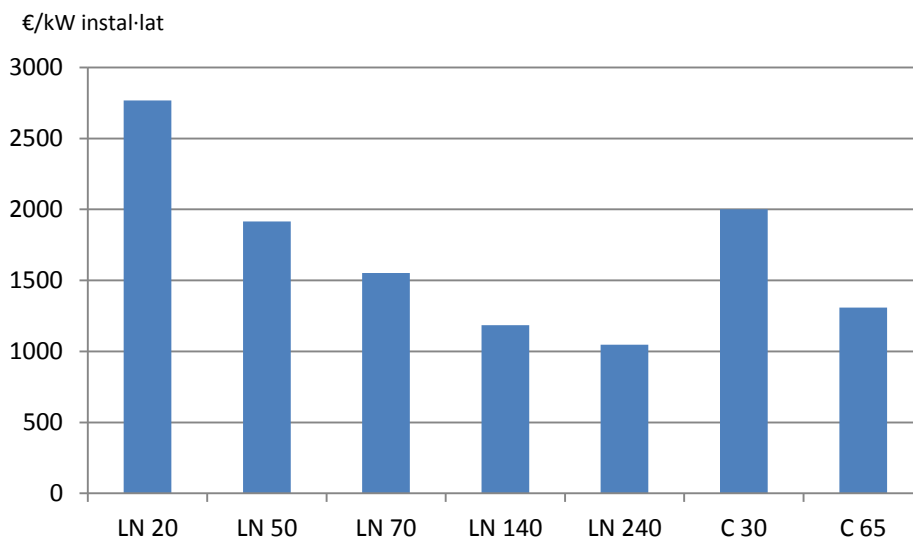
p = Potència de l' equip escollit en kW

P = Preu de kW instal·lat en (€/kW)

Amb aquesta representació es reflexa la variabilitat del preu de la potència instal·lada dependent del model de l'equip de cogeneració i tecnologia.

Model	LN20	LN50	LN70	LN140	LN240	C30	C65
€/kW instal·lat	2768,57895	1914,72	1553,4	1183,84	1046,45	2000	1307,69

Taula 29 Preu €/kW instal·lat dels diferents equips.



Gràfic 12 Preu de la potència instal·lada dels diferents equips

9.5 Cost del combustible per kWh_e produït

El cost de combustible per kWh_e produït, es el cost per unitat d' energia elèctrica tenint en compte el rendiment elèctric estimat de cada equip de cogeneració.

$$c = \frac{1\text{kWh}_t \cdot (\text{PCS})}{0,904 \text{ kW}_t \cdot (\text{PCI})} \cdot \frac{1\text{kWh}_t (\text{PCI})}{\eta_{e\text{equip}}} \cdot \text{Pc} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}_t \cdot (\text{PCS})} \right)$$

Equació 17 Càlcul del cost del kWh_e produït amb cogeneració

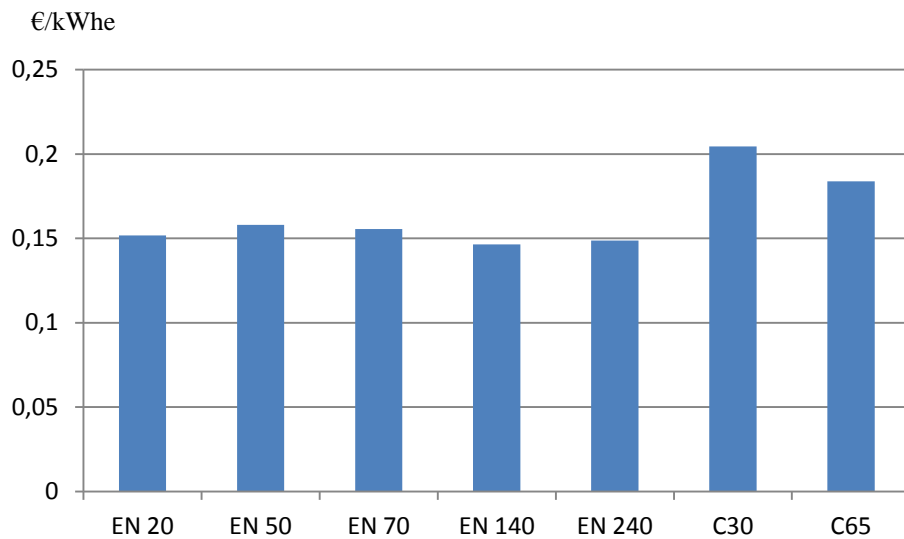
c = Cost del combustible $c \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}_t} \right)$.

$\eta_{e\text{equip}}$ = Es el rendiment elèctric estimat de l'equip.

Pc = Es el preu del combustible del gas natural per kWh_t (PCS)

Model	LN20	LN50	LN70	LN140	LN240	C30	C65
€/kW generat	0,15168	0,15798	0,1555403	0,14639	0,14877	0,20459	0,17392

Taula 30 Cost en € del kWh produït segons equip



Gràfic 13 Gràfica del preu del kWh produït amb diferents equips

9.6 Cost de l' energia produïda per la caldera kW_t

$$C = \frac{1\text{kWh}_t \cdot (\text{PCS})}{0,904 \text{ kW}_t \cdot (\text{PCI})} \cdot \frac{1\text{kWh}_t (\text{PCI})}{\eta_t \text{ caldera}} \cdot \text{Pc} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}_t \cdot (\text{PCS})} \right)$$

Equació 18 Cost kW_t produït per la caldera

$$C = \frac{1\text{kWh}_t \cdot (\text{PCS})}{0,904 \text{ kW}_t \cdot (\text{PCI})} \cdot \frac{1\text{kWh}_t (\text{PCI})}{0,92} \cdot 0,048248 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}_t \cdot (\text{PCS})} \right)$$

$$C = 0,058012697 (\text{€/kW generat})$$

10. VIABILITA DE L'IMPLANTACIÓ DE L' EQUIP DE COGENERACIO.

Amb aquest punt es qüestionen les diferents modalitats possibles per l' implantació de l'equip de cogeneració.

10.1 Possibilitats de l' implantació de l' equip a l' instal·lació.

Es pot efectuar el càlcul de la viabilitat de l' implantació de les formes següents:

- Exportació total o parcial de l' energia elèctrica cogenerada i auto consumir la energia tèrmica de chp.
- Autoconsum l' energia elèctrica cogenerada i la energia tèrmica de chp.

Per comparar els costos del sistema convencional amb els equivalents amb cogeneració, s' ha de tenir en compte que la cogeneració implica una despesa extra amb la inversió dels equips i consum d' energia primària, que tindrà de ser amortitzada. Amb l' estalvi obtingut s'obtindrà un temps de retorn d'aquest sobre inversió, que es una de les dades més significatives per avaluar la viabilitat de l' implantació de la cogeneració amb un sistema determinat.

10.1.1 Acolliment a juts per projecte d' inversió en estalvi eficiència en edificis

Una forma per arribar a cobrir les expectatives per l' implantació de la planta amb les dues modalitats contemplades, es acollir-se a un programa d' energia per a l' estalvi i eficiència energètica.

L'objectiu d'aquests programa d'ajudes és incentivar la realització de projectes d'estalvi i eficiència. Es tracta d'un ajut a fons perdut en concurrència competitiva i amb un pressupost estatal de 120 milions d'euros. Actualment no hi ha cap programa d' ajudes vigent per a l' inscripció de l' obertura d' una planta de cogeneració amb el sector serveis.

10.1.2 Elecció de la modalitat de producció

La modalitat que s'imposa per estimar la viabilitat de l' inversió es la producció energètica per a l' auto consum de la totalitat de l' energia elèctrica i tèrmica cogenerada.

La elecció forçada d' aquesta modalitat la marca el fet de la supressió de les bestretes segons Real decret llei 1/2012, de 27 de gener, *Aquest RD fa inviable l' implantació d'una nova planta de cogeneració d' electricitat amb la modalitat d' exportació d' energia elèctrica.* Ja que aquesta a de competència amb els preus de PULL del mercat. Aquest preu de compra venda d' electricitat la fixa el mercat de la producció a gran escala. Cosa que fa que fa que la remuneració per l' electricitat cogenerada es pràcticament igual al preu de cost de compra del combustible. Això fa molt improbable un temps de retorn viable a curt termini encara que la instal·lació aporti beneficis no només econòmics.

10.2 Càlcul del retorn (Pay-Bag)

A continuació es mostra el càlcul del retorn de la inversió amb la modalitat d' autoconsum de l' energia elèctrica amb els diferents equips pressupostats amb motor de combustió de gas LOGANOVA i turbina Capstone.

10.2.1 LOGANOVA EN20

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L' EQUIP		
Potència elèctrica equip CHP	19	kW e
Calor recuperat amb aigua calenta	38	kW t
Consum combustible equip (PCI)	54	kWh t (PCI)
Consum combustible equip (PCS)	54,5184	kWh t (PCS)
COSTOS EQUIP		
Preu de l'equip	52603	€
Percentatge de manteniment sobre preu de l' equip	15	%
Cost del manteniment	7890,45	€
Obra civil	5800	€
Inversió inicial (i)	66.293	€
RETRIBUCIONS		
Impost elèctric	1,05	€
Cost electricitat facturada	0,120567	€/kWh
Cost potència facturada	1,258682	€/kW mes
Retribució interna per potència instal·lada de l'equip	56,05068281	€ any
COSTOS ENERGIA PRIMARIA		
Preu d'adquisició del gas	0,048248	€/kWh (PCS)
OPERACIÓ CALDERA		
Energia entregada històric per la caldera	2813067,406	kWh t (PCI)
Potència mitjana funcionament caldera	232,4849095	kW t/any
Volum de gas anual tipus consumit per la caldera	33803,71429	Nm³
Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera	392318,2849	kWh

		t/any(PCI)
Hores tipus de funcionament de la caldera	1687,5	h/any
Preu de funcionament tipus anual caldera (Patc)	20745,71558	€
OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT		
Energia generada per la caldera anual	328193,2849	kWh
Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport	15834,66961	€
COSTOS D'OPERACIÓ CHP		
Pic de demanda caldera	328193,2849	kWh t
Cost pics caldera de demanda (Ccpic)	15834,66961	€
Energia tèrmica cogenerada	64125	kWh t
Hores de funcionament del mòdul CHP	1687,5	h
Equivalent amb mesos de funcionament	2,34375	Mesos
OPERACIÓ MÒDU CHP		
Combustible consumit CHP anual	91999,8	kWh (PCS)
Energia tèrmica generada CHP anualment	64125	kWh t
Energia elèctrica cogenerada CHP anualment	32062,5	KWh e
Costos de gas CHP anuals (Cchp)	4396,599	€
Guanys venda d'electricitat a la companyia (Cex)	4063,319888	€
Preu de compra de l'electricitat	0,126731225	€/kW
COST D'OPERACIÓ CALDERA+CHP		
Cost del combustible Caldera+CHP	20231,26861	€
Retribucions	4119,370571	€
Cost cogeneració	16111,89804	€
Temps de retorn		
Estalvi anual (Aea)	4633,817541	€
Cost sistema cogeneració	420137,0342	€
Temps de retorn (i/Aea)	14,30644375	Anys

[1] Taula càlculs del retorn en anys implantant el sistema amb motor gas LOGANOVA EN 20

10.2.2 LOGANOVA EN50

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L' EQUIP		
Potència elèctrica equip CHP	50	kW e
Calor recuperat amb aigua calenta	80	kW t
Consum combustible equip (PCI)	148	kWh t (PCI)
Consum combustible equip (PCS)	149,4208	kWh t (PCS)
COSTOS EQUIP		
Preu de l'equip	95736	€
Percentatge de manteniment sobre preu de l'equip	10	%
Cost del manteniment	9573,6	€
Obra civil	5800	€
Inversió inicial (i)	111.110	€
RETRIBUCIONS		
Impost elèctric	1,05	€
Cost electricitat facturada	0,120567	€/kWh
Cost potència facturada	1,258682	€/kW mes
Retribució interna per potència instal·lada de l'equip	147,5017969	€ any
COSTOS ENERGIA PRIMARIA		
Preu d'adquisició del gas	0,048248	€/kWh (PCS)
OPERACIÓ CALDERA		
Energia entregada històric per la caldera	2813067,406	kWh t (PCI)
Potència mitjana funcionament caldera	232,4849095	kW t/any
Volum de gas anual tipus consumit per la caldera	33803,71429	Nm³
Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera	392318,2849	kWh t/any(PCI)
Hores tipus de funcionament de la caldera	1687,5	h/any
Preu de funcionament tipus anual caldera (Patc)	20745,71558	€
OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT		
Energia generada per la caldera anual	257318,2849	kWh

Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport	12415,09261	€
COSTOS D'OPERACIÓ CHP		
Pic de demanda caldera	257318,2849	kWh t
Cost pics demanda caldera de (Cpic)	12415,09261	€
Energia tèrmica cogenerada	135000	kWh t
Hores de funcionament del mòdul CHP	1687,5	h
Equivalent amb mesos de funcionament	2,34375	Mesos
OPERACIÓ MÒDU CHP		
Combustible consumit CHP anual	252147,6	kWh (PCS)
Energia tèrmica generada CHP anualment	135000	kWh t
Energia elèctrica cogenerada CHP anualment	84375	KWh e
Costos de gas CHP anuals (Cchp)	12049,938	€
Guanys venda d'electricitat a la companyia (Cex)	10692,94707	€
Preu de compra de l'electricitat	0,126731225	€/kW
COST D'OPERACIÓ CALDERA+CHP		
Cost del combustible Caldera+CHP	24465,03061	€
Retribucions	10840,44887	€
Cost cogeneració	13624,58174	€
TEMPS DE RETORN		
Estalvi anual (Aea)	7121,133841	€
Cost sistema cogeneració	509318,3831	€
Temps de retorn (i/Aea)	15,6027962	Anys

[3] Taula càlculs del retorn en anys implantant el sistema amb motor gas LOGANOVA EN 50

10.2.3 LOGANOVA EN 70

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L'EQUIP		
Potència elèctrica equip CHP	70	kW e
Calor recuperat amb aigua calenta	109	kW t
Consum combustible equip (PCI)	204	kWh t (PCI)
Consum combustible equip (PCS)	205,9584	kWh t (PCS)
COSTOS EQUIP		
Preu de l'equip	108738	€
Percentatge de manteniment sobre preu de l'equip	10	%
Cost del manteniment	10873,8	€
Obra civil	5800	€
Inversió inicial (i)	125.412	€
RETRIBUCIONS		
Impost elèctric	1,05	€
Cost electricitat facturada	0,120567	€/kWh
Cost potència facturada	1,258682	€/kWmes
Retribució interna per potència instal·lada de l'equip	206,5025156	€ any
COSTOS ENERGIA PRIMARIA		
Preu d'adquisició del gas	0,048248	€/kWh (PCS)
OPERACIÓ CALDERA		
Energia entregada històric per la caldera	2813067,406	kWh t (PCI)
Potència mitjana funcionament caldera	232,4849095	kW t/any
Volum de gas anual tipus consumit per la caldera	33803,71429	Nm³
Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera	392318,2849	kWh t/any(PCI)
Hores tipus de funcionament de la caldera	1687,5	h/any
Preu de funcionament tipus anual caldera (Patc)	20745,71558	€
OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT		
Energia generada per la caldera anual	208380,7849	kWh
Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport	10053,95611	€
COSTOS D'OPERACIÓ CHP		
Pic de demanda caldera	208380,7849	kWh t
Cost pics caldera de demanda (Cpic)	10053,95611	€
Energia tèrmica cogenerada	183937,5	kWh t

Hores de funcionament del mòdul CHP	1687,5	h
Equivalent amb mesos de funcionament	2,34375	Mesos
OPERACIÓ MÒDU CHP		
Combustible consumit CHP anual	347554,8	kWh (PCS)
Energia tèrmica generada CHP anualment	183937,5	kWh t
Energia elèctrica cogenerada CHP anualment	118125	KWh e
Costos de gas CHP anuals (Cchp)	16609,374	€
Guanys venda d'electricitat a la companyia (Cex)	14970,1259	€
Preu de compra de l'electricitat	0,126731225	€/kW
COST D'OPERACIÓ CALDERA+CHP		
Cost del combustible Caldera+CHP	26663,33011	€
Retribucions	15176,62842	€
Cost cogeneració	11486,70169	€
Temps de retorn		
Estalvi anual (Aea)	9259,013889	€
Cost sistema cogeneració	555729,0823	€
Temps de retorn (i/Aea)	13,54483334	Anys

[4] Taula càlculs del retorn en anys implantant el sistema amb motor gas LOGANOVA EN 70

10.2.4 LOGANOVA EN 140

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L' EQUIP		
Potència elèctrica equip CHP	140	kW e
Calor recuperat amb aigua calenta	212	kW t
Consum combustible equip (PCI)	384	kWh t (PCI)
Consum combustible equip (PCS)	387,6864	kWh t (PCS)
COSTOS EQUIP		
Preu de l'equip	165738	€
Percentatge de manteniment sobre preu de l' equip	10	%
Cost del manteniment	16573,8	€
Obra civil	5800	€
Inversió inicial (i)	188.112	€
RETRIBUCIONS		
Impost elèctric	1,05	€
Cost electricitat facturada	0,120567	€/kWh
Cost potència facturada	1,258682	€/kWmes
Retribució interna per potència instal·lada de l'equip	413,0050313	€ any
COSTOS ENERGIA PRIMARIA		
Preu d'adquisició del gas	0,048248	€/kWh (PCS)
OPERACIÓ CALDERA		
Energia entregada històric per la caldera	2813067,406	kWh t (PCI)
Potència mitjana funcionament caldera	232,4849095	kW t/any
Volum de gas anual tipus consumit per la caldera	33803,71429	Nm³
Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera	392318,2849	kWh t/any(PCI)
Hores tipus de funcionament de la caldera	1687,5	h/any
Preu de funcionament tipus anual caldera (Patc)	20745,71558	€
OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT		
Energia generada per la caldera anual	34568,28487	kWh
Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport	1667,850608	€
COSTOS D'OPERACIÓ CHP		
Pic de demanda caldera	34568,28487	kWh t

Cost pics caldera de demanda (Cpic)	1667,850608	€
Energia tèrmica cogenerada	357750	kWh t
Hores de funcionament del mòdul CHP	1687,5	h
Equivalent amb mesos de funcionament	2,34375	mesos
OPERACIÓ MÒDU CHP		
Combustible consumit CHP anual	654220,8	kWh (PCS)
Energia tèrmica generada CHP anualment	357750	kWh t
Energia elèctrica cogenerada CHP anualment	236250	KWh e
Costos de gas CHP anuals (Cchp)	31264,704	€
Guany venda d' electricitat a la companyia (Cex)	29940,25181	€
Preu de compra de l'electricitat	0,126731225	€/kW
COST D'OPERACIÓ CALDERA+CHP		
Cost del combustible Caldera+CHP	32932,55461	€
Retribucions	30353,25684	€
Cost cogeneració	2579,297772	€
Temps de retorn		
Estalvi anual (Aea)	18166,41781	€
Cost del sistema cogeneració	688376,0798	€
Temps de retorn (i/Aea)	10,35491983	anys

[5] Taula càlculs del retorn en anys implantant el sistema amb motor gas LOGANOVA EN 140

10.2.5 LOGANOVA EN 240

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L'EQUIP		
Potència elèctrica equip CHP	240	kW e
Calor recuperat amb aigua calenta	374	kW t
Consum combustible equip (PCI)	669	kWh t (PCI)
Consum combustible equip (PCS)	675,4224	kWh t (PCS)
COSTOS EQUIP		
Preu de l'equip	251150	€
Percentatge de manteniment sobre preu de l'equip	10	%
Cost del manteniment	25115	€
Obra civil	5800	€
Inversió inicial (i)	282.065	€
RETRIBUCIONS		
Impost elèctric	1,05	€
Cost electricitat facturada	0,120567	€/kWh
Cost potència facturada	1,258682	€/kWmes
Retribució interna per potència instal·lada de l'equip	708,008625	€ any
COSTOS ENERGIA PRIMARIA		
Preu d'adquisició del gas	0,048248	€/kWh (PCS)
OPERACIÓ CALDERA		
Energia entregada històric per la caldera	2813067,406	kWh t (PCI)
Potència mitjana funcionament caldera	232,4849095	kW t/any
Volum de gas anual tipus consumit per la caldera	33803,71429	Nm³
Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera	392318,2849	kWh t/any(PCI)
Hores tipus de funcionament de la caldera	1687,5	h/any
Preu de funcionament tipus anual caldera (Patc)	20745,71558	€
OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT		
Energia generada per la caldera anual	-238806,7151	kWh
Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport	-11521,94639	€
COSTOS D'OPERACIÓ CHP		
Pic de demanda caldera	238806,7151	kWh t

Cost pics caldera de demanda (Ccpic)	11521,94639	€
Energia tèrmica cogenerada	631125	kWh t
Hores de funcionament del mòdul CHP	1687,5	h
Equivalent amb mesos de funcionament	2,34375	mesos
OPERACIÓ MÒDU CHP		
Combustible consumit CHP anual	1139775,3	kWh (PCS)
Energia tèrmica generada CHP anualment	631125	kWh t
Energia elèctrica cogenerada CHP anualment	405000	KWh e
Costos de gas CHP anuals (Cchp)	54468,9765	€
Guany venda d'electricitat a la companyia (Cex)	51326,14595	€
Preu de compra de l'electricitat	0,126731225	€/kW
COST D'OPERACIÓ CALDERA+CHP		
Cost del combustible Caldera+CHP	42947,03011	€
Retribucions	52034,15458	€
Cost cogeneració	-9087,124469	€
Temps de retorn		
Estalvi anual (Aea)	29832,84005	€
Cost sistema cogeneració	900260,5762	€
Temps de retorn (i/Aea)	9,454849071	anys

[5] Taula càlculs del retorn en anys implantant el sistema amb motor gas LOGANOVA EN 140

10.2.5 Càlcul del retorn del sistema amb turbina Capstone de gas.

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L'EQUIP		
Potència elèctrica equip CHP	30	kW e
Calor recuperat amb aigua calenta	74	kW t
Consum combustible equip (PCI)	115	kWh t (PCI)
Consum combustible equip (PCS)	116,104	kWh t (PCS)
COSTOS EQUIP		
Preu de l'equip	60000	€
Cost del manteniment	4900	€
Obra civil	5800	€
Inversió inicial (i)	70.700	€
RETRIBUCIONS		
Impost elèctric	1,05	€
Cost electricitat facturada	0,120567	€/kWh
Cost potència facturada	1,258682	€/kW mes
Retribució interna per potència instal·lada de l'equip	88,50107813	€ any
COSTOS ENERGIA PRIMARIA		
Preu d'adquisició del gas	0,048248	€/kWh (PCS)
OPERACIÓ CALDERA		
Energia entregada històric per la caldera	2813067,406	kWh t (PCI)
Potència mitjana funcionament caldera	232,4849095	kW t/any
Volum de gas anual tipus consumit per la caldera	33803,71429	Nm³
Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera	392318,2849	kWh t/any(PCI)
Hores tipus de funcionament de la caldera	1687,5	h/any
Preu de funcionament tipus anual caldera (Patc)	20745,71558	€
OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT		
Energia generada per la caldera anual	267443,2849	kWh
Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport	12903,60361	€
COSTOS D'OPERACIÓ CHP		
Pic de demanda caldera	267443,2849	kWh t
Cost pics caldera de demanda (Ccpic)	12903,60361	€
Energia tèrmica cogenerada	124875	kWh t

Hores de funcionament del mòdul CHP	1687,5	h
Equivalent amb mesos de funcionament	2,34375	mesos
OPERACIÓ MÒDU CHP		
Combustible consumit CHP anual	195925,5	kWh (PCS)
Energia tèrmica generada CHP anualment	124875	kWh t
Energia elèctrica cogenerada CHP anualment	50625	KWh e
Costos de gas CHP anuals (Cchp)	9363,1275	€
Guanys venda d'electricitat a la companyia (Cex)	6415,768244	€
Preu de compra de l'electricitat	0,126731225	€/kW
COST D' OPERACIÓ CALDERA+CHP		
Cost del combustible Caldera+CHP	22266,73111	€
Retribucions	6504,269322	€
Cost cogeneració	15762,46179	€
Temps de retorn		
Estalvi anual (Aea)	4983,253792	€
Cost sistema cogeneració	463280,2838	€
Temps de retorn (i/Aea)	14,18751742	anys

[4] Taula càlculs del retorn en anys implantant el sistema amb una turbina Capstone C30

10.2.5 Capstone C65

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L' EQUIP		
Potència elèctrica equip CHP	65	kW e
Calor recuperat amb aigua calenta	120	kW t
Consum combustible equip (PCI)	224	kWh t (PCI)
Consum combustible equip (PCS)	226,1504	kWh t (PCS)
COSTOS EQUIP		
Preu de l'equip	85000	€
Cost del manteniment	6500	€
Obra civil	5800	€
Inversió inicial (i)	97.300	€
RETRIBUCIONS		
Impost elèctric	1,05	€
Cost electricitat facturada	0,120567	€/kWh
Cost potència facturada	1,258682	€/kWmes
Retribució interna per potència instal·lada de l'equip	191,7523359	€ any
COSTOS ENERGIA PRIMARIA		
Preu d'adquisició del gas	0,048248	€/kWh (PCS)
OPERACIÓ CALDERA		
Energia entregada històric per la caldera	2813067,406	kWh t (PCI)
Potència mitjana funcionament caldera	232,4849095	kW t/any
Volum de gas anual tipus consumit per la caldera	33803,71429	Nm³
Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera	392318,2849	kWh t/any(PCI)
Hores tipus de funcionament de la caldera	1687,5	h/any
Preu de funcionament tipus anual caldera (Patc)	20745,71558	€
OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT		
Energia generada per la caldera anual	189818,2849	kWh
Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport	9158,352608	€
COSTOS D'OPERACIÓ CHP		
Pic de demanda caldera	189818,2849	kWh t
Cost pics caldera de demanda (Ccpic)	9158,352608	€
Energia tèrmica cogenerada	202500	kWh t

Hores de funcionament del mòdul CHP	1687,5	h
Equivalent amb mesos de funcionament	2,34375	mesos
OPERACIÓ MÒDU CHP		
Combustible consumit CHP anual	381628,8	kWh (PCS)
Energia tèrmica generada CHP anualment	202500	kWh t
Energia elèctrica cogenerada CHP anualment	109687,5	KWh e
Costos de gas CHP anuals (Cchp)	18237,744	€
Guanys venda d'electricitat a la companyia (Cex)	13900,8312	€
Preu de compra de l'electricitat	0,126731225	€/kW
COST D'OPERACIÓ CALDERA+CHP		
Cost del combustible Caldera+CHP	27396,09661	€
Retribucions	14092,58353	€
Cost cogeneració	13303,51308	€
Temps de retorn		
Estalvi anual (Aea)	7442,202502	€
Cost sistema cogeneració	571255,3325	€
Temps de retorn (i/Aea)	13,0740866	anys

[5] Taula càlculs del retorn en anys implantant el sistema amb una turbina Capstone C65

11. OPERACIONS TAULA EXCEL

CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DE L' EQUIP

Potència elèctrica equip CHP : Es la potència elèctrica de l' equip, treballant en condicions nominals de funcionament.

Calor de cogeneració recuperat: Es el valor de l'energia tèrmica recuperada per l'equip de cogeneració treballant en condicions nominals amb d'aigua calenta.

Consum de combustible equip (PCS): Es el valor facilitat per el fabricant del consum de combustible de l'equip mesurat en (PCS)

Consum de combustible turbina (PCI): Es el valor corregit del consum de combustible PCS a PCI mitjançant un factor de conversió de qualitat del gas escollit per el dissenyador.

Preu de l'equip: Es e preu de l' equipin incloent taxes i transports.

Manteniment : Es el cost del manteniment necessari durant la vida útil estipulat segons tipus d' equip.

Obra civil: Es el cost de les instal·lacions i aparells necessàries per la posada en marxa i funcionament de l'equip.

Inversió inicial (i): És el sumatori dels costos de: Preu de l'equip, manteniment i obra civil menys les retribucions

Peu de l'equip: És el preu de venda de l'equip ofertat per el representat de l'equip a la península.

Manteniment motor de combustió: S' ha decidit a criteri del dissenyador, S' ha estimat un percentatge segons l' equip. Es te en compte que el manteniment el pot realitzar el personal de manteniment del centre.

Manteniment equip amb micro turbina: El cost del manteniment de la micro turbina ha està fixat per l' empresa subministrador de l'equip amb preu tancat de per vida. El preu d' aquest equip es més petit que el d' altres tecnologies ja que no compta amb tantes part mòbils que necessitin oli de lubricació i per tant un canvi d' oli tant escrupolós.

Obra civil : L' obra civil inclou el projecte de l' instal·lació i l' aparells necessària per posada en marxa i funcionament de l' equip.

COSTOS ENERGIA PRIMARIA

Preu d' adquisició del gas : És el preu de l' energia fixat per la companyia subministradora segons tarifa d' accés a xarxa 3.1A. Només es comptabilitza el preu de l' energia ja que la potència instal·lada es la mateixa independentment de l' instal·lació de l' equip de cogeneració.

OPERACIÓ CALDERA

Energia entregada històric per la caldera: Es el sumatori de l' energia entregada per la caldera des de l' històric de funcionament de la caldera amb **kWh t (PCI)**

Potència mitjana tipus funcionament caldera: Es el de la potència mitjana al llarg de l' històric de funcionament. Es el resultat del quocient entre l' energia entregada per la caldera de l'històric entre el nombre d' hores de funcionament del període 12100h el resultant : **kW t/any**

Volum de gas anual tipus consumit per la caldera: Es el volum de gas mitja anual consumit, resultat de fer el sumatori de els volums de l'històric i dividir per el nombre d' anys de l'històric amb les unitats corresponents **Nm³/any**

Energia tèrmica anual tipus entregada per la caldera: Es el producte de la potència mitjana tipus de funcionament i les hores tipus de funcionament de la caldera.

Hores tipus de funcionament de la caldera: Es el quocient del sumatori de les hores de funcionament de l'històric 12100h de funcionament entre el nombre d' anys del que s' ha fet el sumatori.

Preu de funcionament tipus anual caldera (Pac): Es el producte de l' energia tipus anual entregada per la caldera (PCI) corregida a (PCS) per el cost unitari en € del combustible en kW(PCS).

OPERACIÓ CALDERA + CHP COM A SOPORT

Energia generada per la caldera anual: Es la diferència entre les energies tèrmiques generades per la caldera anualment i la recuperada per l' equip de cogeneració segons la seva potència.

Cost energia entregada per la caldera amb CHP de suport: Es el producte de l'energia generada per la caldera anual com a suport per el preu del energia €/kWh (PCS)

COSTOS D' OPERACIÓ CHP

Pic de demanda caldera:

Cost pics caldera de demanda (Ccpic): Es el cost en € de la demanda pic per cobrir les necessitats de cobertura amb la caldera, resultat el producte de l' energia generada per la caldera anual com suport kWh per el preu de l' energia €/kWh (PCS)

Energia tèrmica cogenerada:

Hores de funcionament del mòdul CHP: Es el nombre d' hores estimat de funcionament de l' equip

cobrint el nombre d' hores màxim de funcionament.

COST D'OPERACIÓ CALDERA+CHP

Cost Caldera+CHP: Es el sumatori de els costos de funcionament en € de la cobertura de la caldera i el mòdul CHP.

OPERACIÓ MÒDU CHP

Combustible consumit CHP anual: Es el producte de les hores de funcionament del mòdul per el consum de combustible

Energia tèrmica generada CHP anualment: Es el producte de les hores h de funcionament del mòdul de cogeneració anuals per la potència elèctrica de la màquina kW.

Preu de venda de l' electricitat (Gve): Es el preu de venda de l' energia €/kWh.

Estalvi anual Aea: Es l'estalvi anual en € repartit proporcionalment amb el anys durant l'amortització.

Temps de retorn (PB=I/Aea): El temps de retorn de la instal·lació es el temps que es tarda en recuperar la inversió, també conegut com Playback (PB), es defineix com la relació entre la inversió extra (i) del sistema de cogeneració respecte al sistema convencional i l' estalvi anual aconseguit. Es el quocient entre la inversió en € i l' estalvi anual aconseguit €/any.

10.1 Condicions de variabilitat del el retorn de l' instal·lació

Variables que varien el temps de retorn:

- Si augmenta el nombre d'**hores de funcionament**: Disminueix el període de retorn.
- Si augmenta el **preu de l'electricitat** : Disminueix el període de retorn.
- Si augmenta el **rendiment total de la instal·lació de cogeneració**: Disminueix el període de retorn.
- Si augmenta el **preu del kilowatt instal·lat** : Augmenta el període de retorn.
- Si augmenta el **preu del combustible** : Augmenta el període de retorn.
- Si augmenta la **relació producció de calor/electricitat** : Augmenta el període de retorn.

11.2 Elecció de l'equip de cogeneració

EQUIP	P_E KW	P_T KW	η_e	η_t	η_{global}	€/kW Instal·lat	Pay-Bag anys	€/kWh produït	% cobertura tèrmica
LOGANOVA 20	19	38	0,34	0,69	1	2768,57	14,30	0,15168	87%
LOGANOVA 50	50	80	0,33	0,54	0,87	1914,72	15,60	0,15798	76%
LOGANOVA 70	70	109	0,34	0,53	0,87	1553,4	13,54	0,155540	72%
LOGANOVA 140	140	212	0,36	0,55	0,91	1183,84	10,35	0,14639	37%
LOGANOVA 240	240	212	0,35	0,56	0,91	1056,45	9,45	0,14877	13%
CAPSTONE C30	30	74	0,26	0,64	0,90	2000	14,18	0,20459	88%
CAPSTONE C65	65	120	0,29	0,53	0,82	1307,69	13,07	0,17392	68%

Taula 31 Taula comparativa dels diferents equips

12. SELECCIÓ DE L' EMPLAÇAMENT

Amb aquest punt s'explica els criteris escollits per realitzar la selecció de l' emplaçament a criteri del tècnic i el recorregut per implantar la línia d' evacuació.

12.1 Ubicació de l' equip de cogeneració

L' espai projectat per l' emplaçament de l'equip de cogeneració es reflexa als plànol de l' annex a l' apartat de plànols amb el nom: **Planta baixa plànol N ° 003**

- Es te en compte la proximitat de les instal·lacions de recepció de gas per realitzar l' alimentació de l' equip per tal de minimitzar la obra i els costos d' instal·lacions d' una nova línia de gas fins el punt d' alimentació de l' equip.
- Es te en compte l' espai necessari per la cabuda de l' equip dins les instal·lació.
- Es te en compte l' accés

12.2 Disseny de la nova línia d' evacuació

La nova línia d' evacuació es la encarregada de transportar la energia generada des de l' emplaçament del mòdul de cogeneració fins al punt de distribució de l'energia elèctrica de l'escola el CT.

El plànol del disseny de la línia es troba a l' annex, a l' apartat de plànols amb el nom: **Esquema elèctric plànol N ° 002**

El disseny d' aquesta línia s' ha fet seguint els punts continguts en el Reglament electrotècnic per a baixa tensió que conté la següent guia tècniques d' aplicació.

ITC-BT-40 INSTAL·LACIONES GENERADORAS DE BAIXA TENSIÓN

Tenint en especial compte el punt numero:

Cables de conexión

Intensitat cable < 125% de la i del generador.

12.3 Criteris de disseny

12.3.1 Escalfament

-Limita el corrent que pot circular per la línia en règim permanent:

ITC-BT-40INSTAL·LACIONES GENERADORAS DE BAIXA TENSIÓN

5.CABLES DE CONNEXIÓ

Els cables de connexió han d' estar dimensionats per a una intensitat no inferior al 125% de la intensitat màxima del generador

12.3.2Caiguda de tensió:

ITC-BT-40INSTAL·LACIONES GENERADORAS DE BAIXA TENSIÓN

5. CABLES DE CONNEXIÓ.

La caiguda de tensió entre el generador i el punt d' interconnexió a la xarxa de distribució pública o a la instal·lació interior no pot ser superior al 1,5% per a la intensitat nominal.

C) CALCULS

12. CÀLCULS DE DISENY DE LA LÍNIA D' EVAQUACIÓ

12.1 Cables

El disseny de la següent línia que ens ocupa es pretén canalitzar des de el seu origen fins al CT aigües avall mitjançant l' instal·lació d' una bandeja perforada en alguns de els trams com l' interior de la sala de màquines i grapat a la paret per la subjecció amb els punts exteriors de l' instal·lació de l' equip fins al punt d' evacuació.

El plànol de la representació gràfica de la conducció de la línia per l' interior de les instal·lacions es troben a l' apartat 6 de l'annex amb el nom

Dades de l' equip:

- Intensitat nominal de la màquina:

Mode de treball de la màquina	Aïllat	Paral·lel a la xarxa
Corrent nominal de sortida	127A	100A

Taula 32 Taula del corrent de funcionament de l' equip

L' equip pot treballarà amb dos modes de funcionament, s' estima que majoritàriament treballarà amb paral·lel a ala xarxa. Per tant la nova la línia d' evacuació es dissenyarà per tal de poder treballar amb qualsevol de les dues opcions.

12.1.1 Criteri d'escalfament:

$$I_B \leq I_Z$$

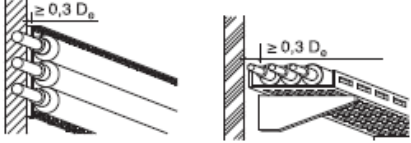
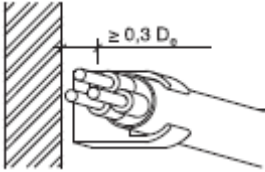
I_B = Intensitat utilitzada en el circuit.

I_Z = Intensitat màxima admissible en la canalització.

Per tal de dimensionar el tipus de cable de la línia d' evacuació es fa servir com a guia el catàleg de PRYSMIAN adjuntat a l' annex, que compleix la norma UNE20160-5-523(nov.2004).

Mitjançant el catàleg de PRYSMIAN es selecciona a la taula **52-B2: MODO D' INSTAL·LACIÓ I INSTAL·LACIONS "TIPUS"** Aquesta taula relaciona el mode d' instal·lació del cable segons el disseny de la línia d' evacuació de l' instal·lació, fent lo correspondre amb les instal·lacions tipus que es pretén instal·lar el cable ja descrites anteriorment donant lloc a la següent mode:

52-B2: MODODE

Ref.	Mode de instal·lació	Descripció	Tipus
31		Cables unipolars (F) o multipolars (E) sobre bandeja de cables perforada	E o F
33		Cables unipolars (F) o multipolars (E) separats de la paret més de 0,3 vegades el diàmetre del cable	E o F

Taula 33 Modes de conducció del cable d' evacuació de la línia amb PRISMIAN

Consideracions addicionals

Tenint en compte: (ITC - BT 40)

$$IB = 1,25 \cdot IN_{\text{max generador}}$$

$$IB = 1,25 \cdot 127A = 158,75 A$$

Identifiquem la secció corresponent amb aquesta intensitat

1

Tenint en compte (ITC -BT 29)

$$I_z = 0,85 \cdot I \text{ taules}$$

$$I_z = 0,85 \cdot 167A = 141,95 A$$

Establim el criteri

- $IB \leq I_z \Rightarrow 158,75 A > 141,95 A$ No compleix, s' agafa la secció immediatament superior.

Cable 70mm²

$$IB \leq I_z \Rightarrow I_z = 0,85 \cdot 214A = 181,9A$$

2

- $IB \leq I_z \Rightarrow 181,9 \leq 214A$ OK! Secció del cable [S=70mm²]

Segons taula PRYSMYAN amb el tipus de REF 31 Mode d' instal·lació E

E													PVC3 70 °C	PVC2 70 °C	XLPE3 90 °C	XLPE2 90 °C
F													PVC3 70 °C	PVC2 70 °C	XLPE3 90 °C	XLPE2 90 °C
		mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Cobre	3	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25		
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34		
		4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46		
		6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59		
		10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82		
		16	45	49	54	59	66	70	73	87	87	91	105	110		
		25	59	64	70	77	84	88	95	110	110	116	123	140		
		35	72	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174		
		50	86	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210		
		70	100	112	120	140	160	171	185	199	214	214	244	269		
		95	130	143	156	180	194	207	224	241	259	296	327			
		120	150	164	188	208	225	240	260	280	301	348	380			
		150	171	188	205	236	260	278	299	322	343	363	404	438		
	185	194	213	233	268	297	317	341	368	391	415	464	500			
	240	227	249	272	315	350	374	401	435	468	490	552	590			
	300	259	285	311	349	396	423	461	516	547	640	674	713			
Alumini		2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-		
		4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-		
		6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-		
		10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-		
		16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	82		
		25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105		
		35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130		
		50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160		
		70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206		
		95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251		
		120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293		
		150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338		
		185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388		
	240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461			
	300	-	-	-	285	313	343	383	400	429	462	494	558			

Taula 34 Prysmian intensitats admissibles amb ampers al aire (40 °C) cables

12.1.2 Criteri de caiguda de tensió (CDT)

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{m\grave{a}x}$$

ITC-BT-405. *Cables de connexió:*

$$\varepsilon_{m\grave{a}x} = 1,5\% \cdot I \text{ nominal equip}$$

$\varepsilon_{m\grave{a}x} = \frac{1,5}{100} \cdot 127A = 1,905 \text{ V}$ Caiguda de tensió màxima entre el generador i el punt d'interconnexió amb la xarxa.

$$\Delta v = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{s} \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Δv = Caiguda de tensió màxima admissible entre el generador i el punt d'interconnexió amb la xarxa.

ρ = Conductivitat del material emprat amb la línia.

l = Longitud del conductor.

s = Secció mínima del conductor a fer servir.

I = Intensitat nominal de funcionament del receptor.

$\cos \varphi$ = Factor de potència de la càrrega.

$$1,905 \text{ V} = \sqrt{3} \frac{1}{44} \cdot \frac{95}{s} \cdot 127A \cdot 0,95$$

$$[s = 236.84 \text{ mm}^2]$$

Agafem la secció immediatament superior [240mm^2]

12.1.3 Criteri de curt circuit

$$I^2 \cdot t = (K \cdot S)^2$$

D' on n' obtenim:

$$S = \frac{I \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{10,23 \text{ kA} \sqrt{20 \cdot 10^{-3} \text{ s}}}{143} = [9,88 \text{ mm}^2]$$

I = és el valor de I_k al principi de línia.

t = és el temps que es tardarà en alliberar la falta.

K = es el valor conegut segons tipus de cables

$$RL = \rho \cdot \frac{L}{s}$$

ρ = Conductivitat del material emprat amb la línia.

l = Longitud del conductor.

s = Secció mínima del conductor a fer servir.

$$RL = \frac{1}{56} \cdot \frac{95}{240} = 7,0684 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Tenint en consideració la reactància de la línia per el fet de treballar amb seccions superiors 150 mm^2 contemplem $0,08 \Omega/\text{km}$. Aquest valor età contemplat en la norma francesa UTE C15-105.

$$L = 0,08 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,095 \text{ km} = [7,6 \cdot 10^{-3} \text{ H}]$$

$$I_{K''} = \frac{0,8 \cdot V_{\text{fase}}}{\sqrt{3} \cdot RL} = \frac{0,8 \cdot 230}{\sqrt{3} \cdot (7,0684 \cdot 10^{-3} + j7,6 \cdot 10^{-3} \text{ H})} = [10235,35 \text{ A}]$$

$$[I_{K''} = 10,23 \text{ kA}]$$

Per tant de el tres criteris estudiats el que predomina es el de caiguda de tensió imposant una secció del cable de 240 mm^2

D) PLEC DE CONDICIONS

13 TITULAR DE L' INSTAL·LACIÓ

Nom: UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA

DNI ó NIF: Q-08723945

Adreça: Av. Victor Balaguer

Població: Vilanova i la Geltrú

C.P: 08800

REPRESENTANT

Nom: Joan Casado

Càrrec: Cap de Manteniment

13.1 Tràmits per la posada en marxa i inscripció de la instal·lació

Es detallen el conjunt de tràmits per la posada en marxa i funcionament de l' instal·lació de cogeneració i s' adjunta a l' annex a l'apartat de requisits documentals obligatoris tota la documentació a aportar per part de la companyia Capstone

14 APARAMENTA AUXILIAR DE LA LÍNEA D' EXPORTACIÓ

La línia mesura 90 metres de longitud i uneix l'equip de cogeneració en capçalera i l' armari BT del CT al finat de la línia aigües avall.

L' aparamenta auxiliar per a protegir la nova línia de transport d'energia es una protecció situada en capçalera de la línia ja incorporada per l' equip de cogeneració.

14.1 Canalització de la línia d' evacuació

La línia d' evacuació es canalitzarà per l' interior des la sala de màquines fins al punt de recepció d' energia mitjançant canaleta Rejiband o similar. Els cables de la línia d' evacuació aniran fixats a la canaleta amb brides Unnex o similars.

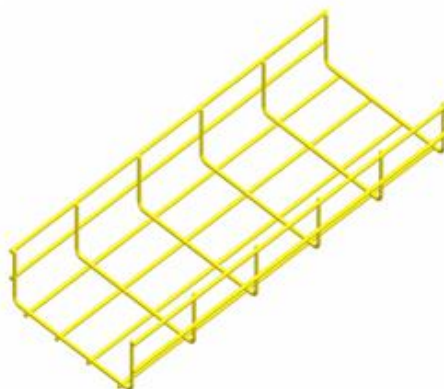


Figura 31 Canaleta Rejiband

15. Conclusions

Un cop finalitzat l' estudi del **Projecte tècnic per l'implantació d'una planta de cogeneració en un edifici de l' EPSEVG** es pot concloure que :

S' ha extret favorablement la viabilitat de l'abastiment de l' edifici VG123 amb chp, mitjançant les tècniques de càlcul emprada per la comparació de diferents equips. L' estudi dut a terme ha sigut acurat i descriptiu i ha tractat amb detall consideracions tècniques a tenir en compte per fer la selecció justificada entre els diferents equips.

15.1 Justificació de la tecnologia escollida:

Les raons que s'ha tingut en compte per la selecció de l' equip de cogeneració Capstone C65 són:

Manteniment

Una de les raons de pes per la selecció de la tecnologia es el manteniment. Amb les turbines es més econòmic que el motor de combustió, perquè les micro turbines a diferència dels motors no els cal afegir-hi lubricants. A diferència dels motors que consten de moltes parts mòbils i necessiten ser lubricades i per tant requereixen més manteniment i ofereixen més possibilitats d' averia.

Emplaçament

L' emplaçament de l' instal·lació de la micro turbina també marca la selecció de l' elecció de la tecnologia , perquè a diferència dels motors les micro turbines no generen tantes emissions de soroll i no requereixen uns suports i cimentació tant exhaustius per absorbir les vibracions generades.

Cost d' explotació

S'estima que per l' implantació de l' instal·lació amb uns costos reals d' explotació faria falta un estudi econòmic més acurat del temps de retornen en que si que es tinguessin en comte el finançament de l' equipament, aparamenta i mà d' obra necessària per realitzar la connexions de l' equip a les instal·lacions BT de l' edifici.

Cobertura

Amb l' implantació de la micro turbina Capstone s' extreu que es pot cobrir un 68% de la demanda base de calor mitjançant chp simultàniament al llarg de tot els període en que funciona la caldera i es pot auto consumir tota la energia elèctrica cogenerada.

15.2 Conclusió global.

De l' estudi realitzat s' extreu globalment que l' implantació d' aquest tipus d' equips es econòmicament rentable i amortitzable a un període de temps vista, tot i la conjuntura actual del Real decret- llei 1/2012, de 27 de gener per el que es procedeix a la suspensió de les retribucions per a les noves instal·lacions de producció d'energia elèctrica de cogeneració, considerant aquest tipus d' instal·lacions com a instal·lacions generadores a gran escala, i obligant indirectament a l' autoconsum elèctrica com a única sortida, ja que es remunerant l' exportació d' energia elèctrica a preu de mercat de les grans generadors.

16. BIBLIOGRAFIA

16.1 Informació general del funcionament i de la tecnologia:

<http://www.powergensa.com>

www.cne.es/cne/Home

<http://www.cogenspain.org/>

http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/informe_sectores/1999/gas/chap2.pdf

16.2 Informació dels equips

www.capstoneturbine.com

www.direcindustry.com

<http://www.micropowereurope.com>

16.3 Documentació

www.idae.es

www.icaen.net

<http://www.gencat.cat>

16.4 Llibres guia:

El llibre principals que ha servit de guia ha sigut:

- **Cogeneración de calor y electricidad.**
Autor Lluís Jutglar i Banyeras
- **Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió**

Amb les Guies Tècniques d'Aplicació d' Edicions tècniques marcombo.

16.5 Documentació varia amb format paper com:

Catàlegs de la marca de motors Gembacher

Factures d' altres instal·lacions.

Material docent de les assignatures cursades:

- Teoria de circuits I
- INEL
- Centrals II