

Estudi per a la certificació energètica del col·legi Sant Josep de Sant Boi de Llobregat

Document:

Memòria

Autor/Autora:

Enric Muñío Solé

Director/Directora - Codirector/Codirectora:

Miquel Casals

Titulació:

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Convocatòria:

Pròrroga, 2022.

TREBALL DE FI D'ESTUDIS



AGRAÏMENTS

Per a dur a terme aquest projecte, han sigut nombroses les persones que m'han ajudat en la resolució de dubtes que m'anaven sorgint a mesura que avançava el projecte, aspecte pel qual els hi estic profundament agraït.

Per començar, agraïxo al meu tutor Miquel Casals per la seva ajuda i voluntat de resoldre qualsevol dubte de manera ràpida i eficaç. En segon lloc, vull donar les gràcies a la direcció del Col·legi Sant Josep per haver-me proporcionat tota la informació requerida per a la realització d'aquest treball. Tot i això, no hauria estat possible aconseguir la documentació tècnica de l'edifici, sense l'ajuda de l'Ajuntament de Sant Boi de Llobregat, els quals els hi agraïxo profundament la seva col·laboració i el seu tracte a l'hora d'ajudar-me.

Per finalitzar, no hauria estat possible la realització d'aquest projecte sense el suport incondicional de família, amics i parella, els quals agrairé per sempre.



DECLARACIÓ D'HONOR

I declare that,

The work in this Degree Thesis is completely my own work,

No part of this Degree Thesis is taken from other people's work without giving them credit.

All references have been clearly cited.

I'm authorized to make use of company's related information I'm providing in this document in April 2022.

I understand that an infringement of this declaration leaves me subject to the foreseen disciplinary actions by The Universitat Politècnica de Catalunya- BarcelonaTECH.

Student Name:

Signature:

Date:

Enric Muñoz Solé

EMS

24/04/2022

Title of the Thesis:

Estudi per a la certificació energètica del col·legi Sant Josep de Sant Boi de Llobregat

RESUM

Aquest document tracta l'estudi sobre l'eficiència energètica del col·legi Sant Josep de Sant Boi de Llobregat, realitzat durant el quadrimestre de tardor més una pròrroga posterior aplicada durant el curs 2021-2022 com a Treball de Fi de Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials a l'ESEIAAT, Escola Superior d'Enginyeria Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa.

Aquest estudi consta de dues certificacions energètiques, una de més bàsica i l'altre de més exhaustiva, dutes a terme a través del programa CE3X. Més endavant, els dos resultats són comparats amb els consums reals de l'edifici.

Seguidament, s'aporten diferents propostes de millora, per tal de millorar l'eficiència energètica del centre, i es comparen entre elles en termes econòmics i mediambientals. Per finalitzar, es realitzen els pressupostos i s'extreuen conclusions.

ABSTRACT

This document presents the study on energy efficiency of the Sant Josep School, in Sant Boi de Llobregat, carried out during the autumn semester plus a later extension applied during the 2021-2022 academic year as a Final Degree Project in Engineering in Industrial Technologies at the ESEIAAT, Terrassa School of Industrial, Aerospace and Audiovisual Engineering.

This study consists of two energy certifications, one more basic and the other more detailed, using the CE3X program. Later, the two results are compared with the actual consumption of the building.

Moreover, different proposals for improvement are made, in order to improve the energy efficiency of the center, and they are compared with each other in economic and environmental terms. Finally, the budgets are drawn up and conclusions are drawn.

ÍNDEX

1. Objecte	11
2. Abast	11
3. Requeriments	12
4. Justificació	12
5. Antecedents	13
6. Normatives	15
6.1 Àmbit europeu	15
6.2 Àmbit nacional	16
7. El Certificat Energètic	17
7.1 Contingut	17
7.2 L'etiqueta energètica	18
7.3 Programes per a la certificació energètica	20
7.3.1 Procediment general	20
7.3.2 Procediment simplificat	21
8. Metodologia	22
8.1 Certificacions amb CE3X	23
8.1.1 Obtenció de dades	24
8.1.2 Introducció de dades	24
8.1.3 Resultat de la qualificació energètica	27
8.2 Obtenció i comparació amb les dades de consum reals	27
8.3 Estudi de millores d'eficiència energètica	28
9. Anàlisi del cas d'estudi	28
9.1 Distribució de les plantes	29
9.1.1 Planta semi-soterrani	29
9.1.2 Planta baixa	30
9.1.3 Planta primera	30
9.1.4 Planta segona	31
10. Certificació energètica aproximada	31
10.1 Dades administratives	32
10.2 Dades generals	33
10.3 Envolupant tèrmica de l'edifici	34
10.3.1 Cobertes	34
10.3.2 Murs	35

10.3.3 Patrons d'ombra.....	38
10.3.3 Sòl	41
10.3.4 Particions interiors	41
10.3.5 Buits/Claraboies.....	42
10.3.6 Ponts tèrmics	43
10.4 Instal·lacions	44
10.4.1 Equip mixt de calefacció i ACS	44
10.4.2 Equip d'il·luminació	45
10.4.3 Equip de refrigeració.....	45
10.5 Resultat Certificació aproximada	46
11. Certificació energètica exhaustiva	47
11.1 Envolupant tèrmica.....	48
11.1.1 Cobertes	48
11.1.2 Murs.....	51
11.1.3 Sòl	53
11.1.4 Buits/ Claraboies.....	54
11.1.5 Instal·lacions.....	54
11.2 Resultat certificació exhaustiva	55
12. Consums elèctrics	56
12.1 Consum de gasoil.....	57
12.2 Consum total	58
13. Comparació de resultats	60
14. Estudi de millores energètiques.....	62
14.1 Millorar aïllament tèrmic de la façana	62
14.1.1 Temps d'execució	63
14.1.2 Pressupost.....	64
14.1.3 Emplaçament.....	64
14.1.4 Estalvi energètic.....	65
14.1.5 Viabilitat econòmica	66
14.2 Substitució de la caldera	67
14.2.1 Temps d'execució	69
14.2.2 Pressupost.....	70
14.2.3 Emplaçament.....	70
14.2.4 Estalvi energètic.....	71
14.2.5 Viabilitat econòmica	72
14.3 Instal·lació de plaques fotovoltaiques	73

14.3.1 Temps d'execució	74
14.3.2 Pressupost.....	75
14.3.3 Emplaçament.....	75
14.3.4 Estalvi energètic.....	76
14.3.5 Viabilitat econòmica	76
15. Comparativa de les millores proposades	77
16. Indicacions.....	79
17. Impacte ambiental	80
18. Conclusions	81
19. Bibliografia.....	83
19.1 Altres fonts	87

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Evolució de les emissions de CO ₂ (Font: La Vanguardia, 2021) {10}	14
Figura 2. Exemple d'etiqueta energètica (Font: gencat.cat) {20}	18
Figura 3. Despeses segons la qualificació energètica (gencat.cat) {20}.....	20
Figura 4. Estructura del procediment de certificació CE3X (Font: IDAE, 2016) {23}.....	23
Figura 5. Organigrama dels components de la envolupant tèrmica (Font: IDAE,2016) {23}	25
Figura 6. Instal·lacions segons la tipologia edificatòria (Font: IDEA, 2016) {23}.....	26
Figura 7. Exemple de qualificació energètica al programa CE3X (Font: IDEA, 2016) {23}	27
Figura 8. Vista aèria del col·legi Sant Josep (Font: Google Maps, 2021) {24}.....	28
Figura 9. Vista a peu de carrer del col·legi Sant Josep (Font: Google earth, 2021) {25} ..	29
Figura 10. Plànol i superfícies PS (Font: Annex B)	29
Figura 11. Plànol i superfícies PB (Font: Annex B)	30
Figura 12. Plànol i superfícies P1 (Font: Annex B).....	30
Figura 13. Plànol i superfícies P2 (Font: Annex B).....	31
Figura 14. Elecció de tipologia d'edifici programa CE3X (Font: pròpia).....	32
Figura 15. Dades administratives (Font: Pròpia)	32
Figura 16. Horari Col·legi Sant Josep (Font: Google,2021) {24}	33
Figura 17. Dades generals (Font: pròpia).....	34
Figura 18. Diferents tipus de cobertes (Font: Google Maps) {24}.....	35
Figura 19. Possibles orientacions de façanes (Font: Pròpia).....	35

Figura 20. Orientació de la façana principal (Font: Ginifab.com, 2021) {39}.....	36
Figura 21. Façanes principal i oest (Font: pròpia)	36
Figura 22. Façanes de la part del darrere de l'edifici (Font: pròpia).....	37
Figura 23. Murs del passadís (Font: pròpia).....	37
Figura 24. Patrons d'ombra aplicats (Font: pròpia).....	39
Figura 25. Pantalla d'introducció d'un patró d'ombres (Font: pròpia).....	39
Figura 26. Pantalla d'introducció d'obstacles rectangulars (Font: pròpia).....	40
Figura 27. Resultat final d'un patró d'ombra (Font: pròpia).....	40
Figura 28. Sòl en contacte amb l'aire (Font: pròpia).....	41
Figura 29. Plànol de la façana (Font: Annex A).....	43
Figura 30. Ponts tèrmics definits a CE3X (Font: Pròpia)	43
Figura 31. Equip mixt de calefacció i ACS (Font: pròpia)	44
Figura 32. Equip d'il·luminació (Font: pròpia).....	45
Figura 33. Equip de refrigeració (Font: pròpia).....	45
Figura 34. Resultat d'emissions a la certificació aproximada (Font: Annex C).....	46
Figura 35. Resultat de consums a la certificació aproximada (Font: Annex C).....	46
Figura 36. Demandes energètiques a la certificació aproximada (Font: Annex C)	47
Figura 37. Esquema constructiu de la coberta principal (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}.	48
Figura 38. Introducció característiques coberta principal (Font: pròpia)	49
Figura 39. Esquema constructiu d'una coberta plana transitable sense cambra (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}.....	50
Figura 40. Introducció característiques coberta escales i ascensor (Font: pròpia)	50
Figura 41. Esquema constructiu d'una coberta plana no transitable (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}.....	51
Figura 42. Introducció característiques coberta d'instal·lacions (Font: pròpia)	51
Figura 43. Esquema constructiu de les façanes (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}	52
Figura 44. Introducció característiques façanes (Font: pròpia).....	52
Figura 45. Propietats tèrmiques estimades del sòl base (Font: pròpia).....	53
Figura 46. Propietats tèrmiques estimades del sòl en contacte amb l'aire (Font: pròpia) .	54
Figura 47. Permeabilitat d'obertures (Font: pròpia)	54
Figura 48. Resultat d'emissions a la certificació detallada (Font: Annex C).....	55
Figura 49. Resultat d'emissions a la certificació detallada (Font: Annex C).....	55
Figura 50. Demandes energètiques a la certificació detallada (Font: Annex C).....	56
Figura 51. Consum mensual d'electricitat (Font: pròpia)	57
Figura 52. Consum total (kWh) (Font: pròpia)	58
Figura 53. Factors de conversió d'energia secundària a primària (Font: Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento, 2016) {40}.....	59

Figura 54. Distribució de les façanes per a millora de l'aïllament (Font: pròpia).....	64
Figura 55. Introducció mesures de millora a l'aïllament tèrmic (Font: pròpia).....	65
Figura 56. Qualificació energètica amb l'addició de la millora d'aïllament tèrmic (Font: pròpia)	65
Figura 57. Factors d'emissions de CO2 dels combustibles (Font: Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento, 2016) {40}.....	68
Figura 58. Comparativa entre els diferents combustibles d'una caldera de biomassa (Font: preciogas, 2021) {37}.....	69
Figura 59. Ubicació de la caldera de biomassa i dipòsit de pellets (Font: Annex B).....	71
Figura 60. Introducció de mesura de millora a la instal·lació de calefacció i ACS (Font: Pròpia).....	71
Figura 61. Qualificació energètica amb la substitució de la caldera (Font: Pròpia).....	72
Figura 62. Radiació solar a Europa (Font: panelessolaresbarecelona, 2019) {41}.....	74
Figura 63. Emplaçament de les plaques fotovoltaïques (Font: Pròpia).....	75
Figura 64. Energia elèctrica generada per a autoconsum (Font: pròpia).....	76
Figura 65. Qualificació energètica amb la instal·lació de plaques fotovoltaïques (Font: pròpia)	76
Figura 66. Comparació de les propostes de millora (Font: Pròpia).....	78

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Resum dels programes validats per realitzar una certificació energètica.....	22
Taula 2. Diferents tipus de cobertes.....	35
Taula 3. Façanes i murs del col·legi	38
Taula 4. Portes i finestres del col·legi	42
Taula 5. Consum d'energia real	59
Taula 6. Comparació en emissions entre les dues certificacions	60
Taula 7. Comparació en consum d'energia primària no renovable de les dues certificacions.....	60
Taula 8. Comparació en demandes energètiques entre les dues certificacions	60
Taula 9. Comparació de les dues certificacions i els consums reals	61
Taula 10. Temps d'execució de la millora d'aïllament	63
Taula 11. Pressupost millora aïllament tèrmic.....	64
Taula 12. Estalvis energètics parcials un cop aplicada la millora d'aïllament	66
Taula 13. Viabilitat econòmica de la millora d'aïllament tèrmic.....	66
Taula 14. Temps d'execució de la substitució de la caldera.....	69



Taula 15. Pressupost substitució de caldera	70
Taula 16. Manteniment anual de la caldera de biomassa	70
Taula 17. Viabilitat econòmica de la substitució de la caldera	73
Taula 18. Temps d'execució d'instal·lació fotovoltaica	74
Taula 19. Pressupost general instal·lació fotovoltaica	75
Taula 20. Manteniment anual instal·lació fotovoltaica	75
Taula 21. Viabilitat econòmica de la instal·lació de plaques fotovoltaïques	77
Taula 22. Característiques de cada millora	78

1. Objecte

L'objecte d'aquest treball és realitzar la certificació energètica de l'edifici de secundària del col·legi Sant Josep de Sant Boi de Llobregat mitjançant el programa informàtic CE3X, el qual és una de les quatre eines informàtiques autoritzades pel Ministeri per a la Transició Ecològica i Repte Demogràfic {1}. Amb aquest software portarem a terme dues certificacions, una d'aproximada i l'altre més exhaustiva, per després comparar-les juntament amb els consums reals proporcionats pel centre, amb la finalitat de proposar diferents actuacions i millores a l'edifici per tal d'obtenir una millor qualificació energètica.

2. Abast

- L'estudi es realitzarà sobre l'edifici de secundària del col·legi de Sant Josep de Sant Boi de Llobregat, ubicat a l'Avinguda Can Carreras, 16-18.
- Cerca d'informació necessària per establir els fonaments del projecte, és a dir, normativa vigent, informació actual i funcionament del programa informàtic.
- Recopilació d'informació de l'edifici en qüestió, com poden ser plànols i consums reals. També inclou visites a l'edifici i contacte amb el director del centre.
- Execució dels dos certificats energètics, un aproximat i l'altre més detallat, amb l'ajuda del software CE3X.
- Comparar els resultats obtinguts de les simulacions amb els consums reals proporcionats.
- Determinar els punts febles de l'edifici i proposar millores per tal d'assolir una qualificació energètica superior.
- Estudiar els beneficis que aportaria l'actuació de millora.
- A l'hora de prendre dades es tindrà en compte el patró d'ombres, el qual permet definir les ombres projectades sobre l'edifici.

3. Requeriments

- Per a realitzar les certificacions utilitzarem el programa informàtic CE3X, una de les eines validades pel Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic. A causa de la poca experiència amb el programa i l'absència d'un tècnic qualificat, els resultats obtinguts no seran del tot reals.
- Per a aconseguir les dades de consums reals i poder dur a terme la certificació detallada ens posarem en contacte amb la direcció de l'escola per obtenir el projecte constructiu, plànols i factures necessàries.
- A l'hora de fer la certificació aproximada agafarem els valors predeterminats que ens proposa el programa. En canvi, amb l'altre certificat anirem més enllà i obtindrem les dades concretes de la documentació anterior. Si alguna dada concreta faltés es realitzaria una estimació o s'agafaria el valor aproximat.
- Una vegada s'hagin aportat diferents propostes d'actuació, es valoraran en funció dels costos, beneficis econòmics, socials i mediambientals. Totes elles es posaran en coneixement del director del col·legi.

4. Justificació

Any rere any ha anat creixent una enorme preocupació pel medi ambient a escala mundial a causa de l'increment dels factors desencadenants del canvi climàtic. Un d'ells és l'emissió de diòxid de carboni, que és el principal gas contaminant que s'emet. L'any 2018 a Espanya la Xarxa Elèctrica Espanyola va emetre 54,1 milions de tones de CO₂ produint electricitat {2}, que respecte a les emissions globals produïdes a tot el territori espanyol, representa un 19% {3}. Per un altre costat, últimament observem a les notícies un increment notori de la factura de la llum, produint un mal estar generalitzat a la societat. Un dels factors desencadenants d'aquesta pujada de preu és l'increment de drets d'emissió de CO₂, que la producció d'energia renovable a Espanya no acaba sent majoritària, i la revaloració del gas natural als mercats internacionals, el qual és un producte àmpliament utilitzat per produir energia, no és renovable i un dels principals emissors de gasos d'efecte hivernacle {4}.

Si ens fixem en el marc legislatiu, observem diverses lleis i aprovacions a nivell europeu i estatal referents a la certificació energètica. Una d'elles és l'aprovació de la Directiva (UE) 2018/44 del Parlament Europeu i el Consell, el 30 de maig de 2018, on sobretot es parla de la vinculació d'incentius financers per a la millora de l'eficiència energètica a l'estalvi d'energia previst o aconseguit {5}.

Enfocant-nos ara en el projecte i tenint en compte els aspectes globals comentats anteriorment, realitzar la certificació energètica i proposa millores per augmentar la qualificació energètica pot ser molt beneficiari pel col·legi Sant Josep. Per començar, hi hauria un benefici econòmic a causa de l'estalvi d'energia que consumiria el centre i a les possibles retribucions econòmiques que es podrien sol·licitar, i després tindriem un benefici social, ja que reduir la nostra petjada ecològica està molt ben valorat actualment

5. Antecedents

El nostre model de vida es basa actualment en un model energètic depenent dels combustibles fòssils (petroli, gas i carbó) i en l'ús irracional de l'energia. Aquest fet contribueix l'esgotament dels recursos naturals i sobretot a una contribució important al canvi climàtic, fet que incrementar la preocupació de la societat pel medi ambient. Però si donem un cop d'ull a la història recent, veurem que la consciència mediambiental ja fa molts anys que hi és, això sí, no amb tanta repercussió social.

L'any 1827 l'erudit francès Jean-Baptiste Fourier, conegut per les seves teories i fórmules matemàtiques sobre la transferència de calor, va predir un efecte atmosfèric que mantindria la Terra més calenta del que hauria d'estar, sent la primera persona a fer referència a l'efecte hivernacle {7}, encara que no va utilitzar aquest terme, el qual va ser utilitzat en primer lloc pel meteoròleg suec Nils Gustaf Ekholm al voltant del 1900 {8}. A partir d'aquí, cada cop més científics relacionen l'augment excessiu de concentracions de CO₂ a l'atmosfera amb un augment de les temperatures, i no és fins a l'any 1957 on l'oceanògraf Roger Revelle posa en marxa els primers seguiments monitoritzats continus de nivells de diòxid de carboni, conclouent que hi ha un increment anual {7}.

És al voltant dels anys 50 on va començar a créixer la preocupació actual a escala mundial relacionada amb el canvi climàtic. L'origen es troba en la confluència de cinc grans canvis en els camps de la ciència, la tecnologia i la geopolítica {9}:

- Els avanços tecnològics després de la Segona Guerra Mundial.
- Inici d'unes noves observacions geofísiques, especialment de mesuraments de diòxid de carboni atmosfèric.
- El reconeixement de les capacitats d'observació i anàlisi per part dels satèl·lits que orbiten al voltant de la Terra.
- Aparició d'ordinadors digitals.
- La voluntat dels països d'utilitzar la institució de les Nacions Unides a l'hora d'abordar problemes a escala mundial.

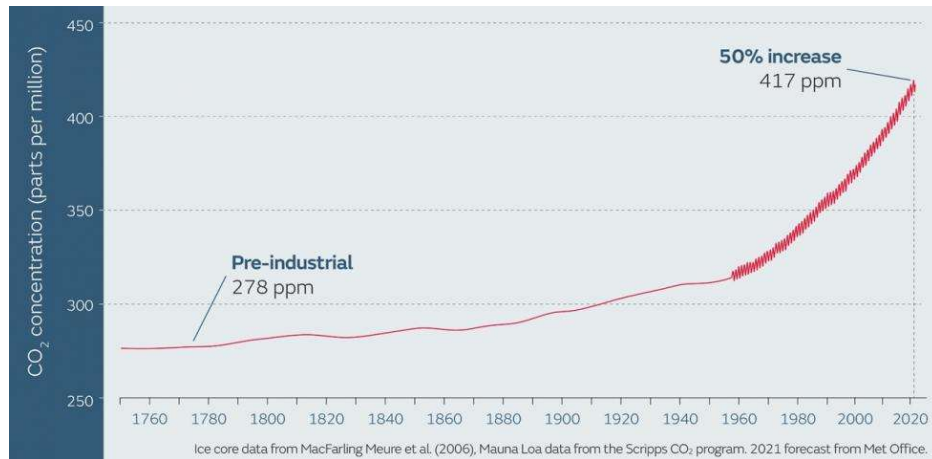


Figura 1. Evolució de les emissions de CO₂ (Font: La Vanguardia, 2021) {10}

Una vegada sabem l'origen de la preocupació sobre aquest aspecte a escala mundial, ens fixem en els moviments que sorgeixen a partir d'aquests fets. No seria fins l'any a 1979 quan es fes el primer pas endavant i es celebrés la Primera Conferència Mundial sobre el Clima organitzada per l'Organització Meteorològica Mundial (OMM), on es considerava per primera vegada el canvi climàtic com una amenaça a nivell planetari, adoptant declaracions que obligaven els governs a preveure i evitar les possibles conseqüències dels canvis produïts per l'home al clima. Va ser una primera declaració mundial, però sense cap conseqüència o millora notable, ja que no es van adoptar mesures concretes ni possibles sancions correctives pels països que no adoptessin mesures.

La falta d'aquests dos aspectes es va produir en nombroses reunions i conferències adoptades des de llavors, però no seria fins a l'any 1997 quan tot canviés. Al desembre es va adoptar oficialment el Protocol de Kyoto, el qual no entraria en vigor fins a l'any 2005, on per primera vegada vinculava jurídicament als països desenvolupats i, per tant, més contaminants, amb els objectius de reduir les emissions. El protocol amb els anys va aconseguir {11}:

- Que els governs establissin lleis i polítiques per complir amb els compromisos ambientals.
- Que les empreses tinguessin en compte el medi ambient a l'hora de realitzar inversions.
- Fomentar la creació del mercat del carboni.

El segon fet remarcable va succeir uns anys més tard amb la celebració de la Conferència sobre el Clima de París (COP21) L'any 2015. Aquest acord, jurídicament vinculant, va ser firmat per 196 països amb l'objectiu de limitar l'escalfament mundial per sota de 2°C en comparació amb els nivells preindustrials {12}. Un dels propòsits de la cimera és que pel 2030, les solucions de zero emissions de carboni siguin adoptades per sectors que representin més del 70% de les emissions mundials, i tenint en compte que els edificis són responsables del 30% del consum energètic global i del 28% de les emissions de CO₂ {13}, millorar la seva eficiència energètica és indispensable per complir amb els objectius de París.

6. Normatives

Per tal d'assegurar-se una reducció en el consum d'energia per part dels edificis i complir així amb els objectius de la COP21, nombrosos governs i estats han redactat una sèrie de lleis i requisits legals per tal de millorar aquest sector difús, portant la capdavantera les institucions europees.

6.1 Àmbit europeu

Les primeres exigències per a la qualificació energètica d'edificis s'estableixen de forma original a la Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell, el 16 de desembre de 2002, ja que es considera que el foment de l'eficiència energètica constitueix una part important en el conjunt de mesures necessàries per complir amb el Protocol de Kyoto (1997). L'objectiu d'aquestes mesures és fomentar l'eficiència energètica dels edificis tenint en compte les condicions climàtiques exteriors i les particularitats locals, així com els requisits ambientals interiors i les relacions cost-eficàcia. Alguns aspectes importants són:

- A l'article 2 podem veure la definició del que s'entén per eficiència energètica:

Eficiència energètica de un edificio: la cantidad de energía consumida realmente o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del edificio, que podrá incluir, entre otras cosas, la calefacción, el calentamiento del agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación {14}.

- A l'article 3 parla sobre l'adopció d'una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica per part de cada estat, realitzant-ho a escala regional o nacional.
- L'article 4 ens explica els requisits mínims d'eficiència energètica dels edificis, els quals hauran de tenir en compte factors com les condicions ambientals generals interiors, l'ús de l'edifici o l'antiguitat. Aquests requisits seran revisats periòdicament en intervals no superiors a cinc anys. També s'afegeixen les categories d'edificis els quals estan exempts d'aquests requisits.
- Als articles 5 i 6 detallen els requisits bàsics per a edificis nous i ja existents, respectivament. És a partir dels 1000 m² quan s'han d'aplicar aquestes restriccions, en ambdós casos.
- Finalment, a l'article 7 ens parla sobre el certificat energètic en si, el qual és obligatori posar-lo a disposició de l'inquilí o futur propietari d'un immoble en cas de venda o lloguer, la vigència és de com a màxim 10 anys, s'han de mostrar valors de referència amb la finalitat que els compradors puguin comparar o avaluar, i per últim, si es tracta d'un edifici públic amb més de 1000 m² i freqüentat habitualment per nombroses persones, el certificat ha d'estar exhibit en un lloc clarament visible {14}.

Amb posterioritat aquest real decret es va derogar ja que la Directiva 2002/91/CE fou modificada mitjançant la Directiva 2010/31/CE del Parlament Europeu i Consell. En ell s'incorporaven diverses novetats i s'ampliava l'àmbit d'edificis amb obligatorietat de certificació energètica, atès que el Consell Europeu el 2007 va recalcar la necessitat d'augmentar l'eficiència energètica a la Unió Europea per aconseguir l'objectiu de reduir el consum energètic en un 20% per a 2020. Com a novetat respecte a l'anterior directiva, surt per primer cop el concepte d'edifici de consum d'energia quasi nul, el qual presenta un nivell d'eficiència energètica molt elevat i on la poca energia necessitada ha d'estar coberta majoritàriament per energies renovables. Segons l'article 9, aquesta tipologia d'edificis és obligatòria per a edificis nous a partir del desembre de 2020, i si es tracta d'un edifici de caràcter públic, des del desembre de 2018 {15}.

L'any 2018, arran d'acords internacionals (COP21) amb la finalitat de reduir les emissions de diòxid de carboni i de múltiples iniciatives dutes a terme per la Comissió Europea, es publica la Directiva 2018/844/UE. Aquesta nova reforma neix amb l'objectiu a llarg termini d'establir un sistema energètic sostenible, competitiu i descarbonitzat d'aquí al 2050, fent èmfasi en les energies renovables i potenciant la producció d'energia nacional {16}.

6.2 Àmbit nacional

Si ens fixem a escala nacional, les primeres lleis referents a la certificació energètica d'edificis s'estableixen de manera oficial el 19 de gener de 2007 amb l'establiment del Reial Decret 47/2007, ja que a la Directiva 2002/91/CE del Parlament Europeu i del Consell s'estableix l'obligatorietat de posar a disposició del comprador o inquilí d'un certificat d'eficiència energètica. L'objectiu principal d'aquest real decret és establir el Procediment bàsic que ha de complir la metodologia de càlcul de la qualificació d'eficiència energètica, considerant aquells factors que més incidència tenen en el consum d'energia dels edificis de nova construcció o que es reformin. Amb la finalitat de facilitar la comprensió per part del ciutadà, s'aprova un distintiu en tot el territori espanyol, denominat etiqueta d'eficiència energètica, garantint igualment les especificacions necessàries de cada comunitat autònoma {17}.

Més endavant degut a les modificacions legislatives europees, el 5 d'abril de 2013 es publicava el Reial Decret 235/2013, ja que l'anterior només aprovava el Procediment bàsic per a edificis de nova construcció quedant pendents de regulació els ja existents. Ja més endavant, amb l'objectiu de satisfer les demandes i exigències europees així com als canvis necessaris per adaptar el sistema nacional a la realitat del parc edificatori espanyol, es publica el RD 390/2021, on s'aprova el procediment bàsic per a la certificació energètica dels edificis, derogant el real decret previ. Com a resultat de l'experiència acumulada des de la implantació de l'anterior decret, es considera oportú incorporar algunes modificacions per millorar el procediment de certificació, com per exemple, actualitzar el seu contingut, incrementar la qualitat i establir l'obligació per a les empreses immobiliàries de mostrar el certificat energètic dels immobles que es lloguin o vengin {18}.

Aquest control el desenvolupa l'òrgan competent en aquesta matèria de la Comunitat Autònoma corresponent, encarregat també del registre de les certificacions en l'àmbit territorial, el control extern i la inspecció.

7. El Certificat Energètic

El certificat d'eficiència energètica o certificat energètic és un document de caràcter oficial, redactat per un tècnic competent (un arquitecte o enginyer), que inclou informació objectiva sobre les característiques energètiques d'un immoble. En aquest sentit, es qualifica energèticament un immoble calculant el consum anual d'energia necessari per satisfer la demanda energètica d'un edifici en condicions normals d'ocupació i funcionament, incloent-hi la producció d'aigua calenta, calefacció i il·luminació d'entre d'altres. La seva vigència és de deu anys (excepte quan s'obtingui la pitjor qualificació energètica, una G, on en aquest cas serà de cinc anys) i com ja s'ha explicat a l'apartat anterior, és obligatori presentar-ho per part del propietari d'un habitatge, oficina o local en cas de compravenda o lloguer {19}.

7.1 Contingut

Tots els certificats energètics han de contenir com a mínim {19}.

1. Identificació de l'edifici o d'una part en concret que s'està certificant.
2. Identificació del procediment escollit per a l'obtenció del certificat, ja sigui l'opció general, programa informàtic o opció simplificada, presentant en tot cas la següent informació:
 - Descripció de les característiques energètiques de l'edifici, com pot ser envoltant tèrmic o instal·lacions.
 - Identificació de la normativa sobre l'estalvi i eficiència energètica quan es va construir l'edifici (si es disposa).
3. Document que reculli les mesures recomanades pel tècnic certificador, classificades segons la viabilitat tècnica, funcional i econòmica, així com la repercussió energètica ocasionant.
4. Data de la visita l'immoble i descripció de les proves i comprovacions dutes a terme pel tècnic competent.
5. Qualificació de l'eficiència energètica de l'edifici expressat mitjançant l'etiqueta energètica.

7.2 L'etiqueta energètica

És el distintiu que assenyalava el nivell de qualificació d'eficiència energètica obtinguda per l'edifici o parts de l'edifici. En ell es proporciona una classificació en lletres, des de la A (més eficient) fins a la G (menys eficient) tenint en compte dos conceptes {20}:

1. Consum d'energia primària: És el consum d'energia primària necessària per mantenir els nivells estàndard de confort a l'habitatge. L'energia primària és aquella que s'utilitza sense cap transformació, com per exemple la solar o la lliurada de combustibles fòssils. Es mesura en kWh/m² per any.
2. Emissions de CO₂ mesurades en kg de CO₂ per any.

A la següent figura s'adjunta un exemple d'etiqueta energètica, descrivint cada apartat que ho conforma {20}:

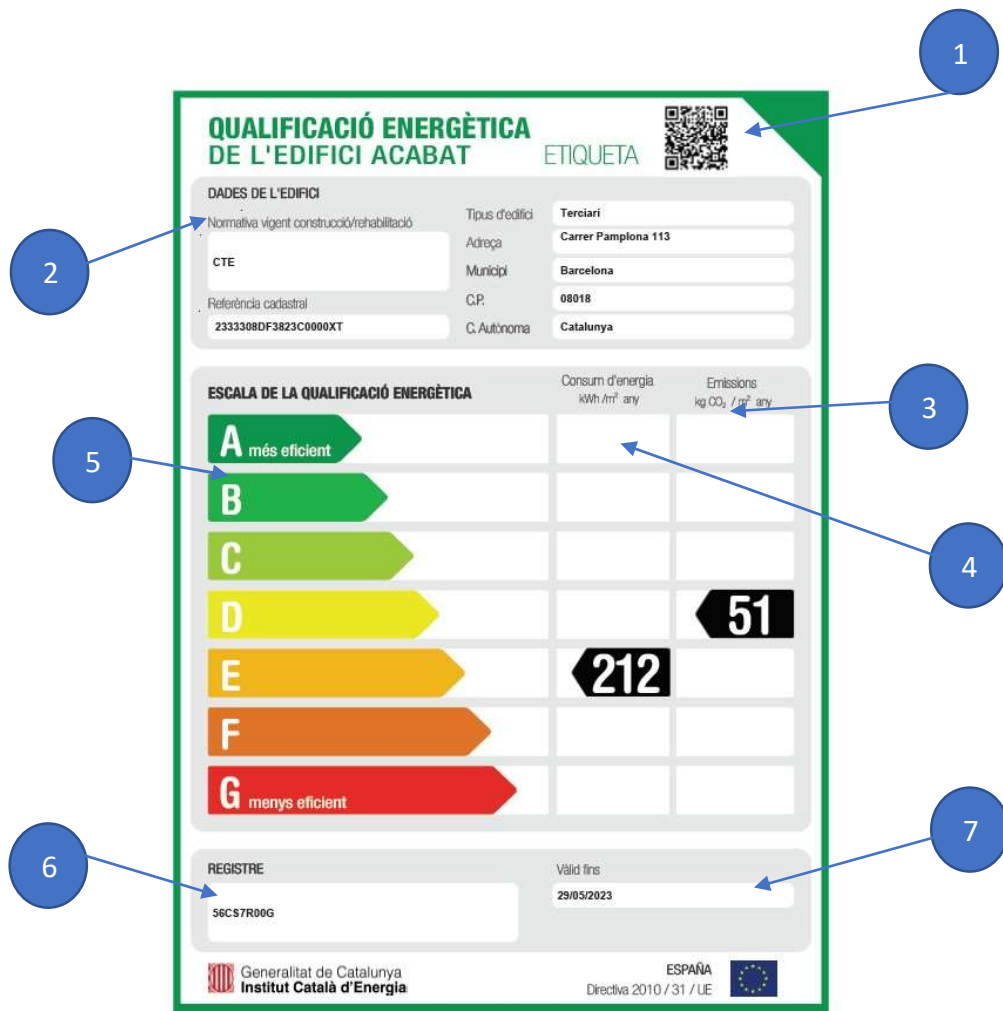


Figura 2. Exemple d'etiqueta energètica (Font: gencat.cat) {20}

1. Codi QR: Accés a l'apartat de certificació de l'ICAEN (Institut Català d'Energia).
2. Dades de l'immoble, que inclou: normativa vigent, referència cadastral, tipus d'edifici i adreça completa.
3. Dades de les emissions de CO₂.
4. Dades de consum d'energia primària no renovable.
5. Qualificació energètica, on cada lletra implica un 30% d'estalvi respecte a l'anterior.
6. Número de registre corresponent atorgat per l'ICAEN.
7. Data fins a la qual és vàlid el certificat i a partir de la qual s'haurà de renovar.

Per tant, la qualificació energètica és el resultat del càlcul del consum d'energia necessari per satisfer la demanda d'energia de l'edifici en condicions normals de funcionament i ocupació. Els aspectes que es tenen en compte a l'hora de realitzar el càlcul són {20}:

- La normativa edificatòria aplicable.
- La zona climàtica on s'ubica l'edifici. Aquest és un factor molt important per determinar la demanda energètica de l'edifici i, per tant el seu consum final, depenent també de l'estació de l'any present.
- Recobriments de l'edifici, com façanes, cobertes, finestres...
- Instal·lacions de climatització i generació d'aigua calenta.
- Instal·lacions amb font d'energia renovable

El resultat d'aquest càlcul es tradueix amb l'adopció d'una lletra (A – G) depenent de l'eficiència energètica aconseguida. Com s'ha dit anteriorment, cada lletra implica un 30% d'estalvi respecte a l'anterior. A banda de l'estalvi energètic i econòmic que suposa obtenir una lletra o altra, també fa referència a una major qualitat de vida a causa de la disminució del soroll i l'augment del confort. A la següent taula s'observa la diferència que implica obtenir les diferents lletres:

QUALIFICACIÓ ENERGIA PRIMÀRIA (EP)	CONSUM MITJÀ EP CEE [kWh/m ² ·any]	CONSUM MITJÀ EP TOTAL [kWh/m ² ·any]	ESTALVI RESPECTE ANTERIOR %	ESTALVI % RESPECTE "G"
A	33,80	56	26%	89%
B	45,94	77	36%	85%
C	71,57	119	21%	77%
D	91,10	152	39%	71%
E	149,14	249	31%	52%
F	215,83	360	30%	30%
G	309,56	516	0%	0%

Figura 3. Despeses segons la qualificació energètica (gencat.cat) {20}

7.3 Programes per a la certificació energètica

A conseqüència de l'obligatorietat de presentar el certificat energètic de l'immoble (en cas de compravenda) per a tots els ciutadans, nombroses eines i programes informàtics s'han desenvolupat al llarg dels anys. Els programes oficials per a la certificació energètica d'edificis són aquells que han sigut reconeguts pel Ministeri per a la Transició Ecològica i Repte Demogràfic i, per tant, són els que interessa saber i conèixer. Però no tots ells serveixen per a tots els casos, i un primer pas per escollir l'eina idònia, és saber si el procediment a aplicar és simplificat (basat en el control indirecte de la demanda energètica dels edificis tenint en compte l'aïllament tèrmic o característiques estructurals) o general (basa l'avaluació energètica mitjançant la comparació amb un altre edifici de referència).

7.3.1 Procediment general

El primer programa que trobem és **Lider – Calener herramienta unificada (HULC)**. S'aplica tant a edificis nous (en fase de projecte o acabats) com als existents. El programa serveix per certificar i verificar la qualificació energètica dels edificis, els quals poden ser de qualsevol ús, ja que es pot utilitzar per a edificis residencials privats, petit i mitjà terciari com gran terciari (en aquest últim cas, és necessari exportar a Calener GT). La versió adaptada al CTE 2019 (*Código Técnico de la Edificación*) és la disponible des del 24 de juny de 2020.

També existeixen altres dos programes, reconeguts pel Ministeri, anomenats **SG Save** (versió 2.8.0.1) i el **CYPETHERM HE Plus** (2020.C). Ambdós programes permeten obtenir la certificació d'edificis en fase de projecte, nova construcció o existents.

Per últim, la plataforma **CE3X**, àmpliament emprada en els procediments simplificats, ha desenvolupat un nou complement el qual permet obtenir la certificació energètica d'un edifici en fase projecte com acabat de construir {20}.

7.3.2 Procediment simplificat








Dins d'aquest apartat trobem, en primer lloc, el programa **Cerma**. Aquest, permet obtenir la certificació energètica d'edificis en fase de projecte o novament construïts, com d'existents. La particularitat que té, és que només s'utilitza per a edificis d'ús residencial exclusivament, com habitatges unifamiliars, edificis d'habitatges en bloc o habitatges individuals dins d'un bloc. A més, si es disposa de cert control de l'eina, pot verificar si es produeixen condensacions, tant superficials com intersticials. {20}

Com ja hem comentat anteriorment, el programa més emprat amb diferència en aquest tipus de procediment és el **CE3X**. Ha estat desenvolupat per realitzar les certificacions energètiques d'edificis existents exclusivament, tant habitatge com petit, mitjà i gran terciari. Les característiques principals en les que es basa aquest software són {21}:

- És un procediment híbrid basat en la simulació energètica corregida amb la presa de dades i mesuraments reals.
- És una metodologia on cobra importància la proposta de mesures per millorar l'eficiència energètica.
- Depenent de les millores que es busquen, s'adapten les dades necessàries simplificant el projecte.

Finalment, com a alternativa al programa anterior existeix el **CE3**, el qual té les mateixes funcions i particularitats que el CE3X, és a dir, és capaç de realitzar la certificació energètica d'edificis existents, tant habitatges com terciaris. Amb contrapartida, aquest programa s'utilitza amb molta menys freqüència.

A continuació s'adjunta una taula per veure el resum de tots els programes existents:

PROCEDIMENT	PROGRAMA	LOGO	TIPOLOGIA D'EDIFICI
GENERAL	HULC		Habitatges, petit, mitjà i gran terciari existents, en fase de projecte o acabats.
	SG SAVE		Habitatges, petit, mitjà i gran terciari existents, en fase de projecte o acabats.
	CYPETHERM HE PLUS		Habitatges, petit, mitjà i gran terciari existents, en fase de projecte o acabats.
	CE3X (complement per a edificis nous)		Habitatges, petit, mitjà i gran terciari en fase de projecte o acabats.
SIMPLIFICAT	CERMA		Edificis residencials existents, en fase de projecte o acabats.
	CE3X		Habitatges, petit, mitjà i gran terciari existents.
	CE3		Habitatges, petit, mitjà i gran terciari existents.

Taula 1. Resum dels programes validats per realitzar una certificació energètica

Una vegada hem observat les diferents eines que es disposen per realitzar una certificació energètica, tenint en compte que l'edifici a certificar és d'ús terciari i existent, utilitzarem el CE3X ja que encara que s'obtinguin resultats menys precisos que amb el HULC, és el software més utilitzat per aquest tipus de certificacions.

8. Metodologia

En aquest apartat es vol transmetre tot el procediment a seguir per tal d'aconseguir els objectius del projecte. En un primer lloc es detallarà com realitzar les dues certificacions (simplificada i detallada) amb l'ajuda del programa, és a dir, les dades necessàries, la seva introducció, característiques tècniques requerides i obtenció i tractament de resultats. Més tard, amb l'aportació de les dades de consums reals del col·legi, es realitzarà una comparació per determinar quin dels dos procediments s'ha ajustat més a la realitat. Finalment, s'estudiaran exhaustivament nombroses propostes de millora per tal d'augmentar l'eficiència energètica del centre escolar.

8.1 Certificacions amb CE3X

De l'apartat anterior la conclusió que s'ha extret és que el programa escollit per realitzar les certificacions serà el CE3X. Amb ell es realitzaran dues certificacions diferents, les quals comparteixen el mateix procediment diferenciant-se només en la introducció de dades com envoltants tèrmics, on en el cas simplificat el programa tria els valors predeterminats per defecte, mentre que en el cas detallat els valors seran introduïts manualment gràcies a l'aportació de la documentació pertinent per part del centre.

Seguidament s'inclou un esquema global per tal d'observar tots els passos que es duran a terme durant la certificació amb aquest software, els quals es desenvoluparan a continuació:

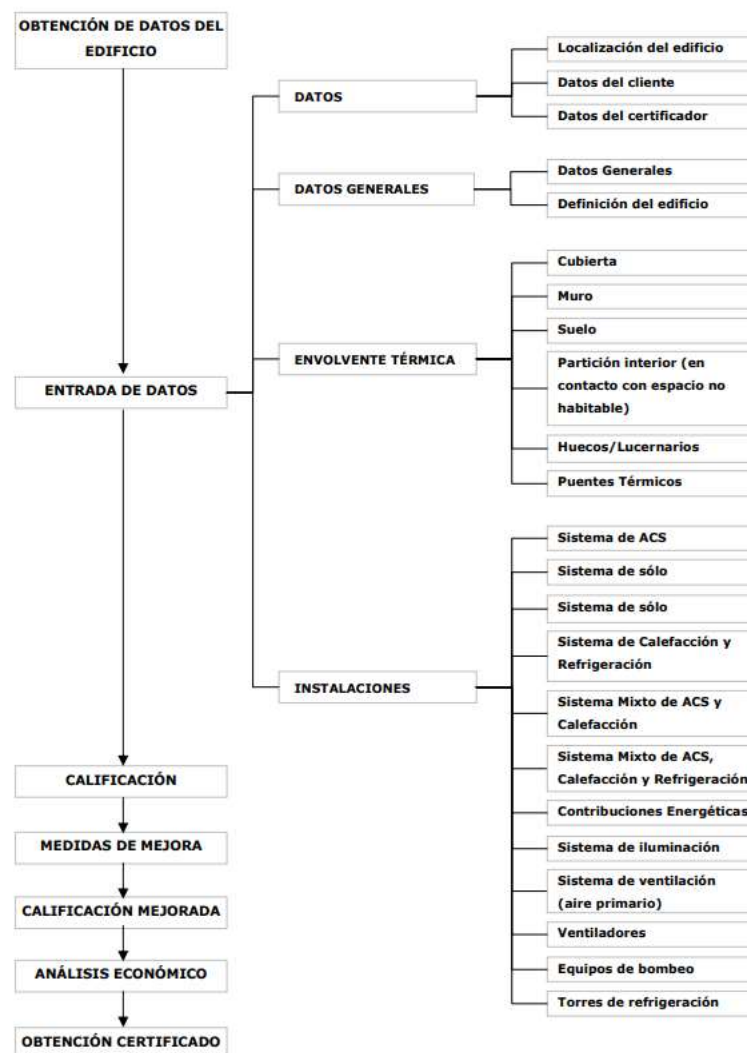


Figura 4. Estructura del procediment de certificació CE3X (Font: IDAE, 2016) {23}

8.1.1 Obtenció de dades

En primer lloc es necessari recopilar totes les dades tècniques que són bàsiques per a poder procedir amb les certificacions. En aquest cas, parlariem dels plànols del edifici, el projecte constructiu, instal·lacions o característiques tèrmiques, els quals seran aportats per la direcció del centre escolar. Si en tot cas hi hagués cap mena de dubte i es volgués comprovar in situ algunes dades, si la situació pandèmia ho permet, es podrien realitzar visites a l'edifici.

8.1.2 Introducció de dades

Una vegada disposem de tota la informació necessària procedim a la seva introducció en el programa. Com podem observar a la figura 4, totes aquestes dades estan dividides en quatre apartats ben diferenciats, els quals descriurem a continuació seguint l'ordre de l'esquema.

8.1.2.1 Dades administratives

Es tracta d'omplir un formulari on es demana informació general com per exemple la localització i identificació del edifici, dades del client i dades del certificador. Cal remarcar que aquesta informació no influeix en la qualificació final {23}.

8.1.2.2 Dades generals

Són aquelles dades imprescindibles per a obtenir la qualificació de qualsevol edifici o habitatge i que afecten directament en el resultat final. Es poden dividir en dos grups:{23}

- Dades generals: determinen els valors d'aplicació per defecte dels diferents tancaments i sistemes en funció de la normativa vigent, com seria el tipus d'edifici, perfil d'ús, normativa vigent l'any de construcció, província i zona climàtica.
- Definició de l'edifici: tracta les dades que descriuen l'edifici a certificar i que són indispensables per obtenir la seva qualificació. Ho conformen la superfície útil habitable, número de plantes habitables, ventilació del immoble, demanda diària d'ACS i massa de les particions.

8.1.2.3 Envolupant tèrmica

L'envolupant tèrmica està composta per tots els tancaments que limiten entre espais habitables i l'ambient exterior i totes les particions interiors que limiten entre espais habitables i no habitables. A continuació podem veure totes les varietats que s'hi troben:{23}

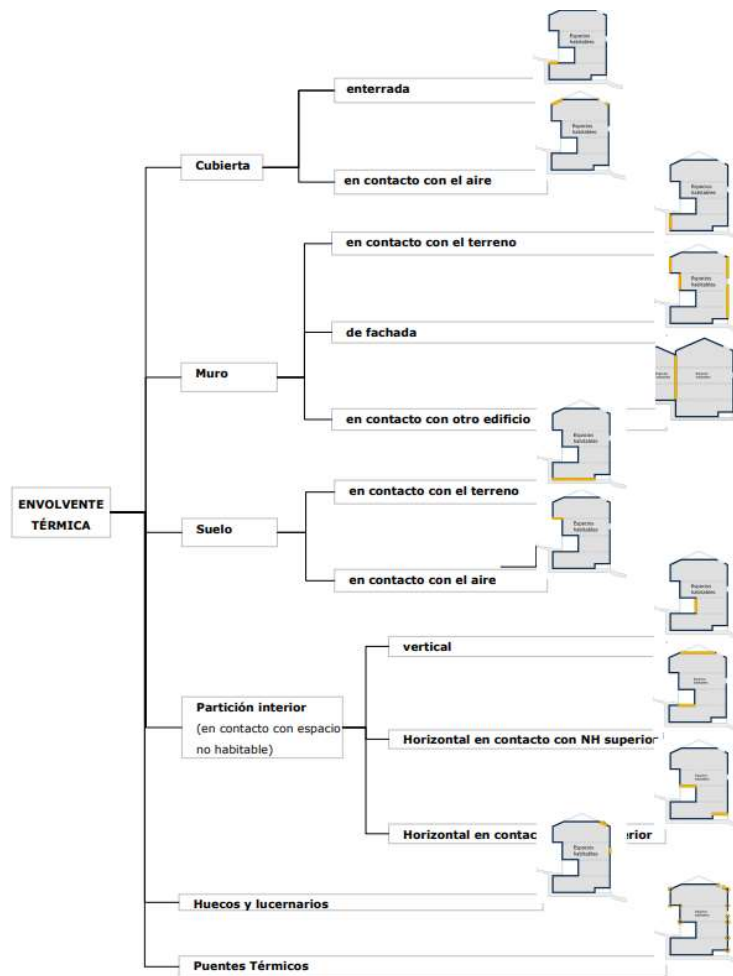


Figura 5. Organigrama dels components de la envoltant tèrmica (Font: IDAE,2016) {23}

Per obtenir la qualificació és indispensable introduir la següent informació:{23}

- Tots els tancaments que conformen l'envolupant amb la seva corresponent transmitància tèrmica, la qual es pot determinar mitjançant un valor per defecte, quan no es disposi cap dada sobre les característiques de la envoltant, un valor estimat, quan es disposi d'informació de l'envolupant que ens permeti aproximar-nos a un valor real, o un valor conegut, tret a partir d'assajos per exemple.
- La introducció d'almenys el valor d'un pont tèrmic, degut a que qualsevol edifici ha d'estar dotat d'almenys un pont tèrmic. El seu valor anirà lligat als tancaments introduïts anteriorment i es donaran per defecte.
- Les dimensions dels diferents elements que ho conformen, tenint en compte que no s'ha de descomptar la superfície de forats o lluernaris, així com l'orientació.

- El patró d'ombres és on es determina el perfil d'obstacles que afecta a la superfície i determina les pèrdues de radiació solar que experimenta degut a les ombres del voltant. S'aplica als elements que estan en contacte directe amb el sol.
- En el cas de tancaments amb contacte amb el terreny, apart de la informació descrita anteriorment, en cas d'un mur o sòl amb contacte amb el terreny, s'haurà d'especificar la profunditat de la part enterrada (en el cas del sòl fa referència a la llosa).

8.1.2.4 Instal·lacions

L'última entrada de dades es tracta de les instal·lacions. Trobem diferents tipologies que es poden introduir al programa, les quals seran valorades depenen de l'ús del edifici (residencial, petit terciari o gran terciari). A continuació podem veure una taula on es mostra la relació entre la varietat d'instal·lacions i la tipologia edificadora:{23}

	CE ³ X Residencial	CE ³ X Pequeño terciario	CE ³ X Gran Terciario
Equipo de ACS	x	x	x
Equipo de sólo calefacción	x	x	x
Equipo de sólo refrigeración	x	x	x
Equipo de calefacción y refrigeración	x	x	x
Equipo mixto de calefacción y ACS	x	x	x
Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS	x	x	x
Contribuciones energéticas	x	x	x
Equipos de iluminación		x	x
Equipos de aire primario		x	x
Ventiladores			x
Equipos de Bombeo			x
Torres de Refrigeración			x

Figura 6. Instal·lacions segons la tipologia edificatòria (Font: IDEA, 2016) {23}

S'haurà d'introduir tota la informació referent a cada instal·lació que conformi l'edifici a certificar, ja que segons l'equip s'hauran d'omplir diferents paràmetres. En el cas de no tenir cap sistema de calefacció o refrigeració o que no es cobreixi el 100% de les necessitats tèrmiques de la superfície a certificar, el programa assignarà per defecte un o varius equips.

La classificació de les instal·lacions tèrmiques (ACS, calefacció, refrigeració i mixtes) es realitzarà en funció de les característiques del equip generador. A part, és indispensable la introducció del corresponent rendiment estacional a cada sistema, obtenint-lo a través d'un valor estimat segons la instal·lació o tenint un valor conegut.{23}

8.1.3 Resultat de la qualificació energètica

Finalment s'obté el resultat de la certificació energètica, que quan més completa i detallada sigui la introducció de dades, més pròxim serà el resultat al valor real de demandes i emissions associades a l'edifici. En ell es visualitzarà l'escala de qualificació, la lletra corresponent al seu consum i dades de l'edifici com demandes i emissions de calefacció, refrigeració o ACS. A continuació podem veure un exemple de qualificació energètica al programa: {23}

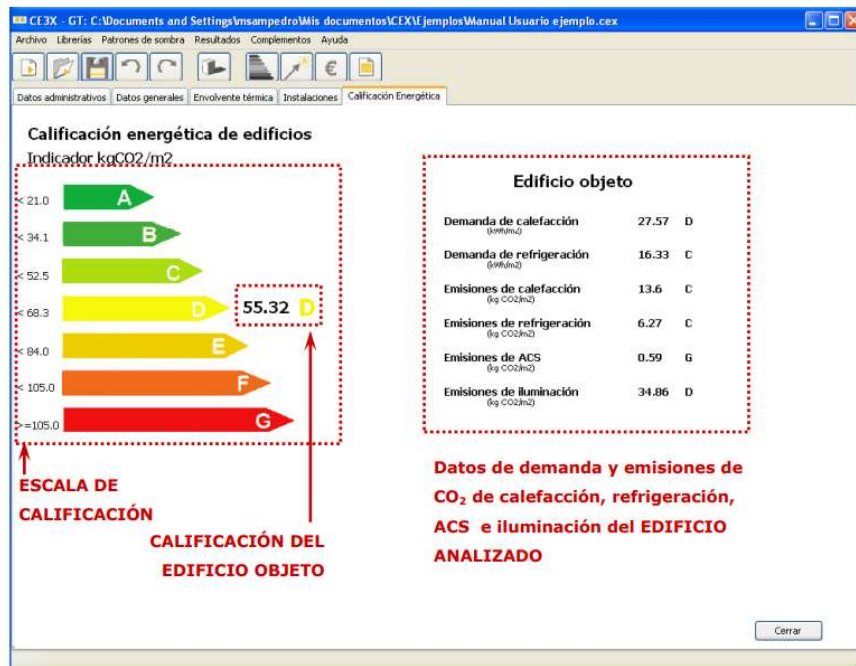


Figura 7. Exemple de qualificació energètica al programa CE3X (Font: IDEA, 2016) {23}

Finalment, amb la finalitat d'aconseguir una millora en la qualificació energètica, s'incorporaran un conjunt de millores per augmentar la seva eficiència energètica, valorant posteriorment el seu cost associat amb ajuda de factures i dades econòmiques.

8.2 Obtenció i comparació amb les dades de consum reals

Una vegada hem obtingut la certificació energètica amb el programa CE3X mitjançant els dos mètodes, els compararem amb les dades de consums reals, obtingudes a partir de l'aportació de factures energètiques dels darrers anys per part del centre escolar. Aquesta comparació ens permetrà saber quin dels dos mètodes s'ajusta més a la realitat, i extreure els punts forts i dèbils de cada certificació.

8.3 Estudi de millores d'eficiència energètica

Després d'obtenir el mètode que s'apropa més a la realitat, estudiarem l'aplicació de diverses millores per tal d'augmentar en l'eficiència energètica i s'implementaran al programa. Per tal d'escollir quines millores són més adients, es tindran en compte els costos associats, la complexitat i l'estalvi en el consum energètic. Per finalitzar, es realitzarà el pressupost d'aquelles millores que siguin seleccionades.

9. Anàlisi del cas d'estudi

Així doncs, com ja s'ha dit diverses vegades, l'edifici del qual realitzarem la certificació energètica és l'escola Sant Josep de Sant Boi de Llobregat, concretament l'edifici de secundària situat a l'Avinguda Can Carreras, 16-18, on s'imparteix l'educació secundària obligatòria i batxillerat. Aquesta institució també disposa d'estudis de primària i infantil però es troben en dos edificis diferents, ubicats a diferents carrers del mateix barri.

L'edifici en qüestió disposa de quatre plantes, sent la primera de caràcter semi subterrània i, a la vegada, on es troba l'accés principal i la direcció del col·legi. (informació de l'edifici)



Figura 8. Vista aèria del col·legi Sant Josep (Font: Google Maps, 2021) {24}

Com es pot observar a la fotografia anterior, l'exterior de l'edifici està conformat per un camp de futbol de sorra darrere de l'edifici, i una pista de bàsquet situada a l'esquerra una vegada s'entra per la porta principal exterior. Tots dos camps, juntament amb zones d'esbarjo de gespa artificial, actuen com a pati pels alumnes durant les hores pertinents.



Figura 9. Vista a peu de carrer del col·legi Sant Josep (Font: Google earth, 2021) {25}

9.1 Distribució de les plantes

A continuació anirem descrivint breument cada una de les quatre plantes que conformen el col·legi, explicant sobretot l'equipament, instal·lacions i superfícies. Per dotar d'una millor visualització, s'adjuntarà el plànol corresponent de cada planta.

9.1.1 Planta semi-soterrani

A la planta principal disposem de les instal·lacions principals com la sala de calderes o el dipòsit de gasoil. Junt a l'accés principal es troba el professorat, direcció i la secretaria. Per acabar, trobarem una sala polivalent de quasi 200 m², el gimnàs i els vestidors de nois i noies.

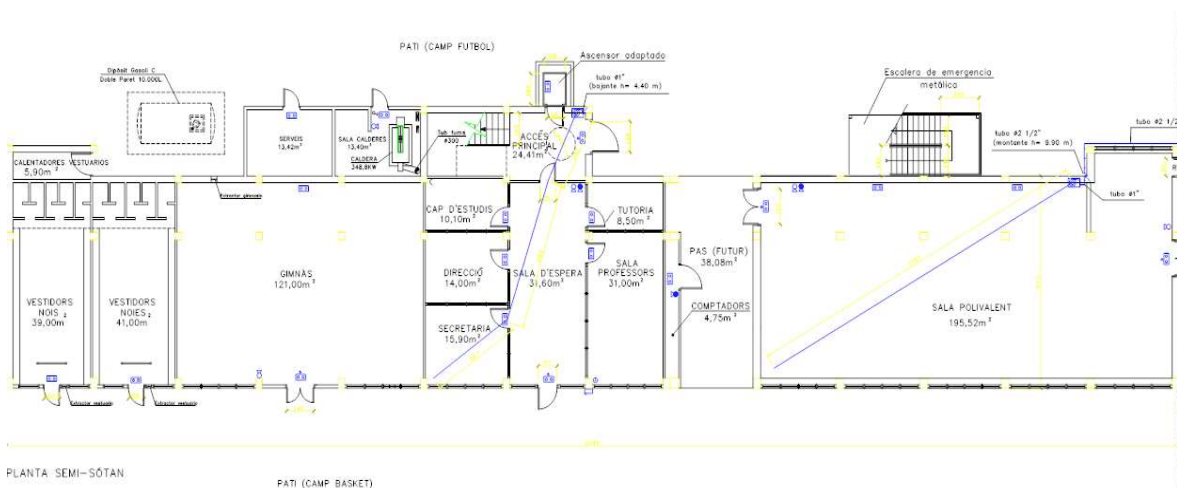


Figura 10. Plànol i superfícies PS (Font: Annex B)

9.1.2 Planta baixa

A la planta baixa trobem set aules de 60 m² cadascuna destinades a l'alumnat de la ESO amb un passadís que les comunica, i serveis de dones i homes.

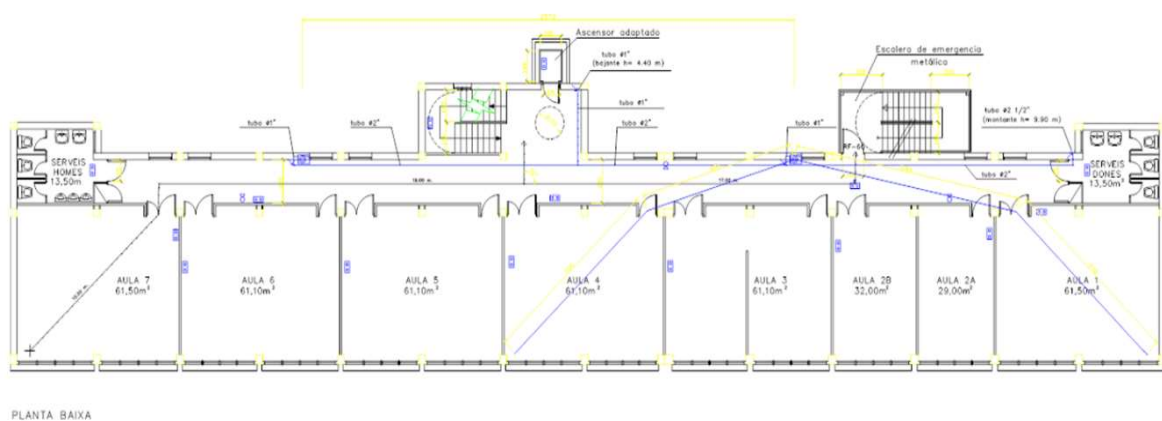


Figura 11. Plànol i superfícies PB (Font: Annex B)

9.1.3 Planta primera

Una vegada pugem a la primera planta trobarem set aules de 60 m² cadascuna destinades a l'alumnat d'últim curs de la ESO i Batxillerat. Totes elles estan comunicades mitjançant un passadís, on a cada extrem es troben els lavabos d'homes i dones.

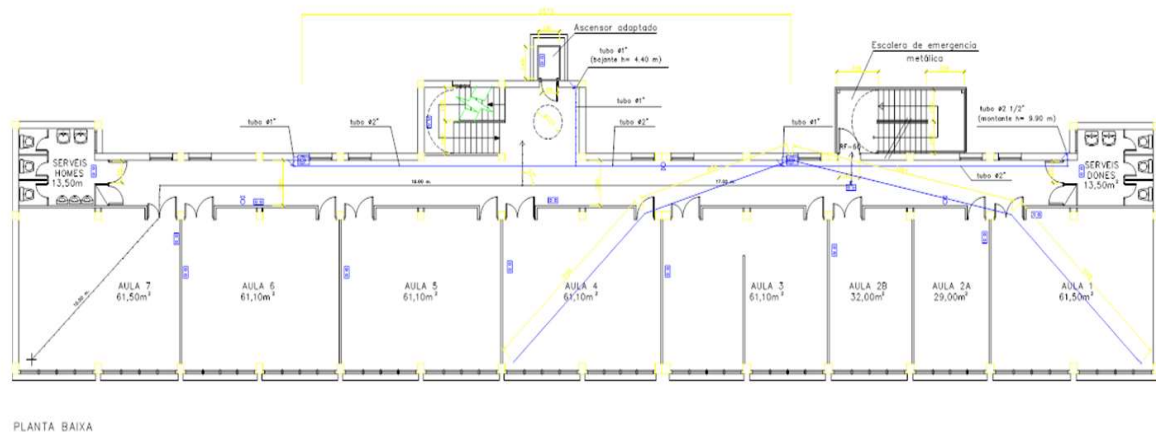


Figura 12. Plànol i superfícies P1 (Font: Annex B)

9.1.4 Planta segona

Finalment a l'última planta trobem tot l'equipament per l'alumnat, com tres laboratoris, tres seminaris i la biblioteca. A part es troben dues aules més i com a totes les plantes, a cada extrem del passadís es troben els lavabos.

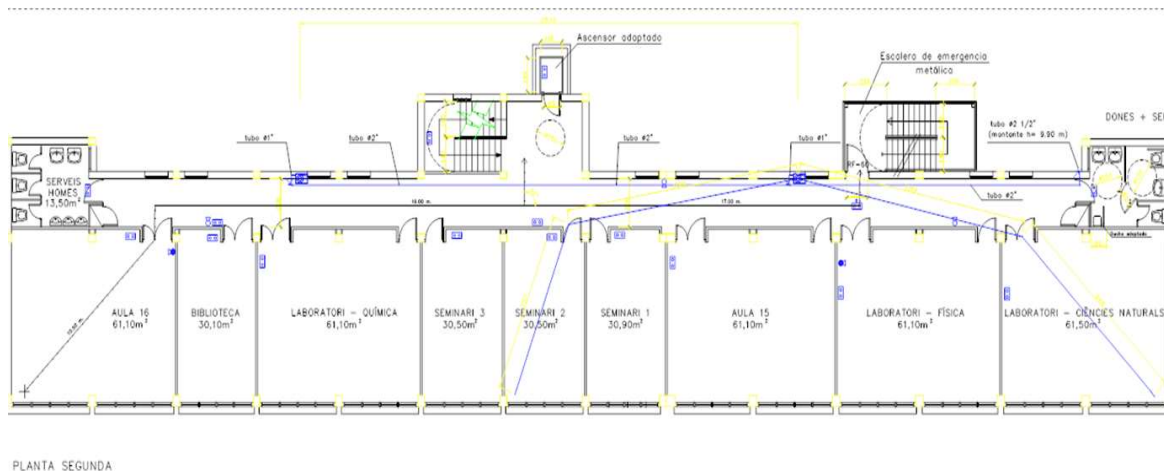


Figura 13. Plànol i superfícies P2 (Font: Annex B)

10. Certificació energètica aproximada

Seguint els passos establerts a l'apartat 8, una vegada ja hem obtingut les dades pertinents podem procedir a realitzar la primera certificació amb el software CE3X. Aquesta primera avaluació serà de caràcter simplificat o aproximat, ja que valors específics de l'edifici, com per exemple propietats tèrmiques dels materials emprats, prendran els valors predeterminats pel programa.

Una vegada hem obert el programa ens fan una primera pregunta demanant-nos la tipologia de l'edifici. Tenim tres opcions: residencial, petit terciari o gran terciari. Tenint en compte que és un col·legi descartem l'opció de residencial, però ara hem de saber si es tracta d'un petit o gran terciari. Segons el programa un petit terciari seria un petit local de carrer, en canvi, un gran terciari es tractaria d'un hospital, per tant l'opció escollida serà gran terciari.

Figura 14. Elecció de tipologia d'edifici programa CE3X (Font: pròpia)

10.1 Dades administratives

Una vegada hem clicat a l'opció de gran terciari ja podem omplir les dades administratives requerides, que com ja es va comentar anteriorment, no influiran en el resultat de la qualificació energètica. A l'hora d'identificar l'edifici s'ha hagut de buscar la referencia cadastral a la seu electrònica del cadastre, ja que no es disposava de la següent dada {26}. A les dades del client s'ha pres en consideració a la direcció de l'escola, degut a que són els proveïdors de plànols i informació necessària per realitzar el projecte i el nostre contacte amb l'escola.

Localización e identificación del edificio			
Nombre del edificio	Colegio Sant Josep		
Dirección	Avenida Can Carreras, 16-18		
Provincia/Ciudad autónoma	Barcelona	Localidad	Sant Boi de Llobregat
Referencia Catastral	8582409DF1788A0001GX	Código Postal	08830

Datos del cliente			
Nombre o razón social	Direcció Sant Josep		
Dirección	Avenida Can Carreras, 16-18		
Provincia/Ciudad autónoma	Barcelona	Localidad	Sant Boi de Llobregat
Teléfono	936300530	E-mail	direccio@santjosep.com

Datos del técnico certificador			
Nombre y Apellidos	Enric Muñoz Solé	NIF	02793035F
Razón social	Trabajo Fin de Grado	CIF	
Dirección	Avinguda Sarrià, 163 5-2		
Provincia/Ciudad autónoma	Barcelona	Localidad	Barcelona
Teléfono	689383020	E-mail	enricms@hotmail.com
Titulación habilitante según normativa vigente	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales		

Figura 15. Dades administratives (Font: Pròpia)

10.2 Dades generals

Les següents dades imprescindibles a afegir són les generals de l'edifici, que a diferència de les anteriors, si que modificaran la qualificació final. Tenint en compte que l'any de construcció de l'edifici és 1983 i que no ha patit cap remodelació significativa, la normativa vigent a aplicar serà la NBE-CT-79. La següent dada demanda és el perfil d'ús, i per determinar-lo ens haurem de fixar primer en l'horari del col·legi per saber quantes hores està obert cada dia de la setmana.



Colegio Sant Josep

Lloc web Indicacions Desa Truca

Institut (Sant Boi de Llobregat)

Adreça: Av. Can Carreras, 16-18, 08830 Sant Boi de Llobregat, Barcelona

Horari:

Horari:	dissabte	Tancat
	diumenge	Tancat
	dilluns	7:45–19:00
	dimarts	7:45–19:00
	dimecres	7:45–19:00
	dijous	7:45–19:00
	divendres	7:45–19:00

Figura 16. Horari Col·legi Sant Josep (Font: Google,2021) {24}

Observant l'horari veiem que esta obert entre setmana cada dia 11 hores i 15 minuts, estan de 17 a 19 hores obert per activitats extraescolars, serveis de neteja i manteniment i membres de direcció, per tant l'activitat al centre disminuirà dràsticament encara que estarà completament il·luminada. A l'hora de contar els dies que el centre romandrà obert a l'any, tenint en compte que és un centre educatiu i que a les vacances i els caps de setmana no hi ha alumnes, restarem als 365 dies d'any tot el mes d'agost, tres setmanes del juliol, setmana sant, tot el nadal i la resta de dissabtes i diumenges. Fent els càlculs ens surt que aproximadament l'escola estarà oberta 204 dies l'any, és a dir, 2295 hores aproximadament. Si afegim que pràcticament l'ús de l'energia és per a il·luminació, considerarem que el perfil d'ús és d'intensitat mitja de 8 hores al dia.

Procedint amb la definició de l'edifici i servint-nos del projecte constructiu, introduïrem la superfície útil habitable, que és de 2547 m², l'altura lliure de planta és la mitjana de la distància entre terra i sostre de totes les plantes, que en el nostre cas és de 2,95 metres. Com hem pogut veure a l'apartat anterior, el número de plantes habitables és de quatre i la ventilació del immoble es deixarà amb el valor preestablert, que és de 0,8 renovacions per hora.

Per realitzar la estimació de consum diari d'aigua calenta (ACS) hem partit de la base que el dipòsit d'acumulació d'aigua que té un volum de 500 litres, és suficient per abastir a tot el centre durant un dia, segons indicacions del propi centre.

Per finalitzar l'apartat ens es demanat la massa de les particions internes, la qual serà lleugera ja que seran de pladur i la seva densitat es prou baixa. Per tant el resultat final al programa ens quedaria de la següent forma:

Datos generales

Normativa vigente: NBE-CT-79 ? Año construcción: 1983

Tipo de edificio: Edificio completo Perfil de uso: Intensidad Media - 8h

Provincia/Ciudad autónoma: Barcelona Localidad: Sant Boi de Llobregat Zona climática: C2 HE-1 HE-4 III

Definición edificio

Superficie útil habitable: 2547 m²

Altura libre de planta: 2.95 m

Número de plantas habitables: 4

Ventilación del inmueble: 0.8 ren/h

Demanda diaria de ACS: 500 l/día

Masa de las particiones internas: Media

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Figura 17. Dades generals (Font: pròpia)

10.3 Envolupant tèrmica de l'edifici

En aquest apartat introduïrem totes les dades relatives als tancaments que limiten entre espais habitables i l'ambient exterior i totes les particions interiors que limitin entre espais habitables i no habitables. Degut a que estem realitzant la certificació energètica aproximada, tots els valors referents a les propietats tèrmiques, com és la transmitància tèrmica, vindran donats per defecte en el programa.

10.3.1 Cobertes

A l'hora d'afegir les cobertes el primer que ens pregunta el programa és si les cobertes són en contacte amb el aire o enterrades, i en el nostre cas, totes són de la primera opció.

Tota la coberta que disposem és en contacte amb l'aire. Trobem tres tipus de cobertes segons el material i la inclinació. La coberta principal de l'edifici és inclinada per una coberta de teula a quatre aigües. La coberta sobre surt amb uns ràfecs de la planta útil de l'edifici uns 60cm. El segon tipus és una coberta plana cobreix la part de l'accés principal, l'escaleres i l'ascensor adaptat i uns petits triangles que es troben a ambdós costats a las parts que sobresurten de la planta rectangular. Ja per finalitzar, a la planta principal trobaríem una coberta plana específica per l'edifici adjunt on es troba la caldera, el dipòsit de gasoil i uns serveis. A continuació s'adjunta una taula per resumir la informació anterior i una fotografia per apreciar els diferents tipus de cobertes:

Nom i color	Superfície	Inclinada/plana
Coberta principal (negre)	779,46	Inclinada
Escales i ascensor (vermell)	37,71	Plana
Instal·lacions i serveis (blau)	49,12	Plana

Taula 2. Diferents tipus de cobertes

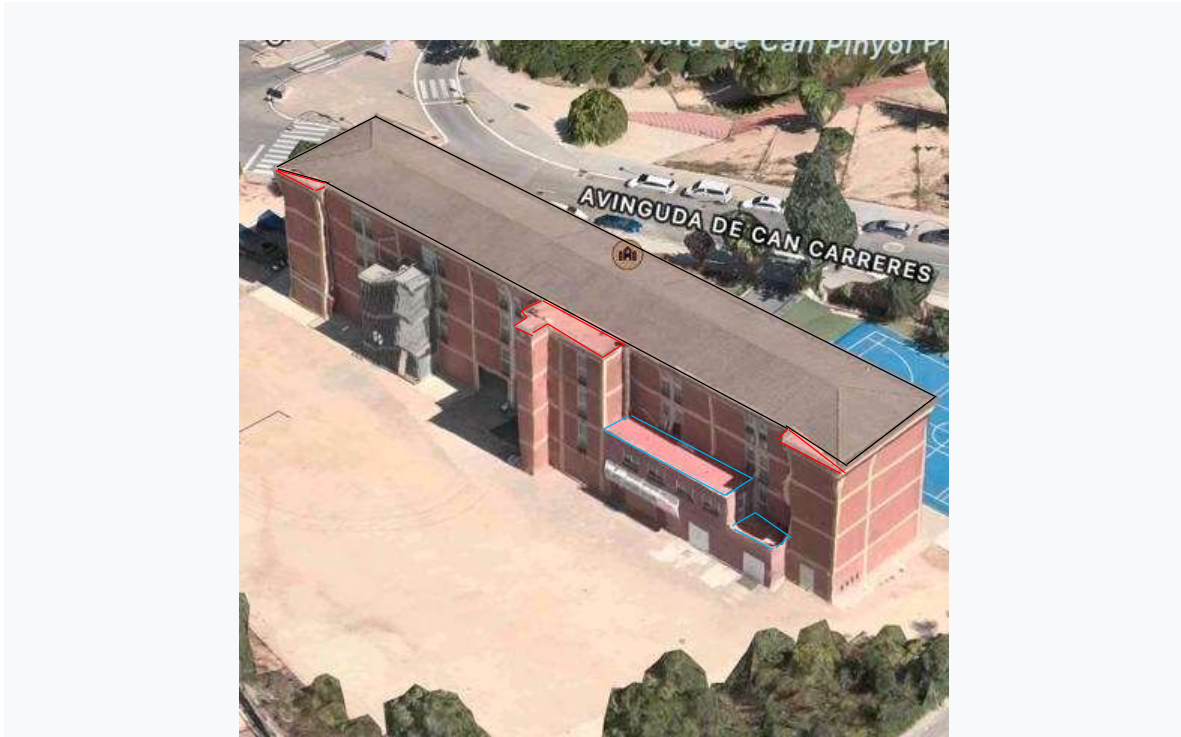


Figura 18. Diferents tipus de cobertes (Font: Google Maps) {24}

10.3.2 Murs

El següent element a introduir en el programa són els murs, els quals trobem de tres tipus: en contacte amb el terreny, de façana i mitgera, sent la segona opció la única tipologia que introduïrem al programa, degut a que hi ha cap mur en contacte amb el terreny ni cap mitgera, ja que són els murs que separen edificis entre sí i en el nostre cas no s'hi troben.

Apart de les superfícies, un altre condició que ens pregunten en el cas de les façanes és l'orientació, que ens farem servir de les seves indicacions per escollir quina opció triar.

Seleccione la orientación asimilada.	
Norte:	[-22.5° a +22.5°)
NE:	[+22.5° a +60°)
Este:	[+60° a +111°)
SE:	[+111° a +162°)
Sur:	[+162° a -162°)
SO:	[-162 a -111°)
Oeste:	[-111° a -60°)
NO:	[-60° a -22.5°)

Figura 19. Possibles orientacions de façanes (Font: Pròpia)

Seguint aquest principi, la metodologia a seguir serà primer trobar l'orientació de la façana principal fent-nos servir d'un transportador d'angles i una imatge satèl·lit de l'edifici. Les altres façanes no portaran gaire complicació, ja que al tractar-se d'un edifici de planta rectangular només haurem d'anar sumant o restant 90° . Per tant en primer lloc hem de definir l'orientació de la façana principal fent-nos servir de l'aplicació Google Maps i un transportador d'angles. Com podem veure a la imatge ens marca 18° , però aquests s'hauran de restar a 180 ja que la façana està orientada cap al quart quadrant per tant, la façana principal es troba en direcció sud.

Transportador

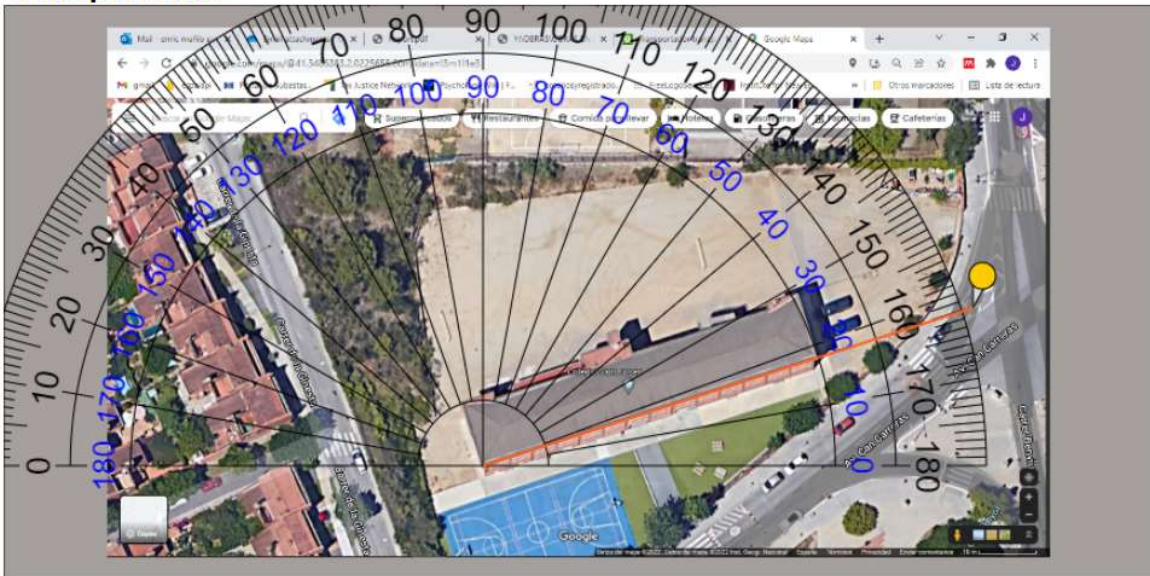


Figura 20. Orientació de la façana principal (Font: Ginifab.com, 2021) {39}

A continuació observarem una sèrie de fotografies via satèl·lit de totes les façanes i murs del col·legi:



Figura 21. Façanes principal i oest (Font: pròpia)



Figura 22. Façanes de la part del darrere de l'edifici (Font: pròpia)



Figura 23. Murs del passadís (Font: pròpia)

A partir d'aquí, les altres façanes són extretes amb facilitat, quedant totes reflectides a la següent taula:

Nom	Orientació	Superfície
Façana oest	Oest	144,46
Façana accés autocars	Est	140
Façana principal	Sud	399,38
Façana serveis	Nord	115,47
Façana est serveis	Est	11,47
Façana oest serveis	Oest	14,84
Façana camp de futbol	Nord	504,78
Façana est recepció	Est	59,4
Façana oest recepció	Oest	38,77
Façana sala de calderes	Nord	131,5
Façana oest sala de calderes	Oest	19,45
Mur est passadís	Est	20,62
Mur oest passadís	Oest	23,68

Taula 3. Façanes i murs del col·legi

10.3.3 Patrons d'ombra

El patró d'ombres permet definir l'ombra reflectida per part d'altres objectes sobre el nostre edifici, sent aquests d'edificis de l'entorn, o bé elements del propi col·legi. Aquest procediment es té en compte ja que depenen de la radiació solar captada pels elements que constitueixen el conjunt de l'edifici, variarà la quantitat de calor necessària per escalfar les estàncies interiors, i per tant, modificarà la qualificació energètica final.

En el nostre cas, no hi ha cap edifici confrontant al col·legi i les edificacions més properes es troben a més de 30 metres, és a dir, no hi ha cap construcció que reflecteixi ombra sobre cap element del propi col·legi. La pròpia ombra que es presenta en cada façana, coberta o finestra és de la pròpia rotació del sol, cosa que el programa ja ho té en compte a l'hora d'introduir la orientació dels elements constituents.

Ara bé, fixant-nos en la imatge via satèl·lit podem observar que la part que correspon a les escales i l'ascensor, transmeten la seva pròpia ombra sobre la coberta de les instal·lacions, sala de calderes i serveis. D'igual forma, les escales metàl·liques que es troben annexionades a la part posterior també és un element a tenir en compte, ja que reflecteixen la seva ombra cap a la façana oest dels serveis.



Figura 24. Patrons d'ombra aplicats (Font: pròpia)

Una vegada ja hem decidit a on aplicarem el patró d'ombres, dins del programa CE3X entrem a la opció de crear un patró d'ombres. Una vegada fet això, podem observar que tenim dues opcions a l'hora d'introduir un obstacle: el primer seria introduint tots els angles que formen les direccions demanades, que són: distància amb l'obstacle, distàncies dreta i esquerra, elevació i orientació de la façana o coberta on apliquem el patró. Aquesta opció no serà la escollida, ja que no es disposa de la següent informació i l'aproximació no seria del tot correcte.

Patrones de sombra

Nombre del patrón de sombras Crear nuevo

Patrones de sombra definidos

Trayectoria solar para la Península Ibérica y Baleares

Elevación β (°)

Admut α (°)

Definir polígonos

α 1	<input type="text"/>	β 1	<input type="text"/>	<input type="button" value="Añadir"/> <input type="button" value="Modificar"/> <input type="button" value="Borrar"/>
α 2	<input type="text"/>	β 2	<input type="text"/>	
α 3	<input type="text"/>	β 3	<input type="text"/>	
α 4	<input type="text"/>	β 4	<input type="text"/>	

Introducción simplificada

α 1	β 1	α 2	β 2	α 3	β 3	α 4	β 4
------------	-----------	------------	-----------	------------	-----------	------------	-----------

Sitúese en el centro del elemento sombreado mirando al sur; Ángulos al este negativos

Figura 25. Pantalla d'introducció d'un patró d'ombres (Font: pròpia)

La segona opció és introduir l'obstacle de manera simplificada fent que és de dimensions rectangulars. Aquesta opció s'adequa a les nostres necessitats, ja que tant les escales metàl·liques com la part de l'edifici que correspon a les escales interiors i l'ascensor, són rectangulars.

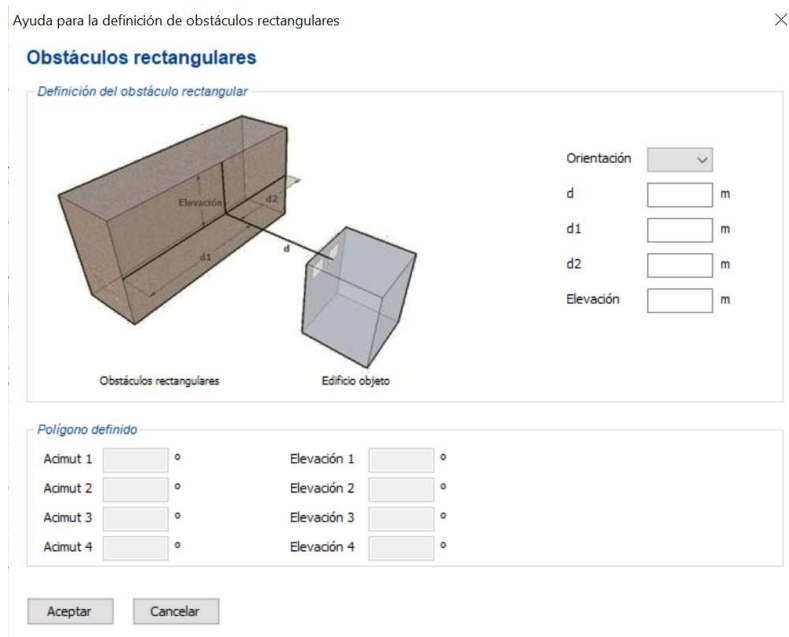


Figura 26. Pantalla d'introducció d'obstacles rectangulars (Font: pròpia)

Per tant, una vegada hem escollit aquesta opció introduïm les dades abans mencionades per cada patró i automàticament el programa ens calcula els angles de les direccions, quedant el resultat de la següent manera:

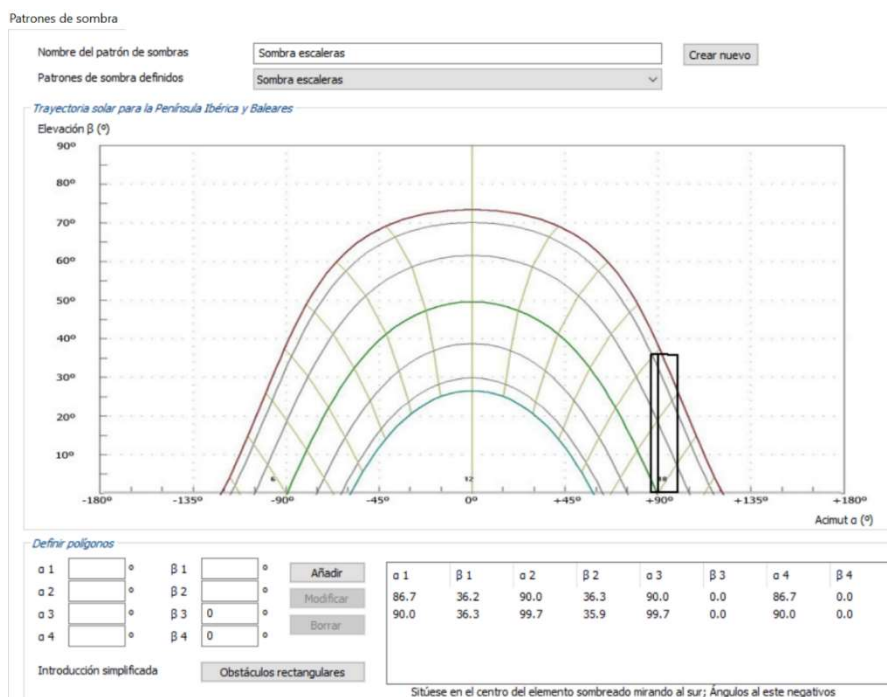


Figura 27. Resultat final d'un patró d'ombra (Font: pròpia)

10.3.3 Sòl

El sòl, segons el programa, pot ser en contacte amb l'aire exterior o en contacte amb el terreny. En el cas de l'edifici del col·legi Sant Josep la planta baixa és l'única en contacte amb el terreny, sent la seva superfície de 569,5 m² i una profunditat menor o igual que 0,5 metres.

Això si, la planta principal presenta un pas inferior que connecta la zona del camp de bàsquet i zones amb gespa artificial, amb el pati posterior o camp de futbol de sorra. Per tant, aquest pas inferior presentarà un sostre que serà a la vegada el sòl de la primera planta, estant en contacte amb l'aire exterior i sent la seva superfície de 38,08 m².



Figura 28. Sòl en contacte amb l'aire (Font: pròpia)

10.3.4 Particions interiors

Les particions interiors són aquells elements que separen espais habitables d'espais no habitables en contacte amb l'exterior, o entre espais de diferent ús. En el nostre cas, no es disposa de cada cap partició interna i per tant no es farà servir en el programa.

10.3.5 Buits/Claraboies

En el següent apartat s'han d'introduir els elements que protegeixen d'espais buits com són portes o finestres, al igual que també claraboies, però en el nostre cas no es presenta com un element constructiu a l'edifici. Cada buit haurà d'estar associat a un tancament i a una orientació, amb la seva corresponent dimensió i paràmetres característiques com tipus de vidre o permeabilitat del buit.

A l'edifici del col·legi Sant Josep l'estructura és de formigó amb una retícula de pilars cada 4,6 metres a la seva longitud, ocupant les finestres de marc metàl·lic de les aules tot l'ample de l'obertura entre pilars a les tres plantes d'altura. Per tant el principal buit que trobarem seran finestres que ocuparan pràcticament la totalitat de la façana principal. A les façanes laterals no trobem quasi espais buits a excepció d'una porta metàl·lica corredora a la façana est, i a la part posterior trobem finestres d'una mida considerablement inferior, ja que estan instal·lades als passadissos de cada planta, sent el marc de PVC i d'un gruix de vidre menor. A continuació veiem una taula amb el resum de tots els buits introduïts al programa i les seves característiques:

Tancament associat	Modalitat i nom	Superfície (m ²)	Tipus de marc	Tipus de vidre
Façana principal	Finestres classes	357	Metàl·lic amb RPT	Doble (doble finestra)
Façana principal	Porta principal	11	Metàl·lic amb RPT	Simple
Façana principal	Portes vestuaris	3,5	Metàl·lic amb RPT	-
Façana principal	Porta gimnàs	3,07	Metàl·lic sense RPT	-
Façana accés autocars	Porta sala polivalent	4,46	Metàl·lic sense RPT	-
Façana est serveis	Finestres de lavabos	2,1	PVC	Doble
Façana camp de futbol	Finestres passadissos	54	PVC	Doble
Façana sala de calderes	Finestres d'instal·lacions	6	Metàl·lic sense RPT	Simple
Façana est recepció	Porta recepció	3,07	Metàl·lic amb RPT	Doble
Façana sala de calderes	Porta instal·lacions	11,83	Metàl·lic sense RPT	-
Façana serveis	Porta calentadors	3,07	Metàl·lic sense RPT	-
Façana oest serveis	Finestres de lavabos	2,1	PVC	Doble
Façana camp de futbol	Portes escales metàl·liques	5,26	Metàl·lic amb RPT	-
Façana oest sala de calderes	Finestra	0,66	PVC	Doble
Mur passadís est	Porta comptadors	6,13	Metàl·lic sense RPT	-
Mur passadís oest	Porta sala polivalent interior	3,07	Metàl·lic sense RPT	-

Taula 4. Portes i finestres del col·legi

10.3.6 Ponts tèrmics

Els ponts tèrmics són aquells punts de la façana o del teulat on es transmet més fàcilment el calor que a la resta de la superfície. Això pot ser degut a que estan construïts d'un material més conductor o perquè aquests punts estan en contacte a la vegada amb l'aire exterior i de dins. Els típics llocs on pot succeir a un edifici són als marcs de les finestres si són d'alumini o de ferro sense ruptura de pont tèrmic, els pilars embeguts en un mur en contacte amb l'exterior o al sòl de l'habitatge a la zona propera a la façana exterior si el cant de forjat travessa la façana. {30}

Al programa els podem introduir o definir per nosaltres mateixos o per defecte, i degut a que no posseïm massa informació al projecte constructiu, ens decantarem per la segona opció. En ella tenim la possibilitat d'escollir múltiples casos on hi ha possibilitat de patir pont tèrmic, com als exemples anteriors.



Figura 29. Plànol de la façana (Font: Annex A)

Fixant-nos en el plànol estructural de la façana de l'edifici i tenint en compte la informació anteriorment dita podem extreure el següent resultat:

Puente térmico por defecto

Definir puentes térmicos por defecto

- Pilar integrado en fachada
- Pilar en esquina
- Contorno de hueco
- Caja de persiana
- Encuentro de fachada con forjado
- Encuentro de fachada con cubierta
- Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire
- Encuentro de fachada con solera

Figura 30. Ponts tèrmics definits a CE3X (Font: Pròpia)

10.4 Instal·lacions

Una vegada hem introduït tots els elements que conformen el nostre edifici, ens centrarem amb les instal·lacions. En aquest apartat ha sigut vital la informació aportada pel projecte d'activitats, aportant-nos totes les característiques tècniques de la caldera i de tot el seu circuit. En el cas de la il·luminació i la refrigeració, el projecte d'activitats no recull informació rellevant, igualment gràcies a visites realitzades al centre així com a documentació aportada per la direcció de l'escola, s'ha pogut completar l'apartat.

10.4.1 Equip mixt de calefacció i ACS

Al col·legi Sant Josep existeix una instal·lació de calefacció formada per una caldera, un cremador de gasoil i un circuit hidràulic format per un sistema de distribució ascendent i un retorn descendent, acompanyat per tots els elements necessaris per a la seva regulació i control. A cada aula i dependència es troben els diferents radiadors amb els elements necessaris per garantir les necessitats calorífiques, i segons el projecte d'activitats, l'equip de producció de calor és d'una classe registrada pel Ministeri d'Indústria i Energia. Aquesta instal·lació també serveix per dotar al col·legi d'aigua calenta a totes les aixetes dels serveis de cada planta i sobretot, a les dutxes dels vestuaris situats a la planta baixa.

Centrant-nos en la caldera podem observar que es tracta d'un model estàndard, sent el gasoil tipus C el seu combustible, el qual es troba a un dipòsit de 10.000 litres situat a les proximitats de la sala de calderes, junt als serveis. El fabricant és Roca, amb una potencia nominal de 393,7 Kw i una potència útil del 88,6%. La homologació de dispositiu data de l'any 1987 igualment, segons em va comentar la direcció del centre, fa poc es va realitzar un anàlisi de gasos verificant-se que el rendiment actual de la caldera està molt a prop del nominal, la qual cosa indica que el manteniment que s'està fent de la caldera és l'adequat i de qualitat.

Equipo mixto de calefacción y ACS

Nombre Zona

Características

Tipo de generador

Tipo de combustible

Demanda cubierta

	ACS	Calefacción
Superficie (m2)	<input type="text" value="2547.0"/>	<input type="text" value="2547.0"/>
Porcentaje (%)	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/>

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional

Potencia nominal kW

Carga media real

Rendimiento de combustión %

Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción) %

Con Acumulación

Figura 31. Equip mixt de calefacció i ACS (Font: pròpia)

10.4.2 Equip d'il·luminació

Com ja hem comentat anteriorment, el projecte d'activitats no recull informació tècnica sobre la il·luminació de l'edifici. Igualment a partir de visites realitzades al centre es va comprovar que es tractaven de fluorescents del tipus lineal, optant pel de 26 mm, amb una luminància mitja horitzontal de 500 lux, que és el valor que ve per defecte al programa.

Equipos de iluminación

Nombre	iluminación	Zona	Edificio Objeto
Características			
Superficie zona	2547.0 m2	<input checked="" type="radio"/> Sin control de la iluminación <input type="radio"/> Con control de la iluminación	
Eficiencia energética			
<input type="checkbox"/> Zona de representación	Actividad	Aulas y laboratorios	
Definir características	Estimado		
Tipo de equipo	Fluorescencia lineal de 26 mm		
Iluminancia media horizontal	500 lux		

Figura 32. Equip d'il·luminació (Font: pròpia)

10.4.3 Equip de refrigeració

En aquest apartat no es disposa de gaire informació tècnica, ja que segons el projecte d'activitats, el centre no disposa d'instal·lació d'aire condicionat, però una vegada realitzada la visita al centre, vaig verificar que si en disposava però només a la planta baixa, a la zona de direcció, sala de professors i secretaria, formant un total de 79,47 m². El tipus de generador és una màquina frigorífica que s'alimenta d'electricitat, amb una antiguitat posterior al 2013, i suposarem que la característica de la bomba de calor és aire-aire.

Equipo de sólo refrigeración

Nombre	refrigeración	Zona	Edificio Objeto
Características		Demanda cubierta	
Tipo de generador	Máquina frigorífica	Superficie (m2)	79.47
Tipo de combustible	Electricidad	Porcentaje (%)	3.12
Rendimiento medio estacional			
Rendimiento estacional	Estimado según Instalación	Rendimiento medio estacional	219.7 %
Antigüedad del equipo	Posterior a 2013	<input type="checkbox"/> ¿Existen varios generadores escalonados?	
Rendimiento nominal	250.0 %		
Características bomba de calor	Aire-Aire		

Figura 33. Equip de refrigeració (Font: pròpia)

10.5 Resultat Certificació aproximada

Un cop hem introduït totes les dades al programa ja podem procedir a generar l'informe del projecte, el qual es troba de forma completa als annexos, per saber quin és el resultat de la qualificació energètica de l'edifici i poder saber quina és la seva corresponent etiqueta energètica. A continuació veurem els resultats més importants:

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	30.0 D	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]</i>	G	<i>Emisiones ACS [kgCO2/m² año]</i>	F
20.77	1.46				
<i>Emisiones globales [kgCO2/m² año]</i>		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		<i>Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]</i>	A	<i>Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]</i>	A
1.48	6.31				

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO2/m² año	kgCO2/año
<i>Emisiones CO2 por consumo eléctrico</i>	7.79	19837.78
<i>Emisiones CO2 por otros combustibles</i>	22.23	56621.55

Figura 34. Resultat d'emissions a la certificació aproximada (Font: Annex C)

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	130.3 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>	G	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>	D
78.72	5.55				
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i>		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>	A	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>	A
8.74	37.24				

Figura 35. Resultat de consums a la certificació aproximada (Font: Annex C)

A l'apartat d'emissions de diòxid de carboni veiem que el resultat és de 30 kg de CO2 per m² l'any, que és correspon amb una etiqueta D. En aquest cas, veiem que són la calefacció i l'ACS els indicadors parcials amb pitjor etiqueta, degut a que provenen de la crema del gasoil, combustible que produeix un 25% més d'emissions de CO2 que el gas natural [32].

Si ens fixem ara en els consums globals d'energia primària no renovable, veurem que a l'edifici li correspon una etiqueta de C, amb un consum de 130.3 kWh per m² l'any. En aquest apartat la calefacció i el consum d'ACS tornen a ser els pitjors parats, amb unes

etiquetes de G i D respectivament. El major contribuent energètic al col·legi és la calefacció, seguidament ve la il·luminació amb la etiqueta més eficient que hi ha (A), contribuint juntament amb un 89% del consum global. A una menor escala, trobem la refrigeració, degut a que s'utilitza pocs mesos a l'any i està present només a la zona de professors, i el consum d'ACS, que és prou baix (500 litres) degut a que el col·legi no disposa de gaires equips d'esport extraescolars, i per tant, fora de l'horari escolar no s'utilitza suficient.

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

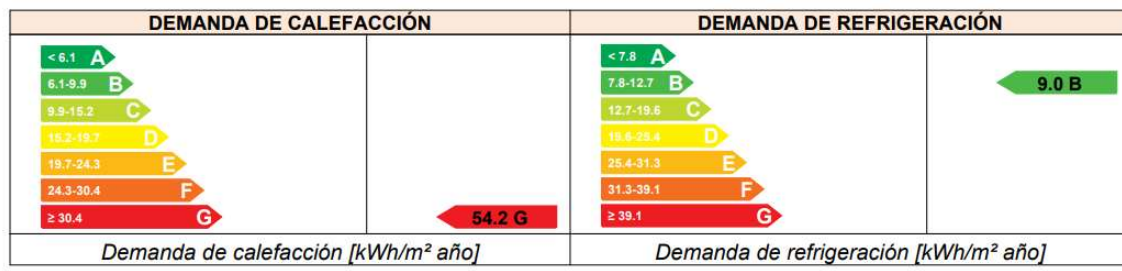


Figura 36. Demandes energètiques a la certificació aproximada (Font: Annex C)

En aquest darrer apartat veiem que per mantenir unes condicions de confort a dins de l'edifici, la calefacció té molt major pes que no la refrigeració, i és per això que a l'apartat de consums la calefacció es troba com al major indicador parcial.

Una vegada hem vist tots els indicadors, podem dir que són uns bons resultats, ja que l'edifici és lluny de considerar-se poc eficient. Igualment, encara hi ha molt marge per poder implantar millores i poder així millorar la seva etiqueta energètica, les quals aniran enfocades cap a la calefacció i l'ACS que són els apartats amb més poca eficiència. També cal dir, que en aquesta certificació s'han introduït totes les dades tècniques per defecte, i per tant encara no sabem si aquests resultats s'aproximen o no a la realitat, cosa que veurem en els pròxims apartats.

11. Certificació energètica exhaustiva

Un cop hem realitzat la certificació aproximada, passem a realitzar la més exhaustiva. En aquest cas, els passos a seguir són els mateixos que a la certificació aproximada però ara introduïrem els materials constructius emprats a murs, façanes i cobertes, en lloc d'utilitzar els valors per defecte que ens donava el programa. Per tant, els apartats d'introducció de dades generals i administratives es conserven d'igual forma, passant directament al tema d'envolupant tèrmica de l'edifici.

11.1 Envolupant tèrmica

Com hem comentat anteriorment, és en aquest apartat on variarà el resultat final de la certificació, degut a que incorporarem al programa els materials emprats a la construcció de l'edifici. Aquesta informació serà extreta del projecte d'activitats, i si en algun tancament no es disposa de la informació requerida, s'hauran de realitzar algunes suposicions a partir de visites realitzades al centre i material fotogràfic extret.

11.1.1 Cobertes

Com hem pogut observar durant l'anterior certificació, el col·legi disposa de tres cobertes. La coberta principal és a quatre aigües i no és transitable, i està formada per un forjat reticular, envans conillers per donar pendent i teula. Aquesta és la única informació que disposem de la coberta principal, però ens farem servir de la Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatge de la Generalitat de Catalunya del 2010 {33}, per acabar de completar tota la tipologia constructiva.

En aquest cas, la única tipologia de coberta inclinada que està formada exteriorment per teula és la següent:

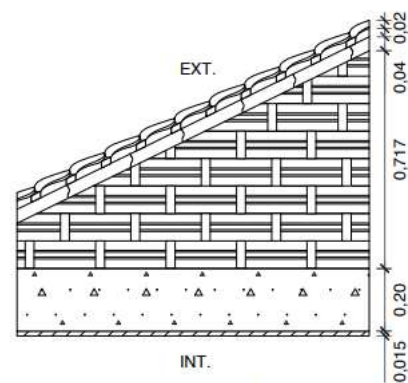
Tipologia constructiva cobertes:

Coberta inclinada

- Teula
- Morter
- Maó foradat
- Cambra d'aire lleugerament ventilada
- Forjat ceràmic (senzill o doble)
- Guix

Transmitància estimada

U(W/m²K): 1,65



C03 Coberta inclinada NRE-AT-87

Figura 37. Esquema constructiu de la coberta principal (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}

Un cop ja sabem els materials i els espessors que componen la nostra coberta principal, els introduïrem al programa entrant a l'apartat *Librerías* i després a *Cerramientos*.

Un cop allà, anomenarem els diferents tipus de tancaments creats, amb els seus corresponents tipus de material, quedant de la següent forma:

Librería de cerramientos

Nombre

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	C_p (J/kgK)
Teja de arcilla cocida	Cerámicos	0.02	0.02	1	2000	800
Mortero de yeso	Morteros	0.05	0.04	0.8	1500	1000
Tabicón de LH triple [...]	Fábricas de ladrillo	1.679	0.717	0.427	920	1000
Cámara de aire ligera...	Cámaras de aire	0.09	-	-	-	-
Cámara de aire ligera...	Cámaras de aire	0.09	-	-	-	-
Yeso, dureza media 6...	Yesos	0.05	0.015	0.3	750	1000

$R1+...+Rn$

1.98 m2K/W

Figura 38. Introducció característiques coberta principal (Font: pròpia)

Una vegada ja hem catalogat la coberta principal, ens anem a estudiar la coberta de les escales i l'ascensor, la qual és plana, amb acabats de rajola i transitable per a les persones de manteniment. Amb aquestes característiques, a la guia trobem dues cobertes que comparteixen aquestes mateixes especificacions però amb la diferència de si disposa o no de cambra d'aire. En aquest cas, el projecte d'activitats no especifica si té o no cambra

d'aire, per tant ho introduïrem al programa com si no en tingués, ja que la seva estructura constructiva és més simple, com podem veure a continuació:

Tipologia constructiva cobertes:
Coberta plana transitable sense cambra
 Rajola
 Morter
 Làmina impermeabilització
 Morter
 Formigó alleugerit
 Barrera de vapor
 Forjat ceràmic (senzill o doble)
 Guix

Transmitància estimada
 $U(W/m^2K): 1,42$

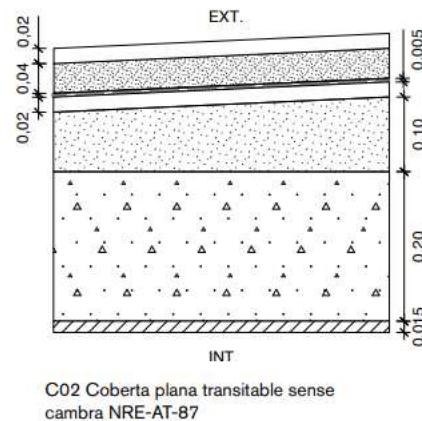


Figura 39. Esquema constructiu d'una coberta plana transitable sense cambra (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}

Ara que ja sabem la seva tipologia constructiva, la introduïrem al programa de la següent manera:

Libreria de cerramientos

Nombre:

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Azulejo cerámico	Cerámicos	0.015	0.02	1.3	2300	840
Mortero de yeso	Morteros	0.05	0.04	0.8	1500	1000
Betún fieltro o lámina	Bituminosos	0.022	0.005	0.23	1100	1000
Mortero de yeso	Morteros	0.025	0.02	0.8	1500	1000
Hormigón con áridos li...	Hormigones	0.087	0.1	1.15	1700	1000
Betún fieltro o lámina	Bituminosos	0.87	0.2	0.23	1100	1000
Yeso, dureza media 6...	Yesos	0.05	0.015	0.3	750	1000

$R1 + \dots + Rn$
 1.12 m²K/W

Figura 40. Introducció característiques coberta escales i ascensor (Font: pròpia)

En últim lloc trobem la coberta d'instal·lacions i serveis, que és de tipologia plana i no transitable, amb un acabat exterior de làmina impermeabilitzada. Si ens fixem a la guia, l'esquema constructiu és el següent:

Tipologia constructiva cobertes:

Coberta plana no transitable

Làmina impermeabilització

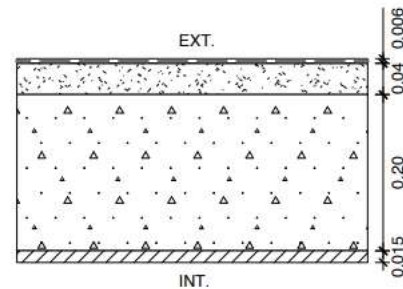
Formigó cel·lular

Forjat ceràmic (H = 20 cm)

Guix

Transmitància estimada

U(W/m²K): 1,61



C01 Coberta plana no transitable

Figura 41. Esquema constructiu d'una coberta plana no transitable (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}

Per finalitzar l'hem d'introduir al programa per tal de crear el tancament característic de la coberta.

Libreria de cerramientos

Nombre:

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m³)	Cp (J/kgK)
Betún fieltro o lámina	Bituminosos	0.026	0.006	0.23	1100	1000
Hormigón celular cura...	Hormigones	0.333	0.04	0.12	400	1000
FU Entrevigado cerá...	Forjados unidireccion...	0.22	0.2	0.908	1220	1000
Yeso, dureza media 6...	Yesos	0.05	0.015	0.3	750	1000

$R_1 + \dots + R_n$
0.63 m²K/W

Figura 42. Introducció característiques coberta d'instal·lacions (Font: pròpia)

11.1.2 Murs

Si ens fixem ara en les façanes, totes les façanes perimetrals que s'han introduït al programa comparteixen la mateixa tipologia constructiva. Segons el projecte d'activitats, les parets de tancament perimetral, estan fabricades de maó ceràmic massís de 30 cm de gruix i sense aïllament, amb revestiment enguixat en la cara exposada. Fixant-nos ara en la Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatge, trobem una tipologia constructiva de façana que és idèntica al nostre cas:

Tipologia constructiva façanes:

Maó massís 29 cm

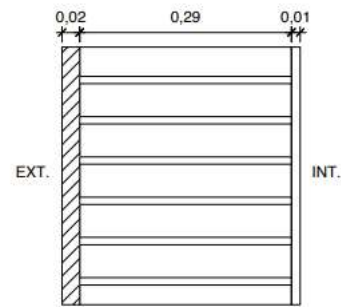
Arrebossat morter ciment

Maó massís 29 cm

Enguixat

Transmitància estimada

U(W/m²K): 1,82



C02 Fàbrica maó massís 29

Figura 43. Esquema constructiu de les façanes (Font: Institut Cerdà, 2010) {33}

El segon pas a realitzar és crear aquest nou tancament per tal de referenciar-lo a cada façana creada i variar així la seva transmitància tèrmica.

Librería de cerramientos

Nombre

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	C_p (J/kgK)
Mortero de cemento ...	Morteros	0.036	0.02	0.55	1125	1000
BC con mortero conv...	Fábricas de bloque c...	0.689	0.29	0.421	1080	1000
Yeso, dureza media 6...	Yesos	0.033	0.01	0.3	750	1000

$R1+...+Rn$

0.76 m2K/W

Figura 44. Introducció característiques façanes (Font: pròpia)

Per la part dels murs que formen el pas inferior, la seva tipologia constructiva és diferent, amb uns acabats exteriors de rajoles ceràmiques els quals no trobem de cap semblant a la Guia de la renovació energètica. Això, unit a que al projecte d'activitats no es troba cap informació que en parli sobre la estructura, hem decidit deixar els murs est i oest del passadís per defecte del programa.

11.1.3 Sòl

Com ja vàrem introduir a la darrera certificació, el col·legi disposa de dos tipus de sòl. El majoritari és en contacte amb el terreny que proporciona els fonaments de tota la estructura. Al programa CE3X, a l'hora d'introduir les propietats tèrmiques estimades se'ns demana el perímetre, el qual serà extret a partir del plànol de la planta semi-soterrani. A la vegada també ens demana si conté o no aïllament tèrmic, cosa que ho deixarem com si no en tingués ja que no disposem de la informació.

Suelo en contacto con el terreno

Nombre	<input type="text" value="suelo base"/>	Zona	<input type="text" value="Edificio Objeto"/>
Dimensiones		Características	
Superficie	<input type="text" value="569.5"/> m ²	Profundidad	<input checked="" type="radio"/> Menor o igual que 0.5 m
Longitud	<input type="text"/> m		<input type="radio"/> Mayor que 0.5 m <input type="text"/> m
Anchura	<input type="text"/> m		
Parámetros característicos del cerramiento			
Propiedades térmicas	<input type="text" value="Estimadas"/>	Transmitancia térmica	<input type="text" value="0.62"/> W/m ² K
Perímetro	<input type="text" value="150.16"/> m		
<input type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico			

Figura 45. Propietats tèrmiques estimades del sòl base (Font: pròpia)

Una vegada ja hem introduït les propietats tèrmiques estimades al sòl en contacte amb el terrenys, ens fixarem en el sòl en contacte amb l'aire exterior, el qual forma la part superior del pas inferior situat a la planta a nivell de carrer. Al projecte d'activitats ens dona informació sobre el forjat de cada pis, sent un forjat reticular de 35 cm de gruix, dels quals 5 cm pertanyen a la capa de compressió, a més del material d'unió i solat de la planta superior, de 5 cm de gruix total. El forjat està format per blocs prefabricats de formigó i nervis de formigó armat.

Com no coneixem las transmitàncies tèrmiques, la descripció del forjat no és del tot completa, i a la Guia de la renovació energètica no descriuen els forjats, introduïrem les propietats tèrmiques com a estimades. En aquest cas, se'ns demana el tipus de forjat, les peces d'entrebicat i si disposa o no d'aïllament tèrmic, cosa a falta d'informació escollirem que no en té. Així quedaria doncs:

Suelo en contacto con el aire exterior

Nombre	Suelo pasillo	Zona	Edificio Objeto
Dimensiones			
Superficie	38.08 m ²	Longitud	m
		Anchura	m
Parámetros característicos del cerramiento			
Propiedades térmicas	Estimadas	Transmitancia térmica	2.78 W/m ² K
Tipo de forjado	Reticular		
Piezas de entrevigado	De Hormigón		
<input type="checkbox"/> Tiene aislamiento térmico			

Figura 46. Propietats tèrmiques estimades del sòl en contacte amb l'aire (Font: pròpia)

11.1.4 Buits/ Claraboies

A les portes i finestres introduïdes al programa durant la certificació més bàsica, les propietats tèrmiques van ser determinades mitjançant l'estimació. En aquest cas també haurà de ser d'igual forma, ja que al projecte d'activitats no recull informació relacionada amb la transmitància tèrmica de finestres o portes.

Això si, hi ha una característica que si podem modificar-la i introduir-la amb més exactitud. És el cas de la permeabilitat del forat, la qual ha de seguir les exigències que marca el CTE.

A.2.3. Permeabilitat

Quant a la permeabilitat, les exigències que marca el CTE són les següents:

- _ 50 m³/h per a les zones climàtiques A i B (classe 1).
- _ 27 m³/h per a les zones climàtiques C, D i E (classe 2).

Figura 47. Permeabilitat d'obertures (Font: pròpia)

11.1.5 Instal·lacions

Per finalitzar, a les instal·lacions també podem introduir certs valors de manera coneguda. En el cas de la refrigeració, la calefacció i l'ACS, podem introduir el rendiment mig estacional, cosa que en el nostre cas, no tenim els valors exactes a cap document obtingut i per tant ho deixarem estimat segons la instal·lació. Per un altre costat, a l'apartat d'il·luminació es pot introduir la potència instal·lada, valor que no es recull al projecte d'activitats i com a conclusió, ho deixarem de manera estimada igualment.

Altres apartats que no s'han comentat com ponts tèrmics o patrons d'ombra no són modificables i per tant s'utilitzaran els mateixos valors utilitzats per a la certificació anterior.

11.2 Resultat certificació exhaustiva

Una vegada hem realitzat tots els canvis esmentats anteriorment i hem pogut introduir les característiques tèrmiques dels elements estructurals anteriors, procedim a analitzar l'informe del projecte, el qual es troba de manera completa als annexos.

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	25.9 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	F
		16.15		1.46	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	B	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	A		
1.97		6.31			
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]					

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	8.28	21079.43
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	17.62	44869.20

Figura 48. Resultat d'emissions a la certificació detallada (Font: Annex C)

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	115.6 C	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	D
		61.23		5.55	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	B	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	A		
11.62		37.24			
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]					

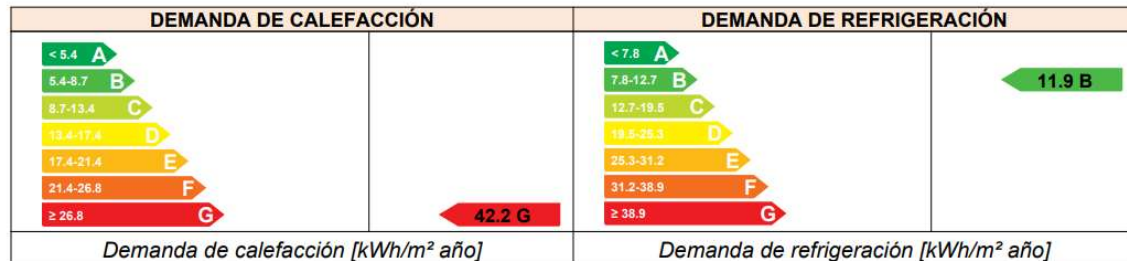
Figura 49. Resultat d'emissions a la certificació detallada (Font: Annex C)

En primer lloc, si ens fixem en la qualificació obtinguda en emissions, podem observar que hem millorat respecte a l'anterior certificació, passant de 30 a 25,9 Kg de CO₂ per m² l'any, i rebaixant la etiqueta d'una D a una C. Aquest canvi és degut a una reducció en l'aportació d'emissions per part de la calefacció, que segueix obtenint una G com a etiqueta parcial. A la vegada veiem un petit augment en les emissions de la refrigeració, que fa baixar la seva etiqueta a una B.

A la segona qualificació energètica de l'edifici, basada en el consum d'energia primària no renovable, el consum es redueix a 115,6 kWh per m² l'any, obtenint igualment una C com a etiqueta. Al igual que en el cas anterior, veiem una reducció de consums a la calefacció i un augment a la refrigeració.

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.



El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Figura 50. Demandes energètiques a la certificació detallada (Font: Annex C)

Per finalitzar, observem que les etiquetes referents a la demanda de calefacció i refrigeració s'han mantingut sense canvis, però hi ha hagut una reducció a la part de calefacció i un augment a la refrigeració.

Observant tot el conjunt, podem dir que a l'hora d'especificar els materials emprats en la construcció de cobertes i façanes, hem pogut reduir les emissions i els consums de l'edifici, fent augmentar la seva eficiència energètica, degut a una reducció en les transmissió tèrmiques.

12. Consums elèctrics

Una vegada hem extret la qualificació energètica de l'edifici mitjançant les dues modalitats de certificació, ens centrarem en els consums reals de l'escola. Gràcies a l'aportació de factures per part de la direcció del centre escolar, disposem de les dades de consum d'electricitat des del desembre de 2017 fins el juny del 2019. Degut a que les certificacions ens donen el resultat d'energia consumida anualment, només ens centrarem en les factures del 2018. Per poder tenir una visió global del consum, realitzarem un gràfic on es podrà observar el consum energètic mes a mes:

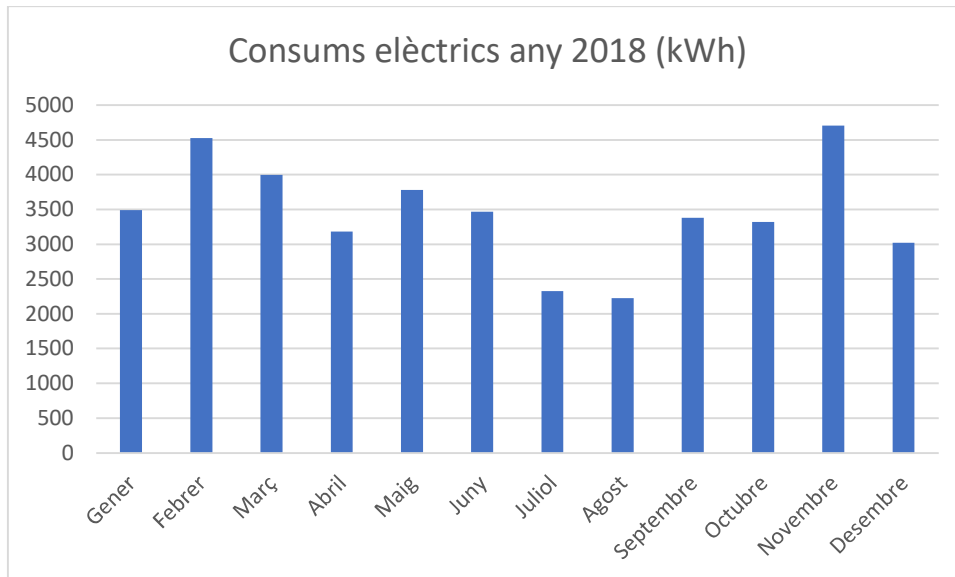


Figura 51. Consum mensual d'electricitat (Font: pròpia)

Del gràfic següent podem extreure que el consum es manté estable durant l'any, exceptuant uns consums relativament baixos a l'estiu que és quan hi ha vacances i uns pics alts als mesos de febrer i sobretot novembre. La mitjana s'estableix a 3450,8 kWh cada mes, fent un total de **41.410 kWh/any**, que és la dada que buscàvem per poder obtenir la qualificació energètica.

12.1 Consum de gasoil

Com ja hem comentat anteriorment a l'apartat d'instal·lacions, per fer front a la demanda de calefacció i aigua calenta el col·legi disposa d'una caldera convencional que s'alimenta de gasoil tipus C. En aquest cas, la direcció de l'escola em va informar que tot el dipòsit de gasoil (15.000 litres) els hi durava tot un any. Ara bé, el que busquem són els kWh que corresponen a aquest consum de gasoil, i per tant haurem de realitzar un factor de conversió tenint en compte les següents dades:

- Rendiment de la caldera → 88,6 %
- Poder calorífic del gasoil {30} → 9,98 kWh/l
- Consum (l) → 15.000 litres

Per tant,

$$\text{Consum (kWh)} = 15.000 \cdot \frac{9,98}{1} \cdot \frac{88,6}{100} = \mathbf{132.634,2 kWh}$$

12.2 Consum total

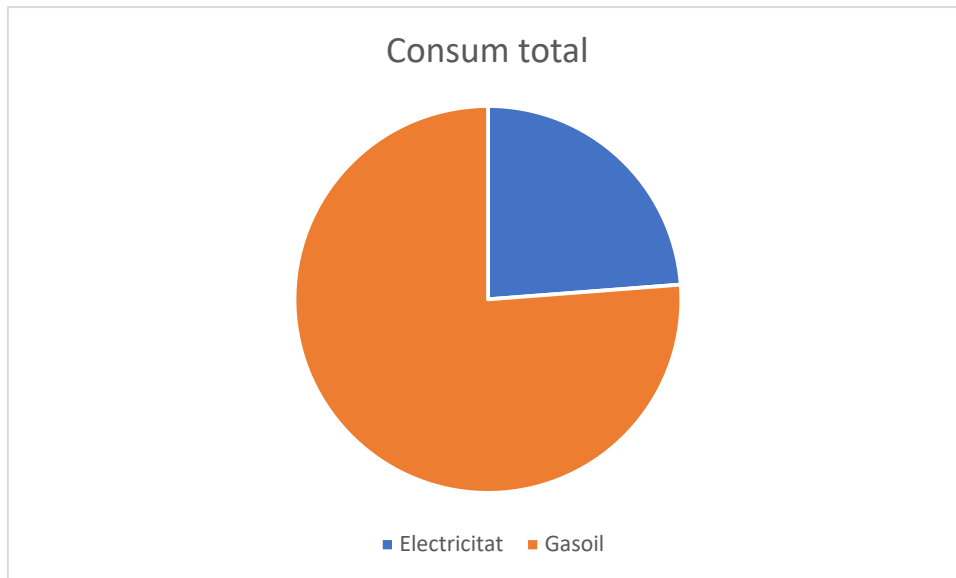


Figura 52. Consum total (kWh) (Font: pròpia)

Com podem observar al següent gràfic la major part del consum d'energia del centre prové de la crema de gasoil per aportar calefacció i aigua calenta a l'edifici. Si ara sumem les dues parts per obtenir el nombre de kWh totals, ens dona la quantitat de **174.044,2 kWh**.

Per tant ara ja sabem quants kWh consumeix tot l'edifici però aquesta dada no és la que ens interessa, ja que el programa CE3X utilitza les dades d'energia primària, i no las d'energia secundària que són las que acabem d'extreure.

La diferència és que l'energia primària són els recursos naturals disponibles de forma directa, els quals no han estat processats ni transformats, com per exemple els combustibles fòssils com el petroli. En canvi, l'energia secundària és aquella que prové de la transformació, mitjançant procediments tècnics, de l'energia primària. Un exemple seria l'electricitat o la gasolina. {31}

Per poder realitzar el pas d'energia secundària a primària existeixen uns factors de conversió, extrets del document "*Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes Fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España*", document reconegut per la RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios).

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (****)
		kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	kWh E.primaria /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	

(*) Valor obtenido de la Propuesta de Documento Reconocido: **Valores aprobados en Comisión Permanente de Certificación Energética de Edificios de 27 de Junio de 2013, actualizado al periodo considerado.**

(**) Según cálculo del apartado 5 de este documento.

(***) Basado en el informe "Well to tank Report, versión 4.0" del Joint Research Institute.

(****) Valores utilizados, a fecha de redacción del informe, en CALENER, CE3 y CEX según Documento reconocido "Escala de calificación energética para edificios existentes"

Figura 53. Factors de conversió d'energia secundària a primària (Font: Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento, 2016) {40}

Com podem observar, els valors que ens interessin són els situats a la columna del extrem dret, ja que si ens fixem són els valors utilitzats pel programa CE3X, sent en qüestió els coeficients escollits 2,61 per a l'electricitat i 1,08 per al gasoil.

	Consum d'energia final (kWh/any)	Factor de conversió	Consum d'energia primària (kWh/any)	Superfície (m2)	Energia primària per superfície (kWh/m2)
Electricitat	41.410	2,61	108.080,10	2.547	42,43
Gasoil	132.634,2	1,08	143.244,94		56,24
TOTAL	174.044,2		251.325,0		98,7

Taula 5. Consum d'energia real

D'aquesta manera el consum total d'energia real al col·legi Sant Josep és de **98,7 kWh/m²**. Aquest consum comprendria una qualificació energètica de **C**, ja que es troba entre 95,7 kWh/m² i 147,3 kWh/m² que són els corresponents límits.

13. Comparació de resultats

Un cop tenim els resultats de les dues certificacions més l'anàlisi real, procedim a realitzar primer, una comparació entre les dues certificacions fetes amb el programa CE3X, per tal d'observar semblances o contrarietats en els diferents apartats i poder així extreure les corresponents conclusions. En segon lloc realitzarem una comparació general entre les dues certificacions i la qualificació extreta a partir de dades reals.

	QUALIFICACIÓ EN EMISSIONS			
	Certificació aproximada		Certificació exhaustiva	
Indicadors	KgCO2/m ² any	Qualificació	KgCO2/m ² any	Qualificació
Calefacció	20,77	G	16,15	G
ACS	1,46	F	1,46	F
Refrigeració	1,48	A	1,97	B
Il·luminació	6,31	A	6,31	A
Global	30,0	D	25,9	C

Taula 6. Comparació en emissions entre les dues certificacions

	QUALIFICACIÓ EN CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA NO RENOVABLE			
	Certificació aproximada		Certificació exhaustiva	
Indicadors	kWh/m ² any	Qualificació	kWh/m ² any	Qualificació
Calefacció	78,72	G	61,23	G
ACS	5,55	D	5,55	D
Refrigeració	8,74	A	11,62	B
Il·luminació	37,24	A	37,24	A
Global	130,3	C	115,6	C

Taula 7. Comparació en consum d'energia primària no renovable de les dues certificacions

	DEMANDES ENERGÈTIQUES			
	Certificació aproximada		Certificació exhaustiva	
Indicadors	kWh/m ² any	Qualificació	kWh/m ² any	Qualificació
Calefacció	54,2	G	42,2	G
Refrigeració	9,0	B	11,9	B

Taula 8. Comparació en demandes energètiques entre les dues certificacions

Com podem observar a les taules anteriors, les dues certificacions no disten gaire, ja que en ambdós casos hem obtingut una qualificació de C. Igualment, si fem una mirada detallada veurem alguns canvis que marquen la diferència entre les dues certificacions. En primer lloc veiem una millora de la calefacció en les dues qualificacions i una disminució en la seva demanda, degut a que després d'introduir les nombroses capes que conformen façanes i cobertes, la transmitància tèrmica disminueix respecte a l'establerta per defecte pel programa. Seguidament, observem un petit augment a l'apartat de refrigeració en les tres comparacions, com a conseqüència de la capacitat de mantenir el calor a l'interior de l'edifici, fent que a èpoques caloroses s'hagin d'utilitzar equipaments per a la refrigeració.

En termes generals, podem dir que a l'hora d'introduir tots els elements constructius de manera exhaustiva, fem que la demanda energètica disminueixi i per conseqüència, aconseguim un edifici més eficient energèticament, encara que disposin de la mateixa qualificació energètica.

Ara bé, per saber quina de les dues certificacions s'aproxima més a la realitat, les compararem amb els consums reals de l'edifici.

	QUALIFICACIÓ EN CONSUM D'ENERGIA PRIMÀRIA NO RENOVABLE	
	kWh/m ² any	Qualificació
Certificació aproximada	130,3	C
Certificació exhaustiva	115,3	C
Consums reals	98,7	C

Taula 9. Comparació de les dues certificacions i els consums reals

Fent la comparació de les dues certificacions amb els consums reals, podem apreciar que els tres resultats són prou semblants, ja que en els tres casos s'obté la mateixa qualificació energètica, encara que en el cas dels consums reals la qualificació s'aproxima força a una B. A l'hora d'escollir quina de les dues certificacions s'aproxima més a la realitat, podem observar que la certificació exhaustiva s'apropa més a la realitat, obtenint uns resultats força similars però amb certa diferència. Aquesta diferència pot ser deguda a que no posseïem tota la informació tècnica de l'edifici, i a l'hora de realitzar la certificació exhaustiva, alguns elements com finestres, instal·lacions o certs murs, s'han introduït al programa per defecte, fent que la seva transmitància tèrmica augmenti.

Igualment, podem concloure que els resultats obtinguts en les dues certificacions s'aproximen força a la realitat, ja que s'obtenen les mateixes qualificacions energètiques que a la realitat.

14. Estudi de millores energètiques

Un cop hem obtingut, estudiat i comparat els resultats de les dues certificacions energètiques i la realitzada a partir dels consums reals, ens trobem amb la necessitat de millorar l'eficiència energètica de l'edifici. A l'hora de decidir quines millores són les més adients a proposar, ens hem de fixar en els resultats anteriors obtinguts en les dues certificacions, per tal de saber quins són els punts crítics que necessiten una millora. Si observem les qualificacions extretes amb el programa CE3X, veiem que en termes de demanda i consums, la calefacció és la que obté les pitjors avaluacions, i per tant, aquest serà el nostre focus a millorar.

Un cop hem decidit quin és el l'apartat de l'edifici que millorarem, ens hem de focalitzar en quines seran les propostes a implementar. En primer lloc, millorarem l'aïllament tèrmic de les façanes del col·legi per tal de mantenir més el calor, i en segon lloc, substituïrem l'actual caldera de gasoil, un combustible altament contaminant, per a una de més eficient, ja que és l'aportant de calefacció a l'edifici. Com a última proposta, i degut a les ajudes econòmiques que es donen últimament, realitzarem un estudi d'implementació de plaques solars fotovoltaïques a la coberta, per tal d'augmentar el percentatge d'autoprovèiment d'energia del col·legi, estalviant tant en costos econòmics, com en gasos contaminants emesos.

Totes aquestes propostes les podrem analitzar gràcies al programa CE3X, degut a que disposa les eines per quantificar l'impacte de les mesures proposades anteriorment, en termes de cost, temps i estalvi energètic.

14.1 Millorar aïllament tèrmic de la façana

La primer millora que estudiarem a implementar, com he dit anteriorment, és la de millorar l'aïllament tèrmic de la façana de l'edifici. Però abans de tot hem de decidir quina serà la metodologia que aplicarem, ja que existeixen diverses tècniques de realització.

Una vegada hem estudiat les diverses opcions que s'ofereixen al mercat, ens decantarem pel Sistema d'Aïllament Tèrmic Exterior (SATE), el qual consisteix en aplicar a la façana exterior de l'edifici un revestiment aïllant de poliestirè expandit XPS, protegit per morter, fixant-se al suport mecànicament o amb adhesius.

La principal avantatge d'aquest sistema és l'obtenció d'una envolupant tèrmica continua, reduint la transmitància tèrmica de les façanes i corregint els ponts tèrmics lineals, tals com fronts de forjats, contorns de forats o pilars. El perquè és realitza a la façana exterior i no a la interior té diversos motius {34}:

- Ponts tèrmics controlats o evitats, ja que s'adequa a la forma de la façana
- Inèrcia tèrmica millorada, escalfaments i refredaments més lents
- Canvi en l'aparença exterior, remodelat.
- Mínima interferència per als usuaris durant l'obra

- No es redueix la superfície útil de l'habitatge
- Mínim manteniment
- Millora en aïllament acústic

14.1.1 Temps d'execució

La col·locació del SATE es resumeix bàsicament en tres etapes: la fixació del material aïllant a la façana, col·locar un ancoratge mecànic a ella i la col·locació del revestiment. Encara que les fases semblen simples i fàcils d'executar poden haver-hi inconvenients imprevistos que produiran notables canvis. En línies generals la instal·lació es realitza de la següent manera {35}:

Primerament, per a aconseguir una màxima adherència, s'anivellarà i es corregiran possibles imperfeccions o fissures a les façanes, aconseguint d'aquesta forma, una superfície totalment plana on es vagin a instal·lar els suports del aïllant. Abans però, s'haurà d'analitzar quin sistema i suports són els més adient per a la nostra façana. Després, abans de procedir amb la col·locació de les plaques d'aïllament, haurem d'instal·lar els perfils d'arrencada, per a poder crear una uniformitat en el material.

Una vegada hem col·locat els perfils d'arrencada, col·locarem sobre ells les plaques de poliestirè expandit, emprant la suficient pressió per fixar l'adhesiu, per a més tard fixar-lo mecànicament. Per finalitzar haurem de revertir el material aïllant amb dues capes de morter amb un espessor total de 4 mm. Posteriorment, aplicarem una revestiment per reforçar l'efecte aïllant de la façana, i un aplacat en funció del material escollit per a la finalització estètica de l'edifici.

A continuació veurem els temps aproximats per a cada acció:

Acció	Temps (h)
Instal·lació de les bastides	8
Estudi i millora d'imperfeccions	15
Instal·lació dels perfils d'arrencada	15
Col·locació de les plaques aïllants	14
Col·locació del morter i revestiments	30
Retirada de les bastides	8
Total	90

Taula 10. Temps d'execució de la millora d'aïllament

A la taula superior veiem els temps necessari per a dur a terme la millora a una façana, concretament a la principal o a la d'orientació nord, que són les dues amb més superfície. Per a realitzar-ho a les altres dues els temps es reduiria a un terç. Per tant, el resultat final de treball seria de 240 hores, és a dir, 30 dies de treball.

14.1.2 Pressupost

El pressupost total de la instal·lació està format pel aïllament tèrmic en si, el qual està format per panells rígids de poliestirè expandit de 70 mm de gruix, fixat amb morter adhesiu i fixacions mecàniques, i el muntatge i desmuntatge de la bastida, així com el seu lloguer, la qual serà de 406 m² de superfície per realitzar tota la façana de 1624 m² en quatre blocs de manera simultània. Per últim, de forma obligatòria haurem de col·locar una lona protectora de la bastida.

A continuació veiem el pressupost general de la millora, el qual es troba desglossat en el document de pressupostos.

Tasca	Preu unitari	Unitats	Preu total
Aïllament tèrmic	19,75 €	1624	32.074,00 €
Instal·lació i desmuntatge bastida	3.370,94 €	4	13.483,76 €
Lloger bastida de 15 dies	621,18 €	4	2.484,72 €
Lona bastida	3,96 €	1624	6.431,04 €
	Total		54.473,52 €

Taula 11. Pressupost millora aïllament tèrmic

14.1.3 Emplaçament

Com ja hem explicat anteriorment, la millora tindrà lloc a les façanes exteriors de l'edifici, realitzant la millora en quatre etapes de manera simultània per tal d'optimitzar el procés. Per tant, la façana quedarà dividida en aquestes quatre zones:

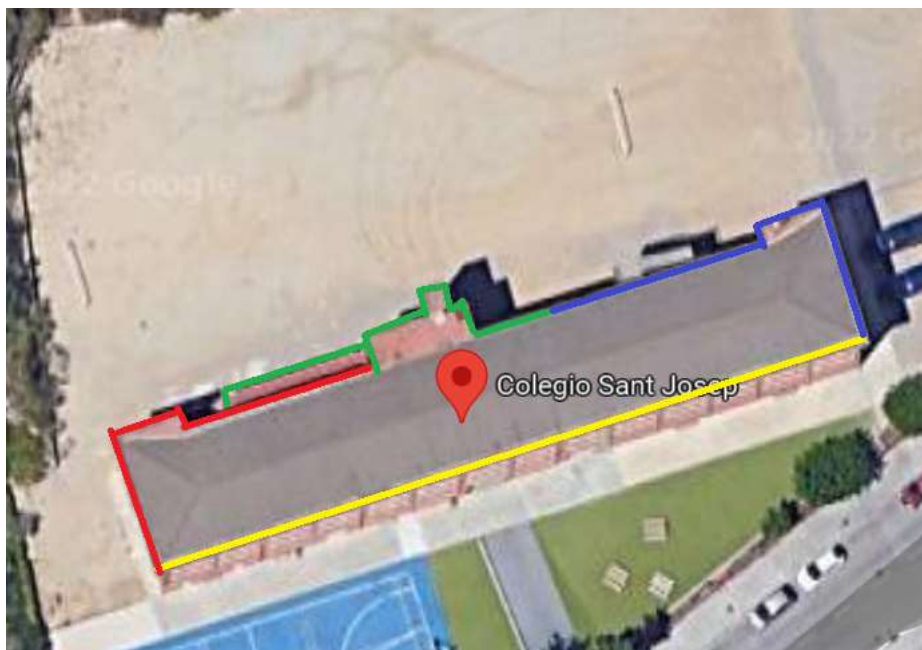


Figura 54. Distribució de les façanes per a millora de l'aïllament (Font: pròpia)

14.1.4 Estalvi energètic

Per tal d'observar l'estalvi energètic que s'obté a partir d'aquesta millora, partirem de la certificació exhaustiva realitzada amb el programa CE3X, on afegirem la millora de l'aïllament tèrmic de la façana exterior, definit les característiques de l'aïllament afegit, el qual serà poliestirè expandit de 70 mm de gruix.

Medida de mejora en el aislamiento térmico

Nombre

Seleccionar elementos de la envolvente donde se mejora el aislamiento térmico

Fachada por el exterior
 Cubierta por el interior
 Suelo
 Partición interior

Definición de las nuevas características de los cerramientos

Nuevo valor de transmitancia térmica U 0.57 W/m2K
 Características del aislamiento añadido λ 0.038 W/mK Espesor 0.07 m

Definición del nuevo valor de ϕ de los puentes térmicos

Pilar integrado en fachada ϕ 0.01 W/mK
 Pilar en esquina ϕ 0.16 W/mK
 Contorno de hueco ϕ 0.02 W/mK
 Caja de persiana ϕ 0.65 W/mK
 Encuentro de fachada con forjado ϕ 0.16 W/mK
 Encuentro de fachada con cubierta ϕ 0.26 W/mK
 Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire ϕ 0.22 W/mK

Figura 55. Introducció mesures de millora a l'aïllament tèrmic (Font: pròpia)

A continuació podem observar l'impacte energètic que s'obté amb la millora:

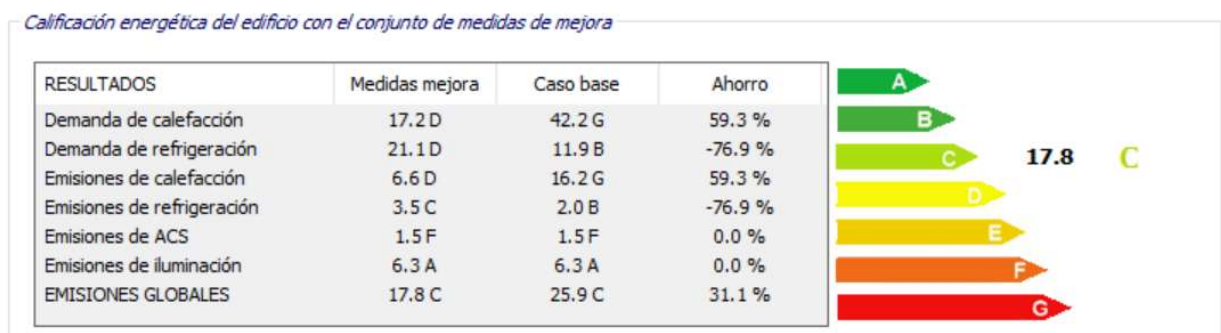


Figura 56. Qualificació energètica amb l'addició de la millora d'aïllament tèrmic (Font: pròpia)

Com podem observar a la figura 56, amb la millora de l'aïllament tèrmic exterior de la façana aconseguim reduir un 31,1 % les emissions globals de l'edifici, encara que no aconseguim baixar d'una qualificació de C. La demanda de calefacció, al igual que les emissions, s'han vist reduïdes un 59,3 %, passant d'una G a una D en termes de qualificació energètica.

Per altre banda, la demanda i emissions de refrigeració s'han vist augmentades en un 76,9 %, però com hem vist a l'apartat de certificacions, aquesta no té un pes elevat en el computa general i per tant no afecta al resultat positiu final.

14.1.5 Viabilitat econòmica

Un cop hem vist els aspectes generals de la millora, com són les hores de treball, el pressupost, l'emplaçament i l'impacte energètic, anem a estudiar la seva viabilitat en termes econòmics. En primer lloc, hem observat que es tracta d'una obra que requereix quasi un mes de treball, i que per evitar molèsties i possibles accidents, seria convenient executar-la en període de vacances escolars. En segon lloc, hem pogut veure una reducció en les emissions globals, veient-se fortament reduïda les demandes i emissions de calefacció, però per altre cantó, els aspectes relacionats amb la refrigeració s'han vist augmentats. I per tant, ara anem a estudiar si aquesta variació ha resultat positiva en termes kWh estalviats:

INDICADOR	COMBUSTIBLE	PERCENTATGE DEL CONSUM	CONSUM EN KWH	EN	ESTALVI (%)	ESTALVI (KWH)
REFRIGERACIÓ	Electricitat	14,3 % de l'electricitat	5.921,6		- 76,9	- 4.553,7
CALEFACCIÓ	Gasoil	91,7% del gasoil	121.625,6		59,3	72.123,9

Taula 12. Estalvis energètics parcials un cop aplicada la millora d'aïllament

Per saber el percentatge del consum de la refrigeració en el total de l'electricitat, hem partit de que un 60% dels 41.410 kWh consumits en electricitat, corresponen a la il·luminació i la refrigeració. A partir d'aquí, tenint en compte els resultats obtinguts a la certificació exhaustiva, un 23,8% del consum entre refrigeració i il·luminació, corresponen exclusivament a la refrigeració, per tant, del consum global d'electricitat de l'edifici, un 14,3 % correspon a l'apartat de refrigeració.

Un cop hem vist les variacions energètiques corresponents, ja ho podem traduir a l'àmbit econòmic:

Indicador	Estalvi (kWh)	Preu (€/kWh)	Estalvi (€)	Estalvi anual	Inversió (€)	Temps d'amortització
Refrigeració	- 4.553,7	0,136	- 619,3	6.600,1	54.473,52	8,25 anys
Calefacció	72.123,9	0,10	7.219,4			

Taula 13. Viabilitat econòmica de la millora d'aïllament tèrmic

A la taula 12 hem pogut observar els aspectes econòmics de la millora de l'aïllament. En primer lloc, partint dels estalvis energètics obtinguts a la taula 11, ho hem multiplicat pel seu preu per cada kWh, en el cas de l'electricitat s'ha extret de les factures del centre, i en el cas del gasoil a partir d'internet { 36}. A partir d'aquí, hem pogut veure que l'estalvi anual és de 6.600 €, i tenint en compte que la inversió era de 54.473 €, el temps de retorn de la inversió seria de 8,25 anys.

El resultat és força positiu, ja que el període de retorn de la inversió és considerablement curt, degut a l'elevat estalvi anual. Aquest és conseqüència del fort pes que té el gasoil envers a l'electricitat en el consum d'energia final a l'edifici, on ocupa més del 75 %. Per tant, encara que l'estalvi, en termes percentuals, negatiu de la refrigeració sigui superior al de la calefacció (79,3% en contra del 59,3 %), l'estalvi en kWh no es divideix en parts iguals.

14.2 Substitució de la caldera

Com a segona opció de millora hem triat la de substituir la caldera actual, alimentada per gasoil tipus C, per una altra de més eficient. Actualment al mercat hi ha diverses que proporcionen nivells molt baixos d'emissions com de consum d'energia. Si optem per no canviar de combustible, trobem les calderes de baixa temperatura i las de condensació alimentades amb gasoil C, les quals generen uns rendiments molt elevats. poden generar un estalvi de fins al 30% d'energia pel que fa una caldera convencional i permet reutilitzar els gasos emesos durant la crema del combustible per utilitzar-ho per escalfar aigua i així produir ACS.{37}

Igualment, la tendència actual és substituir progressivament els combustibles fòssils per altres energies més netes i renovables. És per això, que ens centrem en la caldera de biomassa, ja que si ens fixem en els factors d'emissions de CO₂ de les diverses fonts d'energia, és la que menys gasos contaminants produeix.

Factores de emisiones de CO2			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO2 /kWh E. final	kg CO2 /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

Figura 57. Factores d'emissions de CO2 dels combustibles (Font: Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento, 2016) {40}

Les calderes de biomassa tenen com a combustible el deixalles orgàniques, sent les més comunes de pellets, llenya, ossos d'oliva i closques d'alguns fruits secs. En el nostre cas escollirem la caldera de pellets, ja que les altres variants tenen diversos inconvenients:

- A la caldera de llenya la càrrega del combustible es realitza de forma manual, i per tant, s'ha d'estar molt pendent.
- Les calderes d'estelles necessiten més espai d'emmagatzematge que las de pellets, a part necessiten un recollidor especial per sostreure les estelles del tanc de combustible. Apart, el grau d'estandardització és mitjà.
- Les calderes d'ossos d'oliva tenen com a únic inconvenient la producció de més cendra que las de pellet.

Com a conclusió, instal·larem una caldera de pellets, les quals utilitzen com a combustible el pellet, que té un elevat poder calorífic, tenen una alta eficiència i el grau d'estandardització és molt elevat. {37}

A continuació es pot observar una comparativa de les quatre modalitats:

Combustible	Precio	kWh/kg
Pellet	210-250 €/t	4,7 – 5,3
Leña	90-130 €/t	4,0 – 4,5
Astillas	70-90 €/t	2,8 – 4,4
Huesos de aceituna	120-150 €/t	5,0 – 5,3

Figura 58. Comparativa entre els diferents combustibles d'una caldera de biomassa (Font: preciogas, 2021) {37}

14.2.1 Temps d'execució

Per a poder calcular el temps de muntatge de la nova caldera, haurem de saber primer les parts que la componen:

- El cos de la caldera
- Càmera de combustió
- Intercanviador de calor
- Sistema de control
- Cargol sense fi (regulador de combustible per a la caldera)
- Dipòsit de combustible
- Sortida de fums

En el nostre cas, la caldera de gasoil ja disposa d'una sala especificada per a la ubicació del dipòsit de combustible, un cremador de gasoil i un dipòsit d'expansió. Per altre banda, els productes resultants de la crema de gasoil es canalitzen per una xemeneia de 300 mm de diàmetre, on la sortida es troba a la coberta de l'edifici. Tot això, es tradueix en una instal·lació més ràpida i econòmica, ja que s'aprofitaran diverses parts de la instal·lació antiga. A continuació veiem les diferents tasques a realitzar així com el seu temps d'execució:

Acció	Temps (h)
Desmantellament	5
Instal·lació caldera i Càmera de combustió	6
Instal·lació de la sitja	5
Total	16

Taula 14. Temps d'execució de la substitució de la caldera

Degut a la reutilització de l'antiga instal·lació, el temps d'implementació de la nova caldera requerirà solament 16 hores, el que és el mateix, dos dies de treball.

14.2.2 Pressupost

A continuació podem veure el pressupost general de la instal·lació, el qual es troba desglossat en el document de pressupostos adjunt, compost pel desmantellament de l'antiga caldera de gasoil i el muntatge de la caldera, el sistema d'alimentació i el dipòsit de pellets.

Tasca	Preu unitari	Unitats	Preu total
Desmantellament caldera gasoil	468,77 €	1	468,77 €
Caldera per a la combustió de pellets	81.374,62 €	1	81.374,62 €
Sistema d'alimentació de pellets	3.162,65 €	1	3.162,65 €
Dipòsit d'emmagatzematge	4.258,90 €	1	4.258,90 €
Total			89.264,94 €

Taula 15. Pressupost substitució de caldera

En un segon pla, trobem el manteniment anual requerit per a la nova caldera de biomassa instal·lada.

Tasca	Preu unitari	Unitats	Preu total
Manteniment caldera	3.661,86 €	1	3.661,86 €
Manteniment sistema d'alimentació	110,69 €	1	110,69 €
Manteniment dipòsit	34,07 €	1	34,07 €
Combustible	0,26 €	26400	6.864,00 €
Total			10.670,62 €

Taula 16. Manteniment anual de la caldera de biomassa

14.2.3 Emplaçament

Degut a que el col·legi ja disposa de caldera de gasoil, situada a la sala de calderes, a la planta semi-sòtan, la caldera de biomassa estarà situada en el mateix emplaçament, ja que la sala presenta els aïllaments i mesures de seguretat necessaris, així com sortida de fums.

A l'hora de situar el dipòsit de pellets realitzarem el mateix procediment, ja que l'actual instal·lació disposa de dipòsit de gasoil, el qual serà retirat per la futura instal·lació del dipòsit de biomassa al mateix emplaçament, separat pocs metres de la futura caldera.

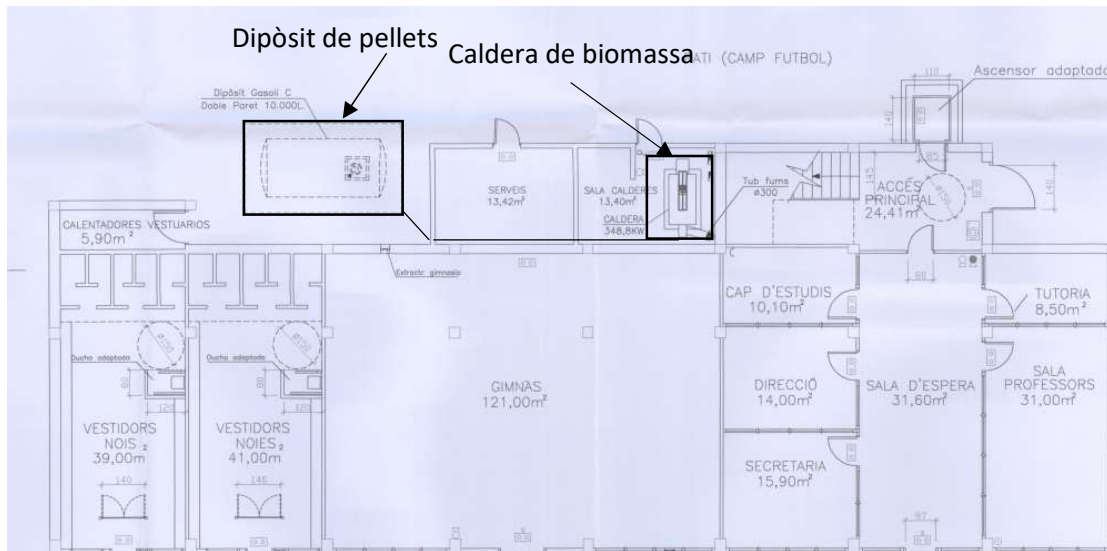


Figura 59. Ubicació de la caldera de biomassa i dipòsit de pellets (Font: Annex B)

14.2.4 Estalvi energètic

Per a poder observar l'impacte energètic de la nostra mesura a l'edifici, partirem de la certificació exhaustiva realitzada amb el programa CE3X per afegir una mesura de millora. En el nostre cas, afegirem una mesura definida per nosaltres a les instal·lacions, modificant l'actual caldera de gasoil, per a una que utilitza com a combustible biomassa densificada (pellets). La potència nominal serà de 399 kW, i el rendiment, com no ve especificat al pressupost total, el deixarem igual que a l'anterior.

Medida de mejora en la instalación de calefacción y ACS

Nombre	<input type="text" value="Calefacción y ACS"/>	Zona	<input type="text" value="Edificio Objeto"/>	
Características		Demanda cubierta		
Tipo de generador	<input type="text" value="Caldera Estándar"/>	ACS	Calefacción	
Tipo de combustible	<input type="text" value="Biomasa densificada (pellets)"/>	Superficie (m2)	<input type="text" value="2547.0"/>	<input type="text" value="2547.0"/>
		Porcentaje (%)	<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Rendimiento medio estacional		Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción)		
Rendimiento estacional	<input type="text" value="Estimado según Instalación"/>	<input type="text" value="81.2"/> %		
Potencia nominal	<input type="text" value="399"/> kW			
Carga media real β _{comb}	<input type="text" value="0.2"/> ?	Aislamiento de la caldera <input type="text" value="Bien aislada y mantenida"/>		
Rendimiento de combustión	<input type="text" value="88.6"/> %			
<input type="checkbox"/> Con Acumulación				

Figura 60. Introducció de mesura de millora a la instal·lació de calefacció i ACS (Font: Pròpia)

I els resultats en el conjunt de l'edifici són els següents:

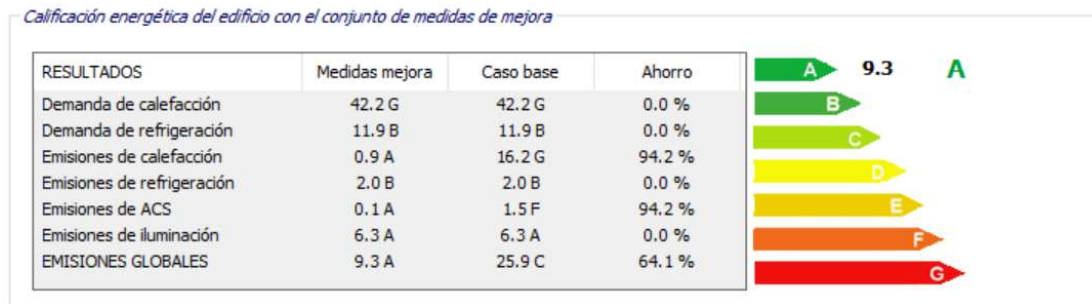


Figura 61. Qualificació energètica amb la substitució de la caldera (Font: Pròpia)

Com podem observar a la figura anterior, realitzant la substitució de la caldera de gasoil per una de pellets, aconseguim reduir les emissions en calefacció i ACS un 94,2%, passant d'una certificació parcial de G i F, respectivament, a una A (la més eficient). En el conjunt d'emissions globals, veiem una reducció del 64,1%, millorant la qualificació de C a una A (la millor qualificació possible). Per tant, veiem un gran impacte positiu en la reducció d'emissions, però com a contrast, les demandes, i per conseqüència els consums, no es veuen reduïts.

14.2.5 Viabilitat econòmica

Una vegada hem vist les millores energètiques que s'obtenen al realitzar la millora, anem a centrar-nos en l'aspecte econòmic. El pressupost obtingut, respecte a l'anterior millora, és més elevat i amb l'afegit de que requereix un manteniment anual. Pel que fa al combustible (pellets), com s'especifica al document de pressupostos, si prenem com a referència que 1 kg de pellet = 5 kWh, i que el nostre consum de kWh en gasoil és més o menys 132.000 kWh, ens dona un consum anual de 26,4 tones de pellets. Com el nostre dipòsit és de 9 tones, com a màxima capacitat, l'hauré de reomplir dues vegades més a l'any, segons la demanda. A part, hem considerat que al realitzar comandes d'elevat import no ens cobraran el transport, i per tant, respecte al gasoil (que s'omplia el dipòsit una vegada a l'any), no veiem diferència. Per acabar, respecte a la logística, no veiem problema ja que el dipòsit es troba donant al pati del col·legi (façana nord), i per tant, el camió de transport pot accedir fàcilment.

El següent pas és determinar l'estalvi econòmic anual amb la nova instal·lació, per poder extreure el temps de retorn de la inversió. Com els consums no varien amb la millora, en centrarem el cost de manteniment i el preu del combustible. En el cas del manteniment, com no disposem de la informació del cost per al manteniment de la instal·lació actual, el considerarem igual que el de la nova caldera de biomassa, però, sense afegir el manteniment de sistema d'alimentació i dipòsit.

Indicador	Cost de manteniment (€)	Preu (€/kWh)	Consum (kWh)	Cost de consum (€)	Estalvi anual (€)	Inversió (€)	Temps de retorn
Caldera de gasoil	3.661,86	0,10	132.634,2	13263,42	5.929,94	82.264,94	13,87 anys
Caldera de pellet	3.806,62	0,0542		7.188,7			

Taula 17. Viabilitat econòmica de la substitució de la caldera

Com podem veure a la taula anterior, l'estalvi anual aconseguit és força elevat, degut a la diferència de preus entre el gasoil i el pellet, sent el gasoil quasi el doble de preu. Però comprant-ho amb l'anterior millora, veiem que l'estalvi és una mica inferior i la inversió força elevada, fent augmentar el temps de retorn, però sense arribar a ser un despropòsit, per tant, es pot considerar una millora viable econòmicament.

14.3 Instal·lació de plaques fotovoltaïques

Ja per acabar, estudiarem la última proposta basada en instal·lar plaques solars fotovoltaïques a la coberta principal de l'edifici. Amb aquesta millora, reduïrem la nostra factura elèctrica, produint un estalvi econòmic, i augmentarem el nostre autoconsum energètic renovable, evitant emissions de gasos contaminants a l'atmosfera, i com a conseqüència, millorarem la nostra qualificació energètica.

Des de fa relativament pocs anys, és més comú tenir a les cobertes o terrats dels edificis una instal·lació fotovoltaïca. Això és degut a que, amb l'arribada del últim govern socialista a l'estat espanyol, es va abolir una llei del govern anterior, anomenada "impost al sol", on s'aplicaven forts impostos a les instal·lacions fotovoltaïques, fent que el benefici d'estalviar-se diners de la factura de la llum, no tingués efecte al conjunt de ciutadans. A part, com a conseqüència de les últimes reunions mundials sobre el clima, cada cop hi ha més atractius per poder implementar instal·lacions d'energia renovable, i poder evitar així, l'augment incessant d'emissions de gasos contaminants.

És per aquests motius que, cada cop més, estem veient més plaques solars a les cobertes dels edificis, però, el millor de tot, és que Espanya és un dels països amb major radiació solar a Europa, i per tant, s'obté un major rendiment i benefici de la instal·lació de plaques fotovoltaïques.

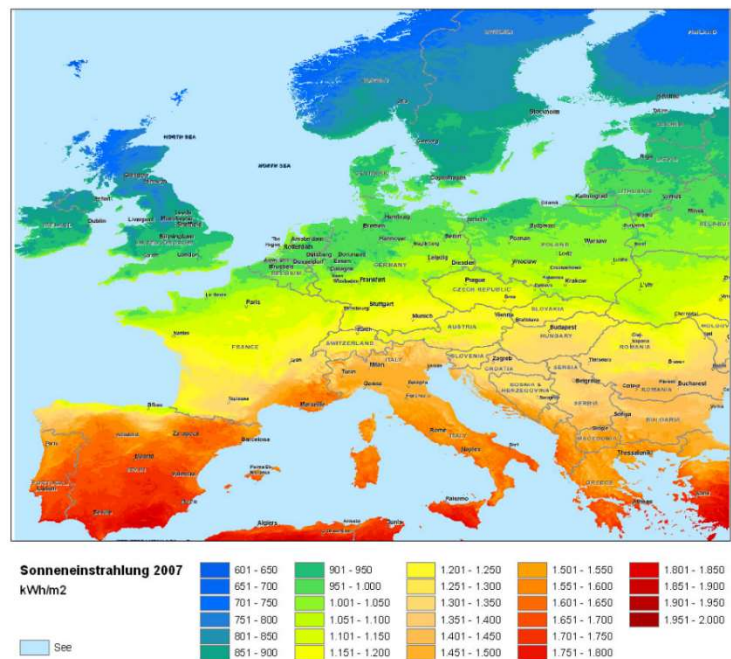


Figura 62. Radiació solar a Europa (Font: panelessolaresbarelna, 2019) {41}

14.3.1 Temps d'execució

Per a dur a terme la instal·lació de plaques fotovoltaïques a la coberta del col·legi, en primer lloc, un professional haurà de realitzar una inspecció a la coberta de l'edifici per avaluar i determinar el lloc de col·locació dels panells solars. Seguidament es procedirà al muntatge de l'estructura d'alumini que suporta els panells solars, i més endavant el muntatge dels mòduls solars. Per acabar s'haurà de muntar el cablejat elèctric, així com els inversors, i per finalitzar, s'hauran de connectar a la xarxa elèctrica més propera per posteriorment ser analitzada per les autoritats locals.

Com podem veure a la taula inferior, el conjunt d'accions requerirà un temps de 43 hores per ser realitzades, 5 dies laborals, i per tant, en una setmana es podrà implementar la millora.

Acció	Temps (h)
Inspecció i avaluació del lloc d'instal·lació	8
Ancoratge estructura d'alumini	14
Muntatge de mòduls solars	10
Instal·lació d'inversors i cablejat	5
Comprovació i inspecció per autorització	6
Total	43

Taula 18. Temps d'execució d'instal·lació fotovoltaica

14.3.2 Pressupost

A continuació podem veure el pressupost general de la instal·lació fotovoltaica, el qual es troba desglossat en el document de pressupostos adjunt.

Tasca	Preu unitari	Unitats	Preu total
Mòdul solar fotovoltaic	205,26 €	26	5.336,76 €
Inversor fotovoltaic	2.317,81 €	1	2.317,81 €
Armari de connexions	56,18 €	1	56,18 €
Estructura de suport	246,97 €	6	1.481,82 €
Total			9.192,57 €

Taula 19. Pressupost general instal·lació fotovoltaica

En un segon pla, trobem el manteniment anual requerit per a la nova caldera de biomassa instal·lada.

Tasca	Preu unitari	Unitats	Preu total
Manteniment mòduls solars	3,79 €	26	98,54 €
Manteniment Inversor	34,76 €	1	34,76 €
Armari de connexions	0,28 €	1	0,28 €
Total			133,58 €

Taula 20. Manteniment anual instal·lació fotovoltaica

14.3.3 Emplaçament

Com hem anat dient anteriorment, el conjunt de 26 mòduls solars fotovoltaics es col·locarà a la coberta principal, que és inclinada, en la pendent que té orientació sud, per rebre la màxima radiació solar possible durant el dia, i per tant, el rendiment del sistema serà òptim.



Figura 63. Emplaçament de les plaques fotovoltaiques (Font: Pròpia)

14.3.4 Estalvi energètic

Com hem realitzat en les altres dues anteriors millores, per observar l'impacte energètic que aconseguim amb la instal·lació de plaques fotovoltaïques a la coberta de l'edifici, introduïrem la millora a la certificació exhaustiva realitzada amb el programa. En ell introduïrem la incorporació d'un sistema fotovoltaic com a contribució energètica, introduint sobretot la energia elèctrica generada per a autoconsum, que en el nostre cas és de 15.026,46 kWh (ho veurem al següent apartat).

Generación electricidad mediante renovables / Cogeneración

Energía eléctrica generada para autoconsumo	<input type="text" value="15026.46"/> kWh/año	Energía consumida	<input type="text"/> kWh/año
Calor recuperado para ACS	<input type="text"/> kWh/año	Tipo de combustible	<input type="text"/>
Calor recuperado para calefacción	<input type="text"/> kWh/año		
Frío recuperado	<input type="text"/> kWh/año		

Figura 64. Energia elèctrica generada per a autoconsum (Font: pròpia)

El següent pas, és observar l'estalvi que genera la nostra mesura.

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	42.2 G	42.2 G	0.0 %
Demanda de refrigeración	11.9 B	11.9 B	0.0 %
Emissiones de calefacción	16.2 G	16.2 G	0.0 %
Emissiones de refrigeración	2.0 B	2.0 B	0.0 %
Emissiones de ACS	1.5 F	1.5 F	0.0 %
Emissiones de iluminación	6.3 A	6.3 A	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	23.9 C	25.9 C	7.5 %

Figura 65. Qualificació energètica amb la instal·lació de plaques fotovoltaïques (Font: pròpia)

Si ens fixem en l'anterior imatge, les demandes i emissions de qualsevol paràmetre no han variat degut a que la instal·lació fotovoltaica ens aporta energia elèctrica a l'edifici, i per tant varia les emissions globals, concretament una reducció del 7,5%, encara que la qualificació energètica segueix sent la mateixa, una C.

14.3.5 Viabilitat econòmica

Ja per acabar, hem de veure si econòmicament aquesta millora es viable. Les principals dades de la instal·lació són:

- Número de plaques solars → 26
- Potència nominal d'instal·lació → 10 kWn
- Potència total instal·lada → 11,83 kWp
- Superfície aproximada d'ocupació → 60 m²

A partir d'aquí, hem d'extreure la generació anual d'electricitat que podrem arribar a aconseguir. En primer lloc, partim de que tenim 26 plaques de 455 W de potència màxima cadascuna, donant-nos una potència total instal·lada de 11,83 kWp. El següent pas és saber les hores de sol òptimes que hi haurà al dia, i tenint en compte que a la província de Barcelona, la mitjana d'hores al dia de sol són 8. D'aquesta quantitat, considerarem que el 50%, és a dir, 4 hores al dia, són òptimes per donar el màxim rendiment de la instal·lació. Ara ja podem realitzar el càlcul.

$$11,83 \text{ kW} \cdot \frac{4 \text{ hores}}{\text{dia}} \cdot 365 \text{ dies} = 17.271,8 \text{ kWh/any}$$

Tenint en compte que té un rati de rendiment (PR) del 87% i unes pèrdues per ombra del 0%, s'obté una generació anual neta de:

$$17.271,8 \cdot 0,87 = 15.026,46 \text{ kWh/any}$$

Amb aquesta dada, ja podem determinar la viabilitat econòmica de la millora proposada, la qual ve resumida en la taula adjunt.

Indicador	Valor
Consum anual electricitat	41.410 kWh
Generació anual de la Planta fotovoltaica	15.026,46 kWh
Percentatge d'energia autoconsumida	36,3 %
Preu electricitat	0,136 €/kWh
Estalvi anual amb fotovoltaica	2.043,6 €
Manteniment anual	133,6 €
Inversió	9.192,7 €
Temps d'amortització	4,81 anys

Taula 21. Viabilitat econòmica de la instal·lació de plaques fotovoltaïques

Com podem veure, un 36,3 % de la energia que consumirem a l'any, serà de producció pròpia, fent d'aquesta instal·lació un gran pas per a la autonomia energètica. L'estalvi anual és de 2.043 €, però si li restem el cost de manteniment, fa que el temps en amortitzar tota la inversió inicial, sigui de només 4,81 anys. Cal dir, que hem considerat que el 100% de l'energia que produeixen les plaques és consumida per l'edifici, i per tant, no hi ha excés sense poder-se consumir, degut a l'absència de bateries.

15. Comparativa de les millores proposades

Una vegada hem vist i estudiat les principals característiques de les tres millores proposades, haurem d'analitzar els pros i contres de cadascuna per poder escollir quina és la més òptima a realitzar. Per a això, estudiarem la reducció d'emissions de cadascuna, així com la inversió inicial i el temps de retorn de la inversió com a principals factors. A continuació podem veure una taula, a mode de resum, de les principals característiques de cada millora:

MILLORA	REDUCCIÓ D'EMISSIONS (KG/M ² L'ANY)	INVERSIÓ INICIAL (€)	RETORN DE LA INVERSIÓ (ANYS)
MILLORA AÏLLAMENT TÈRMIC EXTERIOR	8,1	54.473,52	8,25
SUBSTITUCIÓ DE CALDERA	16,6	89.264,94	13,87
INSTAL·LACIÓ DE PLAQUES FOTOVOLTAIQUES	2	9.192,57	4,81

Taula 22. Característiques de cada millora

Després d'ajuntar les dades més importants de cada proposta, el següent pas és comparar-les entre sí. Per a dur-ho a terme, introduïrem cada proposta en un gràfic on tindrem a l'eix d'ordenades la inversió inicial, a l'eix d'abscisses el temps de retorn de la inversió, i per últim, a mode de tercera dimensió, representarem cada punt del gràfic, és a dir, cada millora, com una bombolla, on a major grandària major reducció d'emissions.

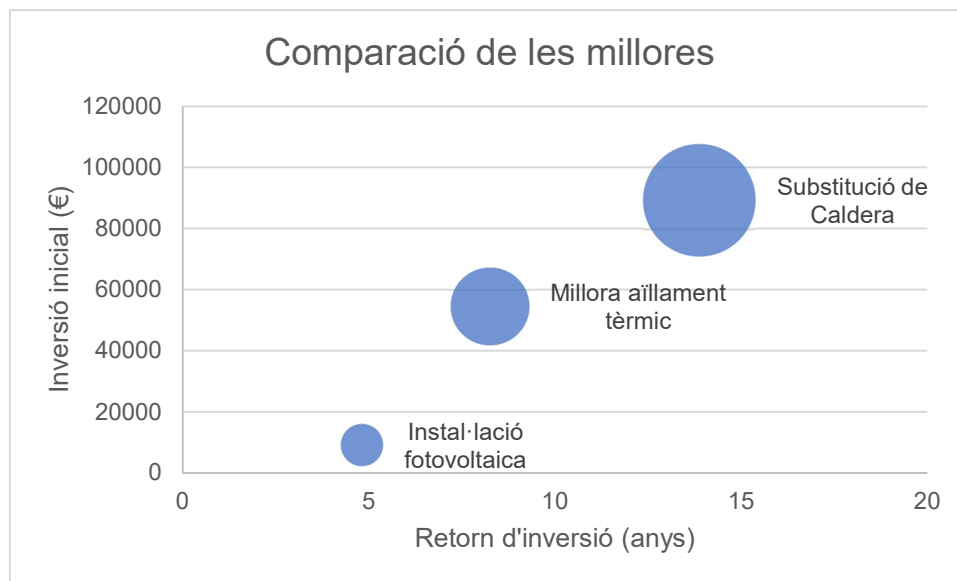


Figura 66. Comparació de les propostes de millora (Font: Pròpia)

Observant la gràfica anterior, podem veure que la substitució de la caldera és la proposta que redueix més les emissions globals de l'edifici. Però, s'ha de tenir en compte que la inversió inicial és força elevada, així com el temps del seu retorn. Per tant, és una proposta a tenir en compte, ja que el preu del pellet és la meitat que el gasoil, el qual actualment no para de pujar de preu.

En segon lloc tenim la millora de l'aïllament exterior de la façana, el qual també ens aporta un bon estalvi energètic, però el seu pressupost continua sent força elevat, igualment el seu període de retorn no passa dels deu anys.

L'únic inconvenient a tenir en compte és la logística complexa de l'obra, així com el temps d'execució de la mateixa, per tant està subjecta a la disposició de temps que tingui el centre.

Finalment, trobem la instal·lació fotovoltaica, la qual requereix un pressupost molt assequible comparat amb les altres millores, i el seu temps de retorn és força curt. També trobem que el temps d'execució és de només una setmana. Però, com a aspecte negatiu trobem que la reducció d'emissions que aconseguim no és gaire notable, ja que inclús no varia ni la seva qualificació energètica en emissions.

Per tant, una vegada vist els aspectes generals de cada proposta, la meua recomanació seria la de canviar la caldera, ja que l'actual és força antiga a la par que contaminant, i realitzant la seva substitució per una de biomassa, es reduiria una gran quantitat d'emissions, això sí, si es disposa del capital necessari, ja que requereix d'una inversió inicial força elevada. En el cas de disposar d'un pressupost força curt, optaria per instal·lar plaques solars fotovoltaïques, encara que la reducció en emissions no es faria tan notable. Cal que remarcar, que al tractar-se d'un estudi preliminar, a l'hora de executar-se les millores poden haver-hi diferències.

16. Indicacions

Un cop finalitzat l'estudi, es donaran a continuació una sèrie d'indicacions sobre quins serien els passos a seguir per a les persones que estiguin interessades en profunditzar més en l'eficiència energètica del Col·legi Sant Josep.

En primer lloc caldria especificar i concretar més els tancaments de l'edifici, ja que les envolupants tèrmiques de les façanes es van introduir de manera aproximada a la certificació exhaustiva, i es probable que a la realitat variïn força. El següent pas, seria introduir les especificacions tècniques de les instal·lacions de manera precisa, d'aquesta manera els valors resultants s'ajustarien més a la realitat. Per a dur-ho a terme, seria convenient desplaçar-se a l'edifici i prenen els valors reals.

Com a conclusió, també recomanaria profunditzar més en les propostes de millora aportades, ja que són simples estudis preliminars, que portats a la realitat, poden variar els seus possibles beneficis, així com el seu abast. A part de les millores proposades, cal dir que existeix la possibilitat de realitzar altres accions per millorar l'eficiència del centre.

17. Impacte ambiental

Com be hem comentat al principi d'aquest treball, l'activitat humana és responsable de l'incessant emissió de gasos contaminants a l'atmosfera, així com de la variació de temperatures i fenòmens naturals desproporcionats, i la edificació, és una part d'aquest problema el qual hem de tractar.

És per això, que amb el temps han anat sortint lleis i decrets per tal de regular i reduir les emissions que produeixen els edificis, ja que la majoria, encara que tinguin certificat energètic, no obtenen una qualificació acceptable. Amb l'edifici que hem pogut estudiar en aquest projecte, hem comprovat que realitzant petites millores a l'edifici, podem arribar a tenir un gran impacte en la reducció d'emissions.

I algunes d'aquestes solucions passen per la substitució de combustibles fòssils per altres de renovables, per poder tenir un futur millor i més eficient. I es aquest el principal objectiu d'aquest treball, donar a conèixer a la gent que en els habitatges i edificacions també es produeix contaminació atmosfèrica, no només són les indústries i el transport, i com hem vist amb un simple canvi, el qual s'acaba amortitzant, permet la millora eficient de l'edifici.

Per tant, animo a la gent a realitzar un estudi sobre la seva casa, bloc de pisos o qualsevol edificació, per tal de comprovar quina és la corresponent qualificació energètica, i en el cas de tenir un resultat negatiu, convido a la gent a estudiar diferents propostes de millora i aplicar la més adient, tenint en compte les peculiaritats de cada cas.

18. Conclusions

Un cop hem finalitzat l'estudi sobre l'eficiència energètica del Col·legi Sant Josep de Sant Boi de Llobregat, tractarem les conclusions extretes al llarg del treball, al igual que experiències i comentaris. En primer lloc, hem pogut constatar que l'edificació té un gran pes en el conjunt global d'emissions del planeta, i encara que amb l'aplicació de la nova legislació alguns edificis estan millorant força en aquest aspecte, cal treballar i aprofundir més en les estructures existents. És per això que s'ha de animar a la ciutadania a estudiar les eficiències energètiques dels edificis existents, i sobretot, implementar millores per poder assolir els objectius de reduir les emissions i el consum de combustibles fòssils.

A l'hora de realitzar aquest treball, hem tingut la gran sort de que, degut a una reducció de l'impacte de la pandèmia al país, s'ha pogut visitar de primera mà el centre per poder realitzar un estudi més precís, així com tenir un contacte en persona amb la direcció del centre. Gràcies a la seva ajuda he pogut obtenir la documentació requerida a temps, al igual que han pogut respondre als dubtes que em sorgien al llarg del treball, fent l'estudi més fàcil de realitzar. L'únic inconvenient que vaig trobar a l'hora d'aconseguir documentació, va ser la impossibilitat de trobar el projecte constructiu de l'edifici, ja que es veu que molts edificis antics no el tenen degut a la pèrdua al llarg dels anys, segons fonts de l'Ajuntament de Sant Boi de Llobregat. Malgrat aquest contratemps, s'ha pogut assolir els objectius establerts al principi d'aquest estudi, podent haver realitzat les dues certificacions energètiques, una d'aproximada i l'altre d'exhaustiva, amb el programa CE3X. Més tard, es van poder comparar posteriorment amb els consums reals per poder aportar les corresponents millores energètiques.

Sincerament, considero el programa utilitzat per a dur a terme les certificacions, el CE3X, una eina força intuïtiva i fàcil de manejar. Entrant en detall, hem vist que els resultats obtinguts amb les dues certificacions no disten gaire entre elles, i comparant-ho amb les dades de consum real, obtenim uns valors força semblants. Si ens fixem en els resultats obtinguts, com era d'esperar, amb la certificació bàsica s'obtenen resultats més elevats, degut a que el programa pren uns valors predeterminants força distants de la realitat. Tot i així, podem considerar que l'edifici no és ni molt menys contaminant, obtenint una qualificació prou verda. Una de les possibles raons, és el seu sorprenent consum baix d'electricitat, ja que en comparació amb altres treballs observats, és del tot inferior. Tot i això, hem constatat que és en la calefacció on sorgeixen els principals problemes d'eficiència de l'edifici, fent que centréssim totes les nostres propostes de millora en aquest aspecte.

En primer lloc, vàrem estudiar la proposta de millorar l'aïllament de la façana exterior, fet que reduïa considerablement les emissions de l'edifici però amb l'inconvenient de ser una reforma feixuga, amb un temps d'execució i pressupost elevat. El següent pas va ser proposar la substitució de la caldera, ja que l'actual és antiga i utilitza com a combustible el gasoil, i per tant, és del tot poc eficient. I és aquí on veiem una proposta a tenir en compte, ja que substituint-la per una caldera de biomassa, es redueixen les emissions més d'un 60%, el temps d'execució és qüestió de dies, i el temps de retorn de la inversió no és gaire elevat, ja que el gasoil és el doble de car que el pellet. Això sí, aquesta inversió és la més elevada de les propostes estudiades.

Per últim, vam estudiar la proposta d'instal·lar plaques fotovoltaïques a la coberta principal, per tal de reduir el consum elèctric i augmentar l'autonomia energètica. Aquesta proposta, és la requereix un pressupost més econòmic i amb la que es recupera més aviat la inversió inicial, però s'ha de tenir en compte que la reducció d'emissions està al voltant del 8%.

És per això, que personalment opino que la millora que hauria de realitzar el centre és la substitució de la caldera per una de més eficient, en concret per una de biomassa. És cert que el pressupost és elevat, però es redueixen les emissions dràsticament, obtenint la millor qualificació possible, i el temps de retorn de la inversió no és del tot elevat. Amb aquesta opció, s'eliminarà la dependència envers als combustibles fòssils, fet que actualment és del tot positiu, vist l'alçada de preus que han experimentat. Cal dir, que en el cas d'observar-se una reforma difícil d'executar-se, es podria plantejar la substitució de la caldera per una altra de gas natural, fet que ja produiria una reducció notable de les emissions. A part, considero la instal·lació de les plaques fotovoltaïques una opció molt assequible, amb un temps d'amortització curt i amb un manteniment econòmic. A més, considero que ens hem d'aprofitar d'una font d'energia il·limitada, gratuïta i amb emissions zero, és per això que animo al Col·legi Sant Josep a considerar la proposta.

Finalment, crec que aquest projecte m'ha aportat un coneixement sobre l'eficiència energètica dels edificis el qual desconeixia. Per un cantó, no era conscient del gran pes que tenen els edificis en l'emissió de gasos contaminants, i com la majoria d'ells, obtenen una qualificació energètica desfavorable. Per l'altre costat, veig que amb simples millores a executar, sent totes amortitzables, es pot arribar a millorar notablement l'eficiència de l'edifici. Ja per acabar, considero que molta gent desconeix aquest aspecte negatiu de les edificacions, com jo abans de realitzar aquest treball, i per tant crec que s'hauria de fer un esforç per donar-ho a conèixer a tothom, i que la gent prengui consciència de com reduir la despesa energètica, no només per l'aspecte econòmic, sinó per tenir un futur millor.

19. Bibliografia

1. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Procedimientos para la certificación de edificios*. Madrid. [Consulta: 29 de setembre 2021]. Disponible a: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx>
2. Ambientum. *El sector elèctric emite toneladas de CO2 cada semana*. 13 febrer 2019. [Consulta: 3 d'octubre 2021]. Disponible a: <https://www.ambientum.com/ambientum/contaminacion/sector-electrico-emite-co2.asp>
3. Expansión. *Disminuyen las emisiones de CO2 en España*. [Consulta: 7 d'octubre 2021]. Disponible a: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/espana>
4. Carlos Galán Feced. *¿Por qué está subiendo tanto el precio de la luz en agosto? Estas son las claves*. Business Insider, 1 setembre 2021. [Consulta: 10 octubre 2021]. Disponible a: <https://www.businessinsider.es/subiendo-tanto-precio-luz-agosto-923729>
5. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. *Legislación consolidada*. [Consulta: 13 octubre 2021]. Disponible a: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-9176>
6. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. *Calificación energética de edificios*. IDAE, 2020. [Consulta: 26 setembre 2021]. Disponible a: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/calificacion-energetica-de-edificios>
7. *Jean-Baptiste-Joseph Fourier*. Viquipèdia. [Consulta: 26 setembre 2021]. Disponible a: https://ca.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste-Joseph_Fourier
8. Peter Lynch. *How Joseph Fourier discovered the greenhouse effect*. The Irish Times, 2019. [Consulta: 27 octubre 2021]. Disponible a: <https://www.irishtimes.com/news/science/how-joseph-fourier-discovered-the-greenhouse-effect-1.3824189>
9. John W. Zillman. *Historia de las actividades en torno al clima*. Core.ac, 2009. [Consulta: 28 octubre 2021] Disponible a: <https://core.ac.uk/download/pdf/217343878.pdf>
10. Joaquim Elcacho. *Récord de dióxido de carbono en la atmosfera pese a la pandèmia*. La Vanguardia, 2021. [Consulta: 28 octubre 2021] Disponible a: <https://www.lavanguardia.com/natural/20210408/6635522/record-dioxido-carbono-atmosfera-pese-pandemia.html>

11. *El protocolo de Kyoto, logro o fracaso?* . Te lo Compro, 2020. [Consulta: 28 octubre 2021]. Disponible a: <https://aquitelocompro.com/el-protocolo-de-kioto-logro-o-fracaso/>
12. *El Acuerdo de París*. United Nations Climate Change. [Consulta: 28 octubre 2021]. Disponible a: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>
13. ProfesionalesHoy. *Los edificios son responsables del 30% del consumo energético global y del 28% de las emisiones de CO2*. TecnoEnergia, 2018. [Consulta: 2 Noviembre 2021]. Disponible a: <https://profesionaleshoy.es/energia/2018/06/07/los-edificios-son-responsables-del-30-del-consumo-energetico-global-y-del-28-de-las-emisiones-de-co2/9889>
14. *DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2003. [Consulta: 4 Noviembre 2021] Disponible a: <https://www.boe.es/doue/2003/001/L00065-00071.pdf>
15. *DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)*. Diario Oficial de la Unión Europea, 2010. [Consulta: 4 Noviembre 2021] Disponible a: <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
16. *DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018*. Diario Oficial de la Unión Europea, 2018. [Consulta: 4 Noviembre 2021] Disponible a: <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>
17. *Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción*. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [Consulta: 8 Noviembre 2021]. Disponible a: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-2007>
18. *Real Decreto 290/2021, de 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [Consulta: 8 Noviembre 2021]. Disponible a: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-9176
19. *Qué es el certificado de eficiencia energética ?* Certificado de Eficiencia Energetica. [Consulta: 22 noviembre 2021] Disponible a: <https://certificadodeeficienciaenergetica.com/que-es-certificado-eficiencia-energetica-definicion>

20. Institut Català d'Energia. *Informació bàsica*. Gencat. [Consulta: 22 novembre 2021]
Disponible a:
http://icaen.gencat.cat/ca/energia/usos_energia/edificis/certificacio/informacio_ciutada/
21. *¿Cuales son los programas informáticos en eficiencia energética?* Geoinnova, 2015
[Consulta: 27 novembre 2021] Disponible a: <https://geoinnova.org/blog-territorio/cuales-son-los-programas-informaticos-en-eficiencia-energetica/>
22. *Programas oficiales para la certificación energética en edificios. ¿Cual utilizo?*
Certificados energéticos, 2016. [Consulta: 27 novembre 2021] Disponible a:
<https://www.certificadosenergeticos.com/programas-oficiales-certificacion-energetica-edificios-cual-utilizo>
23. IDAE, *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X*.
Certificados energéticos, 2016. [Consulta: 3 desembre 2021] Disponible a:
<https://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2016/05/1.-Manual-de-usuario-CE%C2%B3X.pdf>
24. Google Maps. *Colegio Sant Josep*. Google, 2022. [Consulta: 10 desembre 2021].
Disponible a:
<https://www.google.com/maps/place/Colegio+Sant+Josep/@41.3485261,2.0226996,136m/data=!3m2!1e3!5s0x12a49b7954b924b1:0xb7befca840f9d422!4m5!3m4!1s0x12a49b793903cd6d:0x91ff797c1930a4e7!8m2!3d41.3485319!4d2.0226696!5m1!1e4>
25. Google Earth. *Colegio Sant Josep*. Google, 2022. [Consulta: 10 desembre 2021].
Disponible a:
<https://earth.google.com/web/@41.34841268,2.02311306,38.19773865a,0d,60y,312.19917071h,99.94554818t,0r/data=!hoKFfNjX2xVVDg3b0pFRWRnbmptY3FQdXcQAq>
26. *Consulta y certificación de de Bien Inmueble*. Sede Electrónica del Catastro.
[Consulta: 11 desembre 2021]. Disponible a:
<https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?del=8&mun=199&UrbRus=U&RefC=8582409DF1788A0001GX&Apenom=&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=nuevoVisor&ZV=NO&anyoZV=>
27. Ministerio de Fomento. *Documento básico HE. Ahorro de Energía*. Código técnico,
2019. [Consulta: 27 desembre 2021] Disponible a:
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
28. Ministerio de Fomento. *Documento básico SI. Seguridad en caso de incendio*.
Código técnico, 2019. [Consulta: 27 desembre 2021] Disponible a:
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SI/DBSI.pdf>

29. *Cómo calcular la demanda diaria de ACS para CE3X*. Certicalia. [Consulta: 27 desembre 2021]. Disponible a: <https://www.certicalia.com/blog/como-calcular-la-demanda-diaria-de-ac-s-para-ce3x>
30. *Poder calorífico y eficiencia del gasoil para calefacción “ Gasóleo C”*. PropanoGas, 2022. [Consulta: 14 febrer 2021]. Disponible a: <https://propanogas.com/faq/poder-calorifico-gasoil>
31. *El mundo de la energia*. GascoEduca. [Consulta: 14 febrer 2021] Disponible a: <http://www.gascoeduca.cl/Contenido/Contenido.aspx?Cod=11>
32. *¿Es mejor el gasoil o el gas natural? Cambio de caldera y precios*. PropanoGas, 2022. [Consulta: 27 febrer 2021]. Disponible a: <https://preciogas.com/instalaciones/gas-natural/cambiar-gasoil-gas-natural>
33. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. *Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatge*. Diba, 2010. [Consulta: 27 febrer 2021]. Disponible a: [4249eef2-868b-4a19-a72e-4d5854d8af04 \(diba.cat\)](4249eef2-868b-4a19-a72e-4d5854d8af04)
34. SATE. Chova. [Consulta: 6 abril 2021]. Disponible a: <https://chova.com/sistema/sate/>
35. *Colocación de SATE: proceso de instalación*. SATEMEDITERRÁNEO. [Consulta: 6 abril] Disponible a: <https://satemediterraneo.com/colocacion-de-sate-proceso-de-instalacion/>
36. *Comparativa precios de energia*. PrecioGas, 2020. [Consulta: 13 abril]. Disponible a: <https://preciogas.com/comparador/precios-energias>
37. *Calderas de gasoil por condensación en la calefacción del hogar*. Ovacen. [Consulta: 13 abril] Disponible a: <https://ovacen.com/calderas-gasoil-condensacion/>
38. *Calderas de biomassa: tipos, precios y ventajas*. PrecioGas, 2021. [Consulta: 13 abril]. Disponible a: <https://preciogas.com/instalaciones/equipamiento/calderas/biomasa#que-es-caldera-biomasa>
39. *Transportador*. Ginifab. [Consulta: 12 desembre 2021]. Disponible a: https://www.ginifab.com/feeds/angle_measurement/online_protractor.es.php
40. Ministerio de Fomento i Ministerio de Industria, Energía y Turismo. *Factores de emisión de CO2 y Coeficientes de paso a energia primaria de diferentes Fuentes de energia final consumidas en el sector de edificios en España*. Energía.gob, 2016. [Consulta: 12 febrer 2021]. Disponible a: https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf

41. Gerard Prieto. *Mapa de la radiación solar en Europa*. Panelessolaresbarcelona, 2019. [Consulta: 20 abril] Disponible a: <https://www.panelessolaresbarcelona.com/energia-solar-renovable/mapa-de-la-radiacion-solar-en-europa/>

19.1 Altres fonts

- Blanch, A. Certificació energètica de l'Escola Infantil "Can Roura" del municipi de Vilassar de Dalt. Treball final de grau, UPC, Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa. 2018.
- Font, O. Certificació energètica de d'un edifici destinat a biblioteca i arxiu. Treball final de grau, UPC, Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa. 2019.
- Bufort, B. Certificació energètica de l'Escola Súnion. Treball final de grau, UPC, Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa. 2019.
- González. D (2015). Estudi per a la certificació energètica de l'edifici TR11 del Campus UPC de Terrassa (TFG) ESEIAAT, Terrassa.