

Juan Carlos Melero Sanchez - DNI 33883719G (AUT) Firmado digitalmente por Juan Carlos Melero Sanchez - DNI 33883719G (AUT)

B Institut Municipal de l'Habitatge i Rehabilitació

Ajuntament de Barcelona



Títol del projecte

Projecte bàsic per a la construcció de 40 Allotjaments dotacionals i un equipament públic a la Av. del Carrilet 22-24, Sants-Montjuïc, Barcelona.

Adreça

Avinguda Carrilet 22-24
Barcelona

Tipus

01 PROTECCIO CIVIL I PREVENCIO EN MATERIA D'INCENDIS
(ALLOTJAMENTS DOTACIONALS)

Redactor

Jaume Pastor Costa. Enginyer industrial. COEIC 14891

Volum 1 / 1 Data FEBRER 2022 Referència PMHB 20/093

VIVAS MILLARUELO CESAR SANTIAGO - 43095493W Firmado digitalmente por VIVAS MILLARUELO CESAR SANTIAGO - 43095493W Fecha: 2022.03.01 17:55:06 +01'00'

VIVAS MILLARUELO CRISTIAN - 43127768P Firmado digitalmente por VIVAS MILLARUELO CRISTIAN - 43127768P Fecha: 2022.03.01 10:48:04 +01'00'

CRESPO RUEDA JUDITH - 53651465D Firmado digitalmente por CRESPO RUEDA JUDITH - 53651465D Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=IDCES-53651465D, givenName=JUDITH, sn=CRESPO RUEDA JUDITH - 53651465D Fecha: 2022.03.01 13:23:41 +01'00'

GARCIA ACIN OIHANA - 18057395A Firmado digitalmente por GARCIA ACIN OIHANA - 18057395A Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=IDCES-18057395A, givenName=OIHANA, sn=GARCIA ACIN OIHANA - 18057395A Fecha: 2022.03.01 10:31:09 +01'00'



I - MEMÒRIA

1.- GENERALITATS

- 1.1.- TIPUS D'OBRA**
- 1.2.- USOS**
- 1.3.- DESCRIPCIÓ DELS EDIFICIS**
- 1.4.- SUPERFÍCIES I ALÇADES**
- 1.5.- ACCESSOS**
- 1.6.- VENTILACIÓ APARCAMENT**
- 1.7.- VENTILACIÓ TRASTERS**
- 1.8.- NORMATIVA D'APLICACIÓ**

2.- PROPAGACIÓ INTERIOR

- 2.1.- COMPARTIMENTACIÓ EN SECTORS D'INCENDI**
 - 2.1.1.- CONDICIONS DE COMPARTIMENTACIÓ**
 - 2.1.2.- RESISTENCIA AL FOC**
- 2.2.- LOCALS DE RISC ESPECIAL**
- 2.3.- ESPAIS OCULTS. PASSOS D'INSTAL·LACIONS A TRAVÉS D'ELEMENTS DE COMPARTIMENTACIÓ D'INCENDI**
 - 2.3.1.- ESPAIS OCULTS**
 - 2.3.2.- PASSOS D'INSTAL·LACIONS**
- 2.4.- REACCIÓ AL FOC DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS, DECORATIUS I DE MOBILIARI**
 - 2.4.1.- ELEMENTS CONSTRUCTIUS**
 - 2.4.2.- INSTAL·LACIONS ELÈCTRIQUES**
 - 2.4.3.- MATERIAL TÈXTILS DE COBRIMENT**
 - 2.4.4.- ELEMENTS DECORATIUS I DE MOBILIARI**

3.- PROPAGACIÓ EXTERIOR

- 3.1.- MITGERES**
- 3.2.- FAÇANES**
- 3.3.- COBERTA**

4.- EVACUACIÓ D'OCUPANTS

- 4.1.- RESTRICCIONS A L'OCUPACIÓ**
- 4.2.- CÀLCUL DE L'OCUPACIÓ**
- 4.3.- ELEMENTS D'EVACUACIÓ**
 - 4.3.1.- ORIGEN D'EVACUACIÓ**
 - 4.3.2.- ALÇADA D'EVACUACIÓ**
 - 4.3.3.- SORTIDES D'EVACUACIÓ**
 - 4.3.4.- ESPAI EXTERIOR SEGUR**
 - 4.3.5.- RECORREGUT D'EVACUACIÓ**
 - 4.3.6.- PORTES, PASSOS I RAMPES**
 - 4.3.7.- ESCALES**
 - 4.3.8.- VESTÍBULS D'INDEPENDÈNCIA**
- 4.4.- COMPATIBILITAT DELS ELEMENTS D'EVACUACIÓ**
- 4.5.- NOMBRE DE SORTIDES I LONGITUD DELS RECORREGUTS D'EVACUACIÓ**



- 4.6.- DIMENSIONAT
- 4.7.- SENYALITZACIÓ DELS ELEMENTS D'EVACUACIÓ
- 4.8.- CONTROL DE FUM D'INCENDI
- 5.- DETECCIÓ, CONTROL I EXTINCIÓ DE L'INCENDI
 - 5.1.- INSTAL·LACIONS DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS (PCI)
 - 5.1.1.- RECINTES RISC NORMAL
 - 5.1.2.- RECINTES RISC ESPECIAL
 - 5.2.- DISSENY, EXECUCIÓ, POSADA EN FUNCIONAMENT I MANTENIMENT
 - 5.2.1.- INSTAL·LACIÓ D'ENLLUMENAT D'EMERGÈNCIA
 - 5.2.2.- EXTINTORS
 - 5.2.3.- CENTRAL, DETECCIÓ I PULSADORS D'ALARMA
 - 5.2.4. EQUIPS DE MÀNEGA
 - 5.2.5.- ASCENSOR D'EMERGÈNCIA
 - 5.2.6.- COLUMNA SECA
 - 5.2.7.- MANTENIMENT DE LES INSTAL·LACIONS DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS
 - 5.3.- SENYALITZACIÓ DELS MEDIS DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS
- 6.- INTERVENCIÓ DE BOMBERS
 - 6.1.- CONDICIONS D'APROXIMACIÓ I ENTORN
 - 6.1.1.- APROXIMACIÓ ALS EDIFICIS
 - 6.1.2.- ENTORN DELS EDIFICIS
 - 6.2.- ACCESIBILITAT FAÇANA
- 7.- RESISTÈNCIA AL FOC DE L'ESTRUCTURA

II. ESTUDI DE LA RESISTÈNCIA AL FOC

III. ANNEX FITXA 1.12 BOMBERS DE BARCELONA

IV. PLÀNOLS



I- MEMÒRIA

1.- GENERALITATS

1.1.- TIPUS D'OBRA

Es tracta d'un edifici plurifamiliar de 40 allotjaments dotacionals. L'edifici disposa d'un únic accés per la planta baixa. Disposa d'una planta baixa, planta primera i vuit plantes d'allotjaments dotacionals.

L'edifici no disposa de places d'aparcament per cap tipus de vehicle.

El solar té una forma lleugerament trapezoidal, amb un front de façana de 26 m al carrer Avinguda del Carrilet.

La seva superfície és de 3.333,24 m². La façana a Avinguda Carrilet té orientació sud-est, que és façana on hi haurà l'accés a l'edifici.

Es col·loca la planta baixa a nivell del carrer.

L'edificació està situada a l'Avinguda Carrilet 22, a la ciutat de Barcelona..

El solar no llinda amb cap edifici actualment. Està previst que es pavimenti un carrer per la façana nord-est quan es porti a terme l'obra.

El present projecte no queda afectat per la Llei 3/2010 Llei 3/2010, del 18 de febrer, de prevenció i seguretat en matèria d'incendis en establiments, activitats, infraestructures i edificis, ja que no es compleixen les següents condicions:

15. .Edificis d'una alçada d'evacuació igual o superior a 28 m, independentment de l'ús a què estiguin destinats.

L'edifici disposa de menys de 28m d'evacuació.

1.2.- USOS

Planta soterrani, planta baixa i planta primera estan parcialment ocupades per un equipament el qual té un annex d'incendis per separat.

En quant als allotjaments dotacionals, planta baixa està destinada a instal·lacions i un magatzem. A planta primera hi ha una cuina, un menjador, un espai polivalent i una bugaderia, tot d'ús comunitari.

En les plantes situades sobre planta primera es disposa d'allotjaments dotacionals pel que es considera com a ús residencial habitatge.

La planta coberta de l'edifici es destina a la ubicació del Recinte superior de Telecomunicacions (RITS), màquines de climatització, la sala de màquines dels ascensors i la col·locació de tot un seguit de panells solars fotovoltaics.

1.3.- DESCRIPCIÓ DE L' EDIFICI

A continuació es fa una descripció de les principals característiques de l'edifici.

Allotjaments dotacionals

El disseny dels allotjaments dotacionals considera el compliment del D. 14/2012 "Condicions mínimes d'habitabilitat dels allotjaments dotacionals i la cèdula d'habitabilitat". Així mateix també garanteix el compliment de les Ordenances Metropolitanes d'Edificació.

Es projecta un edifici compacte de planta soterrani i deu plantes sobre rasant. De la planta segona a la planta desena es destina a allotjaments dotacionals, un total de 40 unitats.

Tots els allotjaments dotacionals es destinen a lloguer social. En total, es projecten 40 allotjaments dotacionals, 5 en cada planta. Hi ha dos allotjaments dotacionals d'un dormitori i tres allotjaments dotacionals de dos dormitoris per planta. En total, hi ha una superfície útil d'allotjaments dotacionals de 2.632,64 m².

A continuació, es mostra un quadre resum dels allotjaments dotacionals:

Planta	Allotjaments dotacionals
Planta baixa	-
Planta 1	-
Planta 2	5
Planta 3	5
Planta 4	5
Planta 5	5
Planta 6	5
Planta 7	5
Planta 8	5
Planta 9	5
Total	40

1.4.- SUPERFÍCIES I ALÇADES

A continuació es mostren unes taules resum de usos, cotes i vies d'evacuació de l'edifici es descriu a continuació:

Allotjaments dotacionals

PLANTA	Usos	Superfície útil	Cota	Evacuació
Planta baixa	Zones comunes	-	+0,00 m	1 sortida per planta
Planta primera	Zones comunes	-	+3,35 m	1 sortida per planta
Planta segona	Residencial habitatge	329,08	+7,05 m	1 sortida per planta
Planta tercera	Residencial habitatge	329,08	+10,04 m	1 sortida per planta
Planta quarta	Residencial habitatge	329,08	+13,03 m	1 sortida per planta
Planta cinquena	Residencial habitatge	329,08	+16,03 m	1 sortida per planta
Planta sisena	Residencial habitatge	329,08	+19,02 m	1 sortida per planta
Planta setena	Residencial habitatge	329,08	+22,01 m	1 sortida per planta
Planta vuitena	Residencial habitatge	329,08	+25,00 m	1 sortida per planta
Planta novena	Residencial habitatge	329,08	+27,99 m	1 sortida per planta
Planta coberta	Zones comunes	2.632,64	+31,53 m	1 sortida per planta

1.5.- ACCESSOS

A la planta baixa es projecta l'accés a les zones comuns de planta baixa i planta primera a tots els allotjaments dotacionals.

1.6.- VENTILACIÓ APARCAMENT

No es disposa d'aparcament.

1.7.- VENTILACIÓ TRASTERS

No es disposa de trasters.

1.8.- NORMATIVA D'APLICACIÓ

La Normativa d'Aplicació que aplicarem a l'edifici en el seu conjunt és la següent:

- CTE-DB-SI: SEGURETAT EN CASO DE INCENDIOS
 - RD 314/2.006 Código Técnico de la edificación. BOE 28/03/2006.
- CTE-DB-SU: SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN
 - RD 314/2.006 Código Técnico de la edificación. BOE 28/03/2006.
- RIPCI: Reglamento de Instalaciones Protección Contra Incendios.
 - RD 513/2.017 Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. BOE 12/06/2.017.
- TINSCI: Taula d'Interpretació de la Normativa de Seguretat Contra Indendis.



- Llei 20/2009, de 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats.
- Informe preceptiu de SPEIS d'acord a l'art 4.1 a).
- ORDENANÇA REGULADORA DE LES CONDICIONS DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS de 2008.
- Instrucció tècnica complementària SP-121, Número de façanes accessibles, de data 10/05/2010, de la Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments.
- Instrucció tècnica complementària SP-113, Espai suficient de maniobra en els vials amb un accés únic, de data 15/02/2009, de la Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments.
- Instrucció tècnica complementària SP-120, Sistemes d'hidrants d'incendi per a ús exclusiu de bombers, de data 10/05/2010, de la Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments.
- Instruccions tècniques complementàries de la Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments.
- Fitxes de prevenció d'incendis dels Bombers de Barcelona
- NORMAS UNE incluidas en el Reglamento RDI 1942/1993 i en la CTE-DB-SI.
- CLASSIFICACIÓ EUROPEA DELS PRODUCTES DE LA CONSTRUCCIÓ Y DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EN FUNCIÓN DE SUS PROPIEDADES DE REACCIÓN Y RESISTENCIA AL FUEGO.
 - RD 312/2.005. BOE 2/04/2005 Complementa la directiva 89/106/CEE

2.-PROPAGACIÓ INTERIOR

2.1.- COMPARTIMENTACIÓ EN SECTORS D'INCENDI

2.1.1.- CONDICIONS DE COMPARTIMENTACIÓ

L'edifici estarà format pels següents sectors d'incendis principals:

- L'escala protegida serà un sector independent, des de planta baixa fins planta coberta.
- Els dos ascensors seran un sector independent, des de planta baixa fins planta coberta.
- La cambra de centralització de comptadors elèctrics situada a planta baixa és un sector d'incendi independent.
- La sala de residus és un sector independent.
- La sala de l'estació transformadora és un sector independent.
- Les plantes amb ús d'allotjament dotacional és divideixen en varis sectors independents ($S < 2.500m^2$).
 - Per una banda les zones comunes de planta baixa i planta primera i els allotjaments dotacionals i zones comuns de les plantes segona, tercera, quarta i cinquena.
 - Per altra banda els allotjaments dotacionals i zones comuns de les plantes sisena, setena, vuitena i novena.

Per una millor comprensió dels diferents sectors d'incendi s'aporten plànols de sectorització a la documentació gràfica adjunta.

Després de mantenir una reunió amb bombers pel càlcul de la superfície a efectes dels sectors d'incendis s'ha considerat que les zones de circulació de passera comptin com a superfície, però no ho faran aquelles passeres que tenen la funció de balcons dels allotjaments dotacionals.

Els graus de resistència de les parets, sostres i portes de pas venen definides pel CTE-DB-SI.1 en funció de l'alçada de l'edifici i de la situació de la planta.

Tabla 1.2 Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio^{(1) (2)}

Elemento	Resistencia al fuego			
	Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante en edificio con <i>altura de evacuación</i> :		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos ⁽³⁾ que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su <i>uso previsto</i> : ⁽⁴⁾				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, Pública Concur-rencia, Hospitalario	EI 120 ⁽⁵⁾	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento ⁽⁶⁾	EI 120 ⁽⁷⁾	EI 120	EI 120	EI 120
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI ₂ t-C5 siendo t la mitad del tiempo de <i>resistencia al fuego</i> requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un <i>vestíbulo de independencia</i> y de dos puertas.			

2.1.2.- RESISTENCIA AL FOC

Els elements que delimiten sectors d'incendis (parets, sostres i portes) o compartimentadors han de satisfer els temps de resistència al foc que s'estableix a continuació:

- Els sectors d'incendi dels allotjaments dotacionals, donat que formen part d'un edifici que té una alçada d'evacuació entre 15m i 28m seran EI-90.

Cada sector d'incendis està compartimentat amb la EI corresponent, essent les portes d'una EI₂ la meitat que la de l'element separador i en cas de existir vestíbuls d'independència podran ser la quarta part de l'element separador.

2.2.- LOCALS DE RISC ESPECIAL

Els locals de risc especial, d'acord amb la aplicació del punt 2 del CTE-DB-SI.1, són els següents:

- Cambres de comptadors elèctrics. Risc baix.
- Estació Transformadora. P≤630 KVA. Risc baix. De totes maneres per normativa de la companyia elèctrica cal que els tancaments siguin EI-240.
- Cambra de residus 15<S<30 m². Risc mig

Las condiciones de compartimentació, evacuació i reacció al foc dels materials en els locals de risc especial són (taula 2.2 del CTE-DB-SI.1):

CARACTERÍSTIQUES	RISC BAIX	RISC MIG	RISC ALT
Resistència al foc de l'estructura portant ⁽¹⁾	R 90	R 120	R 180
Resistència al foc de les parets (EI) i sostres (REI) que separen la zona de la resta de l'edifici ^{(2) (3)}	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbul d'independència en cada comunicació de la zona amb la resta de l'edifici	-	Sí	Sí
Portes de comunicació amb la resta de l'edifici	EI ₂ 45-C5	2 x EI ₂ 30-C5 Obren cap a l'interior del vestíbul d'independència	2 x EI ₂ 30-C5 Obren cap a l'interior del vestíbul d'independència
Recorregut d'evacuació màxim fins a alguna sortida del local. (computarà en la longitud total del recorregut fins a la sortida de planta)	≤ 25 m ≤ 31 m si disposa d'extinció automàtica	≤ 25 m ≤ 31 m si disposa d'extinció automàtica	≤ 25 m ≤ 31 m si disposa d'extinció automàtica
1 El temps de resistència al foc no ha de ser menor que el de l'estructura portant del conjunt de l'edifici, excepte quan la zona es trobi sota una coberta no prevista per a l'evacuació i la fallada de la qual no suposi un risc per a l'estabilitat d'altres plantes ni per a la compartimentació en cas d'incendi, podent ser en aquest cas R 30. Es pot adoptar com a alternativa el temps equivalent d'exposició al foc, excepte en els locals destinats a albergar instal·lacions i equips. 2 El sostre que separa el sector d'una planta superior ha de tenir la resistència al foc amb la característica REI en comptes de EI, perquè es tracta d'un element portant i compartimentador d'incendis. Si es tracta d'una coberta no destinada a cap activitat, ni prevista per a ésser utilitzada en l'evacuació, només li cal aportar la resistència al foc R que li correspongui com a element estructural, excepte en las franges a les que fa referència SI 2, en las que l'esmentada resistència ha de ser REI. 3 La resistència al foc del terra, REI, depèn de l'ús al que estigui destinat la zona existent en la planta inferior.			

2.3.- ESPAIS OCULTS. PASSOS D'INSTAL·LACIONS A TRAVÉS D'ELEMENTS DE COMPARTIMENTACIÓ D'INCENDI

2.3.1.- ESPAIS OCULTS

En espais ocults es garantirà la compartimentació d'incendis, tal i com esta prevista a les zones ocupables.

Les cambres o calaixos que travessin sectors d'incendi diferents o tinguin un desenvolupament vertical de tres plantes i 10m, tindran elements separadors amb la mateixa resistència al foc del que es compartimenten o amb registres de manteniment EI-t/2.

2.3.2.- PASSOS D'INSTAL·LACIONS

En els passos d'instal·lacions és garantida la compartimentació d'incendis mitjançant mecanismes d'obturació o passants.

En aquest cas els baixants utilitzaran mecanismes d'obturació. I les canonades i els conductes que travessin diferents sectors s'utilitzen elements passants i d'obturació.

2.4.- REACCIÓ AL FOC DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS, DECORATIUS I DE MOBILIARI

2.4.1.- ELEMENTS CONSTRUCTIUS ZONES OCUPABLES (s'exclou l'interior dels allotjaments dotacionals)

Les exigències de comportament al foc dels materials està definida al punt 4 del CTE-DB-SI.1, essent la classe que han d'aconseguir la definida a UNE-EN13501-1:2002.

RECINTE	SOSTRE - PARET	TERRA
Zones per les que discorren recorreguts d'evacuació (recorreguts normals)	C-s2,d0	Efl
Escales i passadissos protegits	B-s1,d0	Cfl-s1
Recorregut d'evacuació	D-s3,d0	Bfl-s2
Espais ocults no estancs o façanes ventilades (segons OMCPI-08)	B-s3,d0	Bfl-s2

RECINTES DE RISC ESPECIAL

Les exigències de comportament al foc dels materials està definida al punt 4 del CTE-DB-SI.1, essent la classe que han d'aconseguir la definida a UNE-EN13501-1:2002.

RECINTE	SOSTRE - PARET	TERRA
Recintes de risc especial	B-s1,d0	B _{FL} -s1

2.4.2.- INSTAL·LACIONS ELÈCTRIQUES

Les condicions de seguretat en cas d'incendi del cablejat i de les canalitzacions elèctriques estan fixades en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, REBT, aprovat pel RD 842/2002. Convé destacar els requisits relacionats amb:

- **Reacció al foc:** Cables, connexions, canalitzacions no propagadors del incendi i amb emissions de fums i opacitat reduïda, segons norma UNE 21.123. S'exigeix en edificis d'allotjament dotacional a la línia general d'alimentació i a les derivacions individuals; en edificis de pública concurrència, a tot el cablejat, connexionat a quadres elèctrics i canalitzacions.
- **Resistència al foc:** Cables de seguretat enfront el foc segons norma UNE-EN 50.200, poden continuar en funcionament fins a temperatures de 700°C. S'exigeix en cables elèctrics destinats a serveis de seguretat no autònoms o amb fonts autònomes centralitzades (grup electrogen). Per exemple caldria disposar-los en l'alimentació elèctrica als ventiladors del sistema de control de fums d'un aparcament o de pressurització d'una escala protegida.

2.4.3.- MATERIALS TÈXTILS DE COBRIMENT

Els elements tèxtils de cobriment han de presentar una classe de reacció al foc M 2, o més favorable segons la norma UNE 23727:1990. En aquest cas no es disposen.

2.4.4.- ELEMENTS DECORATIUS I DE MOBILIARI

Als allotjaments dotacionals no hi ha elements fixos que formin part del projecte.

3.- PROPAGACIÓ EXTERIOR

3.1.- MITGERES

Per tal de limitar el risc de propagació de l'incendi per l'exterior, les mitgeres o murs confrontants amb un altre edifici, han de tenir una resistència al foc EI-120 com a mínim.

En aquest cas la mitgera dels allotjaments dotacionals serà la de la sala de l'estació transformadora.

3.2.- FAÇANES

El risc de propagació exterior de l'incendi per la façana en horitzontal, vertical i superficialment per l'acabat exterior ha de complir amb el següent:

- Propagació horitzontal: S'hauran de complir les distàncies mínimes indicades entre el sector de l'escala d'evacuació, el sector equipament i el sector allotjaments dotacionals. També entre els sectors dels allotjaments dotacionals.

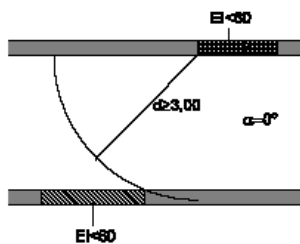


Figura 1.1. Fachadas enfrentadas

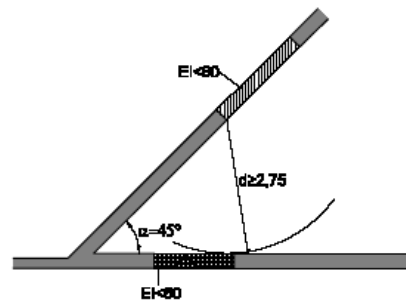


Figura 1.2. Fachadas a 45°

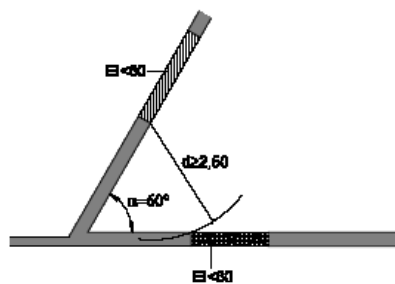


Figura 1.3. Fachadas a 60°

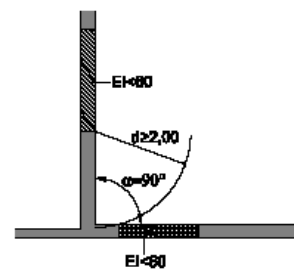


Figura 1.4. Fachadas a 90°

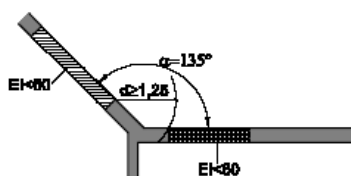


Figura 1.5. Fachadas a 135°

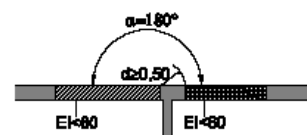
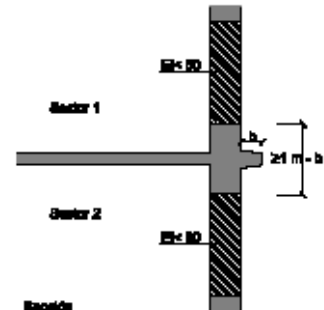
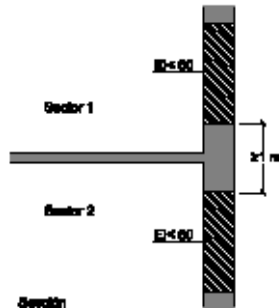


Figura 1.6. Fachadas a 180°

- Propagació vertical: S'hauran de complir les distàncies mínimes indicades entre el sector de l'equipament i el sector d'allotjaments dotacionals. També els dos sectors d'allotjaments dotacionals.



- Propagació superficial: Els materials que ocupin més del 10% de la superfície de la façana hauran de complir una classe de reacció al foc B-s3d2. En el cas de cambres ventilades els materials tindran una classe de reacció al foc B-s3d0

3.3.- COBERTA

Per tal de limitar el risc de propagació exterior de l'incendi per la coberta, entre dos edificis diferents, aquesta tindrà una resistència al foc REI 60, com a mínim, en una franja de 0,50 m d'amplada mesurada des de l'edifici confrontant, així com en una franja de 1,00 m d'amplada situada sobre la trobada amb la coberta de tot element compartimentador d'un sector d'incendi o d'un local de risc especial alt.

En aquest cas, al tractar-se d'un edifici aïllat, aquest punt no és d'aplicació.

4.- EVACUACIÓ D'OCUPANTS

4.1.- COMPATIBILITAT DELS ELEMENTS D'EVACUACIÓ

Segons el punt 1 del CTE-DB-SI.3 els establiments d'ús Comercial o Pública Concurrencia de qualsevol superfície i els d'ús Docent, Hospitalari, Residencial Públic o Administratiu la superfície construïda del qual sigui major que 1.500 m², si estan integrats en un edifici l'ús previst principal del qual sigui diferent del seu, han de complir les següents condicions:

- les seves sortides d'ús habitual i els recorreguts fins a l'espai exterior segur estaran situats en elements independents de les zones comunes de l'edifici i compartimentats respecte d'aquest d'igual forma que hagi d'estar-lo l'establiment en qüestió, segons el que s'estableix en el capítol 1 de la Secció 1 del CTE-DB-SI.3. No obstant això, aquests elements podran servir com a sortida d'emergència d'altres zones de l'edifici,
- les seves sortides d'emergència podran comunicar amb un element comú d'evacuació de l'edifici a través d'un vestíbul d'independència, sempre que aquest element d'evacuació estigui dimensionat tenint en compte aquesta circumstància.

En aquest cas no estem dins l'abast de les condicions.

4.2.- CÀLCUL DE L'OCUPACIÓ

Pel càlcul d'aforaments de l'edifici, es tenen en compte els ratís d'ocupació establerts per l'Art.2 del CTE-DB-SI.3.:

- Residencial habitatges	1 persona / 20 m ²
- Terrasses:	no hi ha ocupació
- Zones de servei de bars, restaurants, cafeteries, etc.:	1 persona / 10 m ²
- Zones de públic assegut en bars, cafeteries, restaurants, etc.	1 persona / 1,5 m ²

Als plànols de planta s'especifica l'ocupació de cada estància, sortida i escala.

Per calcular les ocupacions de les diferents àrees s'han fet les consideracions següents:

- 1.-Les zones comunes de planta dels allotjaments dotacionals (vestíbuls, escales, etc..) s'han considerat sense ocupació pròpia, o no simultània amb els allotjaments dotacionals, ja que en l'aplicació en zones de grans circulacions, la aplicació de les densitats d'ocupació de planta o zona pot conduir a ocupacions poc realistes per excés; així doncs es consideren les zones de circulació amb ocupació nul·la.
- 2.-Les terrasses dels allotjaments dotacionals i la coberta de l'edifici s'han considerat sense ocupació.
- 3.-Les zones d'ocupació ocasional i de serveis de l'edifici, s'han considerat d'ocupació nul·la (cambra elèctrica, ascensors, sales tècniques i de manteniment, etc.).

Així doncs l'ocupació queda reflectida en la següent taula:

PLANTA	Ocupació (persones)	Comentaris
Planta baixa	-	
Planta primera	40	La cuina tindrà una ocupació de 2 persones mentre l'espai polivalent tindrà una ocupació de 38 persones.
Planta segona	13	Els habitatges d'una habitació tindran una ocupació de 2 persones. Els habitatges de dues habitacions tindran una ocupació de 3 persones. $2 \times 2 + 3 \times 3 = 13$ persones per planta.
Planta tercera	13	
Planta quarta	13	
Planta cinquena	13	
Planta sisena	13	
Planta setena	13	
Planta vuitena	13	
Planta novena	13	
TOTAL	144	



L'ocupació total de l'edifici, sense tenir en compte l'equipament de planta soterrani, baixa i primera és de 144 persones.

4.3.- ELEMENTS D'EVACUACIÓ

Els elements d'evacuació han de complir les condicions de seguretat d'utilització del DB SU, a més de les que es defineixen en aquest apartat.

4.3.1.- ORIGEN D'EVACUACIÓ

Es considera com a origen d'evacuació:

- a) L'origen d'evacuació és qualsevol punt ocupable.
- b) Qualsevol punt ocupable dels locals de risc especial i d'altres zones d'ocupació nul·la.
- c) S'exceptua l'interior dels allotjaments dotacionals i de qualsevol recinte o conjunt de recintes en els que la densitat d'ocupació no sigui més gran d'1 persona/10 m² i la superfície total no superi els 50m².

Es mostra en els plànols de planta l'origen d'evacuació de cada estància.

4.3.2.- ALÇADA D'EVACUACIÓ

L'alçada d'evacuació descendent és de 27,99m.

La coberta no es compta a efectes d'evacuació, doncs no té la consideració d'espai comú per a que la puguin utilitzar els residents.

4.3.3.- SORTIDES D'EVACUACIÓ

Es considera com a final d'un recorregut d'evacuació la sortida de planta, la sortida de l'edifici i la sortida d'emergència.

- Sortides de planta:

Es consideren sortides de planta les portes de les escales protegides d'evacuació descendent dels allotjaments dotacionals ja que es troben compartimentades.

- Sortida d'edifici:

És la porta o forat de sortida a un espai exterior segur.

L'edifici d'allotjaments dotacionals disposa d'1 sortida.

4.3.4.- ESPAI EXTERIOR SEGUR

La sortides de l'edifici es realitzaran directament a la via pública.



Només hauran de complir aquesta condició les sortides amb una ocupació superior a 50 persones. Les dimensions que delimiten l'espai de dispersió d'ocupants és com segueix:

Via pública Allotjaments dotacionals: sortida allotjaments dotacionals E1

Ocupació (allotjaments dotacionals) = 144 persones

Superfície > 0,5. $P (m^2) = 0,5 \times 144 \text{ persones} = 72,0 m^2$.

Radi < 0,1. $P = 0,1 \times 144 \text{ persones} = 14,4 m$.

4.3.5.- RECORREGUT D'EVACUACIÓ

Es defineix com el recorregut que condueix des d'un origen fins a una sortida de planta o d'edifici.

Haurà de complir les següents condicions de seguretat en cas d'incendi:

- Es mesurarà sobre l'eix de passadissos, escales i rampes.
- Degut a que el recorregut acaba en la sortida de planta, un cop assolida aquesta sortida la longitud del recorregut no computa a efectes de compliment de recorregut. Excepte en el cas d'escales no compartimentades que segons la OMPCI-08 no ho permet.
- Es considera que dos recorreguts d'evacuació que condueixen des d'un origen d'evacuació fins a dues sortides de planta o d'edifici diferents són alternatius quan en l'esmentat origen formen dintre seu un angle més gran que 45° o bè, estan separats per elements constructius que siguin EI-30 i impedeixin que els dos recorreguts puguin quedar simultàniament bloquejats pel fum.

En els plànols de planta s'han mesurat els recorreguts d'evacuació amb les condicions anteriorment descrites.

4.3.6.- PORTES, PASSOS I RAMPES

Les característiques de les portes d'evacuació, passos i rampes, seran les següents:

- 1) Les portes de sortida seran batents amb eix de gir vertical i fàcilment operables. Les portes projectades compleixen amb aquesta condició.
- 2) L'ample mínim de les portes i passos d'evacuació serà de 0,80 m.
- 3) L'amplada de totes les portes seran iguals o menors a 1,20 m i amb les portes de dues fulles, igual o major que 0,60 m, condició que també es compleix.
- 4) Les portes previstes per a l'evacuació de més de 100 persones i la d'emergència, obriran en el sentit d'evacuació.
- 5) Les portes previstes com a sortida de planta o d'edifici i les que serveixen per a l'evacuació de més de 50 persones, hauran de tenir un sistema de tancament que no actuarà mentre hi hagi activitat en les zones a evacuar i serà de fàcil i ràpida obertura. En el cas d'evacuació d'ocupants habituals aquest mecanisme haurà de ser una maneta o polsador segons UNE-EN 179:2003 VC1, en el cas de no habituals consistirà en una barra horitzontal d'empenta (antipànic) segons la norma UNE EN 1125:2003 VC1. En els plànols s'adjunta quina d'elles disposen d'aquest tipus de tancament.



4.3.7.- ESCALES

L'alçada d'evacuació descendent de l'escala des de l'última planta és de 27,99 m, així doncs l'escala d'evacuació serà "protegida". L'escala està oberta a l'exterior ja que disposa de buits oberts a l'exterior d'una superfície superior a $S > 5 \times A$, essent A l'amplada de l'escala. Com que l'amplada de l'escala és de 1,00m, la superfície dels buits oberts a l'exterior és superior als 5,0m². Els accessos com a màxim seran dos, en aquest cas es realitza en un de sol. La distància màxima del desembarcament de les escales, fins a la sortida del edifici, és inferior a 15m.

Les escales compliran amb les característiques que disposa punt 4.2 del CTE-DB-SU.1 i el punt 3.9 del CTE-DB-SI.3:

- a) Cada tram podrà salvar una alçada fins a 3,20 m.
- b) Els replans entremitjos a les escales de traçat recte, mesurades en sentit de la evacuació, serà superior a la meitat de l'amplada del tram i en qualsevol cas superior a 1m.
- c) Tots els esglaons de cada escala tindran les mateixes dimensions. La petjada serà de 28 cm com a mínim, mesurada en projecció horitzontal. La contra petjada serà $0,13 < F < 0,1850$ m. En aquest cas es compleix.
- d) No serà necessari disposar de passamans en ambdós costats de l'escala quant l'amplada sigui inferior a 1,20 m. Amb les escales d'amplada $> 1,20$ i $< 2,40$ m es disposaran passamans a ambdós costats. A les escales d'amplada superior a 2,40 m, es disposaran també passamans entremitjos. En aquest cas les escales tenen una amplada de 1,00m, per lo tant només disposaran de passamans a un costat.
- e) Tindran 1,25 m² de ventilació a cada planta per l'escala.
- f) Les obertures de ventilació compliran amb lo que estableix DB-SI-2 propagació exterior.
- g) Totes les escales comuniquen amb PB i amb la sortida de l'edifici i el recorregut no protegit fins a la sortida és menor de 15 m. El vestíbul de planta baixa és de risc mínim.
- h) Les distàncies entre els contorns de les portes del vestíbul d'independència seran superiors a 50 cm.
- i) Les escales que donen a planta baixa no disposen de compartimentació ja que són escales obertes a l'exterior.

Totes aquestes condicions es compleixen en aquest cas, considerant les escales tal i com s'ha descrit anteriorment.

4.3.8.- VESTÍBULS D'INDEPENDÈNCIA

No es disposa de vestíbuls d'independència.

4.4.- COMPATIBILITAT DELS ELEMENTS D'EVACUACIÓ

L'equipament de plantes soterrani, planta baixa i planta primera disposa de sortides d'ús habitual i recorreguts fins a l'espai exterior segur en elements independents al edifici d'allotjaments dotacionals.

Per tant no hi ha cap incompatibilitat en elements d'evacuació.



4.5.- NOMBRE DE SORTIDES I LONGITUD DELS RECORREGUTS D'EVACUACIÓ

Un cop establerta l'ocupació del conjunt de l'edifici s'han de definir les sortides i la longitud dels recorreguts d'evacuació fins a elles. Aquestes compliran les següents condicions:

Allotjaments dotacionals

Totes les plantes disposen de més d'una sortida d'evacuació, per tant la longitud màxima dels recorreguts d'evacuació des de l'origen (porta d'entrada dels allotjaments dotacionals) fins alguna sortida de planta serà inferior a 25 m.

Al plànols adjunts es mostren les sortides de planta, d'edifici i les longituds dels recorreguts d'evacuació.

4.6.- DIMENSIONAT

Els passos i portes de l'edifici hauran de complir amb,

$$A \geq P/200$$

Valor mínim de 0,80m de passos i portes d'escales un 80% de l'ample del pas.

P: Nombre d'ocupants assignats que es preveu que passin pel punt d'amplada del qual es dimensiona.

A: Ample del pas (m).

Plantes allotjaments dotacionals

PLANTA	Evacuació pròpia	Evacuació cas bloqueig	nº sortides	A (m) Càlcul	A (m) Real Passos	A (m) Real Portes	Capacitat Passos Total
Planta baixa	144	144	1	0,720	1,00	1,70	200
Planta primera	40	40	1	0,200	1,00	0,82	200
Planta 2 fins a 9	13	13	1	0,065	1,00	0,82	200

Escales

Escales "protegides" de l'edifici hauran de complir amb,

$$E \leq 3 S + 160As, \text{ essent.}$$

E: Nombre d'ocupants assignats amb hipòtesis de bloqueig de sortida a la planta més desfavorable.

S: Superfície útil trepitjable del recinte de l'escala en totes les plantes, en m².



As: Ample de l'escala protegida en el seu desembarcament en la planta de sortida de l'edifici (m).

Amb totes aquestes consideracions el càlcul de les escales és com segueix:

Escala E1 amb evacuació descendent:

S: Superfície escala: 10,29 m²

A: Ample escala: 1,0 m.

P: nº de ocupants: 144 ocupants

$$E = 144 \text{ persones} \leq 190 \text{ persones} = 3 \times 10,29 + 1,0 \times 160$$

4.7.- SENYALITZACIÓ DELS ELEMENTS D'EVACUACIÓ

Les sortides i els recorreguts d'evacuació es senyalitzaran amb les següents condicions:

Característiques:

Senyalització en general: norma UNE 23034-1998

Disposició: De forma coherent amb l'assignació d'ocupants que es pretén fer cap a cadascuna de les sortides.

Senyalització de sortides de recinte, planta o edifici:

D'ús habitual:

- Senyal amb el rètol SALIDA.
- No cal senyalitzar les sortides en les zones de:
 - o Ús allotjament dotacional.
 - o Recinte $S < 50\text{m}^2$ amb ocupants habituals i la sortida del qual sigui visible des de qualsevol punt del recinte i els ocupants estiguin familiaritzats.

D'ús exclusiu en cas d'emergència:

- Senyal amb el rètol SALIDA DE EMERGENCIA

Senyalització dels recorreguts d'evacuació:

Direcció:

- Sempre que des de l'origen d'evacuació no es percebin clarament les sortides o les seves senyals.
- Enfront a la sortida d'un recinte > 100 persones que accedeixin lateralment a un passadís.

Alternatius:

- S'indicarà l'alternativa correcta en els punts dels recorreguts en què existeixin alternatives que puguin induir a error.

Sense sortida:

- Senyal amb el rètol SIN SALIDA junt a les portes que no siguin sortida i puguin induir a error.

Dimensions: queden fixades en la taula següent funció de la distància d'observació:



Distància d'observació → Dimensions dels senyals:

$d \leq 10 \text{ m} \rightarrow 210 \times 210 \text{ mm}$

$10 < d \leq 20 \rightarrow 420 \times 420 \text{ mm}$

$20 < d \leq 30 \rightarrow 594 \times 594 \text{ mm}$

Visibilitat: Han de ser visibles inclòs en cas de fallada de l'enllumenat normal.

4.8.- CONTROL DE FUM D'INCENDI

En els casos que s'indiquen a continuació s'ha d'instal·lar un sistema de control del fum d'incendi capaç de garantir aquest control durant l'evacuació dels ocupants, de manera que aquesta es pugui dur a terme en condicions de seguretat:

- a) Zones d'ús Aparcament que no tinguin la consideració d'aparcament obert;
- b) Establiments d'ús Comercial o Pública Concurrencia l'ocupació de la qual excedeixi de 1000 persones;
- c) Atris, quan la seva ocupació en el conjunt de les zones i plantes que constitueixin un mateix sector d'incendi, excedeixi de 500 persones, o bé quan estigui previst per a ser utilitzat per a l'evacuació de més de 500 persones.

Per tant, en aquest cas no cal disposar de control de fum d'incendi.

4.9.- EVACUACIÓ DE PERSONES AMB DISCAPACITAT EN CAS D'INCENDI

Donat que l'alçada d'evacuació d'ús residencial és menor de 28 m no es necessari disposar de zona de refugi.

5.- DETECCIÓ, CONTROL I EXTINCIÓ DE L'INCENDI

5.1.- INSTAL·LACIONS DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS (PCI)

5.1.1.- RECINTES RISC NORMAL

Els allotjaments dotacionals tindran les següents instal·lacions de protecció i extinció d'incendis:

- Extintors mòbils de 6 Kg de pols seca, eficàcia mínima 21A/113B (Art. SI 4.1 del CTE- DB-SI).
- Extintors mòbils de 5 kg de CO_2 , de eficàcia mínima 34B (Art. SI 4.1 del CTE- DB-SI).
- Columna seca (Art. SI 4.1 del CTE- DB-SI i art. 13.2 de la OMCPI-2008).
- Enllumenat d'emergència i senyalització (Art. SI 4.1 del CTE- DB-SI).
- Senyalització de les sortides i mitjans de protecció (Art. SI 4.1 del CTE- DB-SI).
- Manteniment de les instal·lacions contra incendis.

5.1.2.- RECINTES RISC ESPECIAL

En els recintes de risc especial mig, baix i reduït es col·locaran les següents instal·lacions específiques:

- Enllumenat d'emergència i senyalització.
- Extintors mòbils d'eficàcia 21A ó 55B a menys de 15 m de recorregut des de qualsevol punt i un just a l'accés de la zona.



5.2.- DISSENY, EXECUCIÓ, POSADA EN FUNCIONAMENT I MANTENIMENT

5.2.1.- INSTAL·LACIÓ D'ENLLUMENAT D'EMERGÈNCIA

L'edifici disposarà del corresponent enllumenat d'emergència i senyalització mitjançant equips autònoms amb bateria incorporada. Aquest equips hauran d'entrar en funcionament quant es produeixi qualsevol falta de tensió de la xarxa o quant disminueixi per sota del 70% del seu valor nominal, i també tindran una autonomia d'1 hora.

S'instal·laran aparells distribuïts per l'edifici, i haurà de proporcionar un mínim de 3 lux tal i com indica l'ORCPI-08, de manera que permeti l'evacuació del local amb facilitat i bones condicions de visibilitat.

5.2.2.- EXTINTORS

Es col·locaran extintors en tot l'edifici, d'eficàcia 21A-113B. Als locals de risc especial, es disposaran d'extintors d'eficàcia mínima 21A - 55B.

Estaran situats de manera que el recorregut horitzontal des de tot origen d'evacuació, fins a un extintor sigui inferior a 15m.

S'instal·laran penjats als paraments verticals o pilars de manera que la part superior de l'extintor quedi entre 80cm i 120cm sobre el terra. La seva situació permetrà que es puguin localitzar fàcilment i la seva utilització sigui fàcil i ràpida.

Al costat dels armaris o cambres de comptadors es col·locarà 1 extintor de 5 Kg de CO₂.

5.2.3.- CENTRAL, DETECCIÓ I PULSADORS D'ALARMA

Segons el CTE s'haurà de posar un sistema de detecció i d'alarma d'incendi si l'altura d'evacuació excedeix els 50m.

En aquest cas, al tenir una altura d'evacuació inferior als 50m, no caldrà disposar de central, detecció i pulsador d'alarma.

5.2.4. EQUIPS DE MÀNEGA

No es col·locaran equips de mànega ja que no li és d'aplicació.

5.2.5.- ASCENSOR D'EMERGÈNCIA

No se'n disposa, ja que l'alçada d'evacuació és inferior a 28m i per tant no és necessària la seva instal·lació.



5.2.6.- COLUMNA SECA

Segons el CTE, per residencial habitatge s'haurà de posar una columna seca si l'altura d'evacuació excedeix els 24m. Per tant, es disposa d'una columna seca per als allotjaments dotacionals.

Es col·locaran en un recinte de la escala. L'escomesa s'instal·larà allotjada en un hornacina de 55 cm de ample i 40 cm d'alçada y 30 cm de profunditat, prevista d'una tapa pintada en color blanc amb la inscripció "COLUMNA SECA – USO EXCLUSIVO BOMBEROS", en lletres vermelles. La tapa disposarà d'un sistema de tancament simple per claus de tipus "cuadradillo" de 8 mm i frontisses a la part inferior que permetin la total obertura de la tapa.

Les boques de sortida s'instal·laran allotjades en un hornacina de 55 cm de ample i 35 cm d'alçada i 30 cm de profunditat, prevista d'una tapa pintada en color blanc amb la inscripció "COLUMNA SECA – USO EXCLUSIVO BOMBEROS", en lletres vermelles. La tapa disposarà d'un sistema de tancament simple per claus de tipus "cuadradillo" de 8 mm i frontisses a la part inferior que permetin la total obertura de la tapa.

L'escomesa d'alimentació disposarà d'una pressa siamesa amb ràcords de 70 mm amb tapa i clau de purga de 25 mm. La columna ascendent serà d'acer galvanitzat i diàmetre nominal 80 mm.

La columna seca disposarà de sortides en totes les plantes sota rasant. Totes les boques de sortida disposaran de presses siamesa amb ràcords de 45 mm amb tapa.

La pressa en plantes tindrà una alçada al centre de les boques de 0,90 m.

Les claus seran de bola amb palanca d'accionament incorporada.

5.2.7.- MANTENIMENT DE LES INSTAL·LACIONS DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS

Els mitjans de protecció contra incendis es sotmetran a un programa de manteniment periòdic.

Les operacions de manteniment es realitzarà un instal·lador o personal de manteniment autoritzat.

S'haurà de fer constància documental del compliment del programa de manteniment. En aquest document, tindrà com mínim, les operacions realitzades, el resultat de les verificacions, proves i substitucions dels elements defectuosos que s'hagin realitzats.



5.3.- SENYALITZACIÓ DELS MEDIS DE PROTECCIÓ CONTRA INCENDIS

Les instal·lacions de protecció contra incendis d'utilització manual (extintors, boques d'incendi, polsadors manuals d'alarma i dispositius de "disparo" dels sistemes d'extinció,...) s'han de senyalitzar amb les següents condicions:

Característiques:

Senyalització en general: norma UNE 23033-1

Senyalització foto luminescent: norma UNE 23035-4:1999.

Dimensions: queden fixades en la taula següent funció de la distància d'observació, d:

Distància d'observació → Dimensions dels senyals:

$d \leq 10 \text{ m} \rightarrow 210 \times 210 \text{ mm}$

$10 < d \leq 20 \text{ m} \rightarrow 420 \times 420 \text{ mm}$

$20 < d \leq 30 \text{ m} \rightarrow 594 \times 594 \text{ mm}$

Visibilitat: Han de ser visibles inclòs en cas de fallada de l'enllumenat normal.

6.- INTERVENCIÓ DE BOMBERS

6.1.- CONDICIONS D'APROXIMACIÓ I ENTORN

L'edifici disposa com a mínim d'una façana accessible des del carrer. L'alçada d'evacuació de l'edifici és major de 9m., per tant s'haurà de complir el punt 1.2 del CTE-DB-SI-5 i el document DT-12 del TINSCL.

6.1.1.- APROXIMACIÓ ALS EDIFICIS

El vial d'accés al espai de maniobra haurà de complir amb el punt 1.1 del CTE-DB-SI-5 i el document DT-12 del TINSCL.

Pel que fa al vial d'aproximació, aquest ha de complir les següents condicions:

- Amplada mínima lliure: $\geq 3,5\text{m}$. Compleix.
- Altura mínima lliure o gàlib: $\geq 4,5 \text{ m}$ (sense limitació).
- Capacitat portant del vial: $\geq 2.000 \text{ Kg/m}^2$. És via pública.
- Amplada lliure mínima en trams corbats: 7,20 m, delimitada pel traçat d'una corona circular que tingui radis mínims de 5,30 i 12,50 m. Compleix.
- Pendent inferior al 15%. Compleix.
- Els vials d'aproximació sense sortida s'hauran de senyalitzar com a tal.



6.1.2.- ENTORN DELS EDIFICIS

L'alçada d'evacuació de l'edifici és superior a 9 m pel carrer principal, des de l'última planta ocupable fins a la entrada de l'edifici, en planta baixa, per tant s'haurà de complir el punt 1.2 del CTE-DB-SI-5 i el document DT-12 del TINSCI.

L'espai de maniobra en les façanes haurà de complir amb el punt 1.2 del CTE-DB-SI-5 i el document DT-12 del TINSCI:

- h) Amplada mínima lliure: > 5 m en edificis.
- i) Alçada lliure mínima: la de l'edifici.
- j) Separació màxima del vehicle de bombers a la façana de l'edifici:
 - i. Alçada d'evacuació $\leq$ 20m: màxim 15 m de separació.
 - ii. Alçada d'evacuació > 20m: màxim 10 m de separació.
- k) Distància màxima des de l'espai de maniobra fins als accessos de l'edifici, necessaris per arribar a totes les seves zones: 30 m.
- l) Pendent màxima a l'espai de maniobra: 10 %
- m) Resistència a punxonament a l'espai de maniobra: 100 kN (10 t) sobre 20 cm Ø.
- n) S'haurà de senyalitzar la ubicació dels accessos a l'edifici necessaris per accedir a totes les seves zones, no situats al llarg de la façana accessible.
- o) En el cas que la façana més representativa de l'edifici no coincideixi amb la de l'accés principal (DB-SI 5), com a mínim el 25% del perímetre de l'edifici ha de complir les condicions de façana accessible.
- p) L'espai de maniobra ha de mantenir-se lliure de mobiliari urbà, arbrat, jardins, fites o altres obstacles. D'igual manera, on es prevegi l'accés a una façana amb escales o plataformes hidràuliques, s'evitaran elements tal com cablejat elèctric aeri i branques d'arbres que puguin interferir amb les escales, etc.
- q) Si l'edifici està equipat amb columna seca o humida, ha de tenir accés per un vehicle de bombers a menys de 18 m de cada punt de connexió amb aquesta. El punt de connexió serà visible des del vehicle.

Segons la instrucció tècnica complementaria SP-120 de la Generalitat hi ha d'haver un hidrant d'incendi a menys de 100m de qualsevol punt d'una façana accessible a nivell rasant, s'adjunta plànol on s'indica l'hidrant existent.



6.2.- ACCESIBILITAT FAÇANA

Les façanes dels edificis tenen una alçada superior $h > 9\text{m}$ i per tant han de complir:

- r) Facilitar l'accés a cadascuna de les plantes de l'edifici, de manera que l'alçada del amplit respecte del nivell de la planta a la qual accedeix no sigui major que 1,20 m;
- j) Les seves dimensions horitzontal i vertical han de ser, almenys, 0,80 m i 1,20 m respectivament.
- k) La distància màxima entre els eixos verticals de dues obertures d'accés consecutives no ha d'excedir de
 - l) 25 m, mesurada sobre la façana;
- m) No s'han d'instal·lar en façana elements que impedeixin o dificultin l'accessibilitat a l'interior
- n) l'edifici a través de les obertures d'accés a excepció dels elements de seguretat situats en
- o) els buits de les plantes l'alçada d'evacuació no excedeixi de 9 m.
- p) Les solucions constructives en façanes de doble pell i en façanes ventilades, en cas que la cambra de ventilació
 - q) sigui superior a 30 cm, han de permetre l'accessibilitat dels bombers i disposar de passeres entre el revestiment
 - r) exterior i el tancament interior en les obertures d'accés.
- s) En el cas que la façana més representativa de l'edifici no coincideixi amb la de l'accés principal (DB SI 5), com a
- t) mínim el 25% del perímetre de l'edifici ha de complir les condicions de façana accessible.
- u) Les obertures d'accés en façanes que no siguin clarament visibles i practicables a causa del seu tipus constructiu,
- v) s'han de senyalitzar per tal que siguin fàcilment localitzables pels equips de socors segons els següents criteris:
 - Quan una obertura d'accés no sigui clarament practicable des de l'exterior, caldrà disposar d'un dispositiu d'obertura exterior, o bé d'un tancament de vidre trempat o similar.
 - Habitualment es senyalitzaran les obertures d'accés corresponents a les plantes amb una alçada d'evacuació descendent igual o inferior a 50 m

Tots els allotjaments dotacionals són accessibles a Bombers mitjançant finestres i des de elles es poden accedir a l'interior dels allotjaments dotacionals. Així doncs no es necessari marcar els punts d'accés per a bombers.

7.- RESISTÈNCIA AL FOC DE L'ESTRUCTURA

L'estabilitat al foc dels elements estructurals hauran de complir amb lo disposat al CTE-DB-SI.6 R-90 en plantes sobre rasant, amb ús allotjament dotacional, ja l'alçada d'evacuació és inferior a 28m.

R-180 en locals de risc "ALT".

R-120 en locals de risc "MIG".

R-90 en locals de risc "BAIX".

L'edifici està conformat per:

- Un nivell de soterrani (soterrani -1) de formigó armat.
- Dos primers nivells de sobre rasant (PB i P1) de formigó armat.
- Vuit nivells superiors (P2 a P9) de contenidors i estructura metàl·lica.

S'estudiarà un sistema passiu de protecció amb pintures o projecció de l'hermiculita per a obtenir els nivells de protecció contra el foc.

Barcelona, juny 2021

EL PETICIONARI

EL FACULTATIU

JAUME PASTOR COSTA
ENGINYER INDUSTRIAL
nºCol.: 14.891 COEIC





II. ESTUDI DE LA RESISTÈNCIA AL FOC

Estudi de la resistència al foc d'un mòdul estructural en un edifici format per diverses plantes de contenidors marítims habilitats com a allotjaments, mitjançant simulacions

D1. Informe Final.

Autors: Alba Àgueda, Frederic Marimon, Eulàlia Planas

Barcelona, 25 de març de 2021

CONTINGUT

1	Introducció.....	5
2	Presentació de l'edifici.....	6
2.1	Característiques dels mòduls.....	6
2.2	Compartimentació i acabats interiors	7
2.3	Característiques dels ocupants.....	8
3	Definició dels escenaris d'incendi.....	9
3.1	Escenari d'incendi post-flashover	9
3.1.1	Corba d'incendi per al mòdul individual.....	11
3.1.2	Corba d'incendi per al mòdul doble	15
3.1.3	Altres corbes d'incendi	17
3.2	Escenari d'incendi a través de finestres afectant la façana.....	19
4	Definició dels escenaris en FDS.....	20
4.1	Programari utilitzat	20
4.2	Escenaris simulats.....	20
4.3	Domini i mallat.....	20
4.4	Parets dels mòduls.....	24
4.4.1	Parets interiors.....	24
4.4.2	Acabat de les parets.....	25
4.5	Obertures.....	25
4.6	Condicions ambientals.....	26
4.7	Definició de les variables de sortida en FDS	26
4.7.1	Dispositius per controlar el trencament de les finestres.....	26
4.7.2	Dispositius per enregistrar temperatures a través de les parets	27
4.7.3	Arxius de tall 2D	29
4.7.4	Arxius de contorn.....	30

5	Resultats.....	31
5.1	Comportament de l'incendi.....	31
5.2	Temperatura del gas i de les parets dels contenidors.....	34
5.2.1	Escenari S_05[0]_E_OP_TT (#1)	34
5.2.2	Escenari S_05[-1]_E_OP_TT (#2)	36
5.2.3	Escenari D_10+05[-2]_E_1P_TT (#6).....	38
5.3	Efecte de la posició de les obertures	41
5.3.1	Mòdul individual	41
5.3.2	Mòdul doble.....	42
5.4	Efecte del foc i el fum sobre els mòduls superiors	45
5.5	Evolució de la temperatura a l'interior de les parets i efecte sobre la resistència estructural.....	47
5.6	Efecte de la càrrega de foc.....	49
6	Estudi termomecànic de la protecció amb plaques Pladur FOC 15+15 mm de la xapa nervada d'acer	50
6.1	El sistema estructural i les accions mecàniques en situació d'incendi.....	50
6.1.1	Anàlisi estructural del projecte APROP a temperatura ambient.....	52
6.1.2	Afectació de les propietats mecàniques de l'acer degut a l'increment de temperatura	53
6.2	Accions tèrmiques en situació d'incendi	57
6.3	Simulació tèrmica de l'evolució de la temperatura sobre la xapa nervada i els aïllaments emprats	58
6.3.1	Validació inicial de les propietats del material Pladur FOC de 15+15 mm segons els resultats obtinguts en un assaig de laboratori de referència.....	59
6.3.2	CAS 1. Exposició ISO834 i 2 plaques 15+15 mm	61
6.3.3	CAS 2. Exposició ISO834, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m ³	61
6.3.4	CAS 3. Exposició foc natural i 2 plaques 15+15 mm	62
6.3.5	CAS 4. Exposició foc natural, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m ³	62
6.3.6	CAS 5. Mòdul doble. Exposició ISO834 i 2 plaques 15+15 mm	63

6.3.7	CAS 6. Mòdul doble. Exposició ISO834, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m ³	64
6.3.8	CAS 7. Mòdul doble. Exposició foc natural i 2 plaques 15+15 mm	64
6.3.9	CAS 8. Mòdul doble. Exposició foc natural, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m ³	65
6.3.10	CAS 9. Mòdul doble. Exposició foc natural amb càrrega de foc 948 MJ/m ² , 2 plaques 15+15 mm.....	65
6.4	Resultats finals de l'estudi termomecànic.....	66
7	Conclusions	68
8	Referències bibliogràfiques	70
Annex		72

1 Introducció

L'objectiu del projecte és estudiar la resistència al foc d'un edifici format per diverses plantes de contenidors marítims habilitats com a allotjaments, mitjançant simulacions. Per assolir aquest objectiu s'analitza el comportament de dos contenidors col·locats un sobre l'altre, quan el de sota es veu sotmès a l'efecte d'un incendi, mitjançant el simulador "*Fire Dynamics Simulator*" (FDS) [1] pel què fa al comportament del foc i mitjançant el simulador Diamonds (versió 2020) de l'empresa Buildsoft [2], pel què fa al comportament de l'estructura sota l'efecte del foc.

L'estratègia adoptada segueix els principis del que es coneix com a disseny prestacional de la protecció contra incendis [3], en aquest cas aplicada a avaluar la resistència al foc de l'estructura dels contenidors d'acer col·locats de forma apilada aconseguint un edifici de varies plantes. S'avalua doncs l'afectació del material acer del contenidor degut a l'augment de la temperatura durant l'incendi obtinguda mitjançant una simulació tèrmica del problema en règim transitori.

A les simulacions amb FDS (relatives al comportament del foc) es consideren dues situacions : una amb el contenidor tal com s'ha dissenyat i previst seguint les indicacions del Codi Tècnic de l'Edificació i les indicacions del Cos de Bombers de la ciutat de Barcelona pel que fa als requisits de resistència al foc; i una altra on es redueix el gruix de l'aïllament definit en el disseny inicial, per comprovar si segueix complint amb els requisits de resistència al foc. Les simulacions s'han dut a terme tant amb un contenidor simple com amb un contenidor doble, que són les dues tipologies usades a l'edifici.

A les simulacions amb Diamonds (relatives a l'estudi termomecànic) s'han considerat diverses situacions: existència de només plaques aïllants, cas de plaques aïllants i llana de roca, i això en combinació amb l'exposició a la corba de foc més desfavorable procedent de l'estudi amb FDS i a la corba de foc normalitzat ISO834.

2 Presentació de l'edifici

L'edifici forma part del projecte APROP de l'Ajuntament de Barcelona. Aquest projecte consisteix en la construcció d'edificis temporals destinats a equipaments comunitaris en planta baixa i allotjaments col·lectius protegits en plantes pis.

L'edifici APROP GLÒRIES està format per set plantes amb 11 contenidors a cadascuna, i una planta baixa l'estructura de la qual és un entramat d'estructura d'acer. L'estructura de l'edifici són els contenidors marítics habilitats com a allotjament, els quals formen al mateix temps el tancament dels mòduls d'allotjament i la seva estructura. En total hi ha projectats 42 allotjaments, 35 dobles i 7 simples.

Els contenidors tenen aproximadament 12 m de profunditat, 2,5 m d'amplada i 2,5 m d'alçada interior. Tenen un reforç intern per poder fer els buits necessaris a la xapa perimetral. La unió entre contenidors es realitza amb unes peces especials d'acer galvanitzat anomenades Twist Lock que garanteixen una alçada entre sostres dels contenidors de 2,9 m [4].

2.1 Característiques dels mòduls

Hi ha dos tipus de mòduls prefabricats per a dos tipus d'allotjaments diferents, un amb programa funcional d'1 dormitori (allotjament simple) i l'altre de 2 (allotjament doble). Tots els allotjaments compten amb dues façanes. La façana que dona al C/ Bolívia compta amb balcons d'1 m de profunditat. L'altra façana dona a un pati interior d'illa on hi ha un edifici (actualment en construcció) de 7 plantes més la planta baixa (Figura 1). L'accés a cada allotjament es realitza a través de la passera exterior de l'edifici, d'1,7 m de profunditat.



Figura 1. Vista del solar on es construirà l'edifici de mòduls APROP (instantània feta el setembre de 2020).

El mòdul genèric individual compta amb 26,35 m² distribuïts en una sala i cuina obertes, una cambra higiènica i una habitació doble (Figura 2). El mòdul queda compartimentat gràcies a una porta que separa la zona on hi ha la sala i la cuina obertes, i la zona on hi ha l'habitació doble i el sanitari, el qual té una porta corredissa.

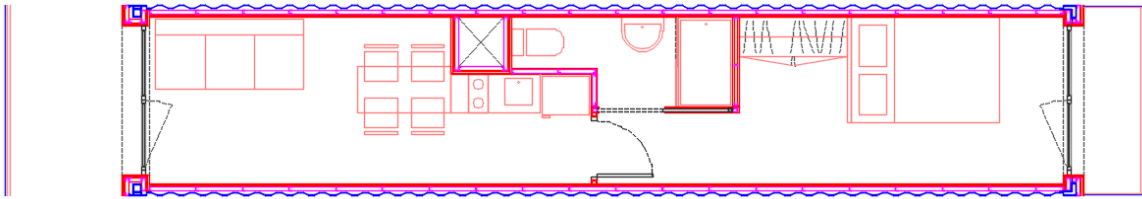


Figura 2. Mòdul genèric individual (passera a la banda esquerra; balcó a la banda dreta).

El mòdul genèric doble compta amb 52,46 m² distribuïts en una sala-menjador i cuina obertes, una cambra higiènica, un espai d'emmagatzematge, una habitació doble i una individual. El mòdul queda compartimentat gràcies a una porta que separa la zona on hi ha la sala-menjador i la cuina obertes, les portes de les habitacions i la porta del sanitari.

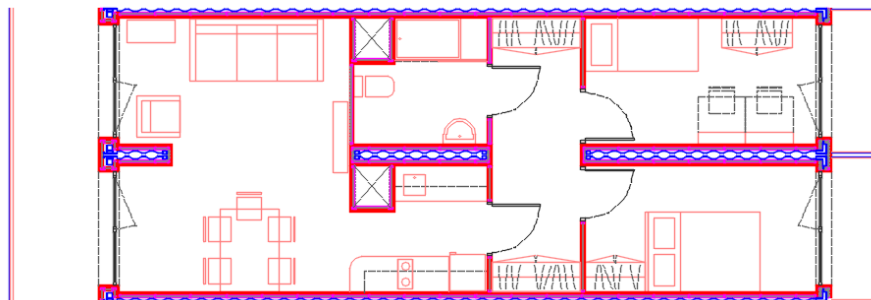


Figura 3. Mòdul genèric doble (passera a la banda esquerra; balcons a la banda dreta).

2.2 Compartimentació i acabats interiors

En el moment d'iniciar aquest estudi no es coneixen encara les característiques exactes dels acabats interiors de l'edifici, de manera que s'han considerat les mateixes que té actualment l'edifici similar ja construït a Ciutat Vella. Si finalment el material no és exactament el mateix, les característiques generals seran semblants i no es preveu que això tingui impacte significatiu en el comportament del foc, per tant els resultats obtinguts seguiran essent igualment aplicables a l'edifici de Glòries.

Per tal de garantir una resistència al foc R90, els allotjaments per l'interior van extradossats al seu perímetre interior amb el sistema autoportant w628B.es de Knauf, amb muntants metàl·lics

de 48 mm x 36 mm x 0,6 mm, dues plaques de 15 mm tallafoc DF i una placa de 15 mm Knauf Diamant hidròfuga d'alta duresa com a acabat. Hi ha aïllament de llana de roca a l'espai dels muntants de 48 mm.

Els envans interiors es resolen amb una placa de 15 mm Knauf Diamant hidròfuga d'alta duresa a banda i banda i amb subestructura metàl·lica de 48 mm i aïllant de llana de roca a l'interior (15/48/15).

Les propietats tèrmiques dels diferents materials presents a les parets dels mòduls es poden veure a la Taula 1. Aquestes propietats s'han extret de diferents fonts bibliogràfiques.

Taula 1. Propietats tèrmiques i gruix dels diferents materials presents als allotjaments.

Material	Densitat [kg/m ³]	Calor específica [kJ/kg K]	Conductivitat [W/m K]	Gruix [mm]	Referències propietats tèrmiques
Diamant	1000	1	0,27	15	[5]
Tallafoc DF	800	1	0,23	15+15	[5]
Llana mineral	17 ^a	1,03 ^b	0,037 ^c	48	a.[6]; b.[7]; c. [5]
Acer	7850	0,46	45,8	2	[8]
Vidre	2500	0,8	0,8	100	[9]

2.3 Característiques dels ocupants

Els ocupants de les plantes pis pertanyen a col·lectius especialment vulnerables que es troben en situacions d'emergència econòmica i social. Pertanyen a aquest col·lectiu aquelles persones en risc de pèrdua de l'habitatge imminent o en risc d'exclusió residencial (article 75 del DL 75/2014).

Atès que l'estudi no pretén avaluar l'evacuació dels ocupants durant l'emergència en cas d'incendi, l'únic aspecte a tenir en compte és que els ocupants hauran d'emmagatzemar totes les seves pertinences en aquests habitatges temporals, fet que es tindrà en compte a l'hora d'avaluar la càrrega de foc present en el contenidor.

3 Definició dels escenaris d'incendi

Quan s'ha de dur a terme l'anàlisi de la resistència al foc de l'estructura en projectes de disseny prestacional només s'acostumen a considerar incendis completament desenvolupats. La transferència de calor a l'estructura durant la fase de creixement de l'incendi proporciona un flux de calor petit comparat amb la durada total de la fase en la que l'incendi està completament desenvolupat. A més, per a estructures d'acer amb aïllament (com és el cas que ens ocupa) també és necessari considerar la fase de decaïment de l'incendi ja que la calor continuarà transferint-se a través de l'aïllament i la temperatura de l'acer pot continuar augmentant durant aquesta darrera fase de l'incendi [3]. En l'anàlisi de la resistència al foc de l'estructura, s'han de considerar dues tipologies d'escenaris:

- Incendi post-flashover
- Incendi a través de finestres afectant la façana

3.1 Escenari d'incendi post-flashover

Tenint en compte l'objectiu del projecte, un dels escenari d'interès (el pitjor dels casos) és un foc *post-flashover* en què les temperatures de la capa de fums estaran per sobre dels 500°C, on tot el combustible s'acabarà cremant i on no es posarà en marxa cap mecanisme d'extinció de l'incendi.

Per a definir la corba d'incendi en aquest escenari, se segueix la següent metodologia, basada en la normativa prestacional de Nova Zelanda [10]:

1. Es corre una simulació amb corba d'incendi *pre-flashover* les característiques de la qual s'han extret de la norma europea UNE-EN-1991-1-2:2019 [11]. S'assumeix que el foc creix a una velocitat moderada fixada pel model t^2 fins que s'arriba al *flashover*, o fins que el *Heat Release Rate* (HRR) assoleix el valor màxim, o fins que hi ha ventilació limitada. Es considera que la situació de ventilació limitada es dona en el primer instant en què el HRR calculat ja no es correspon amb el HRR dissenyat degut a la manca d'oxigen suficient per aconseguir la combustió completa.
2. Segons els resultats de la primera simulació, es determina quin cas aplica dels de la Taula 2 (el cas 2 s'ha omès perquè inclou l'ús de ruixadors) i es fa una nova simulació ajustant la corba de HRR segons l'acció corresponent especificada a la taula.

Taula 2. Modelització dels focs post-flashover segons la normativa prestacional de Nova Zelanda [10]. T_{UL} : Temperatura mitjana de la capa de fums (de l'anglès, upper layer); HRR: Cabal d'energia alliberada (de l'anglès, heat release rate); HRRPUA: Cabal d'energia alliberada per unitat d'àrea (de l'anglès, heat release rate per unit area).

Casos possibles	Resultats de la primera simulació	Acció a realitzar per ajustar el HRR i tornar a córrer el model
Cas 1	El foc creix i arriba al màxim HRR abans de que $T_{UL}=500^{\circ}\text{C}$. Creixement ràpid del foc perquè arribi al màxim HRR. Les espècies igual que en la situació <i>pre-flashover</i> .	-
Cas 3	$T_{UL}=500^{\circ}\text{C}$ abans de que el HRR arribi al màxim i no hi ha ventilació limitada. Creixement ràpid del foc fins a $T_{UL}=500^{\circ}\text{C}$. Les espècies igual que en la situació <i>pre-flashover</i> .	Quan $T_{UL}=500^{\circ}\text{C}$ s'incrementa el HRR fins al màxim HRR durant un període de 15 s. Les espècies, igual que en la situació <i>post-flashover</i> .
Cas 4	$T_{UL}=500^{\circ}\text{C}$ abans de que el HRR arribi al màxim i hi ha ventilació limitada. El foc creix fins a $T_{UL}=500^{\circ}\text{C}$. Les espècies igual que en la situació <i>pre-flashover</i> .	Quan $T_{UL}=500^{\circ}\text{C}$ (o hi ha ventilació limitada, el que ocorre primer) s'incrementa el HRR 1,5 vegades el valor del HRR corresponent a la situació de ventilació limitada durant 15 s. Les espècies, igual que en la situació <i>post-flashover</i> .
Cas 5	$T_{UL}<500^{\circ}\text{C}$ i hi ha ventilació limitada. Creixement ràpid del foc fins al límit de ventilació. Les espècies igual que en la situació <i>pre-flashover</i> .	En el límit de ventilació, s'incrementa el HRR 1,5 vegades el valor del HRR corresponent a la situació de ventilació limitada durant 15 s. Les espècies, igual que en la situació <i>post-flashover</i> .

Per a definir la corba d'incendi s'ha utilitzat un valor de densitat de càrrega de foc mitjà (q) de 780 MJ/m^2 tal com recomana per a habitatges la norma UNE-EN-1991-1-2:2019 [11]. El valor del pic de HRR que es pot assolir s'extreu a partir del HRRPUA de la mateixa norma, que és de 250 kW/m^2 , ja que el valor recomanat a la norma de Nova Zelanda s'ha considerat molt conservador ($500 - 1000 \text{ kW/m}^2$). La velocitat de creixement de l'incendi s'ha considerat mitjana $\alpha = 0,011 \text{ kW/s}^2$, tal com recomana la norma UNE-EN-1991-1-2:2019. En general, els valors proposats per la norma de Nova Zelanda serien equivalents al que proposa la norma UNE-EN-1991-1-2:2019 per a biblioteques; per tant, és força més conservadora.

La fase de decaïment de l'incendi s'ha fet també seguint les indicacions de la norma UNE-EN-1991-1-2:2019, segons la qual es pot suposar un decaïment lineal que comença quan s'ha

consumit el 70% de la càrrega de foc i finalitza quan s'ha consumit tota la càrrega de foc. La superfície de l'habitatge ocupada pel combustible (A) s'ha considerat igual a 24 m^2 per al mòdul individual i de 50 m^2 per al mòdul doble.

3.1.1 Corba d'incendi per al mòdul individual

A continuació s'indiquen els càlculs necessaris per dissenyar la corba d'incendi inicial.

Pic màxim de HRR (HRR_{max})

$$HRR_{max} = HRR_{PUA} \cdot A = 250 \cdot 24 = 6000 \text{ kW} = 6 \text{ MW}$$

Energia total disponible en el combustible present a l'habitatge (E_{total})

$$E_{total} = q \cdot A = 780 \cdot 24 = 18720 \text{ MJ}$$

Durada de la fase de creixement de l'incendi (t_{creix})

$$t_{creix} = \sqrt{\frac{HRR_{max}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{6000}{0,011}} = 738,5 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase de creixement de l'incendi (E_{creix})

$$E_{creix} = \frac{\alpha}{3} \cdot (t_{creix})^3 = \frac{0,011}{3} \cdot (738,5)^3 = 1477097,9 \text{ kJ} = 1477 \text{ MJ}$$

Energia despresada durant la fase de decaïment de l'incendi (E_{deca})

$$E_{deca} = 0,3 \cdot E_{total} = 0,3 \cdot 18720 = 5616 \text{ MJ}$$

Durada de la fase de decaïment de l'incendi (t_{deca})

$$t_{deca} = \frac{E_{deca} \cdot 2}{HRR_{max}} = \frac{5616 \cdot 2}{6} = 1872 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase on l'incendi està completament desenvolupat (E_{dese})

$$E_{dese} = E_{total} - E_{creix} - E_{deca} = 18720 - 1477 - 5616 = 11627 \text{ MJ}$$

Durada de la fase on l'incendi està completament desenvolupat (t_{dese})

$$t_{dese} = \frac{E_{dese}}{HRR_{max}} = \frac{11627}{6} = 1937,8 \text{ s}$$

La Figura 4 mostra la corba d'incendi resultant dels càlculs anteriors, la qual és aplicable en el cas que l'incendi estigui controlat pel combustible i sempre que no s'assoleixi $T_{UL} = 500^{\circ}\text{C}$ dins el contenidor abans d'assolir el HRR_{max} .

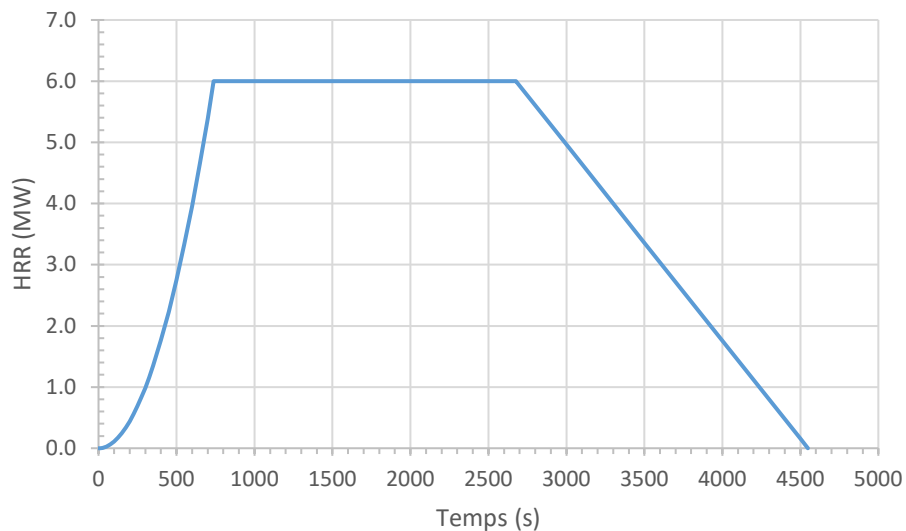


Figura 4. Corba d'incendi en el supòsit del Cas 1 de la Taula 2.

En aquesta simulació inicial s'observa que la temperatura de la capa de fums arriba als 500°C abans de que el HRR arribi al màxim, i no hi ha ventilació limitada. Aquesta situació s'observa al voltant dels 410 s (segons la Figura 5, la majoria del compartiment té una capa de fums que arriba als 500°C).

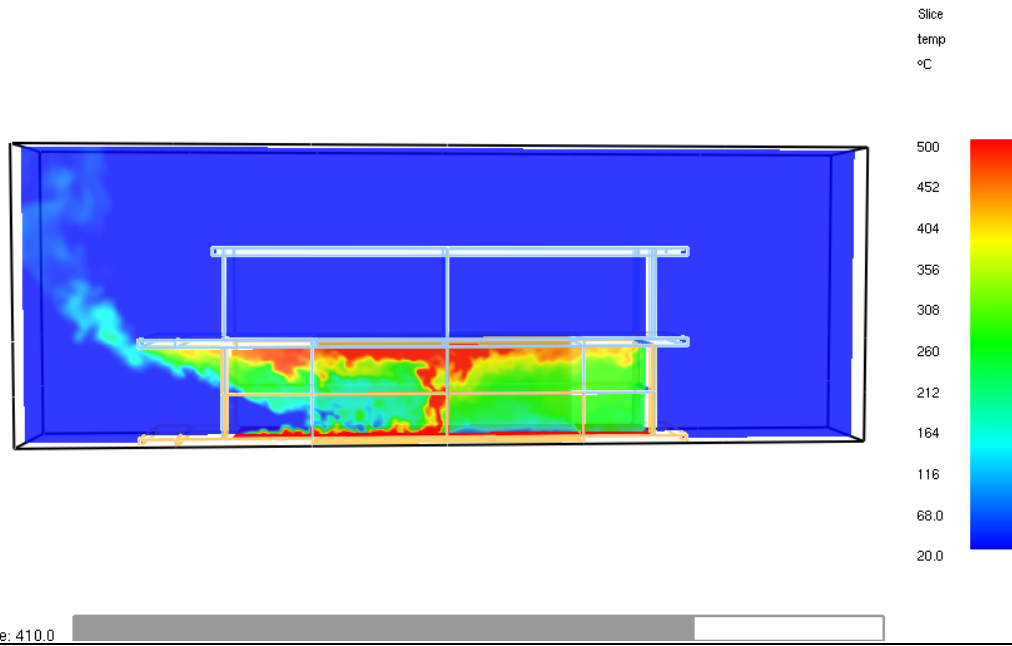


Figura 5. Temperatura (segons l'arxiu de tall 2D a l'eix y) en l'instant de temps en què es considera que la capa de fums ha assolit els 500°C.

En base a aquest resultat (Cas 3 de la Taula 2) es fixa una nova corba d'incendi (definitiva) segons les accions especificades a la Taula 2. La corba d'incendi dissenyada per aquesta segona situació es mostra a la Figura 6; els càlculs necessaris per dissenyar-la es presenten a continuació:

Pic màxim de HRR (HRR_{max})

$$HRR_{max} = HRR_{PUA} \cdot A = 250 \cdot 24 = 6000 \text{ kW} = 6 \text{ MW}$$

Energia total disponible en el combustible present a l'habitatge (E_{total})

$$E_{total} = q \cdot A = 780 \cdot 24 = 18720 \text{ MJ}$$

Durada de la fase pre-flashover (t_{pre}) - segons els resultats de la simulació inicial -

$$t_{pre} = 410 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase pre-flashover (E_{pre})

$$E_{pre} = \frac{\alpha}{3} \cdot (t_{pre})^3 = \frac{0,011}{3} \cdot (410)^3 = 252710 \text{ kJ} = 252,7 \text{ MJ}$$

Durada de la fase post-flashover fins a incendi completament desenvolupat (t_{post})

$$t_{post} = 15 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase post-flashover fins a incendi completament desenvolupat (E_{post})

$$\begin{aligned}
 E_{post} &= (HRR_{max} - \alpha \cdot (t_{pre})^2) \cdot t_{post} \cdot 0,5 + \alpha \cdot (t_{pre})^2 \cdot t_{post} \\
 &= (6000 - 0,011 \cdot 410^2) \cdot 15 \cdot 0,5 + 0,011 \cdot 410^2 \cdot 15 = 58868,3 \text{ kJ} \\
 &= 58,9 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

Energia despresada durant la fase de decaïment de l'incendi (E_{deca})

$$E_{deca} = 0,3 \cdot E_{total} = 0,3 \cdot 18720 = 5616 \text{ MJ}$$

Durada de la fase de decaïment de l'incendi (t_{deca})

$$t_{deca} = \frac{E_{deca} \cdot 2}{HRR_{max}} = \frac{5616 \cdot 2}{6} = 1872 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase on l'incendi està completament desenvolupat (E_{dese})

$$E_{dese} = 0,7 \cdot E_{total} - E_{pre} - E_{post} = 13104 - 252,7 - 58,9 = 12792,4 \text{ MJ}$$

Durada de la fase on l'incendi està completament desenvolupat (t_{dese})

$$t_{dese} = \frac{E_{dese}}{HRR_{max}} = \frac{12792,4}{6} = 2132,1 \text{ s}$$

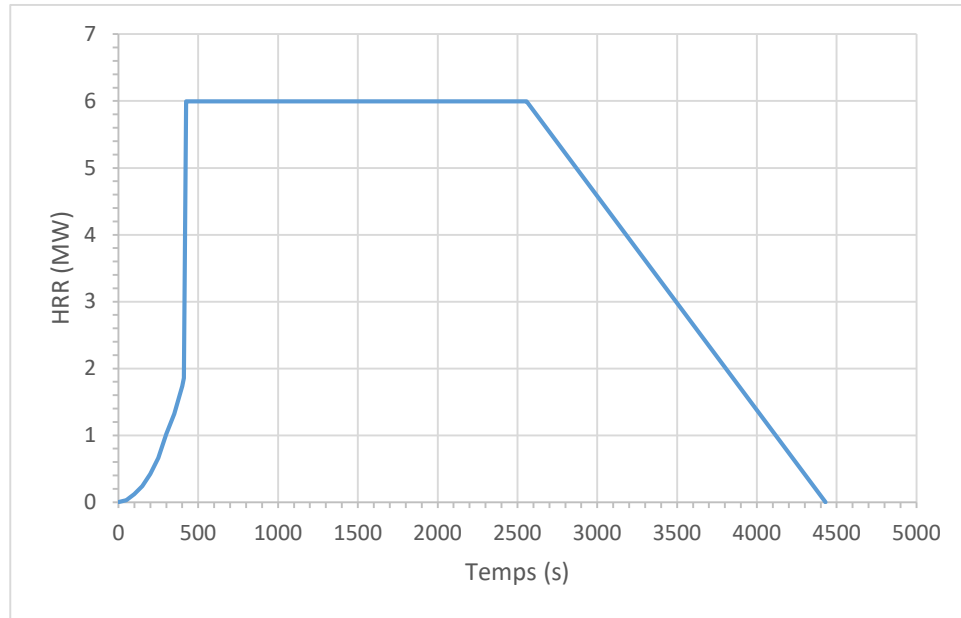


Figura 6. Corba d'incendi per al mòdul individual en el supòsit del Cas 3 de la Taula 2.

3.1.2 Corba d'incendi per al mòdul doble

A continuació s'indiquen els càlculs necessaris per dissenyar la corba d'incendi per al mòdul doble. S'han tingut en compte els resultats d'una primera simulació en la que es va poder establir el temps de *flashover* (530 s) i es va determinar que el Cas 3 de la Taula 2 era també aplicable. En aquests càlculs s'ha considerat una superfície de 50 m² a l'hora de definir el foc.

Pic màxim de HRR (HRR_{max})

$$HRR_{max} = HRR_{PUA} \cdot A = 250 \cdot 50 = 12500 \text{ kW} = 12.5 \text{ MW}$$

Energia total disponible en el combustible present a l'habitatge (E_{total})

$$E_{total} = q \cdot A = 780 \cdot 50 = 39000 \text{ MJ}$$

Durada de la fase pre-flashover (t_{pre}) - segons els resultats de la simulació inicial -

$$t_{pre} = 530 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase pre-flashover (E_{pre})

$$E_{pre} = \frac{\alpha}{3} \cdot (t_{pre})^3 = \frac{0,011}{3} \cdot (530)^3 = 545.882 \text{ kJ} = 546 \text{ MJ}$$

Durada de la fase post-flashover fins a incendi completament desenvolupat (t_{post})

$$t_{post} = 15 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase post-flashover fins a incendi completament desenvolupat (E_{post})

$$\begin{aligned}
 E_{post} &= (HRR_{max} - \alpha \cdot (t_{pre})^2) \cdot t_{post} \cdot 0,5 + \alpha \cdot (t_{pre})^2 \cdot t_{post} \\
 &= (12500 - 0,011 \cdot 530^2) \cdot 15 \cdot 0,5 + 0,011 \cdot 530^2 \cdot 15 = 116924 \text{ kJ} \\
 &= 117 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

Energia despresada durant la fase de decaïment de l'incendi (E_{deca})

$$E_{deca} = 0,3 \cdot E_{total} = 0,3 \cdot 39000 = 11700 \text{ MJ}$$

Durada de la fase de decaïment de l'incendi (t_{deca})

$$t_{deca} = \frac{E_{deca} \cdot 2}{HRR_{max}} = \frac{11700 \cdot 2}{12.5} = 1872 \text{ s}$$

Energia despresada durant la fase on l'incendi està completament desenvolupat (E_{dese})

$$E_{dese} = 0,7 \cdot E_{total} - E_{pre} - E_{post} = 27300 - 546 - 117 = 26637 \text{ MJ}$$

Durada de la fase on l'incendi està completament desenvolupat (t_{dese})

$$t_{dese} = \frac{E_{dese}}{HRR_{max}} = \frac{26637}{12.5} = 2131 \text{ s}$$

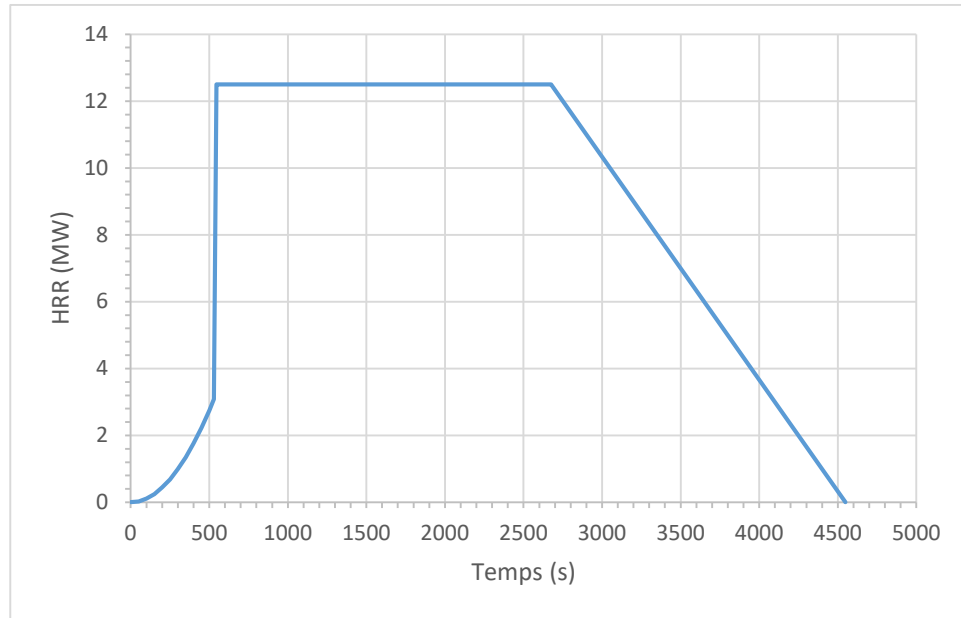


Figura 7. Corba d'incendi per al mòdul doble en el supòsit del Cas 3 de la Taula 2.

3.1.3 Altres corbes d'incendi

Corba d'incendi amb càrrega de foc de 948 MJ/m^2

El valor de càrrega de foc utilitzat per definir les corbes d'incendi ha estat de 780 KJ/m^2 , tal i com recomana per a habitatges la norma UNE-EN-1991-1-2:2019 [11]. Ara bé, existeix un altre valor de càrrega de foc a la mateixa norma més elevat i que fa referència al percentil 80, i.e. 948 MJ/m^2 . Si es considera aquest valor la durada total de l'incendi augmenta, tal i com es veu a la Figura 8.

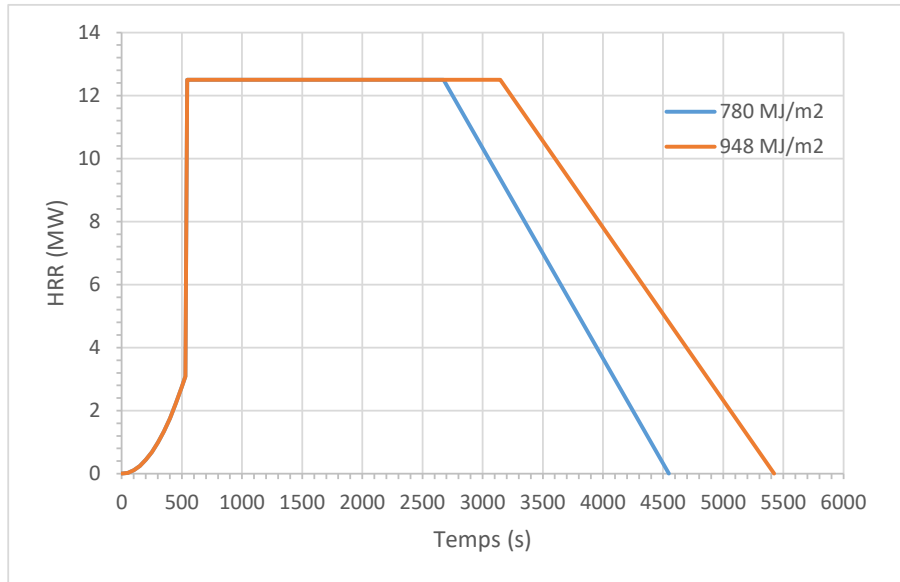


Figura 8. Corbes d'incendi per al mòdul doble definides amb càrrega de foc de 780 MJ/m² i 948 MJ/m².

Corba normalitzada temps-temperatura

La corba normalitzada temps-temperatura està definida per [11], coneguda com a corba ISO834:

$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1)$$

On θ_g és la temperatura del gas (en °C) al sector de l'incendi i t és el temps (en minuts). A la Figura 9 es pot veure representada juntament amb la corba d'incendi definida per al mòdul doble amb una càrrega de foc de 780 MJ/m². La corba normalitzada és una corba creixent en què no es té en compte ni la fase inicial de desenvolupament de l'incendi ni la fase de decaïment.

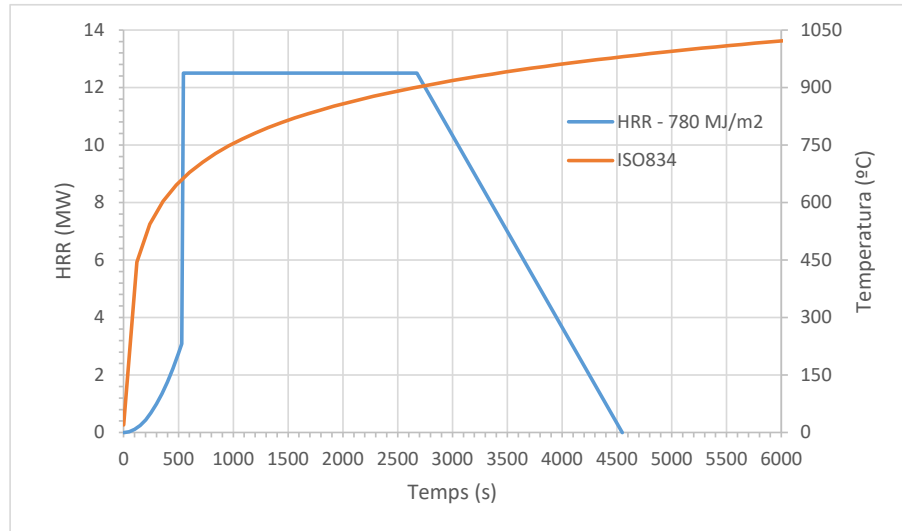


Figura 9. Corba d'incendi per al mòdul doble definida a través del HRR amb una càrrega de foc de 780 MJ/m^2 (sèrie blava) i corba normalitzada de temps-temperatura (ISO834) (sèrie taronja).

3.2 Escenari d'incendi a través de finestres afectant la façana

Si en les simulacions realitzades els vidres que donen a la passera o al balcó s'acaben trencant, tant les flames com el fum surten a l'exterior afectant la façana. Per tant, per observar quin és l'efecte de l'incendi en la façana i el mòdul superior no és necessari implementar cap escenari específic, ja que les mateixes simulacions permeten observar els dos fenòmens.

4 Definició dels escenaris en FDS

4.1 Programari utilitzat

S'ha utilitzat el simulador d'incendis Fire Dynamics Simulator (FDS) del National Institute of Standards and Technology (NIST). És una eina gratuïta i de codi obert àmpliament utilitzada en la simulació d'incendis en compartiments. El programa Smokeview, de característiques anàlogues a l'FDS, s'ha emprat per a la visualització de resultats. El programa de pagament Pyrosim s'ha emprat per a la definició del model, ja que té una interfase gràfica que facilita la creació de geometries i permet exportar el treball generat a codi FDS.

4.2 Escenaris simulats

A la Taula 3 es mostren tots els escenaris simulats amb FDS. En aquesta secció es descriuen aquests escenaris, així com les raons per les quals s'han volgut simular. Els vídeos (animacions d'Smokeview) de les simulacions realitzades amb FDS es poden descarregar des de l'adreça que apareix a l'Annex.

4.3 Domini i mallat

El domini fixat per a les simulacions inclou el contenidor on es genera el foc, el contenidor de dalt, i els balcons i les passeres situats on hi ha portes de vidre. Per tal de tenir una visió completa del moviment de les flames quan surten a l'exterior, el domini s'estén més enllà del balcó i la passera. Respecte al balcó, el domini s'estén 5 m per al mòdul individual i 3,6 m per al mòdul doble. Respecte a la passera, s'estén 3,3 m més enllà per als dos tipus de mòdul.

En les simulacions #1 i #2 (S_05[0]_E_OP_TT i S_05[-1]_E_OP_TT) el domini del mòdul individual es divideix en 14 malles, 8 de les quals tenen una mida de cel·la de 0,05 m (malles 1-8 segons la Figura 10) i la resta (i.e. aquelles que inclouen el contenidor de dalt i la part del domini que queda més enllà del balcó i la passera del mòdul de l'incendi) tenen una mida de cel·la de 0,1 m (malles 9-12 segons la Figura 10).

En les simulacions #3-5 (S_10[0]_E_OP_TT, S_10[0]_E+D_OP_TT i S_10[0]_D_OP_TT) es defineixen 10 malles, totes amb una mida de cel·la de 0,10 m (Figura 11). El mòdul d'estudi queda inclòs en les malles 1 i 2.

En la simulació #6 (D_10+05[-2]_E_1P_TT), en què se simula el mòdul doble, s'utilitza una mida de cel·la de 0,1 m en tot el domini (Figura 12) excepte en les quatre malles que cobreixen la paret divisòria (malles 5-8), on les cel·les són de 0,05 m.

En les simulacions #7 i #8 (D_10+05[-2]_E+D_1P_ET i D_10+05[-2]_E_1P_ET) també s'utilitza una mida de cel·la de 0,1 m en tot el domini (Figura 13) excepte en les dues malles que cobreixen la paret divisòria (malles 3 i 4), on les cel·les són de 0,05 m.

Taula 3. Escenaris simulats amb FDS.

#	Nom de l'escenari ^A	Tipus de mòdul	Mida de cel·les (m) ^B	Tipus de revestiment ^C	Obertures inicials ^D	Dimensions de les obertures inicials	Parets interiors	Control trencament vidres
1	S_05[0]_E_OP_TT	Simple	0,05	15(D)+15(T)+15(T)+48(L)+2(A)	1; esquerra	0,42 m x 2,2 m	No	Sí
2	S_05[-1]_E_OP_TT	Simple	0,05	15(D)+15(T)+48(L)+2(A)	1; esquerra	0,42 m x 2,2 m	No	Sí
3	S_10[0]_E_OP_TT	Simple	0,10	15(D)+15(T)+15(T)+48(L)+2(A)	1; esquerra	0,42 m x 2,2 m	No	Sí
4	S_10[0]_E+D_OP_TT	Simple	0,10	15(D)+15(T)+15(T)+48(L)+2(A)	2; esquerra i dreta	0,21 m x 2,2 m cadascuna	No	Sí
5	S_10[0]_D_OP_TT	Simple	0,10	15(D)+15(T)+15(T)+48(L)+2(A)	1; dreta	0,42 m x 2,2 m	No	Sí
6	D_10+05[-2]_E_1P_TT	Doble	0,10 i 0,05	15(T)+48(L)+2(A)	1; esquerra	0,42 m x 2,2 m	Sí, només la que divideix el mòdul doble	Sí
7	D_10+05[-2]_E+D_1P_ET	Doble	0,10 i 0,05	15(T)+48(L)+2(A)	2; esquerra i dreta	0,21 m x 2,2 m cadascuna	Sí, només la que divideix el mòdul doble	Només a l'esquerra
8	D_10+05[-2]_E_1P_ET	Doble	0,10 i 0,05	15(T)+48(L)+2(A)	1; esquerra	0,42 m x 2,2 m	Sí, només la que divideix el mòdul doble	Només a l'esquerra

^A El nom de l'escenari queda codificant així: S/D: Tipus de mòdul (simple o doble, respectivament); 05/10/10+05: Mida de les cel·les al contenidor d'estudi (0,05 mm, 0,10 mm o combinant les dues mides, respectivament); [0]/[-1]/[-2]: Tipus de revestiment (segons la columna de la pròpia taula); E/D/E+D: Posició de l'obertura inicial (a l'esquerra, a la dreta o a ambdues bandes, respectivament); 1P/OP: Paret interior que divideix el mòdul doble considerada o sense parets interiors, respectivament); TT/ET: S'estableix un element controlador per al trencament dels vidres en funció d'una temperatura límit (per a tots els vidres o només per als de la banda esquerra, respectivament).

^B Al mòdul d'estudi.

^C Els números indiquen el gruix de la capa en mm; les lletres entre parèntesi es refereixen al tipus de material: D – Diamant; T – Tallafoc; L: Llana de roca; A: acer.

^D El número indica el nombre d'obertures inicials; esquerra o dreta indica la posició de l'obertura inicial tenint en compte la posició de la passera i del balcó, respectivament.

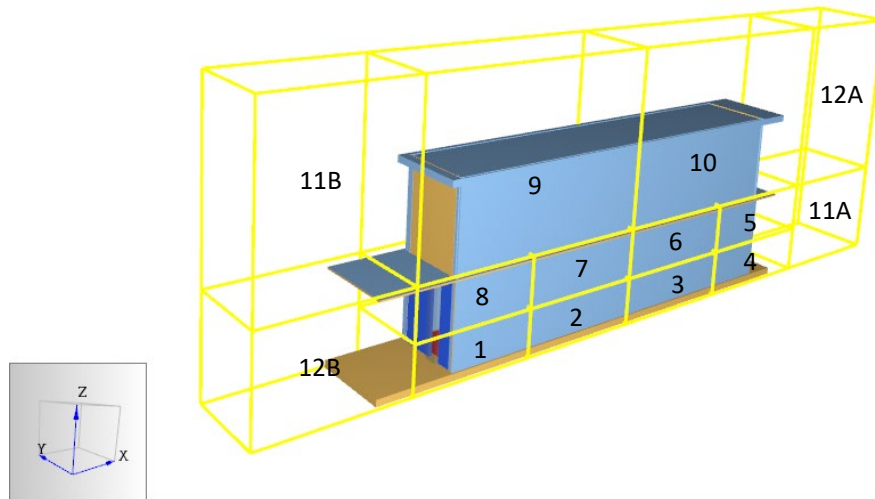


Figura 10. Vista de la geometria considerada en les simulacions del mòdul individual #1-2 (imatge extreta de Pyrosim) i numeració de les malles definides.

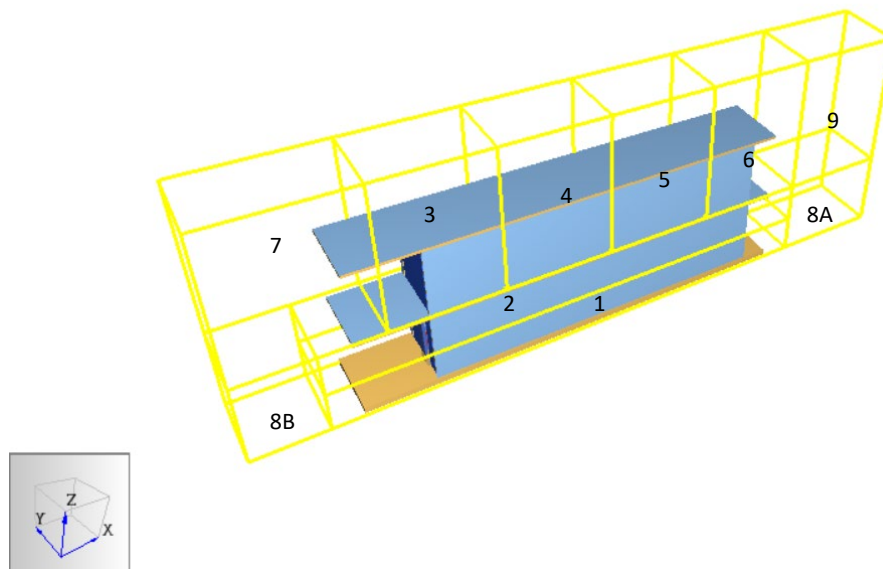


Figura 11. Vista de la geometria considerada en les simulacions #3-5 (imatges extretes de Pyrosim) i numeració de les malles definides.

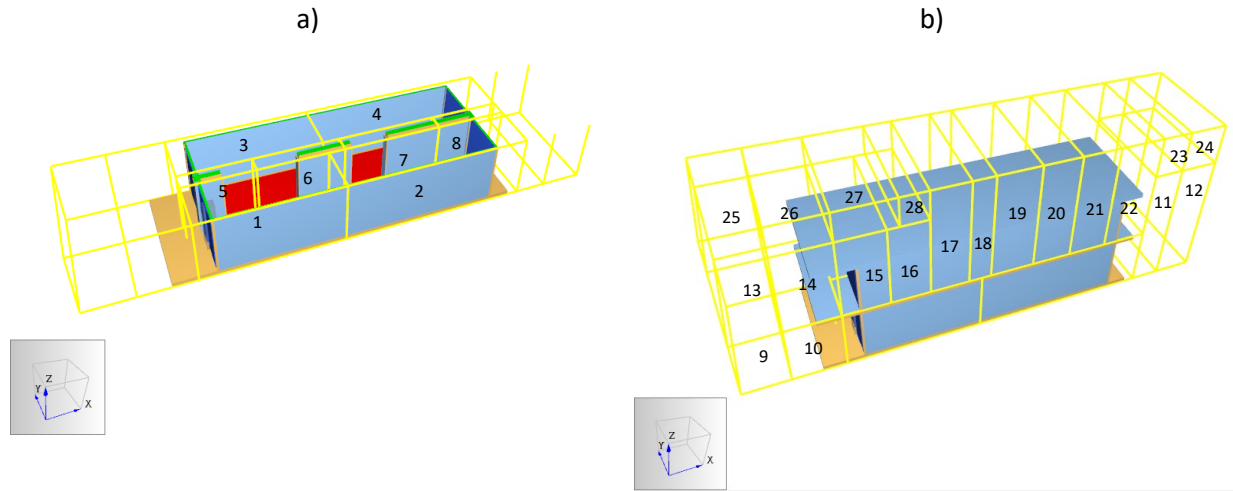


Figura 12. Vista de la geometria considerada en la simulació #6 del mòdul doble (imatges extretes de Pyrosim) i numeració de les malles definides: a) Malles que inclouen el volum ocupat pel mòdul doble d'estudi; b) Malles exteriors al contenidor doble d'estudi.

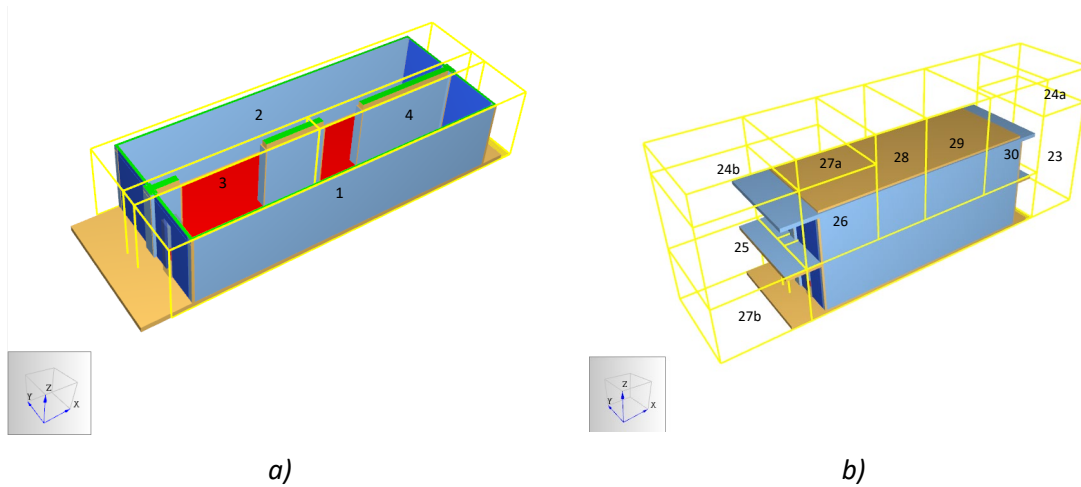


Figura 13. Vista de la geometria considerada en les simulacions #7-8 (imatges extretes de Pyrosim) i numeració de les malles definides: a) Malles que inclouen el volum ocupat pel mòdul doble d'estudi (les malles 1 i 2 tenen una mida de cel·la de 0,10 m, i les malles 3 i 4 de 0,05 m); b) Malles exteriors al contenidor doble d'estudi.

S'han fixat mides de cel·la de 0,05 m i 0,1 m tenint en compte el HRR definit per al foc. S'han utilitzat les Eq. 1 i 2 per establir la resolució espacial. $\frac{D^*}{dx}$ s'interpreta com el nombre de cel·les que conté la longitud característica del foc (D^*), que no és necessàriament la longitud física, i s'acostuma a fixar en un valor de 16 per a malles fines. En les zones on el foc s'està desenvolupant

(en aquest cas tot el contenidor) cal utilitzar sempre un mallat fi per a garantir uns resultats fiables.

$$\frac{D^*}{dx} = 16 \quad \text{Eq. 1}$$

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_\infty \cdot c_p \cdot T_\infty \cdot \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad \text{Eq. 2}$$

On:

$\dot{Q}$ és la potència calorífica del foc, fixada en 6000 kW quan el foc està desenvolupat per al mòdul individual i 12000 kW quan el foc està desenvolupat en el contenidor doble.

D^* és la longitud característica del foc. Pren un valor igual a 2 pel mòdul simple i igual a 2,6 pel mòdul doble.

$\rho_\infty, c_p, T_\infty$ són la densitat, la calor específica i la temperatura ambient, respectivament (1.2 kg/m³; 1 kJ/kg K; 298 K, respectivament).

g és l'acceleració de la gravetat.

dx és la mida de la cel·la que, segons els valors fixats anteriorment, pren un valor de 0,12 m pel mòdul individual i 0,16 m pel mòdul doble.

Per tant, segons aquestes relacions, amb una mida de cel·la de 0,10 m el flux quedaria ben resolt en totes les simulacions. Ara bé, s'ha optat per una mida de cel·la més petita (0,05 m) en algunes simulacions per tal d'obtenir resultats amb una millor resolució.

4.4 Parets dels mòduls

4.4.1 Parets interiors

Les parets interiors dels contenidors (envans i parets) no es tenen en compte a l'hora de fer les simulacions del mòdul individual (#1 a #5). Partim de la hipòtesi que no tenen una incidència rellevant en el desenvolupament de l'incendi i, a més, s'ha observat que poden provocar inestabilitats numèriques a llarg termini.

En el cas del mòdul doble es realitzen tres simulacions en què hi ha la paret divisòria (simulacions #6, #7 i #8). Cal tenir en compte que en aquests tres casos l'espai buit que quedava definit a la paret divisòria (entre les dues xapes grecades dels contenidors) s'ha omplert amb un obstacle (vegeu el color verd de la paret divisòria a la Figura 13, p.ex.). Altrament, es generaven inestabilitats numèriques durant les simulacions.

4.4.2 *Acabat de les parets*

El parament de les parets exteriors dels mòduls originals consisteix en un trasdossat de 78 mm de gruix format per una placa Knauf diamant d'alta duresa i hidròfuga de 15 mm, dues plaques tallafoc DF de 15 mm (15 mm + 15 mm) i una subestructura d'alumini de 48 mm i aïllant de llana de roca. Aquest sistema garanteix una resistència al foc RF90 [4].

Es fan tres simplificacions a l'hora de definir aquest parament en el programa de simulació FDS:

- 1) Les barres metàl·liques de la subestructura d'alumini no se simulen;
- 2) La xapa d'acer es considera llisa, no grecada;
- 3) La càmera d'aire entre la xapa grecada del contenidor i l'aïllant de llana de roca tampoc se simula.

Així doncs, amb la segona simplificació estem considerant una aproximació conservadora i la transferència de calor per conducció es calcula directament des de l'aïllant de llana de roca cap a l'acer (que té un gruix de 2 mm).

Es realitzen simulacions considerant diferents tipus d'aïllament. En quatre d'elles (simulacions #1, #3, #4 i #5 segons la Taula 3) les parets del mòdul simple tenen el revestiment original d'acabat interior.

La simulació #2 té menys aïllament. El parament de les parets és igual que en les simulacions del contenidor original excepte en el fet que una placa tallafoc DF s'elimina, per tant, el gruix total d'aquestes parets simulades és de 78 mm + 2 mm d'acer.

En el cas del contenidor doble (simulacions #6, #7 i #8 segons la Taula 3) el parament de les parets només té una placa tallafoc DF (s'elimina la placa Diamant i una placa tallafoc DF), per tant, el gruix total d'aquestes parets simulades és de 63 mm + 2 mm d'acer.

Les propietats tèrmiques dels diferents materials es poden veure a la Taula 1, juntament amb les propietats del vidre que constitueix les parets de les façanes del contenidor i que se simula considerant un gruix de 10 mm.

4.5 Obertures

Per tal d'evitar inestabilitats numèriques associades a un compartiment totalment hermètic, durant una simulació preliminar es definiren dues obertures permanents en el contenidor individual. Se situaren a la part inferior de les portes de vidre del menjador i de l'habitació, i ocupaven una superfície de 0,1 m² (0,5 m de llargada x 0,2 m d'altura). Es va veure que amb aquestes obertures l'evolució de l'incendi era subventilat. Per tant, es donava una situació molt menys conservadora, ja que donaria lloc a un incendi de més curta durada on l'efecte de la temperatura sobre l'estructura metàl·lica tindria un menor impacte.

Tenint en compte el resultat anterior, es decideix substituir les dues obertures preliminars per una obertura inicial més gran, i així l'incendi és capaç de seguir la corba desitjada de HRR. Així, se simulen tres situacions:

- Els habitants del mòdul deixen la porta del menjador (passera) parcialment oberta (0,42 m x 2,2 m). Això es considera a les simulacions #1, #2, #3, #6 i #8 (Figura 14). La porta de vidre de l'habitació (balcó) es deixa tancada.
- Els habitants del mòdul deixen la porta de l'habitació (balcó) parcialment oberta (0,42 m x 2,2 m). Això es considera a la simulació #5. La porta de vidre del menjador (passera) es deixa tancada.
- Els habitants del mòdul deixen les portes de l'habitació (balcó) i del menjador (passera) parcialment obertes (0,21 m x 2,2 m). Això es considera a les simulacions #4 i #7.

La ventilació de l'incendi també està relacionada amb el trencament dels vidres que constitueixen les façanes dels mòduls. En totes les simulacions s'ha fixat un valor límit per al trencament del vidre de 500°C. En les simulacions #7-8, però, aquest control del trencament del vidre només s'ha fixat a la façana de la passera (esquerra), per tant, en aquests casos se suposa que la façana de la dreta (balcons) no es trenca durant l'evolució de l'incendi. Això s'ha fet així perquè suposa un cas més conservador que els altres, ja que l'incendi seguirà controlat pel combustible però hi haurà menys entrada d'aire i per tant les temperatures dins el contenidor seran majors.

4.6 Condicions ambientals

En aquest treball no s'ha avaluat l'efecte que les condicions meteorològiques poden tenir sobre el desenvolupament de l'incendi. Per tant, s'han utilitzat les condicions ambientals per defecte d'FDS, on la temperatura inicial és de 20°C i no hi ha vent.

4.7 Definició de les variables de sortida en FDS

4.7.1 *Dispositius per controlar el trencament de les finestres*

Es col·loquen dispositius a les portes de vidre, tant al vidre de la passera d'entrada (menjador) com al del balcó (habitació), per mesurar la temperatura que s'assoleix en aquestes superfícies. Amb aquests dispositius es controla l'obertura d'aquestes portes per trencament del vidre. Es fixa una temperatura màxima de 500°C. Aquests dispositius se situen a una altura de 2 m i a la superfície interior del vidre. Si s'assoleix el valor màxim fixat, l'obstacle que representa la porta de vidre desapareix.

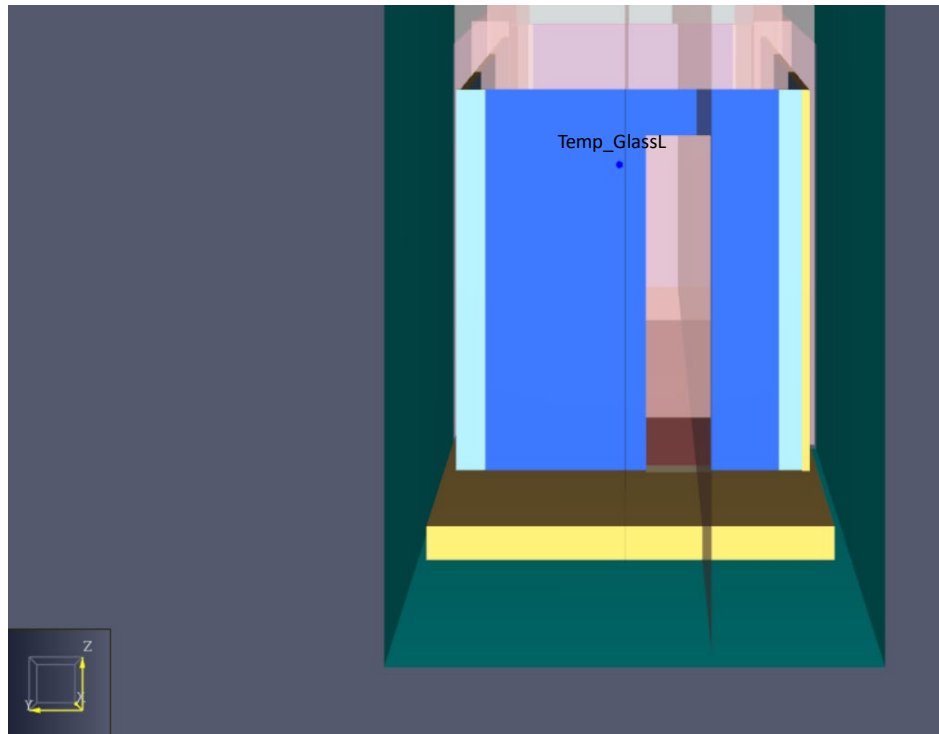


Figura 14. Posició del dispositiu de temperatura (*Temp_GlassL*) definit per controlar la desaparició del vidre (de color blau). S'observa també la ubicació de l'obertura inicial, de dimensions 0,42 m x 2,2 m per a les simulacions #1-3, #6 i #8).

4.7.2 Dispositius per enregistrar temperatures a través de les parets

La variable de sortida anomenada PROF en FDS s'utilitza per enregistrar temperatures a través de les parets en funció del temps. Aquests dispositius es col·loquen a les quatre cantonades del mòdul individual a cinc altures diferents (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,4 m) (Figura 15a) i també a les parets del mòdul separats 10 cm (costat esquerre) o 4 cm (costat dret) dels anteriors (Figura 15b) i a les mateixes altures. També se situen quatre dispositius al sostre (a 2,5 m d'altura) a les cantonades (Figura 15c). La posició d'aquests dispositius en el mòdul doble es pot veure a la Figura 16 i a la Figura 17.

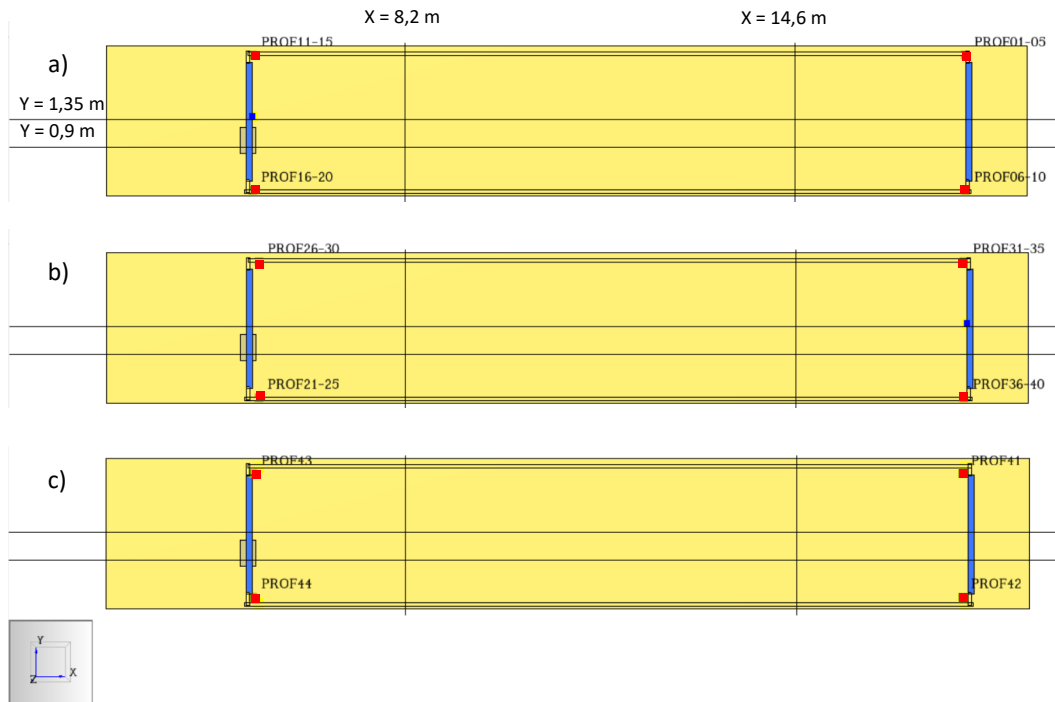


Figura 15. a) Sensors de temperatura interior (PROF) situats a les cantonades del mòdul; b) Sensors PROF situats a una certa distància en la direcció x respecte als sensors PROF situats a les cantonades (distància de separació en els sensors PROF de l'esquerra: $0,1 \text{ m}$; distància de separació en els sensors PROF de la dreta: $0,04 \text{ m}$; c) Sensors PROF situats al sostre del mòdul (altura = $2,5 \text{ m}$). En les figures a) i b) els sensors PROF se situen a cinc altures diferents ($0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,4 \text{ m}$ segons l'ordre creixent dels números). Les línies verticals i horitzontals negres representen els plans de tall 2D establerts per enregistrar la temperatura.

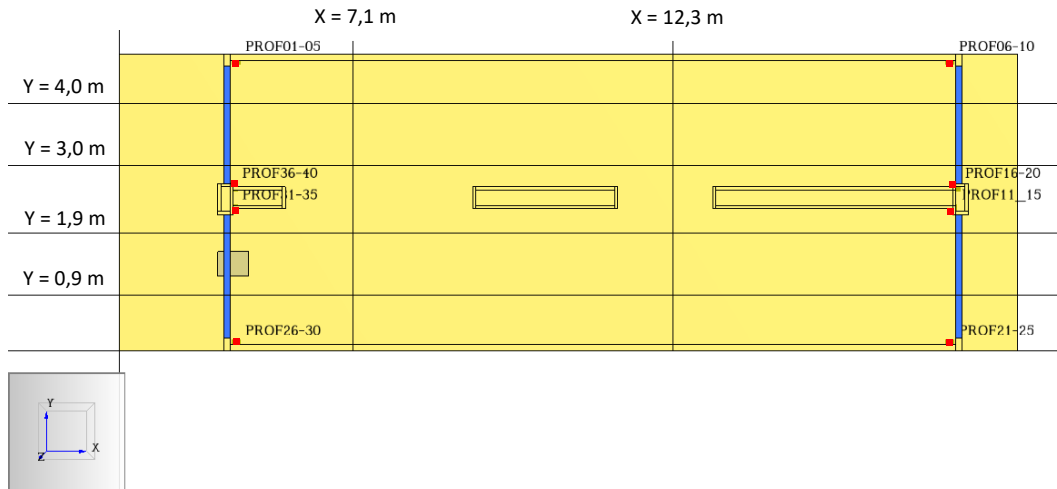


Figura 16. Localització i numeració de dispositius PROF situats al mòdul doble (cada grup de dispositius conté 5 dispositius situats a les següents altures (m): 2,4; 2,0; 1,5; 1,0; 0,5). Les línies verticals i horitzontals negres representen els plans de tall 2D establerts per enregistrar la temperatura.

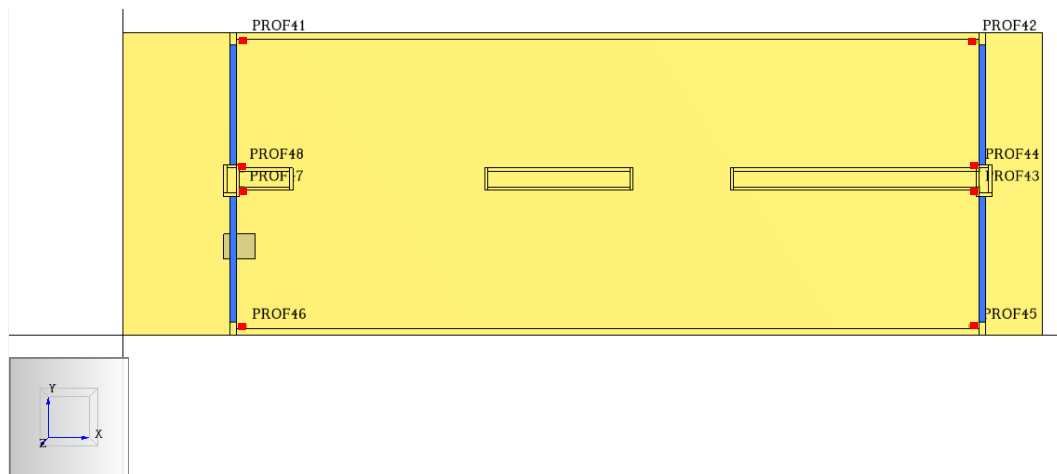


Figura 17. Localització i numeració dels dispositius PROF situats al sostre del mòdul doble; cada dispositiu està situat a una altura de 2,5 m.

4.7.3 Arxius de tall 2D

Se situen arxius de tall (*slice file*) 2D de temperatura tal i com es veu a la Figura 18 per al mòdul individual. Els arxius de tall del mòdul doble es mostren a l'anterior Figura 16.

En el cas del mòdul individual, els arxius de tall 2D de temperatura posicionats en el pla x se situen aproximadament a la meitat del menjador i a la meitat de l'habitació. Els situats en el pla y se situen a la meitat del contenidor i dividint la meitat sud del contenidor en dues parts, de manera que travessa l'obertura definida inicialment a l'esquerra.

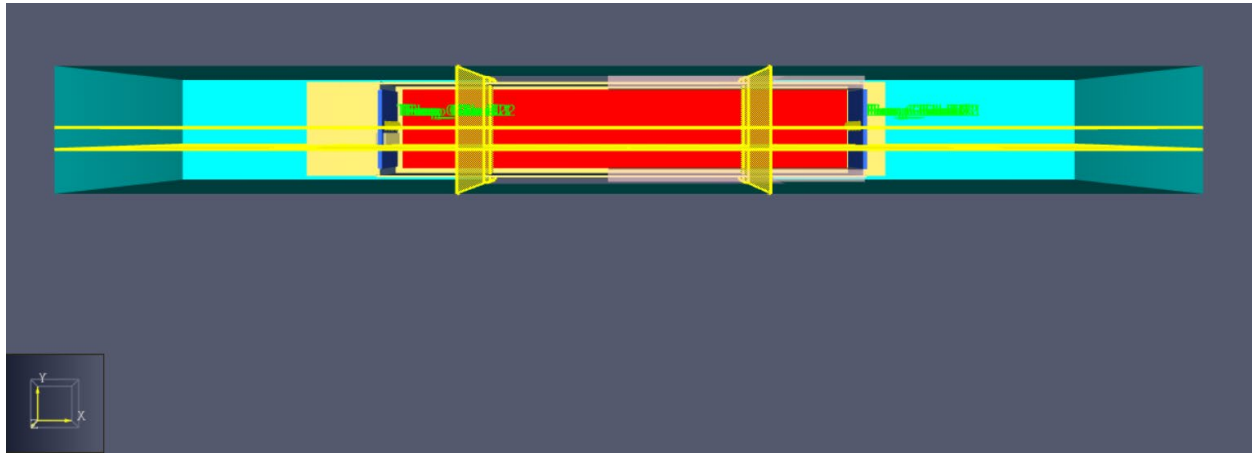


Figura 18. Arxius de tall 2D de temperatura (plans grocs) per al mòdul individual: 2 talls en el pla x i 2 talls en el pla y.

4.7.4 Arxius de contorn

Els arxius de contorn registren variables de superfície a totes les obstruccions sòlides. Tant en el cas del contenidor individual com en el doble, s'enregistren arxius de contorn per mesurar la temperatura del gas, la temperatura de les parets i el flux de calor incident.

5 Resultats

A continuació es descriuen els resultats obtinguts per a les simulacions realitzades amb FDS. A la Taula 4 s'indica el temps de còmput requerit, les característiques de l'equip utilitzat i el nombre de cel·les. Per millorar el rendiment de les simulacions s'ha fet ús del protocol MPI (interfase de pas de missatges), així que també s'indica quants processos (MPIs) s'han definit.

Taula 4. Escenaris simulats amb FDS i recursos computacionals usats.

#	Nom de l'escenari	Temps de còmput	MPIs	Característiques processador	Nombre total de cel·les
1	S_05[0]_E_OP_TT	40 dies	12	14 nuclis, 28 processadors	1295866
2	S_05[-1]_E_OP_TT	40 dies	12	14 nuclis, 28 processadors	1295866
3	S_10[0]_E_OP_TT	5 dies	9	14 nuclis, 28 processadors	498888
4	S_10[0]_E+D_OP_TT	9 dies	9	28 nuclis, 28 processadors	498888
5	S_10[0]_D_OP_TT	5 dies	9	28 nuclis, 28 processadors	498888
6	D_10+05[-2]_E_1P_TT	9 dies	28	28 nuclis, 28 processadors	1085961
7	D_10+05[-2]_E+D_1P_ET	18 dies	13	8 nuclis, 16 processadors	1085961
8	D_10+05[-2]_E_1P_ET	12 dies	13	28 nuclis, 28 processadors	1085961

5.1 Comportament de l'incendi

El comportament de l'incendi és similar per als dos mòduls, individual i doble, quan es defineix una obertura única situada a l'esquerra i s'especifica el possible trencament dels vidres. A continuació es detalla el comportament en el mòdul individual (S_05[0]_E_OP_TT) i es complementa la descripció amb imatges de la simulació.

Inicialment l'incendi es manté situat a la malla 7 (Figura 19a), amb flames altes però que no sobrepassen l'obertura abans del trencament del vidre esquerre. Un cop aquest vidre es trenca hi ha més aportació d'oxigen i les flames es fan encara més grans, sortint per l'obertura, que ara és més gran (Figura 19b). El foc es manté així durant una bona estona (Figura 19c), abans no es trenca el vidre de la dreta. Llavors, el foc es desplaça i queda situat al centre del contenidor, entre les malles 6 i 7 (Figura 19d). Les flames són força altes mentre l'incendi està desenvolupat (Figura 19e). Quan arriba l'etapa de decaïment les flames es fan cada cop més petites (Figura 19f).

L'obertura definida al contenidor i, a la vegada, el temps de trencament dels vidres (Taula 5), determinen el comportament de l'incendi.

Taula 5. Temps de trencament dels vidres dels mòduls per a les simulacions realitzades. Al contenidor doble s'indiquen 2 temps perquè la part central és d'un altre material i això fa que no tota la façana es trenqui a la vegada.

#	Nom de l'escenari	Trencament del vidre esquerre	Trencament del vidre dret
1	S_05[0]_E_OP_TT	383,1 s	1353,3 s
2	S_05[-1]_E_OP_TT	392,8 s	1331,0 s
3	S_10[0]_E_OP_TT	428,7 s	1278,7 s
4	S_10[0]_E+D_OP_TT	740,2 s	503,0 s
5	S_10[0]_D_OP_TT	1221,0 s	423,1 s
6	D_10+05[-2]_E_1P_TT	456,9+541,7 s	883,6+897,1 s
7	D_10+05[-2]_E+D_1P_ET	483,8+492,1 s	-
8	D_10+05[-2]_E_1P_ET	427,9+541,3 s	-

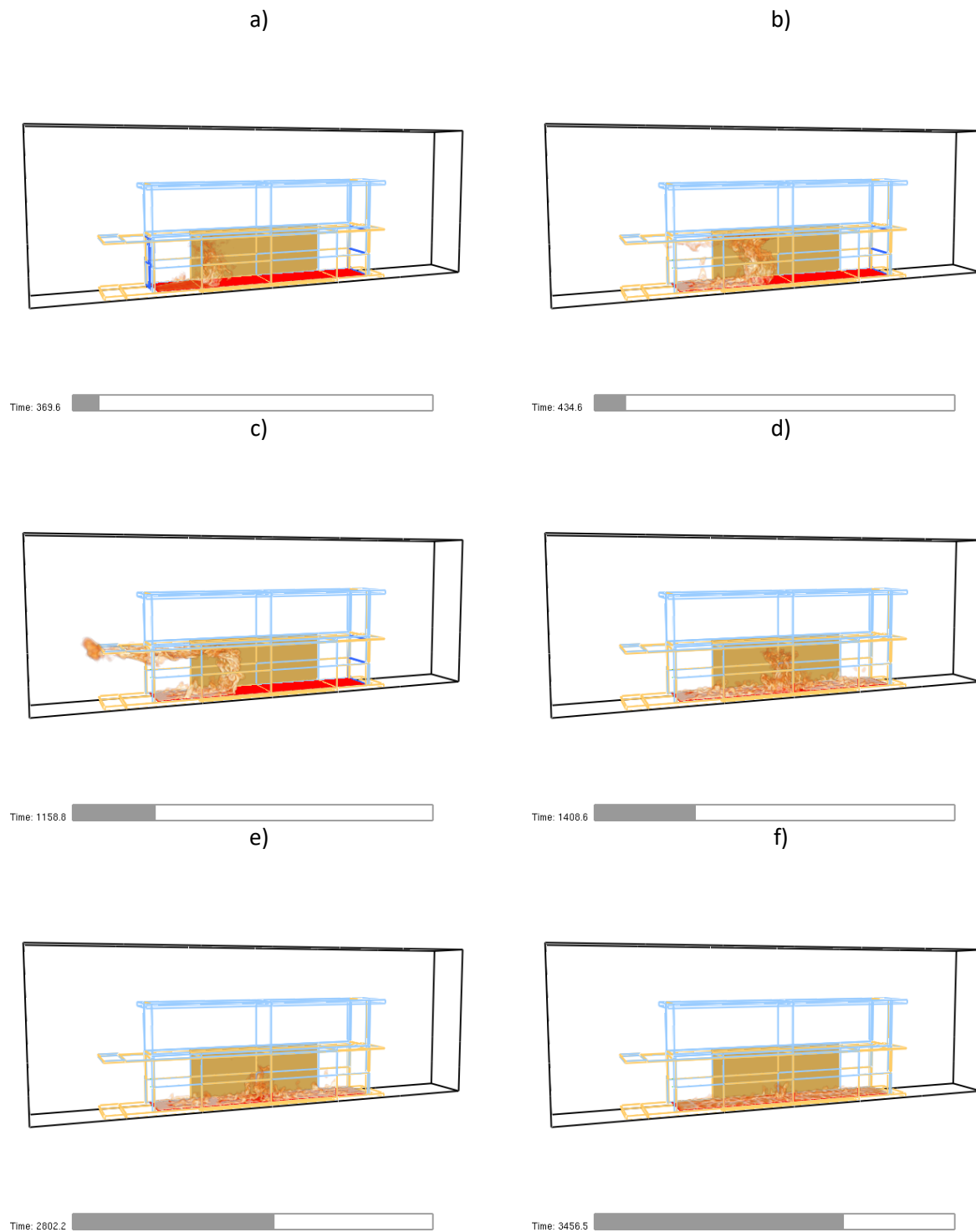


Figura 19. Comportament de l'incendi. La simulació S_05[0]_EOP_TT (#1) s'ha utilitzat com a exemple.

5.2 Temperatura del gas i de les parets dels contenidors

En aquest apartat es presenten resultats dels escenaris #1, #2 i #6 únicament. Aquests són els escenaris bàsics, en tant que l'aïllament tèrmic és la característica principal que varia per a cada escenari. La resta d'escenaris simulats es comenten a la següent secció 5.3, on es descriu l'efecte de les obertures.

5.2.1 Escenari *S_05[0]_E_OP_TT* (#1)

A les següents figures es pot veure l'evolució de la temperatura del gas proper al sostre (Figura 20) i de la temperatura del sostre (Figura 21). La forma de les corbes és similar en els dos casos. Ara bé, una diferència important entre les corbes de temperatura del gas i del sostre és que la temperatura del gas presenta més fluctuacions i és sempre lleugerament superior a la temperatura de la superfície.

S'observen diferències importants segons la malla, és a dir, segons la posició on es mira la temperatura, però són raonables si es té en compte el comportament de l'incendi explicat en l'anterior apartat.

Els perfils de temperatura associats a la zona de les malles 5 i 6 presenten un increment de temperatura a partir del moment en què es trenca el vidre situat a la dreta (a la malla 5). Els valors màxims de temperatura del gas assolits al sostre després d'aquest trencament i abans de la fase de decaïment són d'aproximadament 630°C per a la malla 5 i 860°C per a la malla 6.

Per contra, les malles 7 i 8 presenten un comportament contrari, és a dir, la temperatura disminueix a partir del trencament del vidre situat a la dreta. Els valors màxims de temperatura del gas assolits al sostre després d'aquest trencament i abans de la fase de decaïment són d'aproximadament 860°C per a la malla 7 i 690°C per a la malla 8.

D'altra banda, abans de l'inici de la fase de decaïment les malles que cobreixen la part central del mòdul (malles 6 i 7) tenen temperatures més altes que les registrades en les altres dues malles (malles 5 i 8), que són les que estan més properes a les obertures (vidres trencats).

Els valors màxims de temperatura s'assoleixen a les malles 7 i 8, abans del trencament del vidre de la dreta i després del trencament del vidre esquerre. Els valors de temperatura es queden per sota dels 1000°C la major part del temps (només se supera aquest llindar de temperatura puntualment).

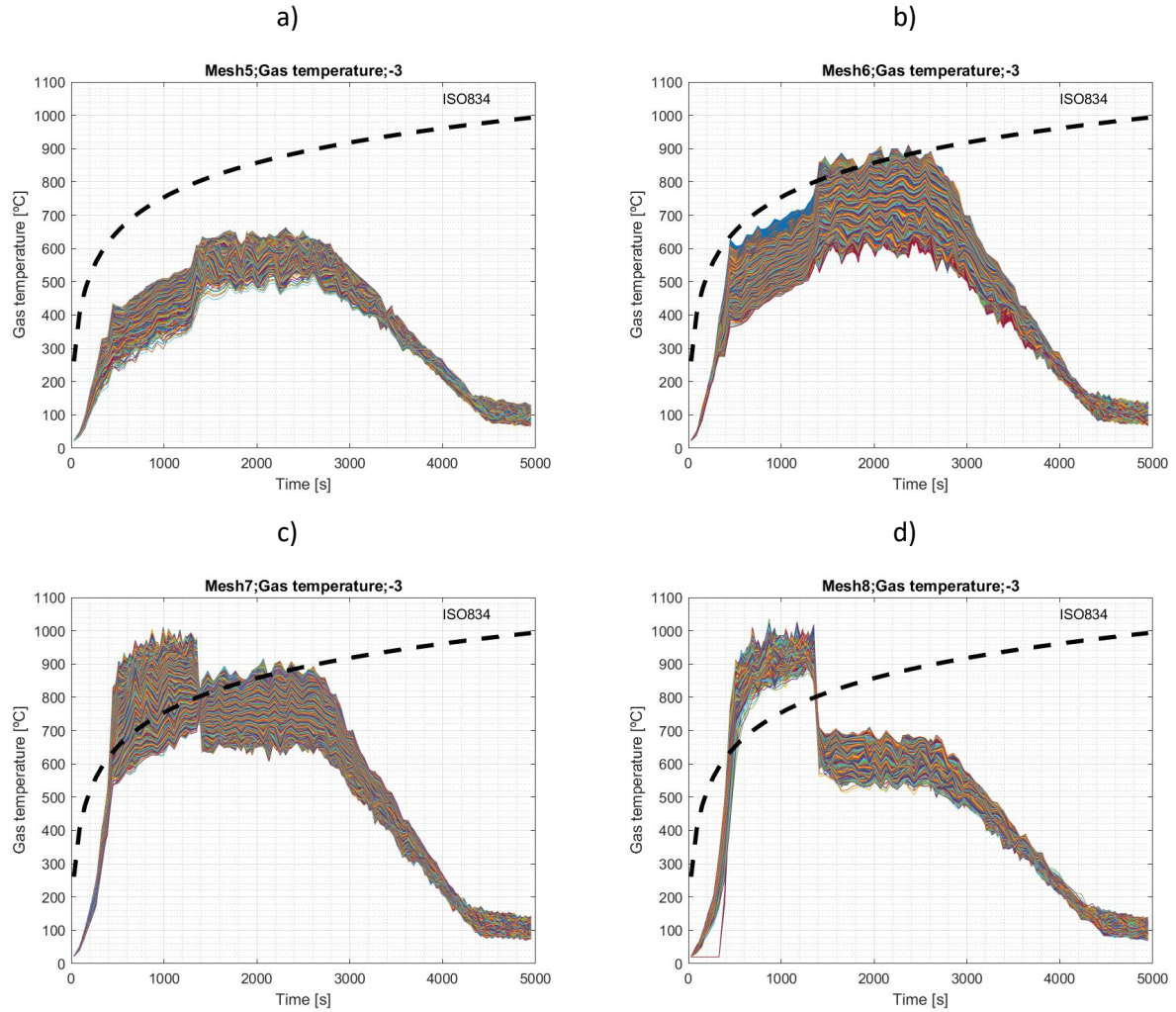


Figura 20. Evolució de la temperatura del gas a prop del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura del gas associada a la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció $-z$) en funció de la malla per a l'escenari de simulació S_05[0]_E_OP_TT (#1): a) malla 5; b) malla 6; c) malla 7; d) malla 8.

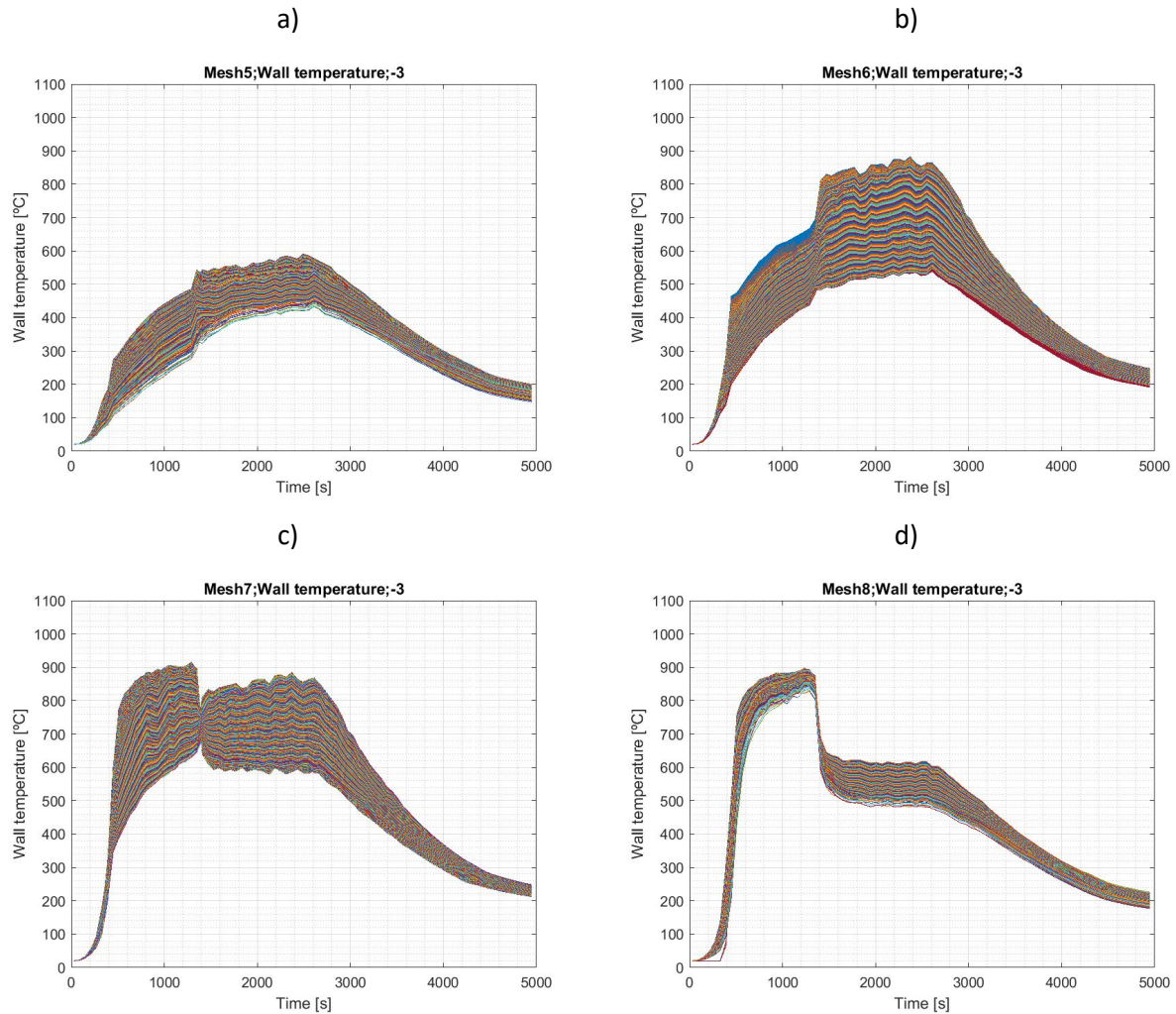


Figura 21. Evolució de la temperatura a la superfície del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura de la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció $-z$) en funció de la malla per a l'escenari de simulació $S_05[0]_E_OP_TT$ (#1): a) malla 5; b) malla 6; c) malla 7; d) malla 8.

5.2.2 Escenari $S_05[-1]_E_OP_TT$ (#2)

A les següents figures es pot veure l'evolució de la temperatura del gas proper al sostre (Figura 22) i de la temperatura del sostre (Figura 23) per a l'escenari $S_05[-1]_E_OP_TT$ (#2). La forma de les corbes és similar a les de la simulació $S_05[0]_E_OP_TT$ (#1) i els valors absoluts en aquest cas, en què s'ha eliminat una capa d'aïllant, també. Els valors màxims mitjans de temperatura del gas a prop del sostre després del trencament del vidre de la dreta són, segons la malla, de 650°C (malla 5), 870°C (malla 6), 880°C (malla 7), 695°C (malla 8) aproximadament.

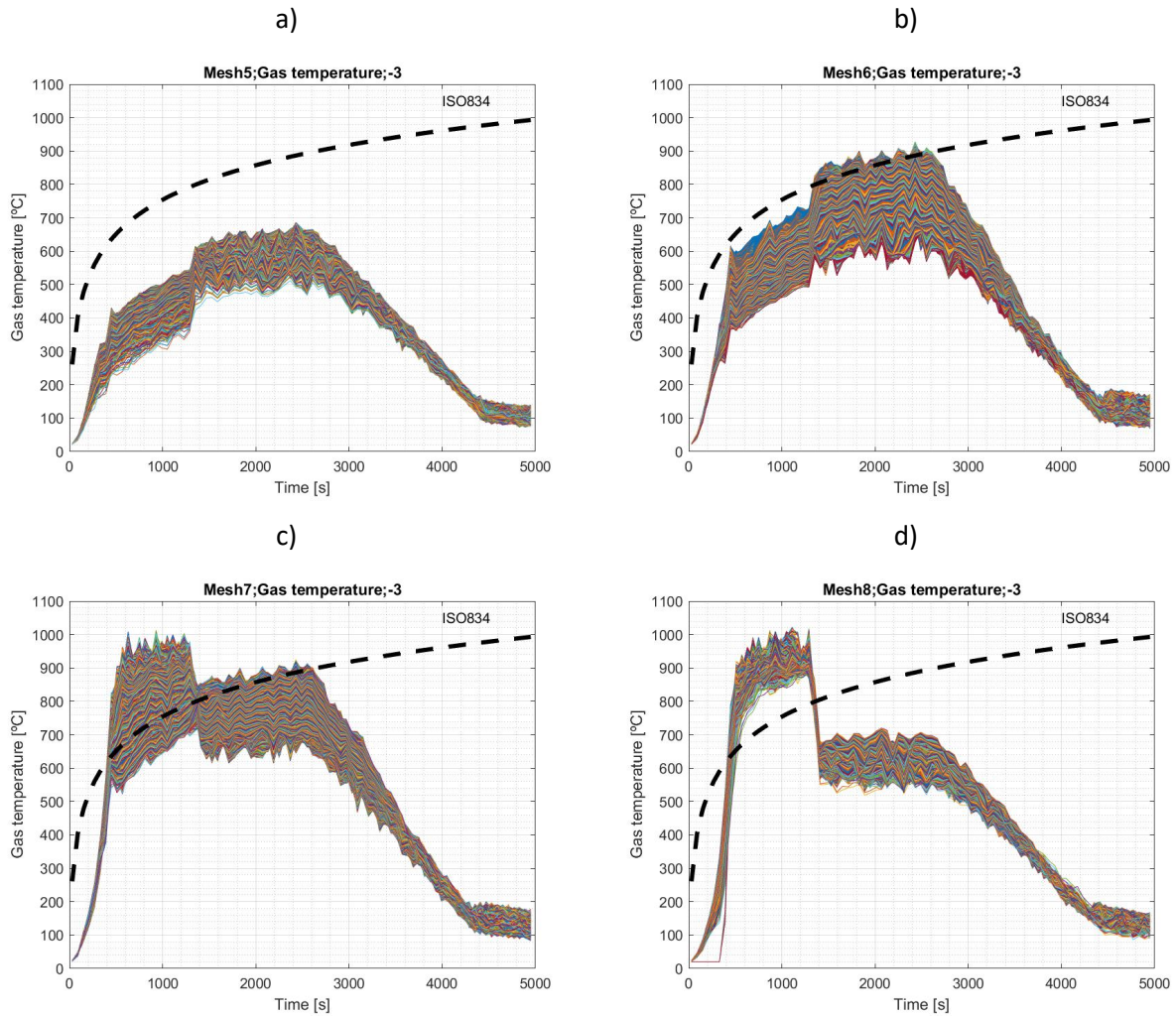


Figura 22. Evolució de la temperatura del gas a prop del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura del gas associada a la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció $-z$) en funció de la malla per a l'escenari de simulació $S_05[-1]_E_OP_TT$ (#2): a) malla 5; b) malla 6; c) malla 7; d) malla 8.

Anàlogament al què succeïa en el cas anterior, les temperatures a la superfície del sostre fluctuen menys que les temperatures del gas en la zona propera al sostre i són també lleugerament inferiors.

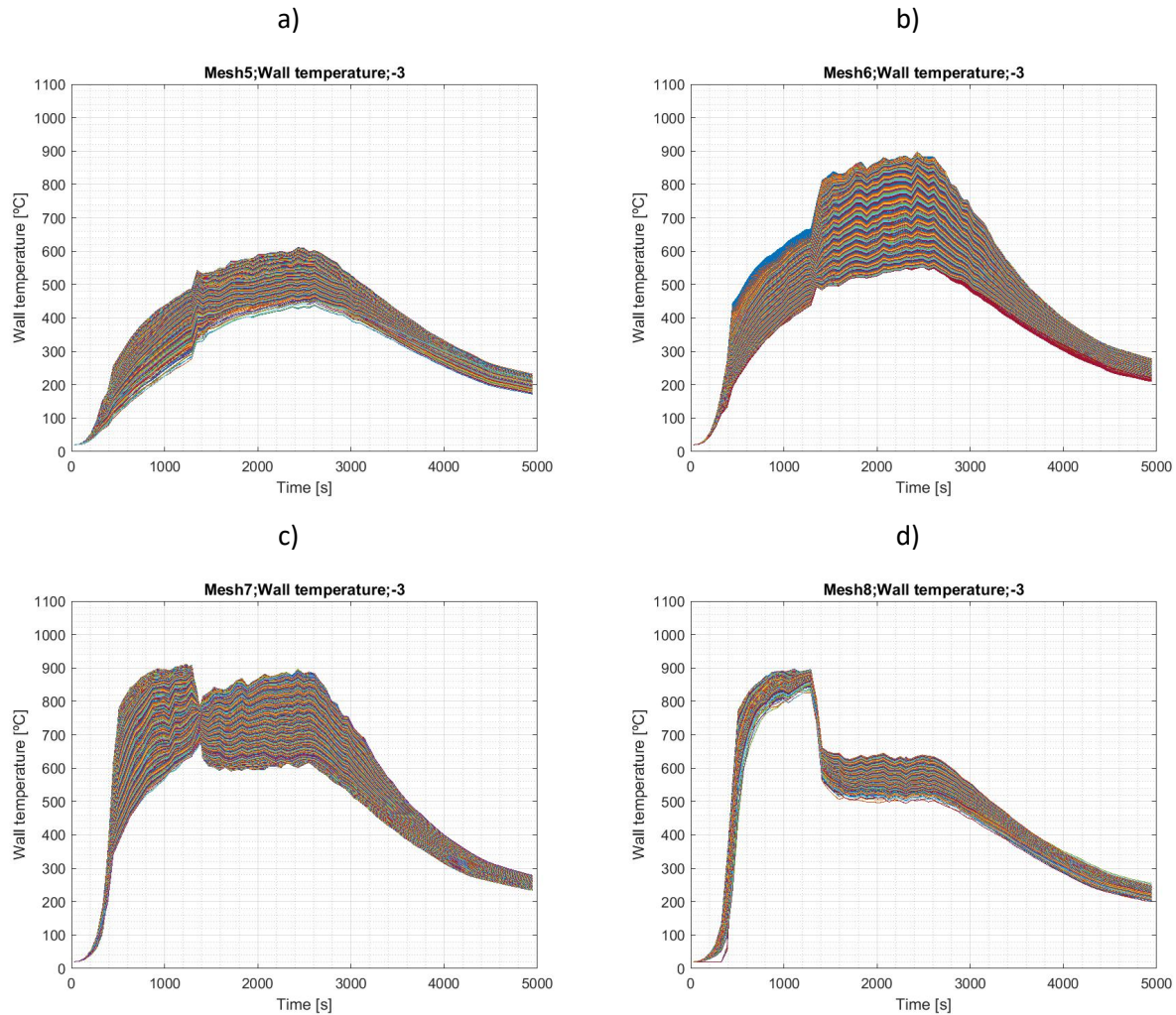


Figura 23. Evolució de la temperatura a la superfície del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura de la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció $-z$) en funció de la malla per a l'escenari de simulació $S_05[-1]_E_OP_TT$ (#2): a) malla 5; b) malla 6; c) malla 7; d) malla 8.

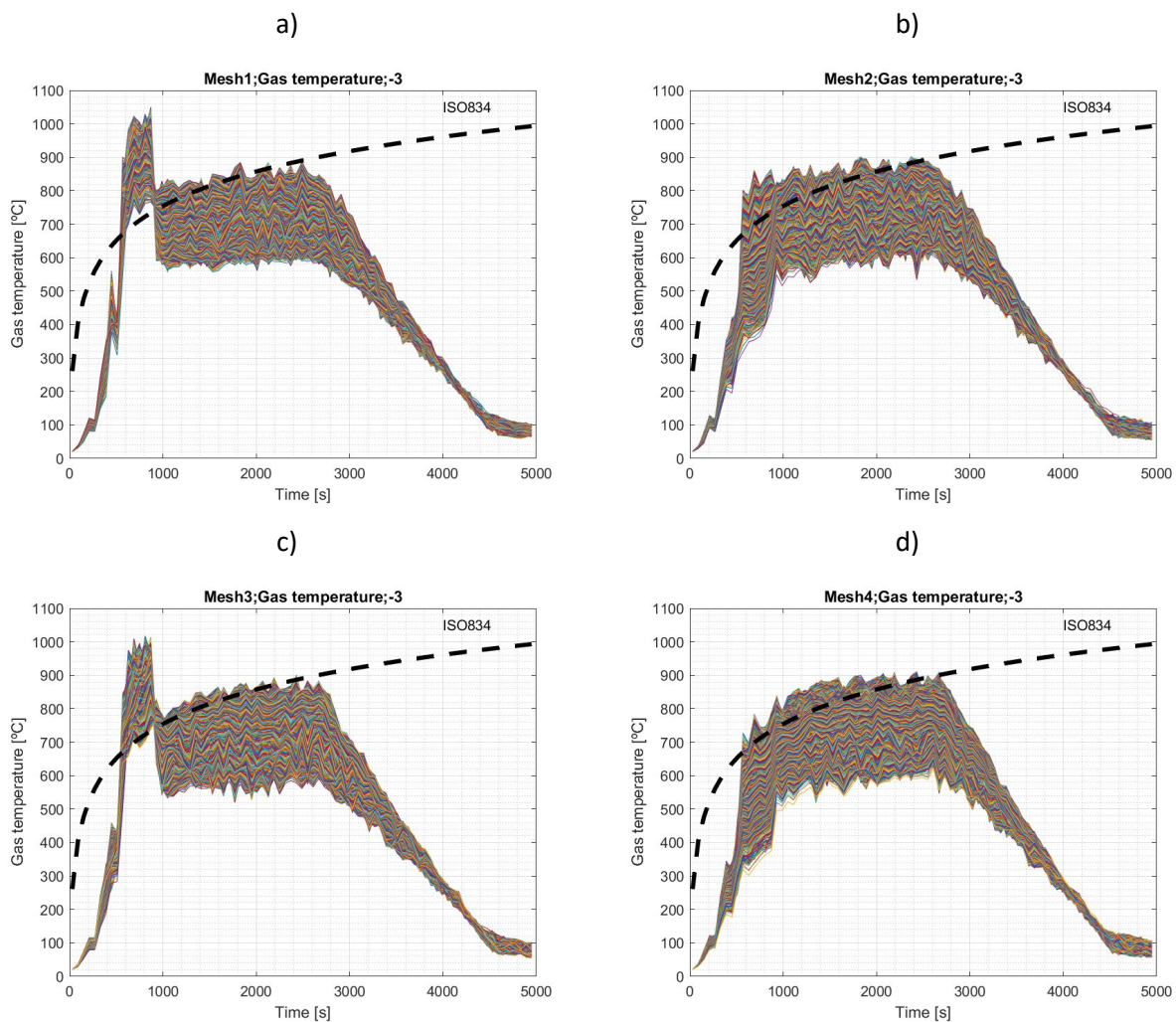
5.2.3 Escenari $D_10+05[-2]_E_1P_TT$ (#6)

A les següents figures es pot veure l'evolució de la temperatura del gas proper al sostre (Figura 24) per a l'escenari $D_10+05[-2]_E_1P_TT$ (#6). S'hi inclou també la corba normalitzada de temps-temperatura (ISO 834). No es mostra aquí la temperatura de la superfície del sostre perquè segueix la mateixa tendència que s'ha observat en els dos casos anteriors.

La forma de les corbes és similar per a les malles 2, 4, 7 i 8, que segons la Figura 12a cobreixen la regió del mòdul doble que quedaria aproximadament a la meitat dreta del mòdul, és a dir, a la

meitat on no hi ha cap obertura inicialment. Aquestes quatre figures (Figura 24b,d,g,h) mostren un creixement gradual de la temperatura del gas fins al moment en què comença la fase de decaïment de l'incendi. Les temperatures màximes mitjanes que s'assoleixen en aquesta fase són diferents segons la malla: $\sim 900^{\circ}\text{C}$ per a les malles 2, 4 i 7; $\sim 700^{\circ}\text{C}$ per a la malla 8. Es pot comprovar que les temperatures més baixes s'assoleixen a la malla 8, situada completament a tocar del vidre que es trenca passats 880-890 s.

Les malles que queden a la meitat esquerra del mòdul (malles 1, 3, 5 i 6) tenen un comportament similar al descrit anteriorment a partir dels 1000 s. Abans dels 1000 s presenten un creixement pronunciat de la temperatura que assolix els 1000°C però, com el trencament del vidre de la dreta es dona aproximadament als 880-890 s, posteriorment la temperatura baixa de cop al augmentar la ventilació en el mòdul.



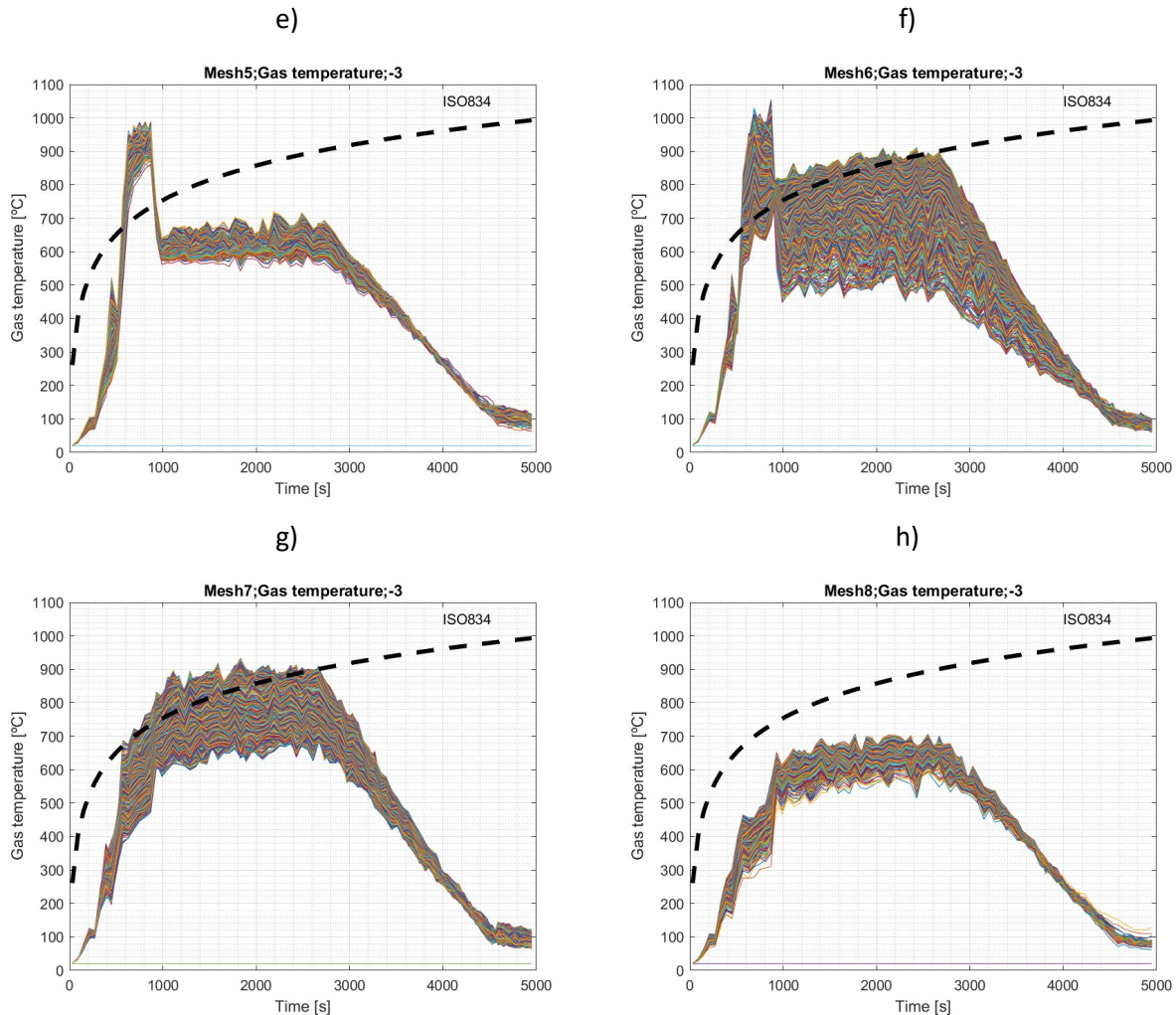


Figura 24. Evolució de la temperatura del gas a prop del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura del gas associada a la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció $-z$) en funció de la malla per a l'escenari de simulació D_10+05[-2]_E_1P_TT (#6): a) malla 1; b) malla 2; c) malla 3; d) malla 4; e) malla 5; f) malla 6; g) malla 7; h) malla 8.

Si comparem la Figura 24a amb la Figura 20d, ja que totes dues contenen dades de l'evolució de la temperatura a la zona del sostre més propera a l'obertura inicial, podem destacar un comportament diferenciat pel que fa a les temperatures abans del moment del trencament del vidre de la dreta. En el cas del mòdul individual la temperatura creix i assoleix valors $>900^{\circ}\text{C}$ durant 800 s tot i el trencament del vidre de l'esquerra als 384,2 s. En el mòdul doble no s'assoleixen temperatures tan altes durant tanta estona.

5.3 Efecte de la posició de les obertures

En aquesta secció s'analitzen els escenaris #3-5, i #7-8. En aquests escenaris s'han efectuat canvis en les obertures respecte als escenaris bàsics (#1 i #6) per veure l'efecte de la ventilació en les temperatures del gas.

5.3.1 *Mòdul individual*

A continuació es presenten els resultats obtinguts per als 3 escenaris simulats amb una mida de cel·la de 0,1 m per estudiar l'efecte de la posició de les obertures inicials (simulacions #3-5).

Tal i com es veu a la Taula 5 els escenaris S_10[0]_E_OP_TT (#3) i S_10[0]_D_OP_TT (#5) presenten temps de trencament dels vidres similars entre ells, tot i que en el primer escenari l'obertura està a l'esquerra i en el segon a la dreta.

El comportament del foc és similar al de l'escenari S_05[0]_E_OP_TT (#1), segons la seqüència d'imatges visualitzada amb Smokeview. D'altra banda, els temps de trencament també són semblants als obtinguts amb una mida de cel·la de 0,05 m (vegeu a la Taula 5 els temps de l'escenari S_05[0]_E_OP_TT (#1)); el temps de trencament del vidre on hi ha l'obertura és només lleugerament més elevat, i el comportament contrari s'observa per al vidre on no hi ha l'obertura. Per tant, els resultats obtinguts amb una mida de cel·la de 0,1 m són totalment comparables als obtinguts amb una mida de cel·la de 0,05 m.

L'escenari S_05[0]_E_OP_TT (#1) i l'escenari S_10[0]_E_OP_TT (#3) tenen el mateix tipus de revestiment i l'obertura està situada a la mateixa posició. A la Figura 25a es pot veure que l'evolució de la temperatura del gas al sostre en l'escenari S_10[0]_E_OP_TT (#3) segueix un perfil similar a l'obtingut utilitzant una mida de cel·la de 0,05 m (vegeu la Figura 20d) si ens fixem en una mateixa zona del mòdul. Les temperatures màximes només superen puntualment els 1000°C i les temperatures registrades després del trencament del vidre de la dreta són properes als 700°C.

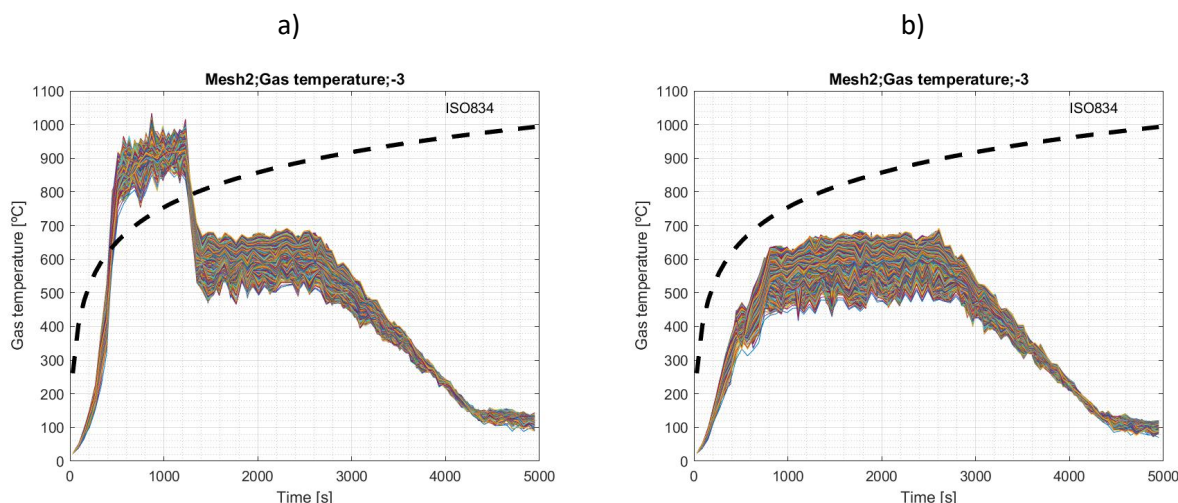


Figura 25. Evolució de la temperatura del gas a prop del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura del gas associada a la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció -z) per a l'escenari: a) S_10[0]_E_OP_TT (#3); b) S_10[0]_E+D_OP_TT (#4). S'inclouen només les cel·les que en l'escenari S_05[0]_E_OP_TT (#1) quedaven incloses a la malla 8.

En el cas de tenir 2 obertures (S_10[0]_E+D_OP_TT; #4), el comportament de l'incendi és diferent respecte al que s'ha descrit a l'apartat 5.1. i les temperatures que es registren al sostre també. Es pot comprovar aquesta diferència observant l'evolució de la temperatura del gas al sostre de la Figura 25a i b. Al haver-hi dues obertures no s'assoleixen temperatures tan altes a la zona del mòdul en què anteriorment se superaven els 900°C (malla 8 de l'escenari S_05[0]_E_OP_TT (#1)). Ara no se superen els 700°C. Això és així perquè al tenir dues obertures l'energia que s'allibera en funció del temps, que ve donada per la corba d'incendi fixada, es reparteix per tota la superfície del mòdul, ja que hi ha suficient oxigen tant a la banda dreta com a l'esquerra.

5.3.2 Mòdul doble

A continuació es presenten els resultats obtinguts en els 3 escenaris simulats per estudiar l'efecte de la posició de les obertures inicials quan la paret divisòria està inclosa en el mòdul doble.

Si ens fixem primerament en els escenaris simulats suposant que la paret de vidre de la dreta no es trenca (simulacions D_10+05[-2]_E_1P_ET (#8) i D_10+05[-2]_E+D_1P_ET (#7)), tal i com es veu a la Taula 5 els escenaris presenten diferències en els temps de trencament dels vidres. En la simulació D_10+05[-2]_E+D_1P_ET (#7) els dos vidres de l'esquerra es trenquen amb una diferència de 8,3 s només. Per contra, en la simulació D_10+05[-2]_E_1P_ET (#8) la diferència de temps és major, de 113,4 s. A més, quan només hi ha una obertura a l'esquerra, la primera part del vidre es trenca abans que quan n'hi ha dues. Això indica que quan hi ha dues obertures, hi ha una millor ventilació i la temperatura límit s'assoleix més tard, però quan ho fa, com que la distribució de temperatures és força uniforme en tot el mòdul, la segona part del vidre es trenca abans.

En les simulacions D_10+05[-2]_E_1P_ET (#8) i D_10+05[-2]_E+D_1P_ET (#7), al no trencar-se el vidre de la dreta del mòdul doble, les temperatures màximes assolides es mantenen durant aproximadament tot el període en què el foc està desenvolupat i superen lleugerament els 1000°C (Figura 26 i Figura 27). Aquestes corbes indiquen que aquesta situació és molt més desfavorable que els escenaris simulats anteriorment.

Una diferència a destacar entre aquestes dues simulacions s'observa en les dades registrades a la malla 4 (reviseu la Figura 13 per veure la posició de la malla). La temperatura del gas en aquesta zona del mòdul s'incrementa més ràpidament quan hi ha una segona obertura inicial a la banda dreta (Figura 26d vs. Figura 27d). Això es així perquè l'obertura situada a la dreta afavoreix la reacció de combustió i, per tant, dona lloc a un augment de la temperatura en aquella zona. Aquesta diferència no es pot observar a la malla 2 (reviseu la Figura 13 per veure la posició de la malla) perquè aquesta malla ocupa tota la llargària del mòdul i, per tant, les sèries que s'hi observen també inclouen la meitat esquerra del mòdul.

D'altra banda, el comportament de la temperatura del gas en aquestes dues simulacions divergeix força del comportament associat a la corba normalitzada de temps-temperatura (ISO 834) (vegeu la Figura 27; s'hi ha inclòs la corba normalitzada). En els escenaris simulats la temperatura assoleix valors més alts, l'increment de temperatura és menor en els primers instants de temps i la fase de decaïment està considerada.

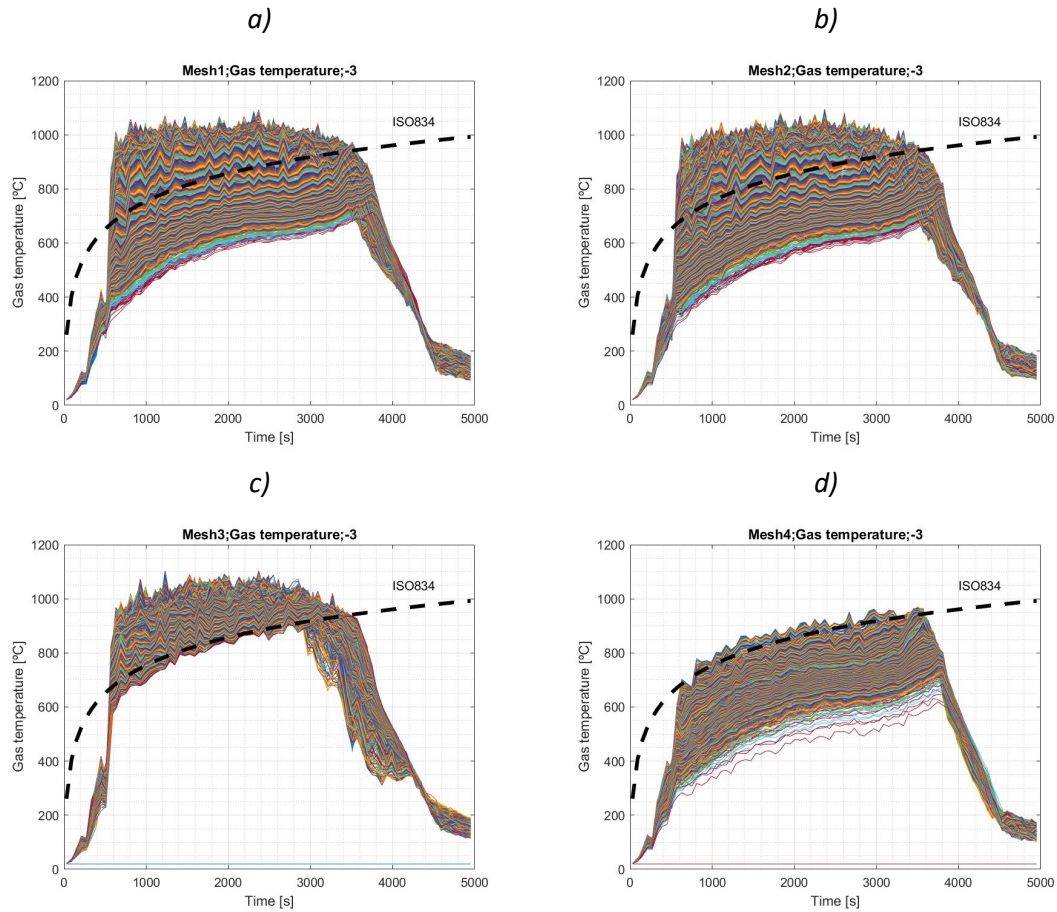


Figura 26. Evolució de la temperatura del gas a prop del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura del gas associada a la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció $-z$) en funció de la malla per a l'escenari de simulació D_10+05[-2]_E_1P_ET (#8): a) malla 1; b) malla 2; c) malla 3; d) malla 4.

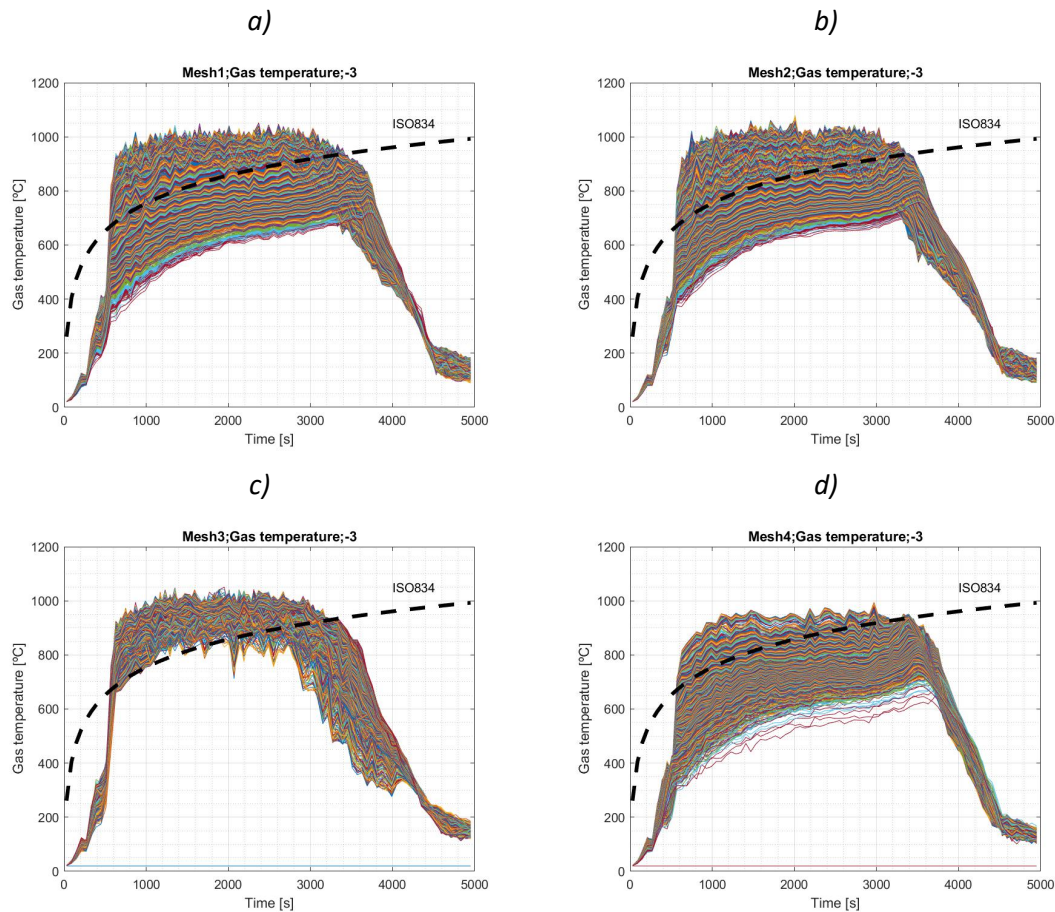
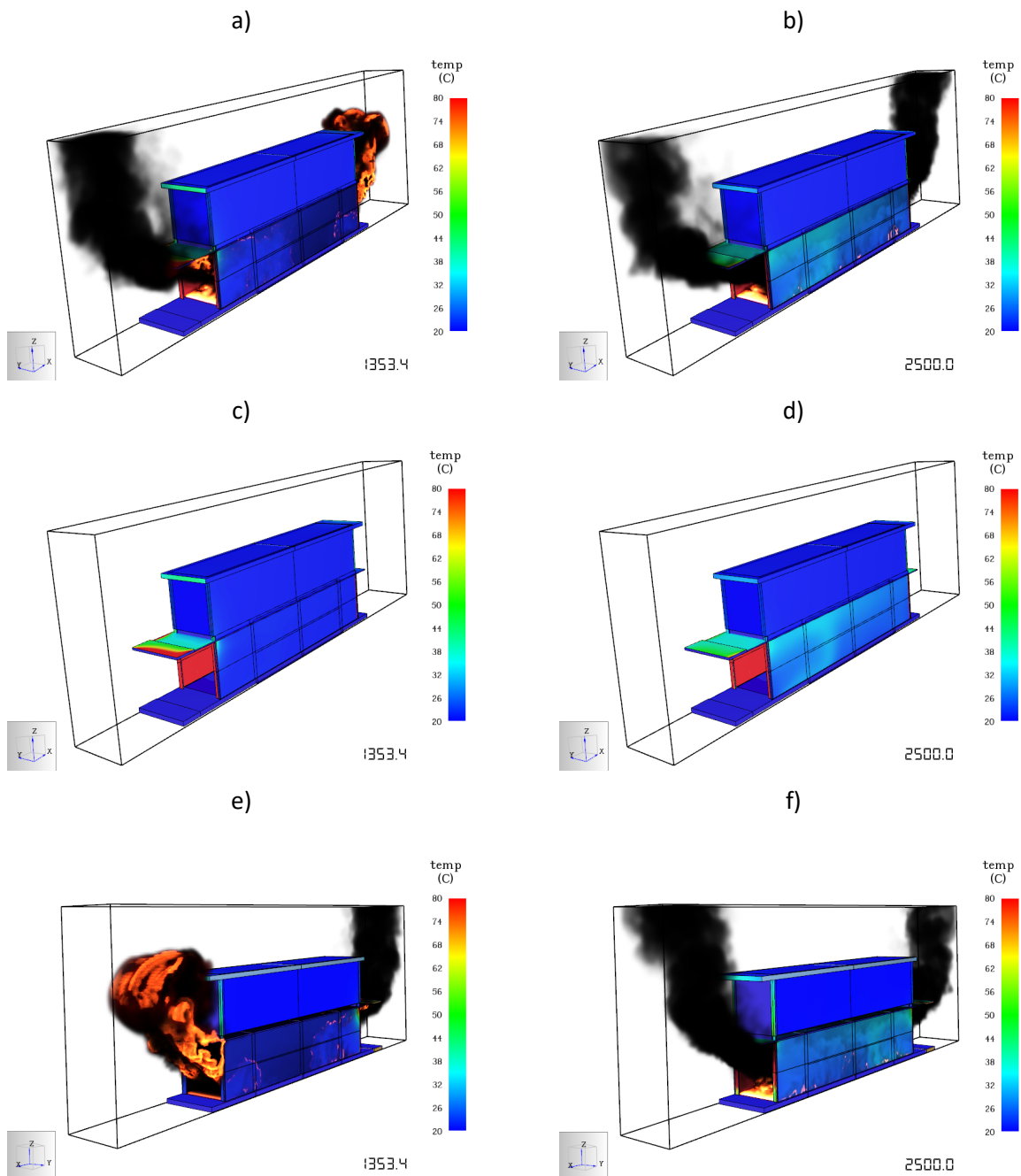


Figura 27. Evolució de la temperatura del gas a prop del sostre (el número -3 indica que s'està mirant la temperatura del gas associada a la superfície que té un vector normal que apunta en la direcció $-z$) en funció de la malla per a l'escenari de simulació D_10+05[-2]_E+D_1P_ET (#7): a) malla 1; b) malla 2; c) malla 3; d) malla 4.

5.4 Efecte del foc i el fum sobre els mòduls superiors

A partir dels resultats de la simulació S_05[0]_E_OP_TT (#1) s'ha analitzat si les flames que es generen durant l'incendi i que surten per les obertures del mòdul (obertura inicial i obertures creades a partir del trencament dels vidres) afecten la façana de vidre del mòdul superior. Això s'ha fet observant directament els resultats dels arxius de contorn de la simulació amb el programa Pyrosim®.

Segons aquestes visualitzacions (Figura 28), les temperatures que es registren als vidres són inferiors als 80°C i, per tant, les flames que es generen no provocarien el trencament del vidre del mòdul superior, ja que això passaria només si se superessin temperatures de 400°C.



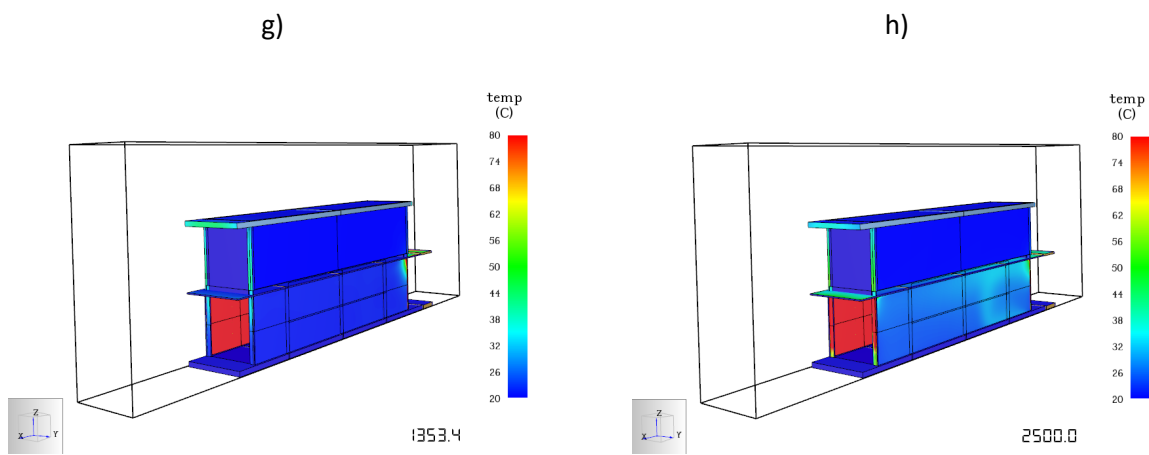


Figura 28. Per a la simulació S_05[0]_E_OP_TT (#1), temperatura a les parets (TempParets) i foc simulat (Foc) just després del moment en què es trenca el vidre de la dreta (1353.4 s) i just abans d'iniciar-se l'etapa de decaïment de l'incendi (2500 s) amb una perspectiva del mòdul que permet veure els vidres de l'esquerra (passera) (E) i els de la dreta (balcó) (D): a) Foc+1353.4 s+E; b) Foc+2500 s+E; c) TempParets+1353.4 s+E; d) TempParets+2500 s+E; e) Foc+1353.4 s+D; f) Foc+2500 s+D; g) TempParets+1353.4 s+D; h) TempParets+2500 s+D.

5.5 Evolució de la temperatura a l'interior de les parets i efecte sobre la resistència estructural

L'efecte de la temperatura sobre la resistència estructural del contenidor s'analitza en detall a l'apartat 6. Nogensmenys, aquí s'aprofita la capacitat del simulador FDS per proporcionar l'evolució de la temperatura a l'interior de les parets per tenir una primera aproximació del que es pot esperar que succeeixi en l'anàlisi detallada (FDS no és un programari pensat per a l'anàlisi estructural i per tant els resultats que se'n deriven respecte el detall de la temperatura a l'interior de les parets són només orientatius).

L'evolució de la temperatura a través de la paret del mòdul simple es presenta a la Figura 29 per a dues simulacions realitzades amb el mòdul individual (S_05[0]_E_OP_TT (#1) i S_05[-1]_E_OP_TT (#2)) i per a una simulació realitzada amb el mòdul doble (S_10+05[-2]_E_1P_TT (#6)). Es presenten els resultats obtinguts per als dispositius PROF 44 i PROF 46, respectivament. Aquests dispositius estan situats en una cantonada, al sostre (vegeu la Figura 15 i la Figura 17, respectivament).

Es pot observar que la temperatura a la superfície de la paret en contacte amb el foc assoleix temperatures elevades, tal i com ja s'havia vist a les figures de la temperatura de la paret. Ara bé, la temperatura que s'assoleix a la cara contrària, on el material definit és l'acer, no supera els 100°C en cap cas; és a dir, les parets d'acer del mòdul no assolirien temperatures per sobre dels 400°C, que és quan les estructures metàl·liques perden propietats [12].

Si es comparen les figures a i b de la Figura 29, s'observa que l'evolució de la temperatura en un punt situat just després de la primera capa de material aïllant (Diamant) és diferent en funció de

si l'escenari té a continuació un gruix de material Tallafof DF de 30 mm (Figura 29a) o de 15 mm (Figura 29b). Quan hi ha menys material aïllant la temperatura interior tarda més en disminuir i assoleix valors màxims superiors.

D'altra banda, a la Figura 29c es pot veure que la temperatura en un punt situat just després de la primera i única capa Tallafof DF assoleix valors més elevats que en el cas de tenir més capes de material aïllant. Tanmateix, la temperatura a l'extrem oposat (on hi ha l'acer) tampoc supera els 100°C.

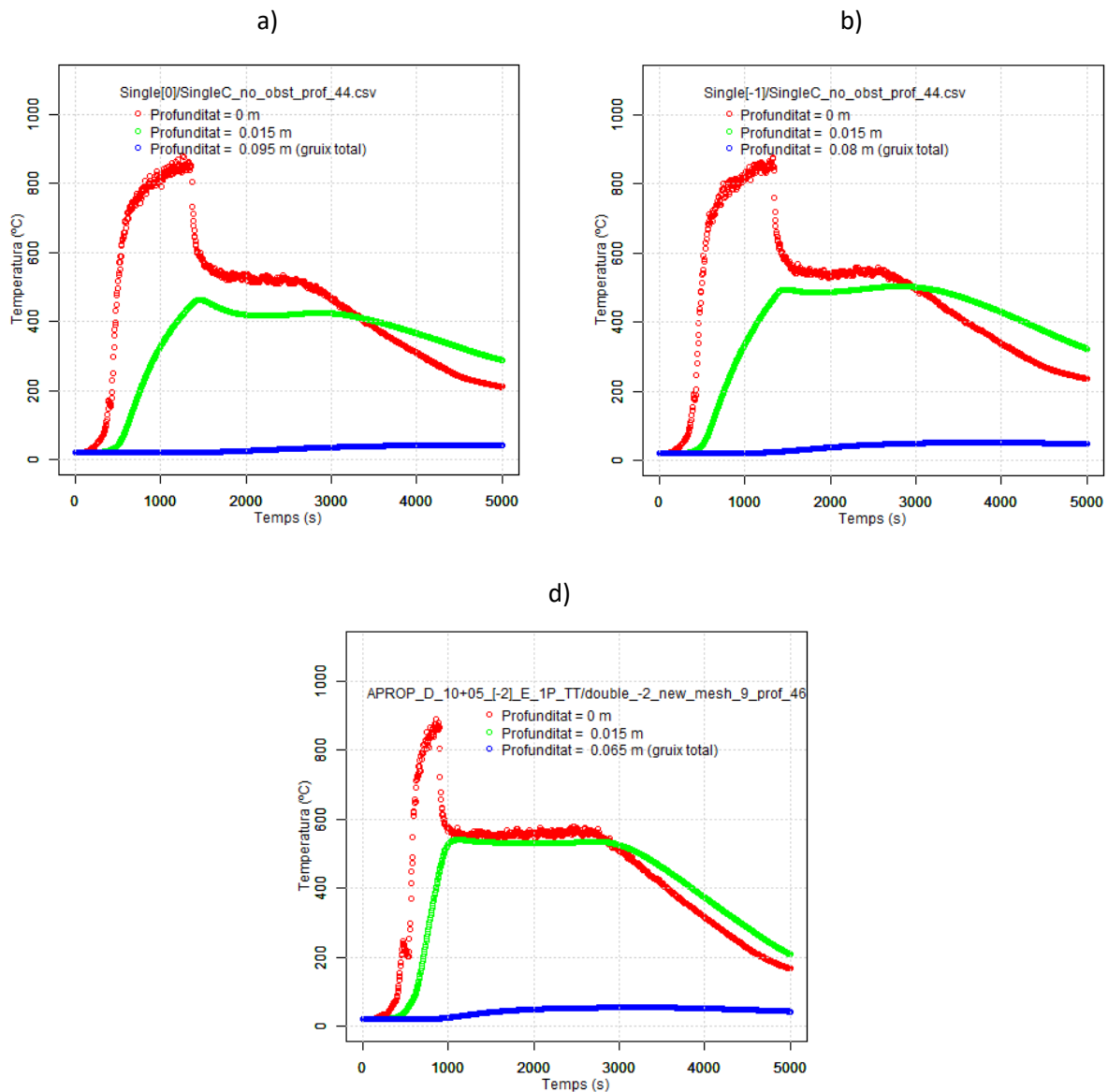


Figura 29. Evolució de la temperatura a través de la paret (sostre) per als dispositius PROF44 (mòdul simple) i PROF46 (mòdul doble): a) Escenari S_05[0]_E_OP_TT (#1); b) S_05[-1]_E_OP_TT (#2); c) D_10+05[-2]_E_OP_TT (#6).

5.6 Efecte de la càrrega de foc

Si es tenen en compte les gràfiques de l'evolució de la temperatura, es pot interpretar que una càrrega de foc de 948 MJ/m^2 no suposaria un increment de la temperatura del gas, ja que el gas té una temperatura estable al final de la fase d'incendi desenvolupat (vegeu les Figures 20, 22, 24 i 25). Pel que fa a les temperatures registrades a les parets/sostre, que són els elements que es van escalfant en funció del temps, a les Figures 21 i 23 s'observa que la temperatura, al final de la fase d'incendi desenvolupat, està seguint una tendència creixent en algunes zones del mòdul (Figura 21 a, b i c; Figura 23 a, b i c). Ara bé, el pendent creixent que s'observa és només de $0,04\text{-}0,08^\circ\text{C/s}$, per la qual cosa, si tenim en compte la diferència de temps entre el final de la fase d'incendi desenvolupat per a les corbes d'incendi de la Figura 8 ($\Delta t = 470 \text{ s}$), el fet d'incrementar lleugerament la càrrega de foc (de 790 a 948 MJ/m^2) implicaria un canvi de menys de 40°C en l'increment de temperatura a la paret. Ara bé, això repercutiria sobre les temperatures de l'acer. Tal i com es pot veure als resultats de l'apartat 6.3.10, en aquest cas es podrien arribar a assolir temperatures màximes de 318°C als 83 min.

6 Estudi termomecànic de la protecció amb plaques Pladur FOC 15+15 mm de la xapa nervada d'acer

La protecció estructural del contenidor enfront de l'acció de l'incendi es basa amb el sistema Pladur FOC, compost de dues plaques de guix laminat reforçat amb fibres de vidre i que és un producte especialment adequat per a la protecció al foc. El gruix nominal de cadascuna de les plaques és de 15 mm i segueix l'esquema de muntatge que mostra la Figura 30 [13]. L'empresa Pladur Gypsum S.A.U és el fabricant d'aquest sistema. Aquest sistema té disponibles els assaigs a foc ISO834 segons normatives europees [14] [15] i que seran utilitzats al present estudi.

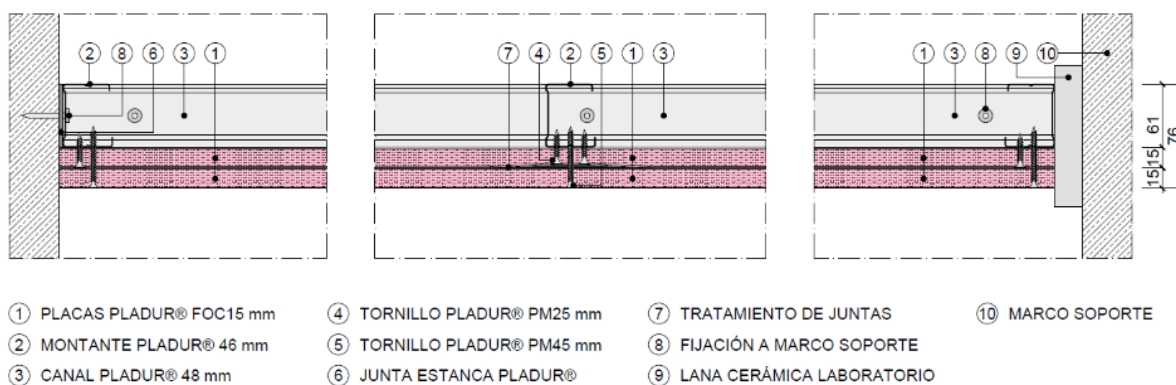


Figura 30. La protecció tèrmica escollida es basa amb els sistema Pladur FOC 15+15 mm. Cal remarcar el muntatge de les plaques al portell o decalades per evitar la coincidència dels extrems de les dues plaques.

A més, el sistema es complementarà amb unes làmines de llana de roca estàndard, amb un gruix aproximat de 50 mm i densitat 80 g/m³, que estaran ubicades entre la xapa nervada i les plaques aprofitant l'espai ocupat pels perfils metàl·lics de muntatge. L'estudi contempla la possibilitat desfavorable que aquesta llana de roca no existeixi localment, per exemple per estar ocupat aquest espai per les instal·lacions. També és la situació d'alguns perfils estructurals del contenidor que per raons de muntatge només estiguin recoberts exclusivament per les dues plaques de Pladur FOC.

6.1 El sistema estructural i les accions mecàniques en situació d'incendi

Un contenidor marítim està dissenyat originalment pel transport estandarditzat de productes de tipus indeterminat. Un cop carregats els productes al seu interior, el contenidor queda tancat fermament i és comporta com una caixa compacta sense obertures durant el transport.

Aquest contenidor estructural d'acer està compost d'un esquelet ortogonal de barres i d'uns tancaments perimetrals de xapa nervada que proporcionen una rigidització no menystenible enfront de la distorsió angular de l'entramat ortogonal de barres.

Des del punt de vista estructural, hi ha dos tipus d'elements bàsics a considerar:

- 1) Element barra de directriu recta i secció constant. A la pràctica, són tubs d'acer laminats en fred o calent, i perfils oberts obtinguts mitjançant plegadora. A destacar els 4 puntals de cantonada, veure Figura 31, i els seus extrems de connexió (corner fitting)
- 2) Element placa ortòtropa. On la xapa nervada té una rigidesa important en la direcció longitudinal dels nervis però a la direcció perpendicular quasi es comporta com una simple xapa plana de petit gruix. Són elements importants per assegurar el monolitisme del contenidor

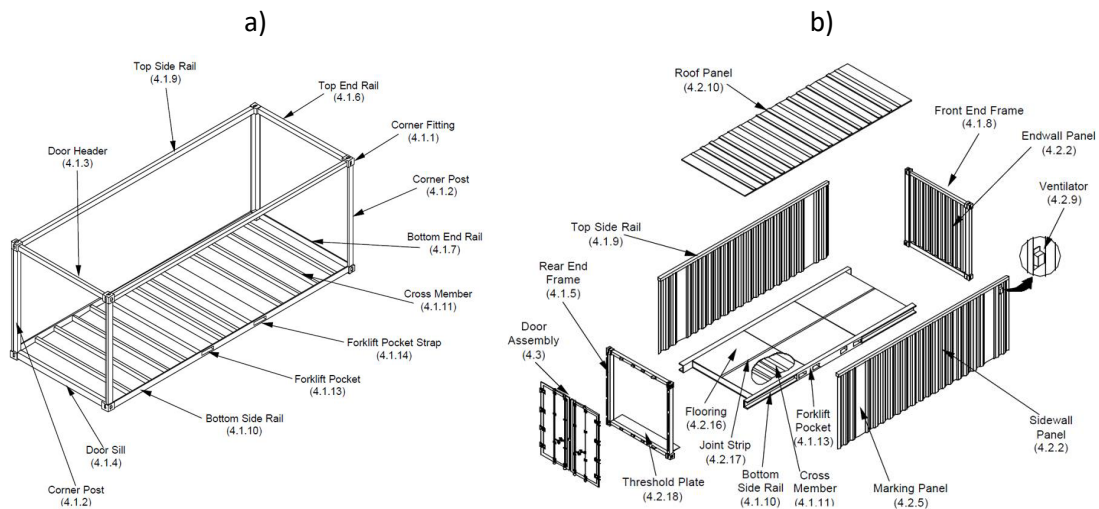


Figura 31. Contenedor marítim estàndard a) Element barra de directriu recta b) Element placa ortòtropa.

Durant el seu ús habitual, el contenidor marítim està sotmès a unes càrregues estàtiques i dinàmiques importants, segons els requisits normatius definits a la norma ISO 1496-1:2013 *Series 1 freight containers -- Specification and testing -- Part 1: General cargo containers for general purposes* [16].

Pel cas dels contenidors estàndards de 40' de longitud, aproximadament 12 metres, emprats al projecte APROP, les característiques més habituals s'indiquen a la Taula 6 però poden variar segons el fabricant

Taula 6. Característiques dels contenidors estàndard de 40'.

Tara	3.750 kg
Càrrega màxima	29.000 kg (segons model)
Mides internes:	
Llargada	12.032 mm
Amplada	2.352 mm
Altura	2.393 mm

Així, en primera instància, un contenidor podria suportar una sobrecàrrega màxima d'aproximadament $10,00 \text{ kN/m}^2$, valor força superior al que es demanaria normativament per a la seva reutilització com a un habitatge convencional. Ara bé, les característiques intrínseques del projecte APROP demanen una anàlisi estructural específica que es comenta a continuació.

6.1.1 *Anàlisi estructural del projecte APROP a temperatura ambient*

Una anàlisi exacta del comportament estructural d'un conjunt apilat de contenidors comportaria l'ús d'un modelat tridimensional amb elements finits làmina o, alternativament, mitjançant una combinació de models de barra i làmina ortòtropa equivalent.

És una feina complexa, on el col·lapse dels elements làmina és per abonyegament local, i en el cas de les barres és per plastificació o vinclament. En definitiva, una anàlisi geomètricament no lineal. A més, cal indicar que l'aplicació simple d'una normativa convencional no seria trivial.

Aquesta reutilització dels contenidors com habitatge implica unes sobrecàrregues d'ús més reduïdes que les originals (veure 6.1.2) però obliga a considerar l'efecte negatiu d'obertura de forats al contenidor i l'eliminació de la porta d'accés. Hi ha una pèrdua de monolitisme i rigidesa que cal avaluar convenientment.

L'anàlisi estructural del projecte APROP a temperatura ambient ha estat efectuat per Romà Crespià i Eduard Simó de l'oficina Crespià Simó Diagonal Arquitectura SLP (Barcelona) [17].

De forma pragmàtica, aquests consultors d'estructures decideixen que les xapes laterals s'han de modelitzar triangulant amb barres per simular la funció estructural que tenen. És a dir, la xapa nervada dels contenidors és substituïda per un tirants formant una tipologia estructural de creus de sant Andreu, com mostra la Figura 32.

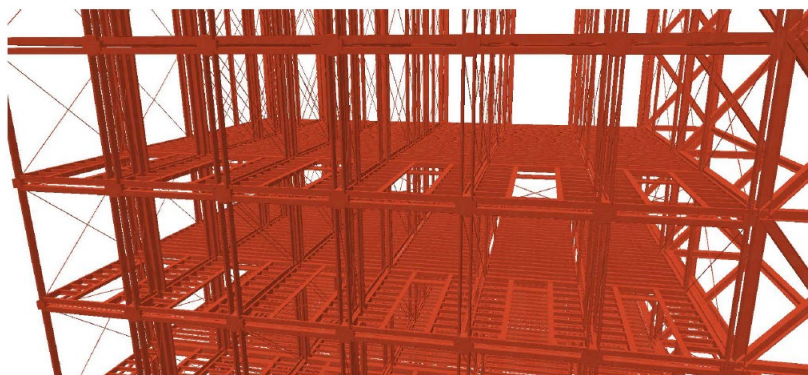


Figura 32. Modelització estructural i verificació a temperatura ambient per part de Crespià Simó Diagonal Arquitectura SLP [17]. La xapa nervada dels contenidors és substituïda per un tirants formant una tipologia estructural en creus de sant Andreu.

A conseqüència dels resultats de l'anàlisi estructural els consultors també van decidir reforçar alguns perfils [17], ja que no complien la verificació a vinclament de la normativa CTE-DB_SE A [18].

Queda fora d'aquest informe UPC la validació dels càlculs efectuats per Crespiera Simó Diagonal Arquitectura SLP a temperatura ambient [17]. Se suposarà que són correctes i adaptats a la normativa espanyola CTE DB-SE A [18] que els consultors han considerat escaient d'aplicació en aquest cas.

6.1.2 *Afectació de les propietats mecàniques de l'acer degut a l'increment de temperatura*

Se suposarà que el càlcul estructural en situació ordinària (temperatura ambient) està correctament realitzat [17]. Sortint d'aquesta premissa bàsica s'estudia la situació accidental d'incendi a l'estructura.

Així, el present estudi no té com a objectiu una anàlisi estructural específica ni la determinació de l'evolució front d'una situació accidental d'incendi fins arribar al col·lapse de l'estructura dels contenidors. El que farà és avaluar convenientment l'afectació del material acer degut a l'augment de la temperatura durant l'incendi obtinguda mitjançant una simulació tèrmica del problema en règim transitori.

De forma conservadora, en el present treball es comprovarà detalladament que l'afectació de la temperatura sobre l'acer és molt baixa, arribant a la conclusió que no altera significativament les seves propietats mecàniques bàsiques des del punt de vista estructural:

- 1) La tensió de límit elàstic de material; f_y [N/mm²]. Necessària per a les verificacions resistents de les barres i xapes
- 2) El mòdul d'elasticitat longitudinal; E [N/mm²]. Necessari per a les verificacions de les inestabilitats dels elements. Concretament, la verificació del fenomen del vinclament de les barres i de l'abonyegament de les plaques

L'acer emprat a la fabricació dels contenidors d'APROP no estarà sempre perfectament definit però habitualment són acers de bona qualitat, d'alt límit elàstic i en alguns casos del tipus corten. Per exemple, és un acer ASTM A572 amb tensió de fluència $f_y = 47.000$ psi (324 N/mm²) i que es podria assimilar aproximadament a l'acer normalitzat europeu S355 respecte a l'afectació de les propietats termomecàniques en funció de la temperatura.

No és un aspecte crític, ja que les variacions percentuals d'aquestes propietats són bastant insensibles a l'aliatge pel cas d'un acer al carboni. Així, altres acers com el SCW480, tindrien un comportament similar.

La normativa Eurocodi 3, a la seva part 1.3 UNE-EN 1993-1-2 [19], avalua la pèrdua de les propietats mecàniques de l'acer en funció de la temperatura (taula 3.1 de [19]) segons mostra la Figura 33.

Observant les dades, sembla raonable que fins una temperatura de **300 °C** no hi haurà una afectació significativa sobre les propietats mecàniques de l'acer. Concretament, una disminució pràcticament nul·la de la tensió de límit elàstica efectiva, ja que $K_{y,\theta} = 1,0$. Per contra, el mòdul d'elasticitat longitudinal queda reduït pel factor $K_{E,\theta} = 0,8$.

Tabla 3.1 – Coeficientes de reducción para la relación tensión-deformación del acero al carbono a temperaturas elevadas

Temperatura del acero θ_a	Coeficientes de reducción a temperatura θ_a respecto al valor de f_y o E_a a 20 °C		
	Coeficiente de reducción (respecto a f_y) para el límite elástico eficaz $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Coeficiente de reducción (respecto a f_y) para el límite de proporcionalidad $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Coeficiente de reducción (respecto a E_a) para la pendiente de la región elástica lineal $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20 °C	1,000	1,000	1,000
100 °C	1,000	1,000	1,000
200 °C	1,000	0,807	0,900
300 °C	1,000	0,613	0,800
400 °C	1,000	0,420	0,700
500 °C	0,780	0,360	0,600
600 °C	0,470	0,180	0,310
700 °C	0,230	0,075	0,130
800 °C	0,110	0,050	0,090
900 °C	0,060	0,0375	0,0675
1 000 °C	0,040	0,0250	0,0450
1 100 °C	0,020	0,0125	0,0225
1 200 °C	0,000	0,0000	0,0000

NOTA Puede emplearse una interpolación lineal para valores intermedios de temperatura del acero.

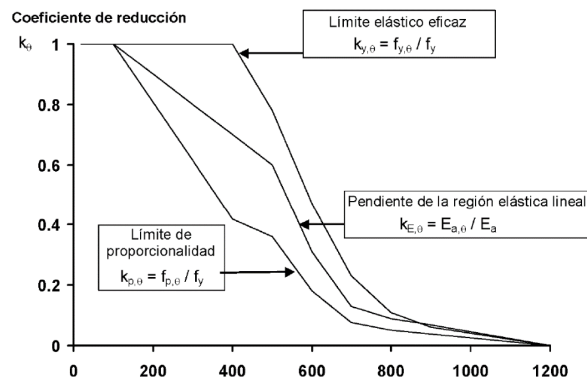


Figura 33. Afectació de les propietats mecàniques de l'acer degut a l'augment de temperatura durant un incendi.

Ara bé, en una situació accidental d'incendi els coeficients de majoració de les càrregues, γ , i els coeficients de simultaneïtat, ψ , tenen uns valors reduïts respecte als emprats a temperatura ambient.

Per exemple, si es consideren exclusivament les càrregues gravitatòries i s'utilitzen els valors definits per Crespiera Simó Diagonal Arquitectura SLP [17], l'anomenat coeficient de reducció de càrregues sobre l'estructura en situació d'incendi, η_{fi} , segons l'apartat 2.4.2 (3) d'Eurocodi 3 UNE-EN 1993-1-2 [19] (vegeu també la Figura 34), es pot avaluar de la forma següent:

- Pes propi del contenidor: 37,60 kN, és a dir equivalent a 1,25 kN/m²
- Sobrecàrrega d'ús: 2,00 kN/m²
- Envans i paviments: 1,50 kN/m²

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Figura 34. Coeficients de simultaneïtat (segons Taula 4.2 de l'apartat 2.4.2 (3) d'Eurocodi 3 UNE-EN 1993-1-2 [19])

Així, el coeficient de reducció de càrregues sobre l'estructura en situació d'incendi:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_k}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k} = \frac{(1,25 + 1,50) \frac{kN}{m^2} + 0,5 \cdot 2,00 \frac{kN}{m^2}}{1,35 \cdot (1,25 + 1,50) \frac{kN}{m^2} + 1,5 \cdot 2,00 \frac{kN}{m^2}} = 0,56$$

Això significa que en situació d'incendi la combinació de càrregues permanents i sobrecàrrega d'ús estarà reduïda al 56% del valor de càlcul en situació ordinària.

Al mateix resultat s'arriba utilitzant el nomograma de la Fig. 2.1 disponible al mateix apartat 2.4.2 (3) d'Eurocodi 3 Part 1-2 [19] (vegeu la Figura 35), on $Q_k / G_k = 2,00 / (1,25 / 1,50) = 0,73$ i dona també $\eta_{fi} = 0,56$.

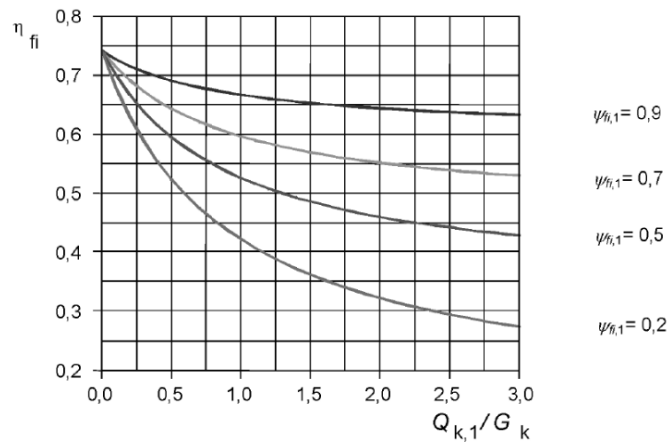


Figura 2.1 – Variación del coeficiente de reducción η_{fi} con la relación de carga $Q_{k,1}/G_k$

Figura 35. Nomograma pel càlcul del coeficient de reducció de càrregues sobre l'estructura (corresponent a la Fig 2.1 de l'apartat 2.4.2 (3) d'Eurocodi 3 Part 1-2 [19]).

Finalment, una altra referència rellevant es troba al mateix Eurocodi 3 Part 1-2 [19], respecte al cas dels perfils prims, anomenades també seccions Classe 4, que majoritàriament són els elements estructurals del contenidor ja que tenen un gruix entre els 1,5 a 4 mm, per exemple els tubs rectangulars, els perfils conformats i la xapa nervada. Així, al seu apartat, 4.2.3.6, es contempla que per sota d'una temperatura de **350 °C** es compleix la verificació resistent de l'element, sense més consideracions (vegeu la Figura 36).

EN 1993-1-2:2005	- 40 -	AENOR
4.2.3.6 Elementos con secciones transversales de clase 4 (1) Para elementos con secciones transversales de clase 4 que no sean elementos sometidos a tracción, puede considerarse que el punto (1) del apartado 4.2.1 se cumple si, en el instante t, la temperatura del acero θ_a en todas las secciones transversales no supera la temperatura θ_{crit}. NOTA 1 Para más información, véase el anexo E. NOTA 2 El límite θ_{crit} puede seleccionarse en el anexo nacional. Se recomienda el valor $\theta_{crit} = 350$ °C.		

Figura 36. Referència als perfils prims que es pot trobar a l'Eurocodi 3.

Altrament, l'apartat 4.2.1 és justament la verificació general resistent de l'Eurocodi (Figura 37).

4.2 Modelos de cálculo simplificados

4.2.1 Generalidades

(1)P Se debe suponer que la función portante de un elemento de acero se mantiene en una situación de incendio determinada después de un instante t si:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (4.1)$$

donde

$E_{fi,d}$ es el valor de cálculo del efecto de las acciones para el dimensionamiento en la situación de incendio, de acuerdo con la Norma EN 1991-1-2;

$R_{fi,d,t}$ es el valor de cálculo de la resistencia correspondiente del elemento de acero, para el dimensionamiento en la situación de incendio en el instante t .

Figura 37. Verificació general resistent que es pot trobar a l'Eurocodi 3.

En conclusió, si la temperatura de l'acer està per sota d'aproximadament 300-350°C durant l'evolució de l'incendi (ISO834 i foc natural), la correcta verificació a temperatura ambient continuarà essent vàlida a la situació accidental d'incendi.

6.2 Accions tèrmiques en situació d'incendi

S'ha modelat la geometria corresponent a la xapa nervada d'acer del contenidor corresponent al cas de la paret simple i també de la paret doble, anomenades Divisió TIPUS 1 i 2, vegeu la Figura 38.

Per efectuar les simulacions tèrmiques s'ha utilitzat el programa de càlcul estructural Diamonds versió 2020 [2].

S'han considerat totes les possibilitats: existència de només plaques Pladur FOC, cas de plaques Pladur Foc i llana de roca, i en combinació amb l'exposició al foc normalitzat ISO834 (Figura 39) i, a més, la corba de foc més desfavorable procedent de l'estudi amb FDS dels apartats anteriors.

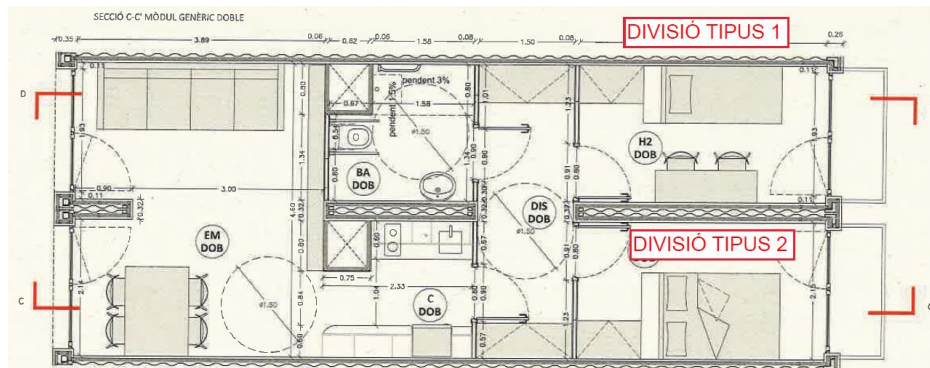


Figura 38. a) Paret simple TIPUS 1 b) Paret doble TIPUS 2

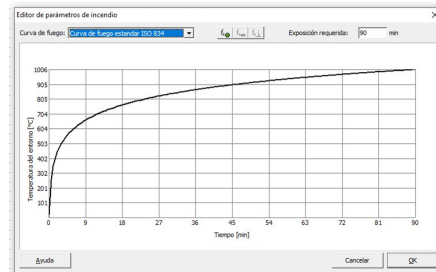


Figura 39. Corba de foc estàndard ISO834 fins els 90 minuts requerits per a la verificació del criteri R90.

Dins el ventall de corbes obtingudes a l'estudi amb FDS se selecciona la més desfavorable (Figura 40), que correspon a l'escenari D_10+05[-2]_E_1P_ET (escenari #8).

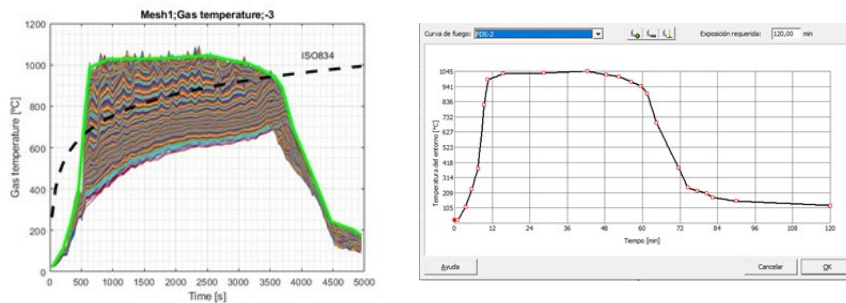


Figura 40. Corba de foc més desfavorable procedent de l'estudi amb FDS.

6.3 Simulació tèrmica de l'evolució de la temperatura sobre la xapa nervada i els aïllaments emprats

Les propietats tèrmiques per l'aïllament de llana de roca són obtingudes de la bibliografia i corresponen a un producte estàndard de baixa densitat de 80 kg/m^3 , sense uns requisits especials. La Figura 41 representa la variació de la conductivitat tèrmica $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}]$ i la calor específica $[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}]$ en funció de la temperatura.

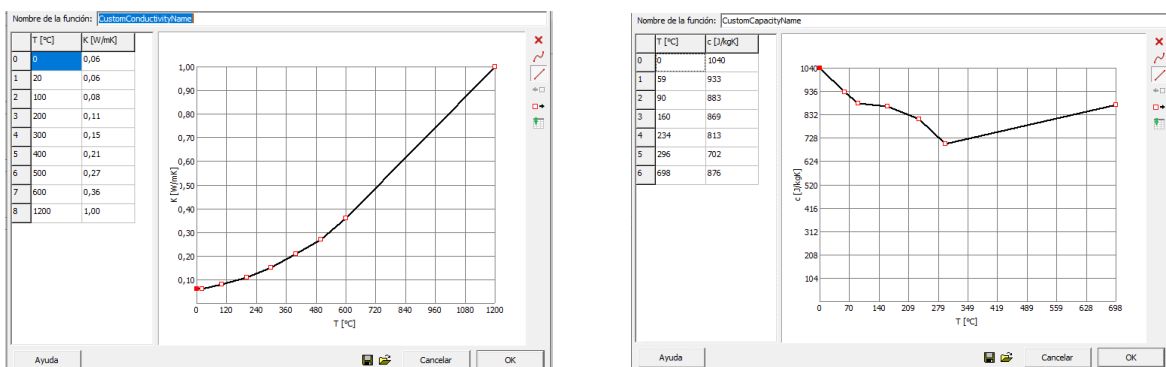


Figura 41. Variació de la conductivitat tèrmica $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}]$ i la calor específica $[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}]$ en funció de la temperatura per un material de llana de roca de densitat 80 kg/m^3

La Figura 42 mostra la ubicació d'aquesta llana de roca entre la xapa nervada d'acer i les plaques de Pladur FOC.

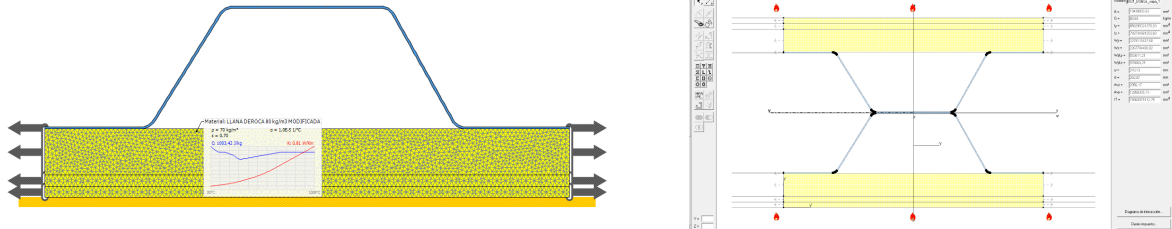


Figura 42. Geometries analitzades en el cas de paret simple i doble. Les línies de simetria són a la vegada línies adiabàtiques definides com a condicions de contorn del problema tèrmic

6.3.1 Validació inicial de les propietats del material Pladur FOC de 15+15 mm segons els resultats obtinguts en un assaig de laboratori de referència

L'empresa Pladur Gymsum, fabricant de les plaques de guix laminat i reforçat amb fibres de vidre Pladur FOC, ha subministrat les lectures dels termoparells instal·lats a la cara freda del seu sistema 15+15 mm sotmès a un assaig amb la corba de foc ISO834 [11]. Aquestes dades han permès fer una correcta correlació inicial entre la simulació numèrica i els resultats obtinguts al laboratori, tot permetent la validació de la variació de la conductivitat tèrmica i la calor específica en funció de la temperatura. S'ha comprovat que els resultats obtinguts són similars als disponibles a la bibliografia [20] (vegeu les Figures 43 a 46). Per l'emissivitat es considera un valor de $\varepsilon = 0,8$, tal com apareix recollit a la tesi [20]. Per últim, la densitat del material s'ha considerat de 800 kg/m^3 segons el document tècnic del fabricant.

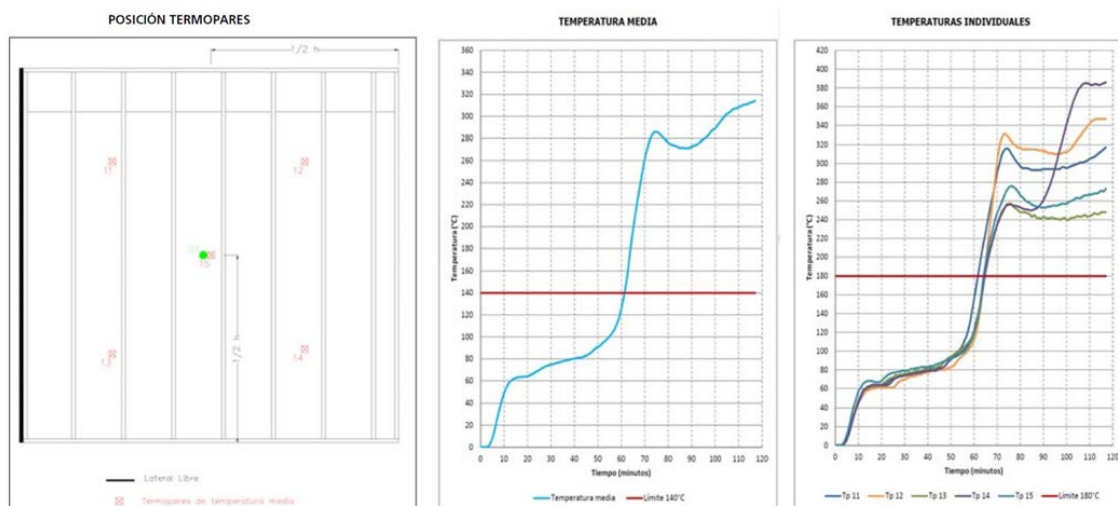


Figura 43. Lectures dels termoparells del sistema Pladur FOC 15+15 mm. Ubicació dels termoparells, les lectures individuals i el valor mig [13]. Són increments de temperatura respecte al valor de referència 20 °C.

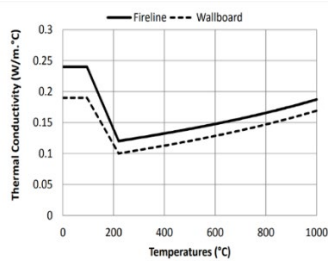


Figure 3.14. Effective thermal conductivity of gypsum as used in this study

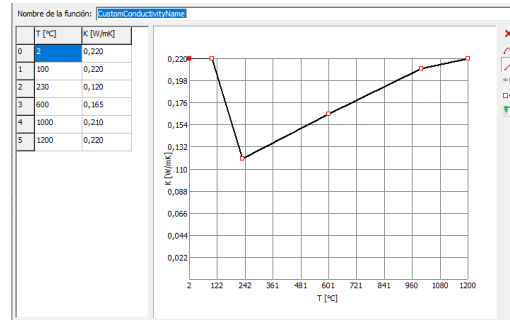


Figura 44. Conductivitat tèrmica $[W/(m^{\circ}C)]$ en funció de la temperatura. Dades de la bibliografia [20] i les utilitzades a la simulació de l'assaig experimental [13]

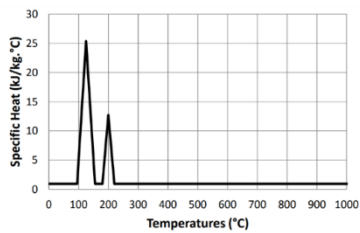


Figure 3.11. Specific heat of gypsum as used in the analysis

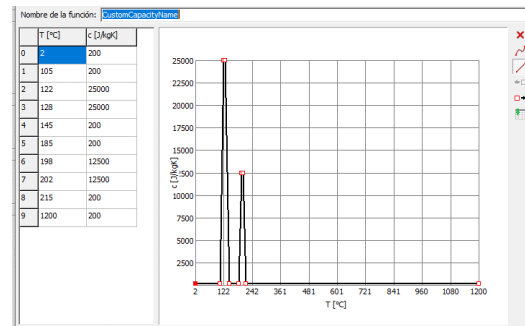
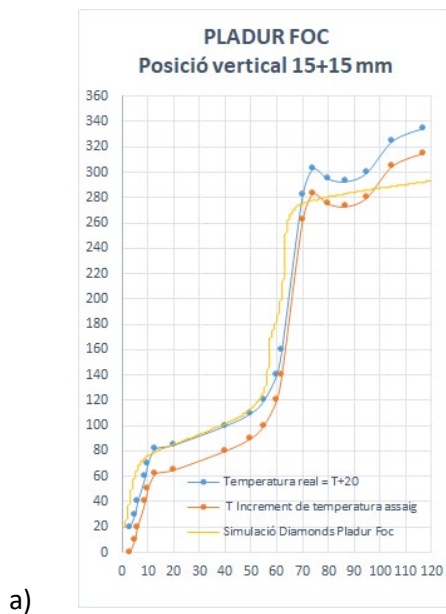


Figura 45. Calor específica $[J/(kg^{\circ}C)]$ en funció de la temperatura. Dades de la bibliografia [20] i les utilitzades a la simulació de l'assaig experimental [13].



a)

b)

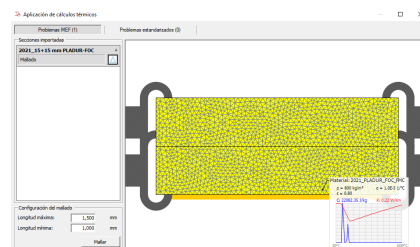
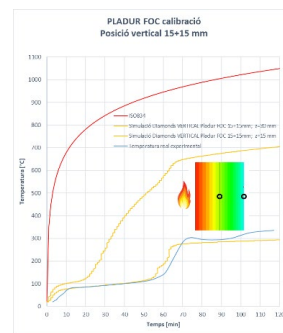


Figura 46. a) Resultat experimental versus el resultat de la simulació, tot incorporant la correcció a temperatura absoluta (+20°C). b) Detall de la malla d'elements finits, mida màxima 1,5 mm de l'element.

6.3.2 CAS 1. Exposició ISO834 i 2 plaques 15+15 mm

La Figura 47 mostra els resultats obtinguts pel CAS 1.

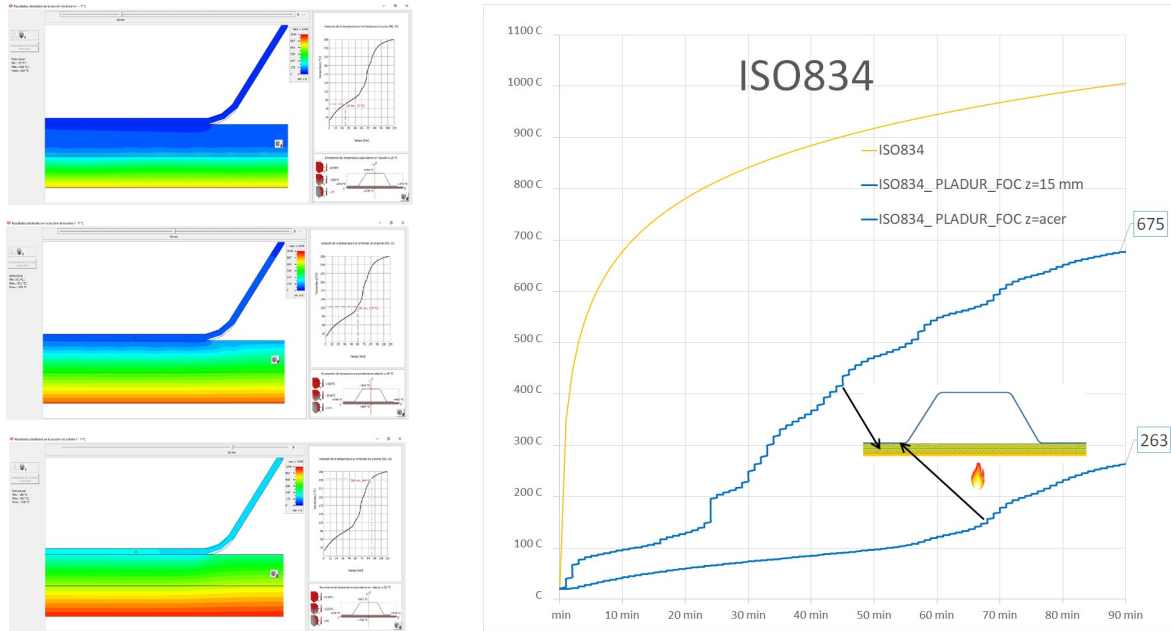


Figura 47. CAS 1. Isotermes a 30, 60 i 90 minuts. Valors concrets a la xapa d'acer i a la interfase entre les dues plaques de Pladur FOC.

6.3.3 CAS 2. Exposició ISO834, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m³

La Figura 48 mostra els resultats obtinguts pel CAS 2.

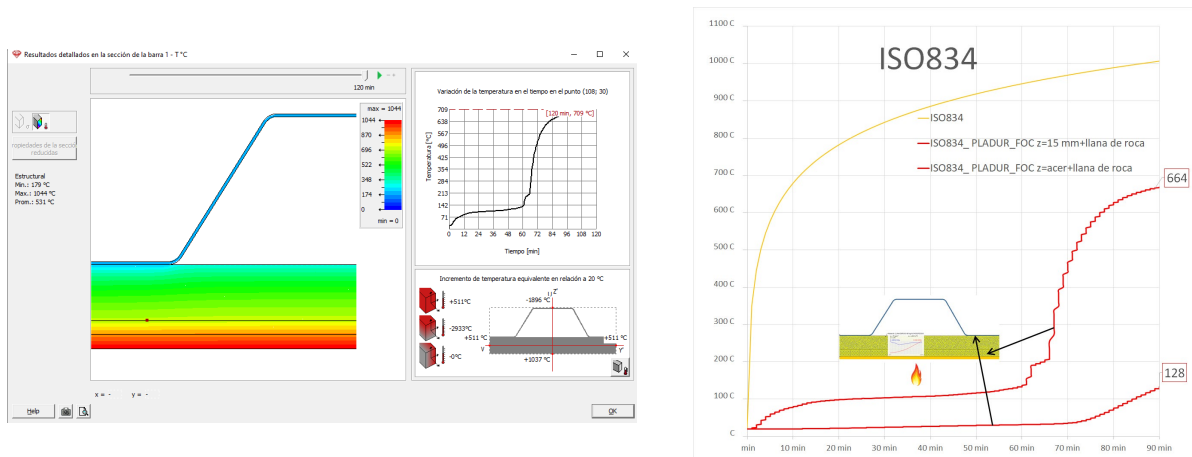
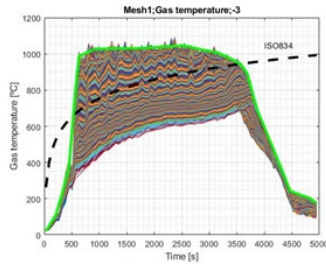


Figura 48. CAS 2. Valors concrets a la xapa d'acer i a la interfase entre les dues plaques de Pladur FOC.

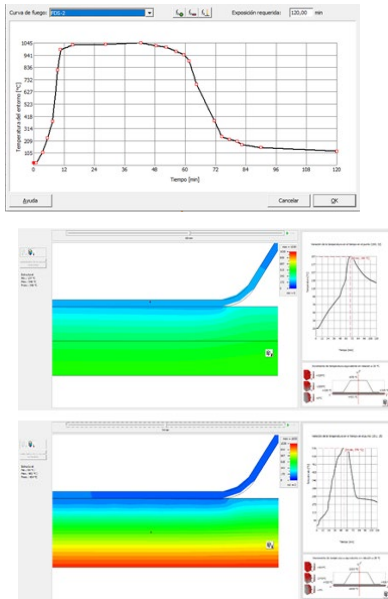
6.3.4 CAS 3. Exposició foc natural i 2 plaques 15+15 mm

La Figura 49 mostra els resultats obtinguts pel CAS 3.

a)



b)



c)

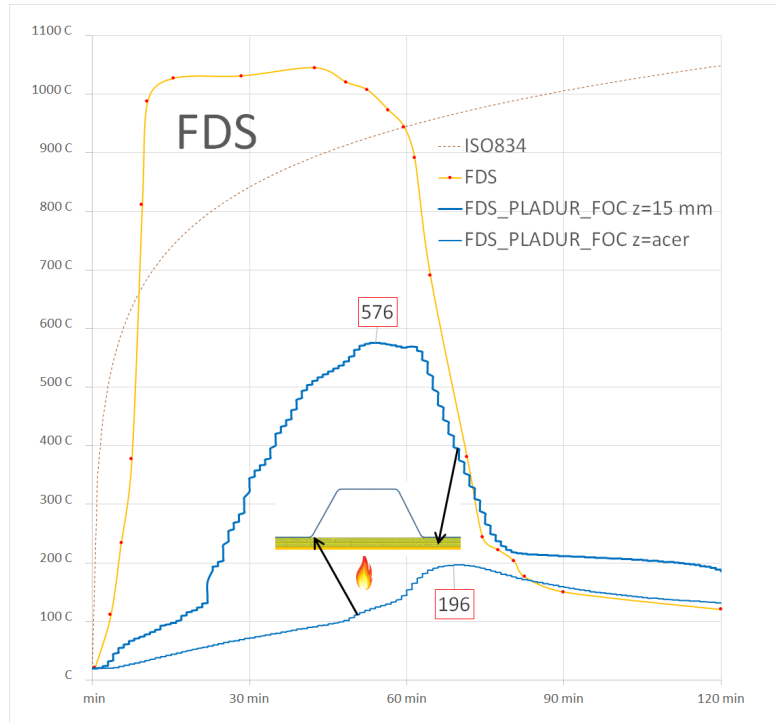


Figura 49. CAS 3. a) Corbes de foc procedents de FDS, b) Corba de foc introduïda a Diamonds, c) Evolució de les isotermes i valors per a dos punts: $z=0$ (xapa d'acer) $z=15\text{mm}$ (interfase entre les plaques).

6.3.5 CAS 4. Exposició foc natural, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m³

La Figura 50 mostra els resultats obtinguts pel CAS 4.

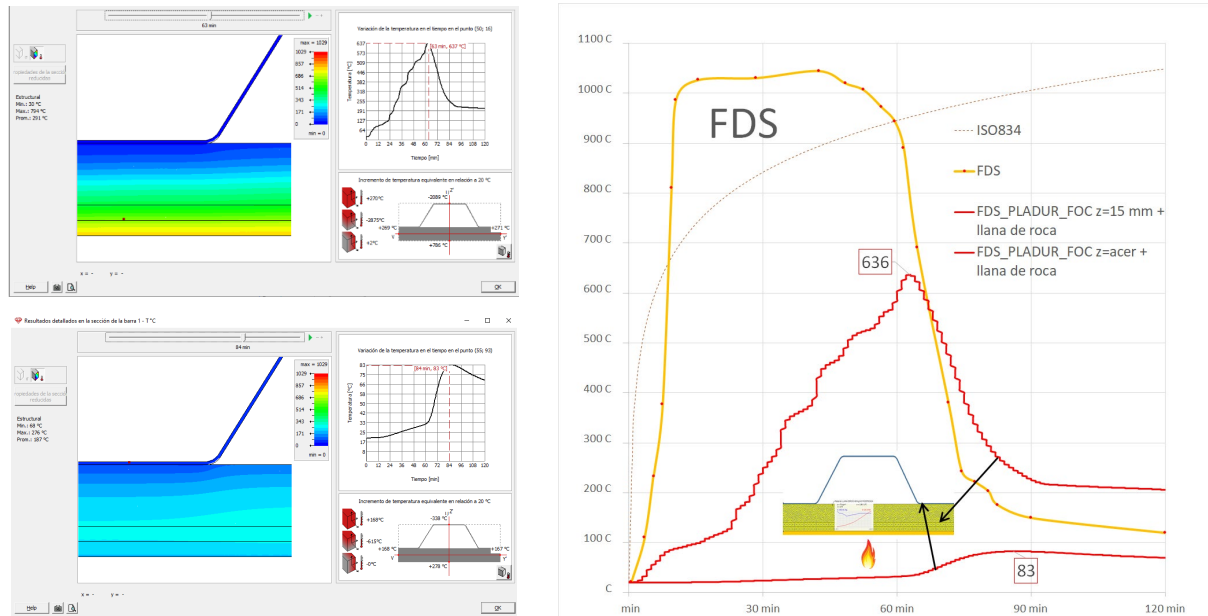


Figura 50. CAS 4. Evolució de les isoterms i valors per a dos punts: $z=0$ (xapa d'acer) $z=15\text{mm}$ (interfase entre les plaques).

6.3.6 CAS 5. Mòdul doble. Exposició ISO834 i 2 plaques 15+15 mm

La Figura 51 mostra els resultats obtinguts pel CAS 5.

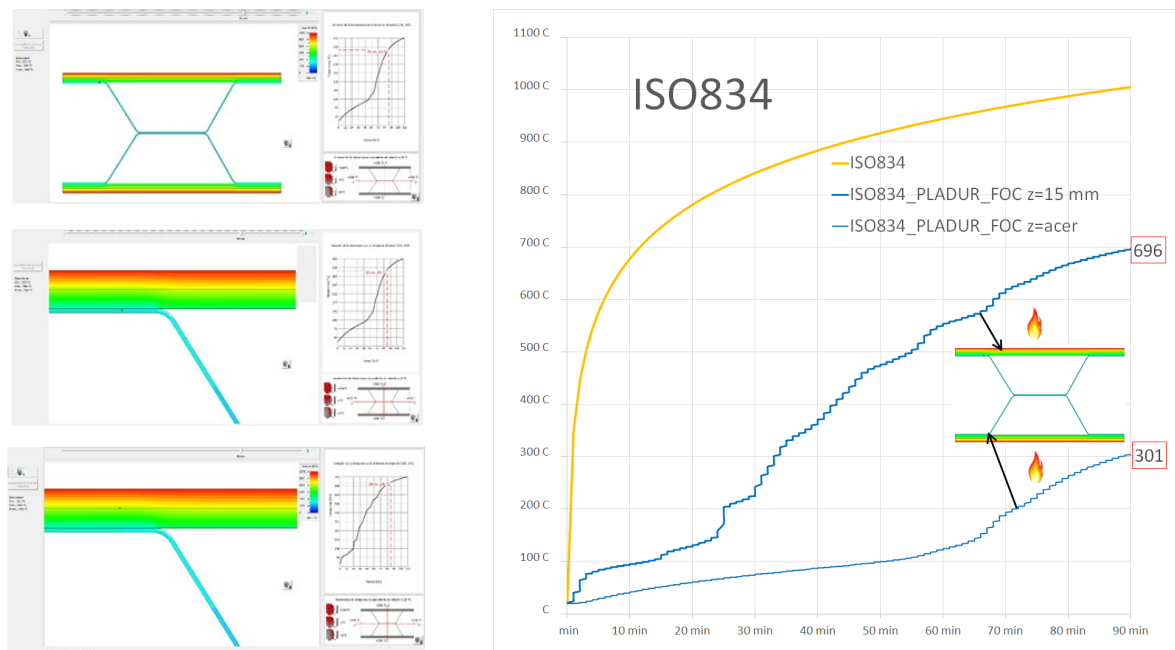


Figura 51. CAS 5. Valor màxim de la temperatura per a l'acer és 301°C als 90 minuts d'exposició ISO834.

6.3.7 CAS 6. Mòdul doble. Exposició ISO834, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m³

La Figura 52 mostra els resultats obtinguts en el CAS 6

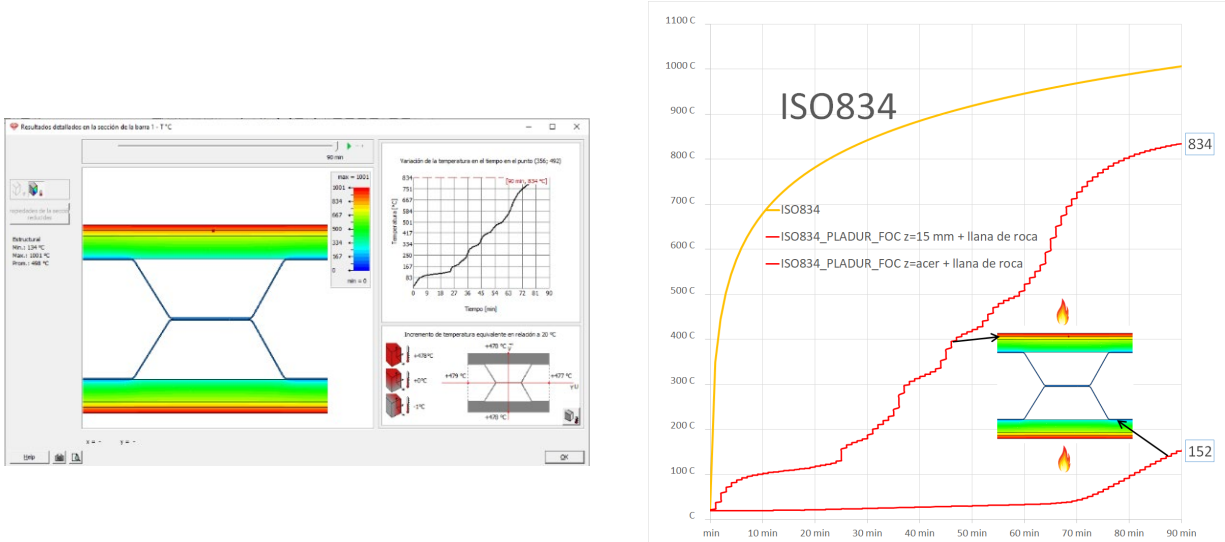


Figura 52. CAS 6. Valors concrets a la xapa d'acer i a la interfase entre les dues plaques de Pladur FOC.

6.3.8 CAS 7. Mòdul doble. Exposició foc natural i 2 plaques 15+15 mm

La Figura 53 mostra els resultats obtinguts pel CAS 7.

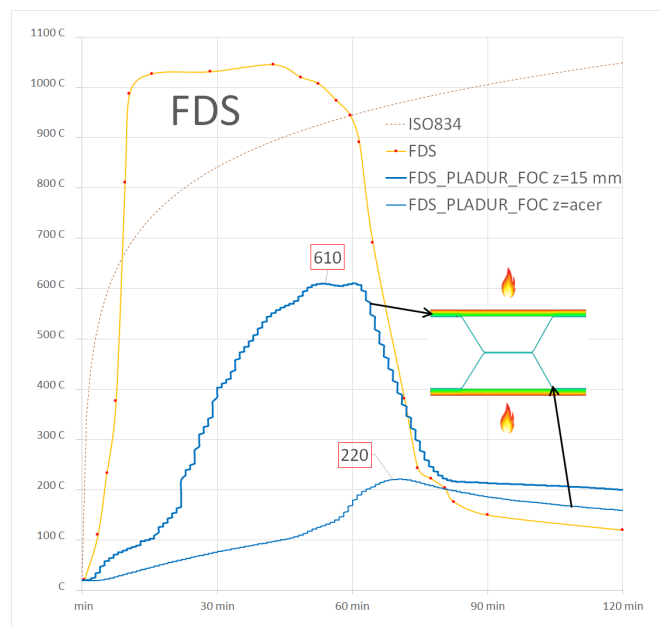


Figura 53. CAS 7. Valors concrets a la xapa d'acer i a la interfase entre les dues plaques de Pladur FOC.

6.3.9 CAS 8. Mòdul doble. Exposició foc natural, 2 plaques 15+15 mm i llana de roca 80 kg/m³

La Figura 54 mostra els resultats obtinguts en el CAS 8.

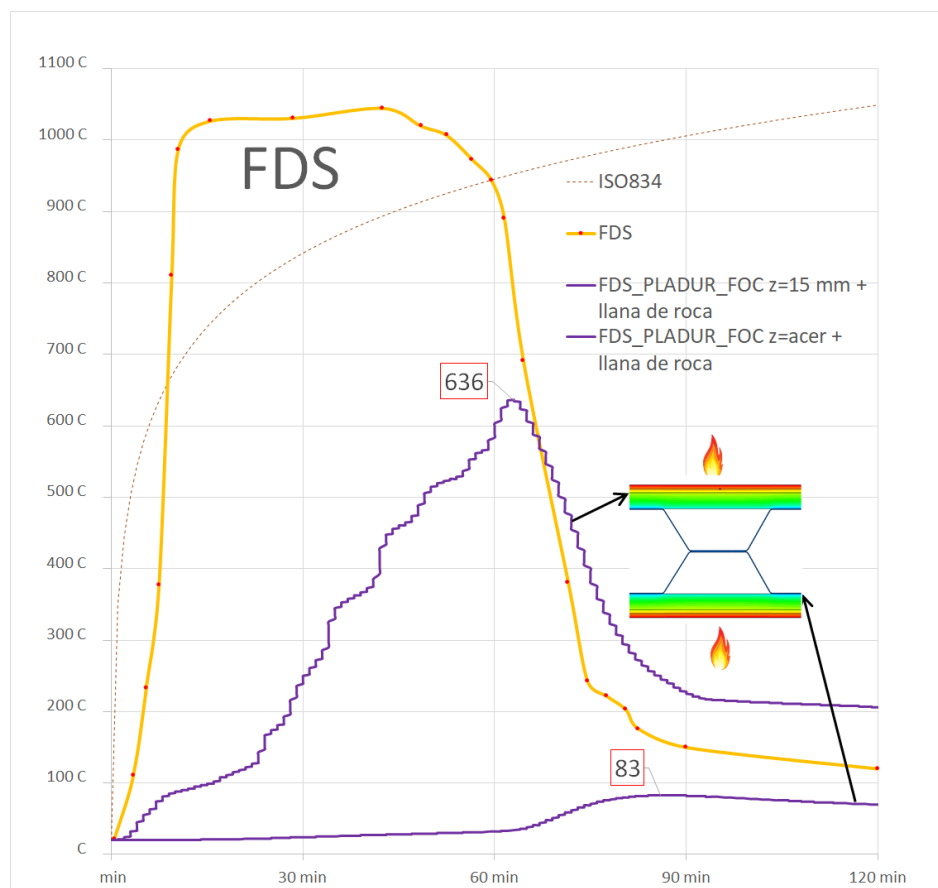


Figura 54. CAS 8. Valors concrets a la xapa d'acer i a la interfase entre les dues plaques de Pladur FOC.

6.3.10 CAS 9. Mòdul doble. Exposició foc natural amb càrrega de foc 948 MJ/m², 2 plaques 15+15 mm

La Figura 55 mostra els resultats obtinguts en el CAS 9. Constitueix un cas extrem amb una càrrega de foc força elevada de valor 948 MJ/m². A més es suposa que no existeix l'aïllament de la llana de roca.

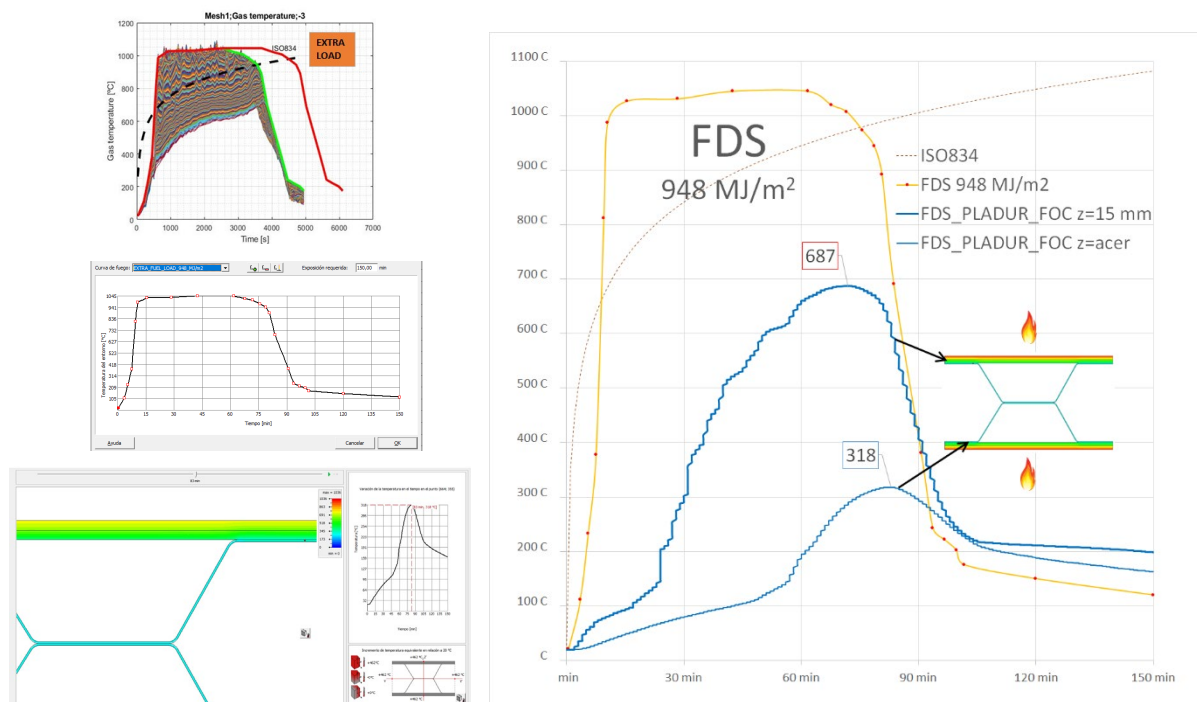


Figura 55. CAS 9. Valors concrets a la xapa d'acer i a la interfase entre les dues plaques de Pladur FOC.

6.4 Resultats finals de l'estudi termomecànic

A la Taula 7 s'exposen els resultats obtinguts als apartats precedents.

Taula 7. Resultats finals obtinguts en l'estudi termomecànic pels diferents casos analitzats.

CAS	Geometria	Corba de foc	Temperatura màx. a l'acer
CAS 1	Paret simple, Pladur 15+15 mm	ISO834	263°C
CAS 2	Paret simple, Pladur 15+15 mm, llana de roca	ISO834	128°C
CAS 3	Paret simple, Pladur 15+15 mm	FDS	196°C
CAS 4	Paret simple, Pladur 15+15 mm, llana de roca	FDS	83°C
CAS 5	Paret doble, Pladur 15+15 mm	ISO834	301°C
CAS 6	Paret doble, Pladur 15+15 mm, llana de roca	ISO834	152°C
CAS 7	Paret doble, Pladur 15+15 mm	FDS	220°C
CAS 8	Paret doble, Pladur 15+15 mm, llana de roca	FDS	83°C
CAS 9	Carrega de foc 948 MJ/m ² Paret doble, Pladur 15+15 mm	FDS 948 MJ/m ²	318°C

El valor màxim obtingut de 301°C per a la xapa d'acer correspon al CAS 5: paret doble i Pladur 15+15 mm (sense considerar la llana de roca) i una exposició a ISO834.

Consideració especial és el CAS 9 amb una càrrega de foc molt elevada de 948 MJ/m^2 i on s'arriba a la temperatura de 318°C a la xapa d'acer, amb paret doble i Pladur 15+15 mm (sense considerar la llana de roca). Es tractaria d'una hipòtesi extrema i altament desfavorable, tant de geometria com de càrrega de foc.

7 Conclusions

Segons els resultats obtinguts a partir de les simulacions realitzades amb FDS, el comportament de l'incendi al contenidor ve marcat per les característiques de l'escenari definit. Així, la distribució de les obertures inicials (només a una banda o a les dues) i la prescripció de que els vidres es puguin trencar o no, determinen la durada de l'etapa d'incendi desenvolupat a temperatura màxima. De tots els escenaris simulats, el més desfavorable a nivell tèrmic ha estat aquell que s'ha definit bloquejant el trencament de la finestra oposada a la banda del mòdul que té l'obertura inicial (D_10+05[-2]_E_1P_ET; #8).

A més, a partir dels resultats d'una de les simulacions realitzades amb FDS (S_05[0]_E_OP_TT; #1) s'ha observat que les flames que es generarien durant l'incendi i que sortirien per les obertures del mòdul (obertura inicial i obertures creades a partir del trencament dels vidres) no provocarien el trencament del vidre del mòdul superior. **És a dir, podem assegurar que en l'escenari plantejat les flames generades en el contenidor incendiat no provocarien el trencament dels vidres del mòdul superior.**

L'anàlisi feta de les temperatures a l'acer a partir del simulador FDS, són coherents amb els resultats obtinguts posteriorment en l'estudi termomecànic, malgrat que la geometria de la paret modelada a FDS ha estat lleugerament simplificada. En aquest sentit, tots els escenaris simulats indiquen que les temperatures màximes assolides per l'acer estarien clarament per sota dels 300 °C, durant 90 min.

Respecte a l'estudi termomecànic desenvolupat a l'apartat 6 pel cas de la xapa nervada, es conclou que l'afectació de les propietats de l'acer són mínimes ja que les temperatures estan per sota dels 300-350 °C. Dins aquest rang de temperatures es redueix mínimament la tensió de límit elàstic, f_y , i el mòdul d'elasticitat de l'acer, E (vegeu l'apartat 6.3).

Els casos més desfavorables són el CAS 1 i especialment els CASOS 5 i 7. Aquests dos darrers casos corresponen a una paret doble de xapa nervada amb només les plaques de Pladur FOC, sense considerar l'existència de l'aïllament de llana de roca, i exposades al foc a ambdues cares. Aquesta situació tan desfavorable contemplaria la possibilitat real que la llana de roca no existeixi localment, per exemple per estar ocupat aquest espai per les instal·lacions. També és la situació d'alguns perfils estructurals del contenidor que per raons de muntatge només estiguin recoberts exclusivament per les dues plaques de Pladur FOC.

- CAS 5. Per a l'exposició a la corba normalitzada ISO834 durant 90 minuts, s'arriba a una temperatura màxima de 301°C. **És a dir, podem assegurar el compliment del requisit R90 normatiu demanat al projecte APROP de Glòries**
- CAS 7. Per a l'exposició a la corba de foc procedent de l'estudi amb FDS, la temperatura màxima no supera 220 °C en el moment més àlgid, que correspon als 70 minuts de desenvolupament de l'incendi. **És la temperatura màxima assolida durant tota la duració de l'incendi natural fins el seu decaïment**

Als altres casos estudiats, amb la llana de roca realment instal·lada al sistema, sota l'exposició a ISO834 i també a les corbes FDS, donen temperatures més baixes que les esmentades (vegeu el resum complet a l'apartat 6.4).

Altrament, tots els resultats obtinguts amb FDS s'han dut a terme per a una càrrega de foc de 790 MJ/m^2 . S'ha fet una estimació de com canviarien les temperatures màximes a la paret si la càrrega de foc s'incrementés fins a 948 MJ/m^2 i com aquest increment podria repercutir en les temperatures a l'acer. En aquest cas s'ha estimat que pel CAS 9 es podria arribar a temperatures màximes d'aproximadament 318°C als 83 min (vegeu l'apartat 5.6). **És a dir fins i tot en un cas d'hipòtesi extrema i altament desfavorable, tant de geometria com de càrrega de foc es compliria el requisit R90 normatiu demanat.**

Aquests resultats són vàlids sempre que el sistema real s'ajusti a les consideracions de disseny plantejades en els escenaris avaluats. No es recomana fer extrapolacions d'aquests resultats a altres situacions amb geometries, materials i càrregues de foc diferents de les considerades en aquest estudi.

8 Referències bibliogràfiques

- [1] NIST. Fire Dynamics Simulator (FDS). <https://pages.nist.gov/fds-smv/>
- [2] Diamonds (versió 2020). Buildsoft company. Hundelgemsesteenweg 244/1B-9820 Merelbeke. <https://www.buildsoft.eu/en>
- [3] Hurley, M.J. and Rosenbaum, E.R. *Performance-Based Fire Safety Design*. CRC Press, Taylor & Francis Group LLC, 2015.
- [4] Ajuntament de Barcelona i Bestraten Hormias arquitectura SLP. *Annex del projecte bàsic de 42 allotjaments de proximitat temporal APROP GLÒRIES*. Febrer 2019.
- [5] UTE CONSTÈCNIA 3 + EUROCATALANA. *As built de les obres del projecte executiu allotjaments APROP al carrer Nou de Sant Francesc*. Desembre 2019
- [6] Garcia-Primi, F. Knauf Insulation. Comunicació personal. Desembre 2019
- [7] greenspec. *Insulation materials and their thermal properties. Glass mineral wool (available in: batts, rolls)* <https://www.greenspec.co.uk/building-design/insulation-materials-thermal-properties/>. Última visita: 07/09/2020
- [8] Thunderhead Engineering. *Pyrosim v3.3.0*. Propietats per defecte incloses al programa per a diferents materials. 2002-2020.
- [9] Saint Gobain. *Glass properties*. <https://www.saint-gobain-sekurit.com/glossary/glass-properties>. Última visita: 07/09/2020
- [10] Ministry of Business, Innovation & Employment. *C/VM2 Verification Method: Framework for Fire Safety Design. For New Zealand Building Code Clauses C1-C6 Protection from Fire*. Building Code, 2013.
- [11] AENOR. *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-2: Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego*. UNE-EN 1991-1-2:2019. Madrid: AENOR, 2019
- [12] Milke, J.A. 53. *Analytical Methods for Determining Fire Resistance of Steel Members*. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 5th Edition. Hurley, M. (Editor-in-chief). Springer, 2016
- [13] Comunicación interna sobre las curvas de calentamiento del sistema Pladur de trasdosado y techo obtenidas en el laboratorio de ensayos. Pladur 76/400 (46) 2F y T-45/400 2x15F. Febrer 2020. PLADUR GYPSUM, S.A.U, Valdemoro (Madrid)
- [14] UNE-EN 1364-1:2019. Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 1: Paredes/EN 1364-1:2015. Fire resistance tests for non-load bearing elements. Part 1: walls.
- [15] UNE-EN 1364-2:2019. Resistencia al fuego de elementos no portantes. Parte 2: Techos/ EN

- 1364-2:2018. Fire resistance tests for non-loadbearing elements - Part 2: Ceilings
- [16] ISO 1496-1:2013. *Series 1 freight containers -- Specification and testing -- Part 1: General cargo containers for general purposes*. Correccions i afegits addicionals ISO 1496-1:2013/Amd 1:2016. Comitè ISO/TC 104/SC 1 - General purpose containers
 - [17] *Informe estructural per a la comprovació i càlcul dels contenidors tipus STEEL DRY CARGO CONTAINER, per a la seva utilització com a habitatge amb apilament de fins a 7 alçades*. Romà Crespiera i Eduard Simó. Crespiera Simó Diagonal Arquitectura SLP. Barcelona (2018)
 - [18] Código Técnico de Edificación. Documento Básico DB-SE Acero. Ministerio de la Vivienda. Madrid (2006)
 - [19] AENOR. *Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego*. UNE-EN 1993-1-2:2011. Madrid: AENOR, 2011
 - [20] Rahmanian I. *Thermal and mechanical properties of gypsum boards and their influences on fire resistance of gypsum board based Systems*. Manchester University.
<https://www.escholar.manchester.ac.uk/api/datastream?publicationPid=uk-ac-man-scw:137521&datastreamId=FULL-TEXT.PDF>

Annex

A la següent direcció web es poden trobar els vídeos (animacions d'Smokeview) de les simulacions realitzades amb FDS:

https://certec.upc.edu/ca/shared/documents/eulalia/aprop/videos_mp4_withlogo.rar/view



III. ANNEX FITXA 1.12 BOMBERS DE BARCELONA

GUIA TÈCNICA

(Criteri d'interpretació de la Normativa de Protecció Contra Incendis)



Divisió de Protecció Civil
i Prevenció de l'SPEIS

INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES

Fitxa: **1.12**

Data:
01/09/2013
08/11/2016 (R1)

OBJECTE:

Establir les condicions de protecció contra incendis de les instal·lacions fotovoltaïques (FV) tenint en compte el risc d'electrocució que suposa per a l'actuació dels bombers en cas de sinistre pel fet que els mòduls FV no deixen de produir energia mentre els hi arriba llum solar.

ÀMBIT D'APLICACIÓ:

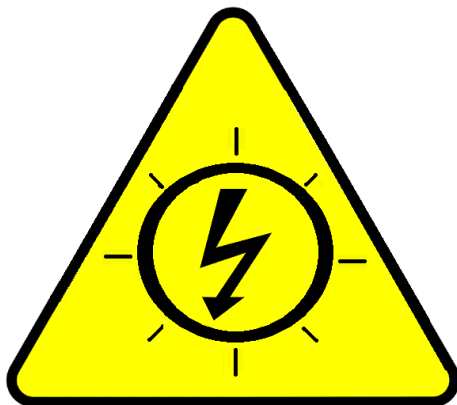
S'aplicarà a totes les instal·lacions fotovoltaïques en xarxa o assistides del municipi de Barcelona. Queden excloses les instal·lacions fotovoltaïques aïllades.

CRITERIS D'APLICACIÓ:

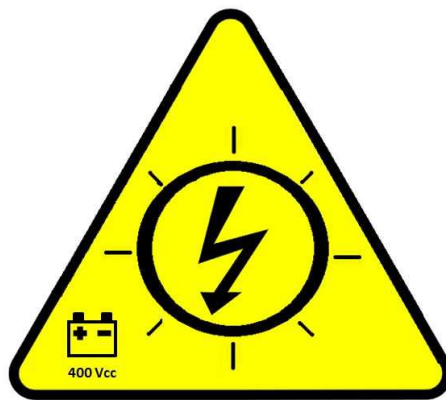
1.- Senyalització:

Es senyalitzarà la ubicació de l'escomesa fotovoltaïca i dels inversors. Si aquests estan en un local tècnic, es senyalitzarà la porta d'accés al local.

El senyal de risc fotovoltaic serà:



*Símbol instal·lacions
fotovoltaïques en xarxa*



FV ASSISTIDA

*Símbol instal·lacions
fotovoltaïques assistides*

L'amplada mínima del triangle serà de 20 cm.

GUIA TÈCNICA

(Criteri d'interpretació de la Normativa de Protecció Contra Incendis)



Divisió de Protecció Civil
i Prevenció de l'SPEIS

INSTAL·LACIONS FOTOVOLTAIQUES

Fitxa: **1.12**

Data:
01/09/2013
08/11/2016 (R1)

Es senyalitzarà el cablejat de corrent continu, des dels mòduls FV fins als inversors. El cablejat o les safates de cables estaran senyalitzats cada 10 metres. En accessos a locals tancats, girs, canvi de pis, etc. es reduirà la distància per tal d'assegurar al màxim la identificació del cablejat de contínua.

El senyal serà de color vermell, d'una llargada mínima de 10 cm amb lletres blanques, majúscules, en Arial, amb un cos de lletra mínim de 20.

L'etiqueta de senyalització del cablejat de corrent continu serà:

**CABLEJAT FOTOVOLTAIC
SEMPRE EN TENSIÓ CC**

Tots els senyals han de tenir unes característiques físiques adequades per garantir la seva durabilitat a la intempèrie.

2- Local tècnic:

Els inversors i les seves proteccions, quan estiguin dins de l'edifici i la potència total de la instal·lació fotovoltaica sigui superior a 50 kW, estaran ubicats dins d'un local tècnic classificat com a local de risc especial baix, d'acord amb l'apartat 2 del CTE DB SI 1. Per potències inferiors s'ubicaran en armaris o locals d'ús exclusiu.

3- Condicions de seguretat en cas d'incendi:

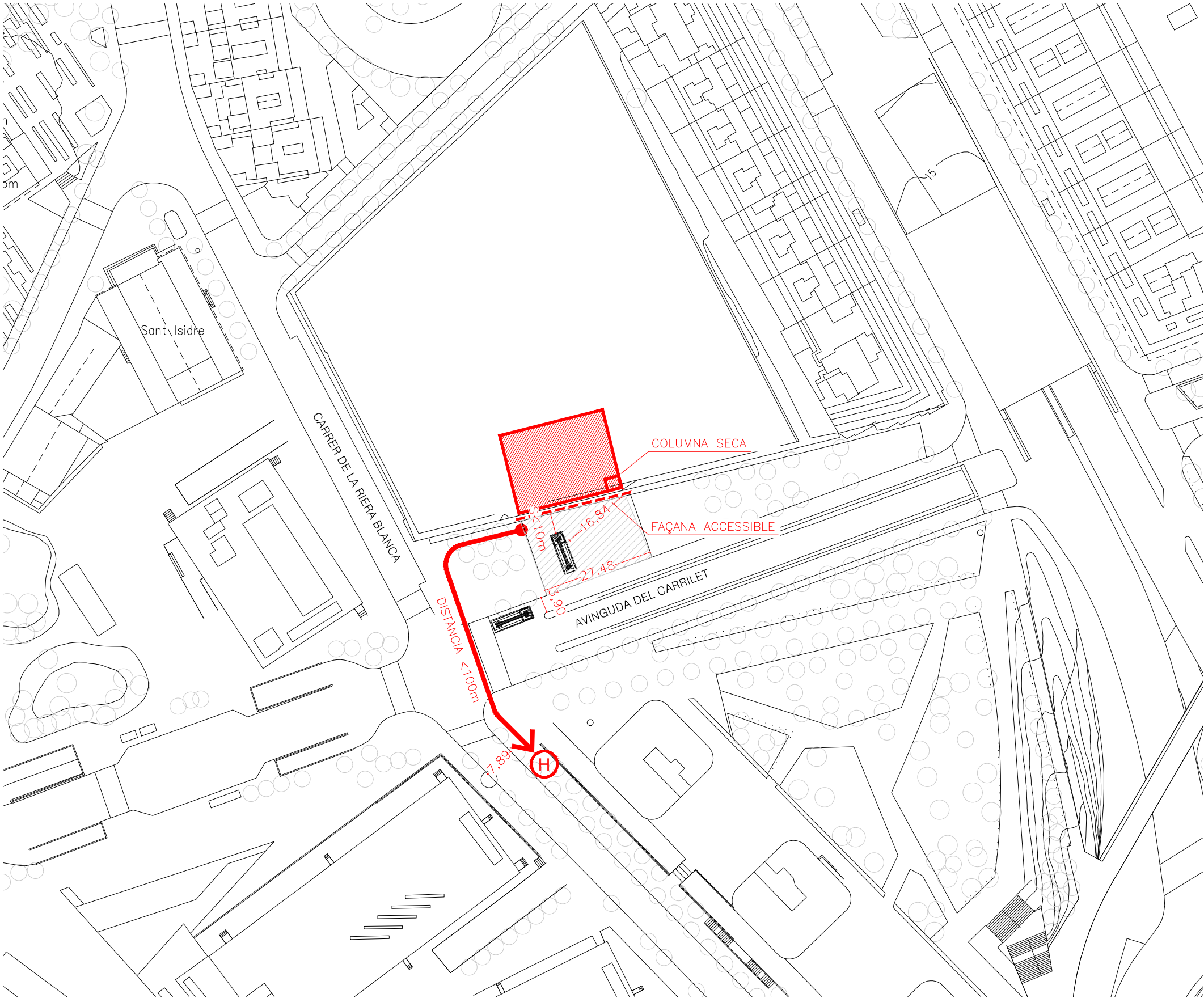
La instal·lació fotovoltaica no ha d'impedir el bon funcionament dels sistemes de seguretat en cas d'incendi de l'edifici, respectant especialment aquest aspectes:

- sectorització en sectors d'incendi, tant dins de l'edifici com en coberta;
- reacció al foc dels materials de façana;
- funcionament d'exutoris i ventilacions en cas d'incendi;
- accessibilitat per façana per intervenció dels bombers.



IV. PLÀNOLS

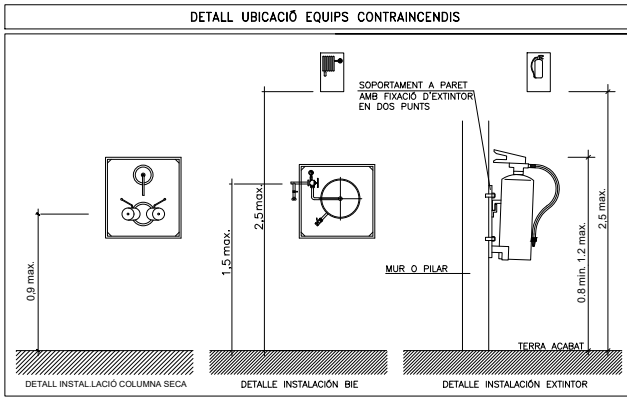
- DGSI.01. EMPLAÇAMENT I SITUACIÓ
- DGSI.02. INSTAL·LACIONS PLANTA SOTERRANI -1
- DGSI 03. INSTAL·LACIONS PLANTA BAIXA
- DGSI 04. INSTAL·LACIONS PLANTA PRIMERA
- DGSI 05. INSTAL·LACIONS PLANTA TIPUS
- DGSI 06. INSTAL·LACIONS PLANTA COBERTA
- DGSI 07. SECTORITZACIONS
- DGSI 08. SECCIONS



COORDENADES UTM	
X: 427481	
Y: 457975	
ZONA: 31	
HEMISFERI NORD	
LLEGENDA CONTRA INCENDIS	
	HIDRANT EXTERIOR
NOTA HIDRANT EXTERIOR	
NOTA 1	SEGONS INSTRUCCIÓ TÈCNICA COMPLEMENTÀRIA DE SISTEMES D'HIDRANTS D'INCENDI PER A US EXCLUSIU DE BOMBERS SP-120: ES PREVEURÀ UN HIDRANT A LA VIA PÚBLICA A UNA DISTÀNCIA INFERIOR A 100m. DE QUALESVOL PUNT D'UNA FAÇANA A NIVELL DE RASANT.
CUMPLIMENT INSTRUCCIONS TÈCNiques COMPLEMENTÀRIES	
SP-120	ES PREVEURÀ UN HIDRANT A LA VIA PÚBLICA A UNA DISTÀNCIA INFERIOR A 100m. DE QUALESVOL PUNT D'UNA FAÇANA A NIVELL DE RASANT.
SP-121	ES NECESSARI UNA FAÇANA ACCESSIBLE
DB-SIS DT-12	VIAL APROXIMACIÓ: - ALÇADA D'EVACUACIÓ h>9m. - AMPLA LLIURE DE PAS VEHICLES: 3,50m. - ALÇADA LLIURE O GÀLIB 4,50m. - CAPACITAT PORTANT 20kN/m². - AMPLADA LLIURE TRANS CORBATS: 7,20m AMB RADIS MÍNIMS DE 5,30 I 12,50m. - PENDENT < 15%. ESPÀI MANIOBRA: - AMPLADA LLIURE: 5m. - ALÇADA LLIURE : L'ALÇADA DEL EDIFICI - SEPARACIÓ MÀXIMA VEHICLES BOMBERS h>20m:S=10m. - DISTÀNCIA MÀXIMA DE L'ESPÀI MANIOBRA FINS ACCÉS A EDIFICI 30m. - PENDENT: 10%. - DISTÀNCIA COLUMNNA SECA FINS A CAMIÓ BOMBERS <18m.

Projecte ANNEX INCENDIS			 Institut Municipal de l'Habitatge i Rehabilitació
Construcció de 40 allotjaments dotacionals i un equipament públic a la Av. del Carrilet 22-24, Sants-Montjuic, Barcelona.			
Situació Avinguda Carrilet Barcelona			
Plànol EMPLAÇAMENT			Data JUNY 2021
Escala A1: --- A3: ---	Nº DGS1.01	Nº IMHAB 20/093	
l'Arquitecte Judith Crespo Rueda, arquitecte Olhiana García Acín , arquitecte i/vivas Arquitectos BCN, SLP	El Contractista	El IMHAB	

RELACIÓ DE SUPERFÍCIES I OCUPACIÓ PLANTA SOTERRANI			
NOMBRE DEPENDENCIES	SUPERFÍCIE (m2)	RATI OCUPACIÓ	OCUPACIÓ DEPENDÈNCIA
SALA GRAN AMB ZONES DE JOC	100,08	1/2m2	50
SALA TERTULIA	53,63	1/2m2	26
OFFICE	3,45	1/2m2	2
CAMBRA HIGIENICA NENS	6,61	---	---
CANVADORS	4,22	---	---
CAMBRA HIGIENICA ADULTS 1	4,57	---	---
CAMBRA HIGIENICA ADULTS 2	4,57	---	---
VESTIDORS TREBALLADORS	10,81	---	---
CAMBRA HIGIENICA TREBALLADORS 3	5,54	---	---
ESPAI COTXETS	16,27	---	---
MAGATZEM 1	6,61	---	---
MAGATZEM 2 + SALA RESIDUS	22,75	---	---
GRADES	21,71	2/2m2	24
VESTIBUL INDEPENDENCIA ESCALES	3,76	---	---
CIRCULACIONS: ESCALES	35,87	---	---
CIRCULACIONS: DISTRIBUIDORS	52,53	---	---
TOTAL SUPERFÍCIE ÒTIL	352,86	TOTAL OCUPACIÓ	102



RESISTÈNCIA AL FOC ELEMENTS CONSTRUCTIUS			
PARETS SEPARACIÓ ENTRE HABITATGES	EI-60	PORTES ESCALA PROTEGIDA	EI-60 C5
PARETS ESCALA PROTEGIDA	EI-120	PORTES CENTRALITZACIÓ COMPTADORS ELÈCTRICS	EI-45 C5
PARETS CAIXA DE L'ASCENSOR ALLOT	EI-120	PORTES ASCENSORS ALLOT	E-30
PARETS CAMBRA RESIDUS	EI-120	PORTES VESTIBUL D'INDEPENDÈNCIA	EI-30 C5

ESTABILITAT AL FOC DE LA ESTRUCTURA			
PLANTES SOBRE RASANT ALLOT	R-90	LOCALS RISC ALT	R-180
PLANTES SOTA RASANT EQUIP.	R-120	LOCALS RISC MIG	R-120
ESCALA NO PROTEGIDA	R-90	LOCALS RISC BAIX	R-90

CLASSIFICACIÓ DE MATERIALS			
RECINTES	SOSTRE-PARET	TERRA	
ZONES OCUPABLES (NO PROTEGIDES, NO INTERIOR HAB.)	C=s2,d0	EI	
RECINTES DE RISC ESPECIAL	B=s1,d0	CI=s1	
ESCALES I PASSADISSOS PROTEGITS	B=s1,d0	CI=s1	
ESPais OCULTS NO ESTANCOS (PATIS, CEL·LAS I TERRES ELEVATS)	B=s3,d0	CI=s2	
RECORREGUTS D'EVACUACIÓ	B=s3,d0	CI=s2	

NOTES SENYALITZACIÓ	
NOTA 1	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'EVACUACIÓ DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23034:1988
NOTA 2	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'INCENDIS DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23033-1
NOTA 3	LES SENYALS HAN DE SER VISIBLES INCLOS EN CAS DE TALL EN EL SUBMINISTRAMENT D'ENLLUMENAT NORMAL, QUAN SIGUIN FOTOLUMINISCENTS HAN DE COMPLIR L'ESTABLET EN LES NORMES UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 Y UNE 23035-3:2003 I EL SEU MANTENIMENT ES REALITZARÀ CONFORME A L'ESTABLET EN LA NORMA UNE 23035-3:2003.

NOTES COLUMNA SECA	
NOTA 1	LES BOQUES DE SORTIDA DE LES PRESSES DE FAÇANA I DE LES SORTIDES DE PLANTA ESTARAN SITUADES COM A MÀXIM A 0,90m SOBRE EL NIVELL DEL TERRA.
NOTA 2	EL SISTEMA DE COLUMNA SECA ES SOMETRÀ, ABANS DE LA SEVA POSTA EN MARXA, A UNA PROVA D'ESTANQUETAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, A UNA PRESSIÓ ESTÀTICA DE 1,470kPa, DURANT 2 HORES.
NOTA 3	LA PRESA EXTERIOR DISPOSARÀ D'UN DESGÓS CONNECTAT AL CLAVEGUERAM.

NOTES CONTRAINCENDIS	
NOTA 1	ELS EXTINTORS D'INCENDI HAURAN DE COMPLIR LA RIPCI (RD 513/2017), CTE-DB-SI I LA UNE 23.110.
NOTA 2	ELS EXTINTORS ES COL·LOCARAN FACILMENT VISIBLES I ACCESSIBLES, I LA PART SUPERIOR DE L'EXTINTOR ES TROBARÀ A 1,70m DES DEL TERRA.
NOTA 3	LES BOQUES D'INCENDI EQUIPADES HAURAN DE COMPLIR LA UNE 23402 I LA UNE 23403.
NOTA 4	LES BIE'S HAURAN DE PORTAR INCORPORADES UNA VALVULA DE RETENCIÓ.
NOTA 5	LES BIE'S HAURAN D'ESTAR SUPRESES D'UN SUPORT RÍGID DE MANERA QUE L'ALÇADA DEL SEU CENTRE QUEDI COM A MÀXIM A 1,50m DES DEL TERRA.
NOTA 6	PER LA POSADA EN MARXA DE LA INSTAL·LACIÓ S'HAURÀ DE MANTENIR TOTA LA XARXA A 10 kg/cm² DURANT 2h.
NOTA 7	LA BIE ES SITUARÀ SEMPRE QUE SIGUI POSSIBLE A UNA DISTÀNCIA MÀXIMA DE 5m DE LES SORTIDES DE CADA SECTOR D'INCENDI, SENSE CONSTITUIR OBSTACLE PER A LA SEVA UTILITZACIÓ.
NOTA 8	EL SISTEMA DE BIE ES SOMETRÀ, ABANS DE LA SEVA POSTA EN MARXA, A UNA PROVA D'ESTANQUETAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, SOMETENT A LA XARXA DE PRESSIÓ ESTÀTICA IGUAL A LA MÀXIMA DEL SERVEI I COM A MÍNIM A 980kPa (10kg/cm²) MANTENINT AQUESTA PRESSIÓ DE PROVA DURANT DOS DIES, COM A MÍNIM, SENSE QUE APAREGUIN FUGUES EN CAP PUNT DE LA INSTAL·LACIÓ.

NOTA ABRAÇADORES INTUMESCENTS	
-TOTS ELS BAIXANTS O COL·LECTORS D'HABITATGE QUE ATRAVESSIN EL SOSTRE DE CAMBRA RESIDUS, APARCAMENT I VESTIBULS D'HABITATGES HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS EI-120.	
-TOTS ELS BAIXANTS O COL·LECTORS QUE ATRAVESSIN ALGUN LOCAL DE RISC ESPECIAL COM ET, CAMBRES DE COMPTADORS... HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS AMB L'EI PERTINENT.	

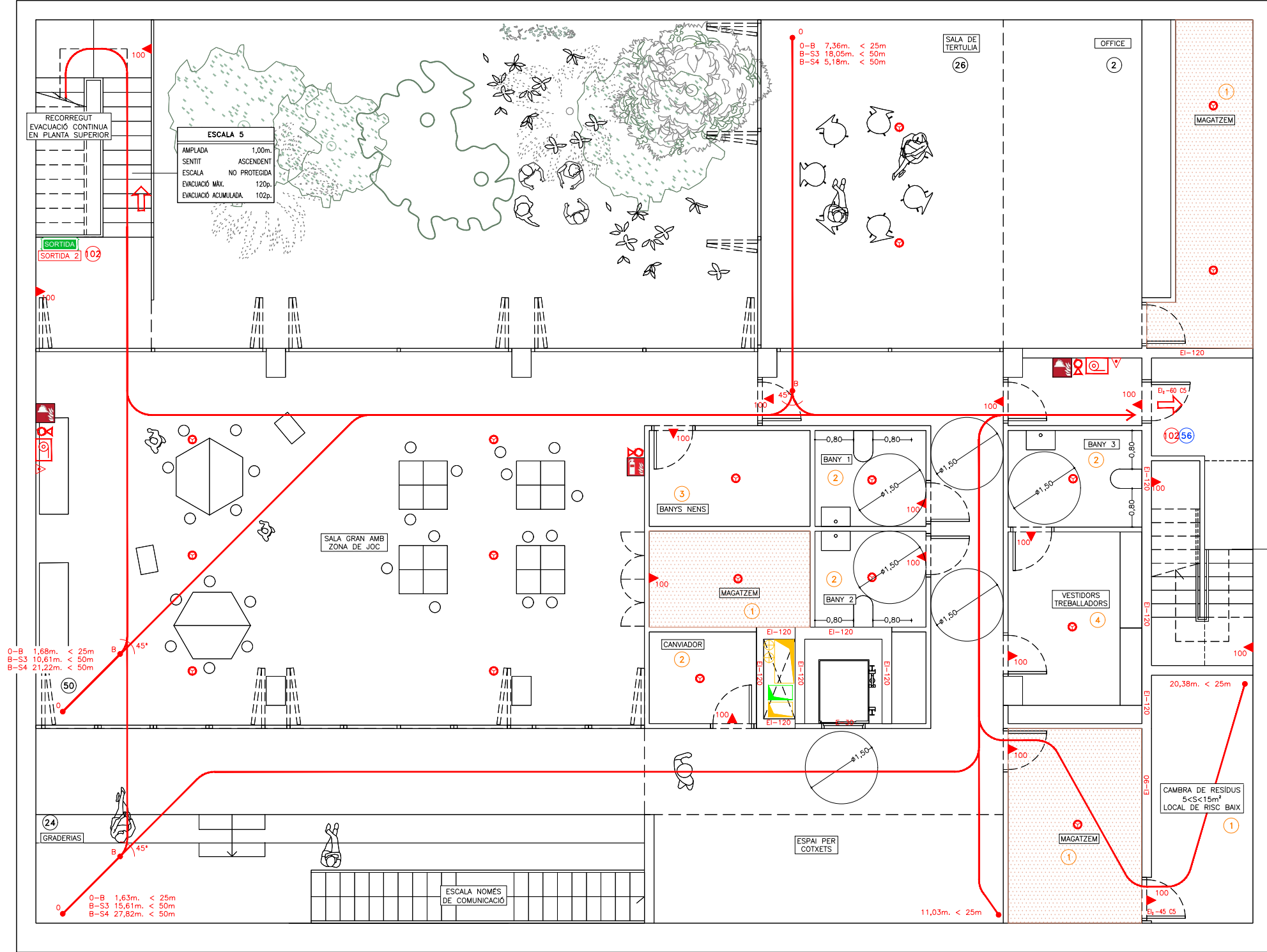
LLEGGENDA CONTRA INCENDIS	
	SIRENA ACÒSTICA EXTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	SIRENA ACÒSTICA INTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	DETECTOR DE FUMS
	PULSADOR D'ALARMA AMB RÒTUL FOTOLUMINISCENT
	CENTRAL DETECCIÓ D'INCENDIS
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 6 KG. DE POLS SEC ABC AMB EFICÀCIA 21A-113B I RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 5 KG. DE CO2 AMB RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EQUIP AUTÒNOM DE EMERGENCIA I SENYALITZACIÓ AMB LUMENS INDICATS EN PLANOLS I LAMPADA DE LEDS
	RESISTÈNCIA AL FOC TANCAMENTS
	RESISTÈNCIA AL FOC PORTES
	PARA FLAMES DE PORTES
	RESISTÈNCIA AL FOC ESTRUCTURES
	OCUPACIÓ CÍCLICA
	OCUPACIÓ EN CAS DE BLOQUEIG
	OCUPACIÓ PREVISTA LOCAL
	OCUPACIÓ TOTAL
	RECORREGUT D'EVACUACIÓ
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA I EDIFICI
	ZONA SENSE OCUPACIÓ
	PRESA EXTERIOR DE COLUMNA SECA (IPF-41)
	PRESA COLUMNA SECA (IPF-39)
	PRESA COLUMNA SECA AMB CLAU DE SECCIÓ (IPF-40)

LLEGGENDA VENTILACIÓ	
	CONDUÏTE APORTACIÓ D'AIRE
	CONDUÏTE D'EXTRACCIÓ D'AIRE CUINES
	CONDUÏTE D'EXTRACCIÓ D'AIRE
	ZONA DE CONDUÏTE FORATAT AMB REVESTIMENT EI-120.
	VENTILADOR HELICO-CENTRIFUG.
	MUNTANT VENTILACIÓ EQUIPAMENT
	CCF T COMPORTA TALLAFOC

LLEGGENDA INSTAL·LACIONS	
	QUADRE GENERAL DE DISTRIBUCIÓ HABITATGES
	REGISTRE DE TERMINACIÓ DE XARXA UNIC 50x60x8 (emple x 0,1 x 0,1 x 0,1) COMPARTIMENTAT PELS TRES SERVEIS: TELEFONIA, RTV+SAT, IV CABLE
	BAIXANT AIGÜES RESIDUALS
	BAIXANT AIGÜES PLUVIALS
	MUNTANTS EXTRACCIÓ CTE HABITATGES, BANYS LOCALS, CAMBRES RESIDUS I EQUIPAMENT
	MUNTANT EXTRACCIÓ CAMPANA CUINA HABITATGES I ESPAIS COMUNS
	UNITAT EXTERIOR CLIMATITZACIÓ
	MODUL FOTOVOLTAIC

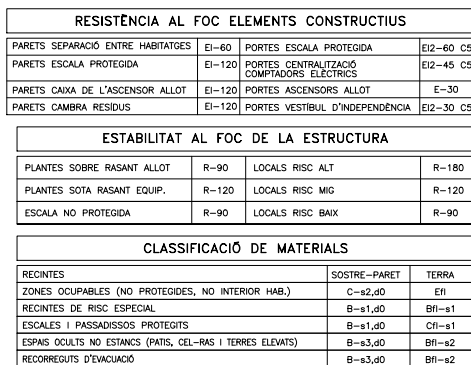
LLEGGENDA MUNTANTS	
	MUNTANT DE FONTANERIA I CLIMATITZACIÓ
	MUNTANT ELÈCTRIC AMB TAPESES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120
	MUNTANT TELECOMUNICACIONS AMB TAPESES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120

LLEGGENDA SENYALITZACIÓ	
	RETOL DE SORTIDA DIMENSIONS: 287x148mm O 420x148mm
	RETOL MATERIAL PCI DIMENSIONS: 210x210mm
	RETOL D'EXTINTOR DIMENSIONS: 210x210mm



Projecte ANNEX INCENDIS		 Institut Municipal de l'Habitatge i Rehabilitació
Construcció de 40 allotjaments dotacionals i un equipament públic a la Av. del Carrilet 22-24, Sants-Montjuic, Barcelona.		
Situació Avinguda Carrilet Barcelona		Data JUNY 2021
Plànol INSTAL·LACIONS PLANTA SOTERRANI -1		
Escala A1: 1 / 50 A3: 1 / 100	Nº DGSI.02	Nº IMHAB 20/093
l'Arquitecte Judith Crespo Rueda, arquitecte Oihana García Acín, arquitecte Vivas Arquitectos BCN, SLP	EI Contractista	EI IMHAB

RELACIÓ DE SUPERFÍCIES I OCUPACIÓ PLANTA BAIXA ALLOTJ			
NOMBRE DEPENDENCIES	SUPERFÍCIE (m ²)	RATI OCUPACIÓ	OCUPACIÓ DEPENDENCIA
INSTAL·LACIONS I MAGATZEM	---	---	---
VESTIBUL ALLOTJAMENTS	---	---	---
CIRCULACIONS: ESCALES	7,61	---	---
CIRCULACIONS: DISTRIBUCIONS	5,28	---	---
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL	12,89	TOTAL OCUPACIÓ	---



NOTA ABRAÇADORES INTUMESCENTS

—TOTS ELS BAIXANTS O COLLECTORS D'HABITATGE QUE ATRAVESSIN EL SOSTRE DE CAMBRA RESIDUS, APARCAMENT I VESTIBULS D'HABITATGES HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS E1-120.

—TOTS ELS BAIXANTS O COLLECTORS QUE ATRAVESSIN ALGUN LOCAL DE RISC ESPECIAL COM ET, CAMBRES DE COMPUTADORS... HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS AMB L'E1 PERTINENT.

	SIRENA ACÚSTICA EXTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	SIRENA ACÚSTICA INTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	DETECTOR DE FUMS
	PULSADOR D'ALARMA AMB RÒTUL FOTOLUMINISCENT
	CENTRAL DETECTOR D'INCENDIS
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 6 KG. DE POLS SEC ABC AMB EFICÀCIA, 21A-113B I RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT.
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 5 KG. DE CO2 AMB RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT.
	EQUIP AUTÒNOM D'EMERGENÇA I SENYALITZACIÓ AMB LUMENS INDICATS DE FLAMMES I LAMPADA DE LEDS
E=xx	RESISTÈNCIA AL FOC TANCAMENTS
E=xx	RESISTÈNCIA AL FOC PORTES
R=xx	PARA FLAMES DE PORTES
R=xx	RESISTÈNCIA AL FOC ESTRUCTURES
xx	OCCUPACIÓ CÍCLICA
xx	OCCUPACIÓ EN CAS DE BLOQUEIG
xx	OCCUPACIÓ PREVISTA LOCAL
xx	OCCUPACIÓ TOTAL
	RECORREGUT D'EVACUACIÓ
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA I LAMPADA DE LEDS
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA I EDIFICI
	ZONA SENSE OCCUPACIÓ
	PRESA EXTERIOR DE COLUMNA SECA (PF=41)
	PRESA D'ALIMENTACIÓ (PF=39)
	PRESA COLUMNA SECA AMB CLAU DE SECCIÓ (PF=40)

LEGENDA VENTILACIÓ

	CONDUITE APORTACIÓ D'AIRE
	CONDUITE D'EXTRACCIÓ D'AIRE CUINES
	CONDUITE D'EXTRACCIÓ D'AIRE
	ZONA DE CONDUITE FORRAT AMB REVESTIMENT EI=120.
	VENTILADOR HELICO-CENTRÍFUG.
	MUNTANT VENTILACIÓ EQUIPAMENT

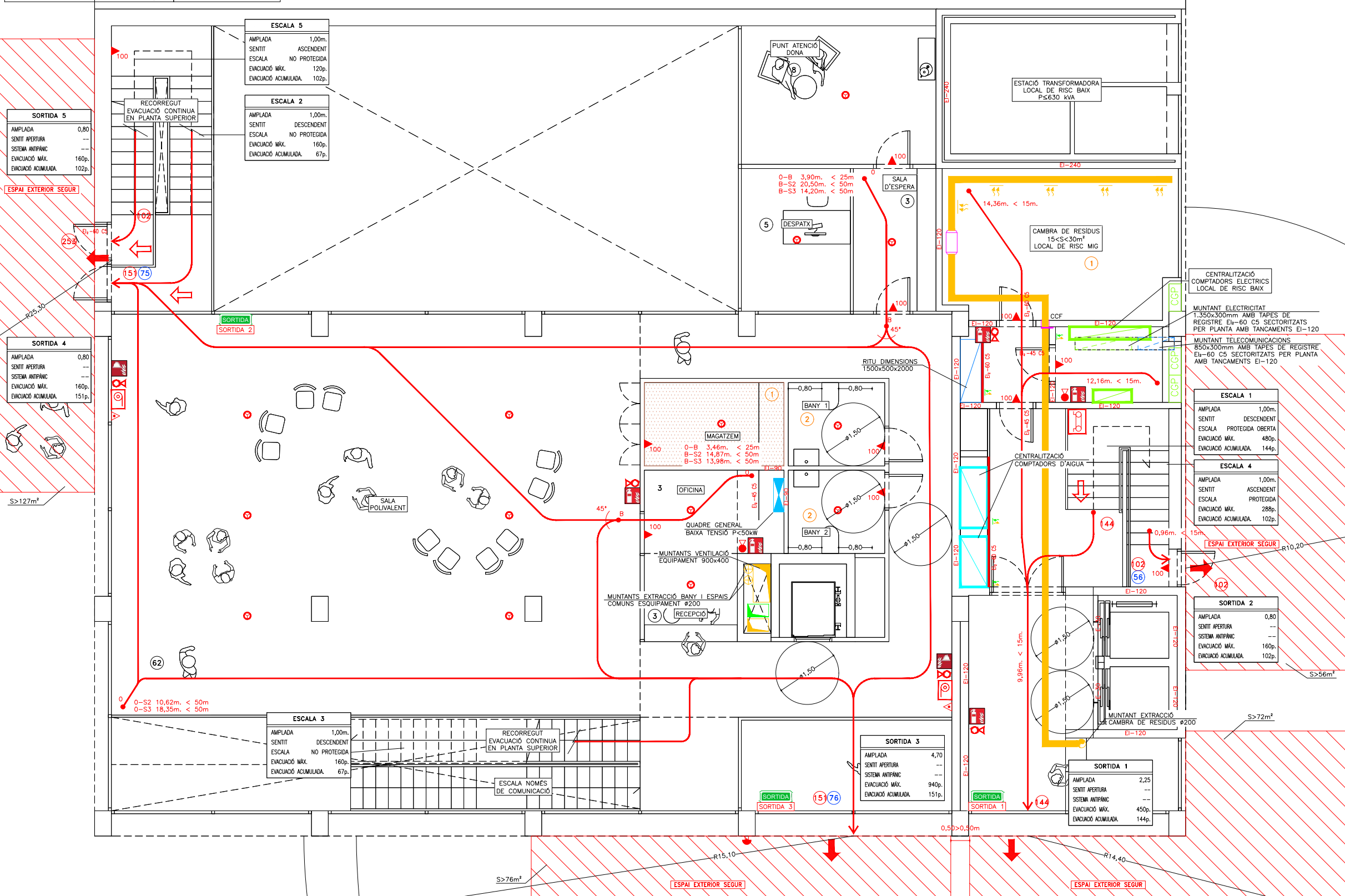
CCF  COMPORTA TALLAFOC

LLEGGENDA INSTAL·LACIONS	
	QUADRE GENERAL DE DISTRIBUCIÓ HABITATGES
	REGISTRE DE TERMINACIÓ DE XARXA ONIC 50x60x8 (simple x. alt x. profund). COMPARTIMENTAT PELS TRES SECTORS: TEL·LEFONA, RTV+SAT, TV. CABLE.
	BAIXANTS AIGÜES RESIDUALS
	BAIXANTS AIGÜES PLUVIALS
	MUNTANTS EXTRACCIÓ CTE HABITATGES, BANYS LOCALS, CAMBRES RESIDUS I EQUIPAMENT
	MUNTANT EXTRACCIÓ CAMPANYA CUINA HABITATGES I ESPAIS COMUNS
	UNITAT EXTERIOR CLIMATITZACIÓ
	MÒDUL FOTOVOLTAIC

LLEENDA MUNTANTS	
	MUNTANT DE FONTANERIA I CLIMATITZACIÓ
	MUNTANT ELÈCTRIC AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120
	MUNTANT TELECOMUNICACIONS AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120

LLEGENDA SENYALITZACIÓ	
	RÈTOL DE SORTIDA DIMENSIONS: 297x148mm O 420x148mm
	RÈTOL DE PULSADOR DIMENSIONS: 210x210mm
	RÈTOL D'EXTINTOR DIMENSIONS: 210x210mm

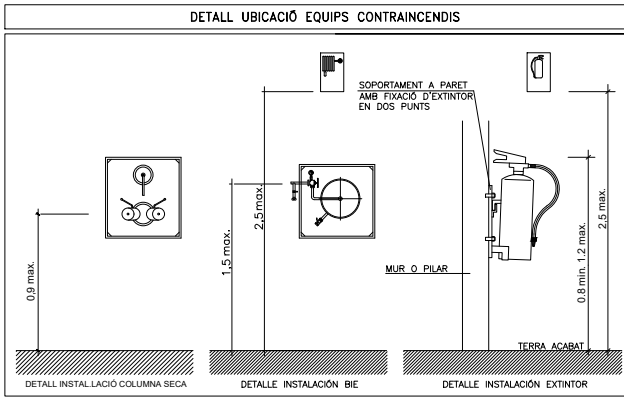
NOTES COLUMNA SECA	
NOTA 1	LES BOQUES DE SORTIDA DE LES PRESSES DE FÀCIMA I DE LES SORTIDES DE PLANTA ESTARAN SITUATS COM A MAXIM A 0,90m SOBRE EL NIVELL DEL TERRA.
NOTA 2	EL SISTEMA DE COLUMNA SECA ES SOMETRÀ ABANS DE LA SEVA POSTA EN MARXA, A UNA PROVA D'ESTANQUITAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA A UNA PRESSIÓ ESTÀTICA DE 1.470KPa, DURANT 2 HORES.
NOTA 3	LA PRESA EXTERIOR DISPOSARÀ D'UN DESGÓS CONNECTAT AL CLAVEGUER.



Projecte ANNEX INCENDIS Construcció de 40 allotjaments dotacionals i un equipament públic a la Av. del Carrilet 22-24, Sants-Montjuïc, Barcelona.		
Situació Avinguda Carrilet Barcelona		
Plànol INSTAL·LACIONS PLANTA BAIXA		Data JUNY 2021
Escala A1: 1 / 50 A3: 1 / 100	Nº DGSI.03	Nº IMHAB 20/093
I/Arquitecte Judith Crespo Rueda, arquitecte Oihara García Acín, arquitecte Vivas Arquitectos BCN, SLP	El Contractista	El IMHAB

RELACIÓ DE SUPERFÍCIES I OCUPACIÓ PLANTA PRIMERA EQUIP.			
NOMBRE DEPENDENCIES	SUPERFÍCIE (m2)	RATI OCUPACIÓ	OCUPACIÓ DEPENDÈNCIA
AULA 1	30,07	---	20
AULA 2	30,39	---	20
AULA 3	29,56	---	20
CIRCULACIONS: ESCALES	22,90	---	20
CIRCULACIONS: DISTRIBUIDORS	67,31	---	7
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL	180,24	TOTAL OCUPACIÓ	67

RELACIÓ DE SUPERFÍCIES I OCUPACIÓ PLANTA PRIMERA ALLOTJ			
NOMBRE DEPENDENCIES	SUPERFÍCIE (m2)	RATI OCUPACIÓ	OCUPACIÓ DEPENDÈNCIA
CUINA	12,56	---	2
menjador	33,83	---	38
EQUIPAMENT POLIVALENT	24,74	---	---
CAMBRA HIGIENICA	4,09	---	---
CIRCULACIONS: ESCALES	12,65	---	---
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL	87,87	TOTAL OCUPACIÓ	40



RESISTÈNCIA AL FOC ELEMENTS CONSTRUCTIUS			
PARETS SEPARACIÓ ENTRE HABITATGES	EI-60	PORTES ESCALA PROTEGIDA	EI-60 C5
PARETS ESCALA PROTEGIDA	EI-120	PORTES CENTRALITZACIÓ COMPTADORS ELÈCTRICS	EI-45 C5
PARETS CAIXA DE L'ASCENSOR ALLOTJ	EI-120	PORTES ASCENSORS ALLOTJ	E-30
PARETS CAMBRA RESIDUS	EI-120	PORTES VESTIBUL D'INDEPENDÈNCIA	EI-20 C5

ESTABILITAT AL FOC DE LA ESTRUCTURA			
PLANTES SOBRE RASANT ALLOTJ	R-90	LOCALS RISC ALT	R-180
PLANTES SOTA RASANT EQUIP.	R-120	LOCALS RISC MIG	R-120
ESCALA NO PROTEGIDA	R-90	LOCALS RISC BAX	R-90

CLASSIFICACIÓ DE MATERIALS			
RECINTES	SOSTRE-PARET	TERRA	
ZONES OCUPABLES (NO PROTEGIDES, NO INTERIOR HAB.)	C-e2,d0	EI1	
RECINTES DE RISC ESPECIAL	B-e1,d0	BII-e1	
ESCALES I PASSADISSOS PROTEGITS	B-e1,d0	CI1-e1	
ESPais OCULTS NO ESTANCOS (PATIS, CEL·LAS I TERRES ELEVATS)	B-e3,d0	BII-e2	
RECORREGUTS D'EVACUACIÓ	B-e3,d0	BII-e2	

NOTES SENYALITZACIÓ	
NOTA 1	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'EVACUACIÓ DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23034:1988
NOTA 2	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'INCENDIS DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23033-1
NOTA 3	LES SENYALS HAN DE SER VISIBLES INCLOS EN CAS DE TALL EN EL SUBMINISTRAMENT D'ENLLUMENAT NORMAL. QUAN SIGUIN FOTOLUMINISCENTS HAN DE COMPLIR L'ESTABLERT EN LES NORMES UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 Y UNE 23035-3:2003 I EL SEU MANTENIMENT ES REALITZARÀ CONFORME A L'ESTABLERT EN LA NORMA UNE 23035-3:2003.

NOTES COLUMNA SECA	
NOTA 1	LES BOQUES DE SORTIDA DE LES PRESSES DE FACANA I DE LES SORTIDES DE PLANTA ESTARAN SITUADES COM A MÀXIM A 0,90m SOBRE EL NIVELL DEL TERRA.
NOTA 2	EL SISTEMA DE COLUMNA SECA ES SOMETRÀ, ABANX DE LA SEVA POSTA EN MARCHA, A UNA PROVA D'ESTANQUITAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, A UNA PRESSIÓ ESTÀTICA DE 1,470kPa, DURANT 2 HORES.
NOTA 3	LA PRESA EXTERIOR DISPOSARÀ D'UN DESGÓS CONNECTAT AL CLAVEGUERAM.

NOTES CONTRAINCENDIS	
NOTA 1	ELS EXTINTORS D'INCENDI HAURAN DE COMPLIR LA RIPCI (RD 513/2017), CTE-DB-SI I LA UNE 23.110.
NOTA 2	ELS EXTINTORS ES COL·LOCARAN FACILMENT VISIBLES I ACCESSIBLES, I LA PART SUPERIOR DE L'EXTINTOR ES TROBARÀ A 1,70m DES DEL TERRA.
NOTA 3	LES BOQUES D'INCENDI EQUIPADES HAURAN DE COMPLIR LA UNE 23402 I LA UNE 23403.
NOTA 4	LES BIES HAURAN DE PORTAR INCORPORADES UNA VALVULA DE RETENCIÓ.
NOTA 5	LES BIES HAURAN D'ESTAR SUPRESES D'UN SUPORT RÍGID DE MANERA QUE L'ALÇADA DEL SEU CENTRE QUEDI COM A MÀXIM A 1,50m DES DEL TERRA.
NOTA 6	PER LA POSADA EN MARCHA DE LA INSTAL·LACIÓ S'HAURÀ DE MANTENIR TOTA LA XARXA A 10 kg/cm² DURANT 2h.
NOTA 7	LA BIE ES SITUARÀ SEMPRE QUE SIGUI POSSIBLE A UNA DISTÀNCIA MÀXIMA DE 5m DE LES SORTIDES DE CADA SECTOR D'INCENDI, SENSE CONSTITUIR OBSTACLE PER A LA SEVA UTILITZACIÓ.
NOTA 8	EL SISTEMA DE BIE ES SOMETRÀ, ABANS DE LA SEVA POSTA EN MARCHA, A UNA PROVA D'ESTANQUITAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, SOMETENT A LA XARXA DE PRESSIÓ ESTÀTICA IGUAL A LA MÀXIMA DEL SERVEI I COM A MÍNIM A 980kPa (10kg/cm²) MANTENINT AQUESTA PRESSIÓ DE PROVA DURANT DOS DIES, COM A MÍNIM, SENSE QUE APAREGUIN FUGUES EN CAP PUNT DE LA INSTAL·LACIÓ.

NOTA ABRAÇADORES INTUMESCENTS	
-TOTS ELS BAXANTS O COL·LECTORS D'HABITATGE QUE ATRAVESSIN EL SOSTRE DE CAMBRA RESIDUS, APARCAMENT I VESTIBULS D'HABITATGES HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS EI-120.	
-TOTS ELS BAXANTS O COL·LECTORS QUE ATRAVESSIN ALGUN LOCAL DE RISC ESPECIAL COM ET, CAMBRES DE COMPTADORS... HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS AMB L'EI PERTINENT.	

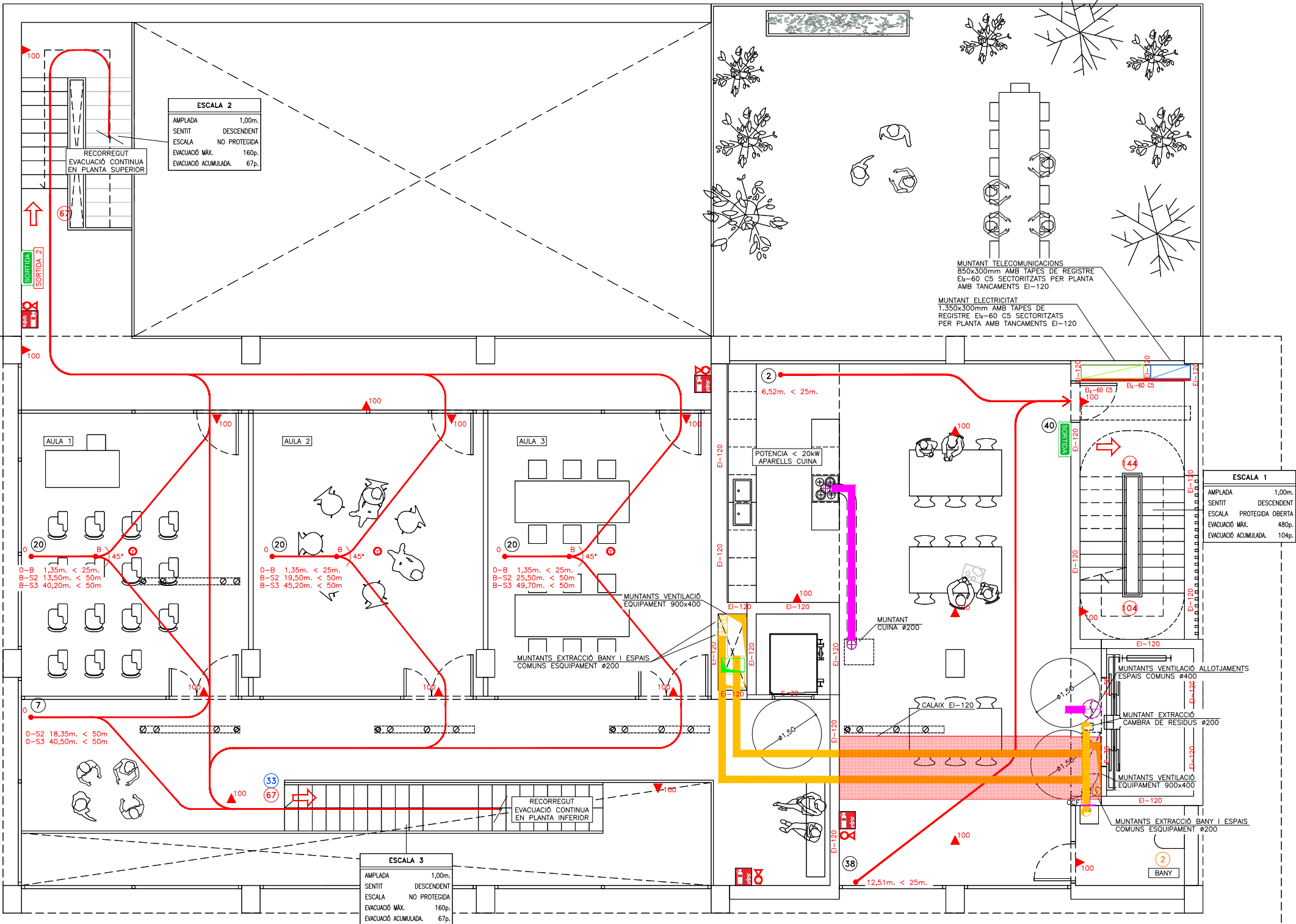
LLEGGENDA CONTRA INCENDIS	
	SIRENA ACÒSTICA EXTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	SIRENA ACÒSTICA INTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	DETECTOR DE FUMS
	PULSADOR D'ALARMA AMB RÒTUL FOTOLUMINISCENT
	CENTRAL DETECCIÓ D'INCENDIS
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 6 KG. DE POLS SEC ABC AMB EFICÀCIA 21A-113B I RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 5 KG. DE CO2 AMB RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EQUIP AUTÒM D'EMERGENCIA I SENYALITZACIÓ AMB LUMENS INDICATS EN PLANOLS I LAMPADA DE LEDS
	RESISTÈNCIA AL FOC TANCAMENTS
	RESISTÈNCIA AL FOC PORTES
	PARA FLAMES DE PORTES
	RESISTÈNCIA AL FOC ESTRUCTURES
	OCUPACIÓ CÍCLICA
	OCUPACIÓ EN CAS DE BLOQUEIG
	OCUPACIÓ PREVISTA LOCAL
	OCUPACIÓ TOTAL
	RECORREGUT D'EVACUACIÓ
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA I EDIFICI
	ZONA SENSE OCUPACIÓ
	PRESA EXTERIOR DE COLUMNA SECA (IPF-41)
	PRESA COLUMNA SECA (IPF-39)
	PRESA COLUMNA SECA AMB CLAU DE SECCIÓ (IPF-40)

LLEGGENDA VENTILACIÓ	
	CONDUÏTE APORTACIÓ D'AIRE
	CONDUÏTE D'EXTRACCIÓ D'AIRE CUINES
	CONDUÏTE D'EXTRACCIÓ D'AIRE
	ZONA DE CONDUÏTE FORAT AMB REVESTIMENT EI-120.
	VENTILADOR HELICO-CENTRIFUG.
	MUNTANT VENTILACIÓ EQUIPAMENT
	CCF T
	COMPORTA TALLAFOS

LLEGGENDA INSTAL·LACIONS	
	QUADRE GENERAL DE DISTRIBUCIÓ HABITATGES
	REGISTRE DE TERMINACIÓ DE XARXA UNIC 50x60x8 (emple x alt x profund). COMPARTIMENTAT PELS TRES SERVEIS: TELEFONIA, RTV-SAT, IV CABLE
	BAXANT AIGÜES RESIDUALS
	BAXANT AIGÜES PLUVIALS
	MUNTANTS EXTRACCIÓ CTE HABITATGES, BANYS LOCALS, CAMBRES RESIDUS I EQUIPAMENT
	MUNTANT EXTRACCIÓ CAMPANA CUA HABITATGES I ESPAIS COMUNS
	UNITAT EXTERIOR CLIMATITZACIÓ
	MODUL FOTOVOLTAIC

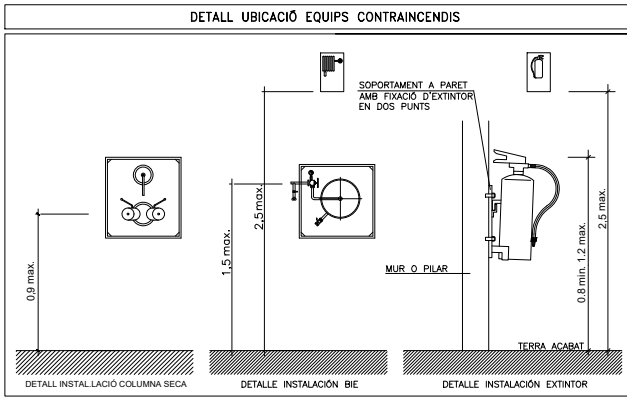
LLEGGENDA MUNTANTS	
	MUNTANT DE FONTANERIA I CLIMATITZACIÓ
	MUNTANT ELÈCTRIC AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120
	MUNTANT TELECOMUNICACIONS AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120

LLEGGENDA SENYALITZACIÓ	
	RETOL DE SORTIDA DIMENSIONS: 287x148mm O 420x148mm
	RETOL MATERIAL PCI DIMENSIONS: 210x210mm
	RETOL D'EXTINTOR DIMENSIONS: 210x210mm



Projecte	ANNEX INCENDIS	
	Construcció de 40 allotjaments dotacionals i un equipament públic a la Av. del Carrilet 22-24, Sants-Montjuic, Barcelona.	
Situació	Avinguda Carrilet Barcelona	
Plànol	INSTAL·LACIONS PLANTA PRIMERA	
Escala	A1: 1 / 50 A3: 1 / 100	Nº
		DGSI.04
		Nº IMHAB
		20/093
l'Arquitecte	Judith Crespo Rueda, arquitecte Olivera García Acín, arquitecte Vivas Arquitectos BCN, SLP	El Contractista
		El IMHAB

RELACIÓ DE SUPERFÍCIES I OCUPACIÓ PLANTA TIPUS ALLOTJAMENT			
NOMBRE DEPENDENCIES	SUPERFÍCIE (m2)	RATI OCUPACIÓ	OCUPACIÓ DEPENDÈNCIA
ALLOTJAMENT 1	34,75	---	2
ALLOTJAMENT 2	34,89	---	2
ALLOTJAMENT 3	43,29	---	3
ALLOTJAMENT 4	43,29	---	3
ALLOTJAMENT 5	43,29	---	3
TERRASSES	55,34	---	---
CIRCULACIONS: ESCALES	11,63	---	---
CIRCULACIONS: DISTRIBUIDORS	60,91	---	---
TOTAL SUPERFÍCIE ÚTIL	327,38	TOTAL OCUPACIÓ	13



RESISTÈNCIA AL FOC ELEMENTS CONSTRUCTIUS			
PARETS SEPARACIÓ ENTRE HABITATGES	EI-60	PORTES ESCALA PROTEGIDA	EI-60 C5
PARETS ESCALA PROTEGIDA	EI-120	PORTES CENTRALITZACIÓ COMPTADORS ELÈCTRICS	EI-45 C5
PARETS CAIXA DE L'ASCENSOR ALLOT	EI-120	PORTES ASCENSORS ALLOT	E-30
PARETS CAMBRA RESIDUS	EI-120	PORTES VESTIBUL D'INDEPENDÈNCIA	EI-2-30 C5

ESTABILITAT AL FOC DE LA ESTRUCTURA			
PLANTES SOBRE RASANT ALLOT	R-90	LOCALS RISC ALT	R-180
PLANTES SOTA RASANT EQUIP.	R-120	LOCALS RISC MIG	R-120
ESCALA NO PROTEGIDA	R-90	LOCALS RISC BAX	R-90

CLASSIFICACIÓ DE MATERIALS		
RECINTES	SOSTRE-PARET	TERRA
ZONES OCUPABLES (NO PROTEGIDES, NO INTERIOR HAB.)	C-s2,d0	EI1
RECINTES DE RISC ESPECIAL	B-s1,d0	BII-s1
ESCALES I PASSADISSOS PROTEGITS	B-s1,d0	CII-s1
ESPais OCULTS NO ESTANCOS (PATIS, CEL·LAS I TERRES ELEVATS)	B-s3,d0	BII-s2
RECORREGUTS D'EVACUACIÓ	B-s3,d0	BII-s2

NOTES SENYALITZACIÓ	
NOTA 1	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'EVACUACIÓ DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23034:1988
NOTA 2	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'INCENDIS DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23033-1
NOTA 3	LES SENYALS HAN DE SER VISIBLES INCLOS EN CAS DE TALL EN EL SUBMINISTRAMENT D'ENLLUMENAT NORMAL. QUAN SIGUIN FOTOLUMINISCENTS HAN DE COMPLIR L'ESTABLERT EN LES NORMES UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 Y UNE 23035-4:2003 I EL SEU MANTENIMENT ES REALITZARÀ CONFORME A L'ESTABLERT EN LA NORMA UNE 23035-3:2003.

NOTES COLUMNA SECA	
NOTA 1	LES BOQUES DE SORTIDA DE LES PRESSES DE FAÇANA I DE LES SORTIDES DE PLANTA ESTARAN SITUADES COM A MÀXIM A 0,90m SOBRE EL NIVELL DEL TERRA.
NOTA 2	EL SISTEMA DE COLUMNA SECA ES SOMETRÀ, ABANX DE LA SEVA POSTA EN MARCHA, A UNA PROVA D'ESTANQUITAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, A UNA PRESSIÓ ESTÀTICA DE 1470kPa, DURANT 2 HORES.
NOTA 3	LA PRESA EXTERIOR DISPOSARÀ D'UN DESGÜS CONNECTAT AL CLAVEGUERAM.

NOTES CONTRAINCENDIS	
NOTA 1	ELS EXTINTORS D'INCENDI HAURAN DE COMPLIR LA RIPCI (RD 513/2017), CTE-DB-SI I LA UNE 23.110.
NOTA 2	ELS EXTINTORS ES COL·LOCARAN FACILMENT VISIBLES I ACCESSIBLES, I LA PART SUPERIOR DE L'EXTINTOR ES TROBARÀ A 1,70m DES DEL TERRA.
NOTA 3	LES BOQUES D'INCENDI EQUIPADES HAURAN DE COMPLIR LA UNE 23402 I LA UNE 23403.
NOTA 4	LES BIE'S HAURAN DE PORTAR INCORPORADES UNA VALVULA DE RETENCIÓ.
NOTA 5	LES BIE'S HAURAN D'ESTAR SUPRESES D'UN SUPORT RÍGID DE MANERA QUE L'ALÇADA DEL SEU CENTRE QUEDI COM A MÀXIM A 1,50m DES DEL TERRA.
NOTA 6	PER LA POSADA EN MARCHA DE LA INSTAL·LACIÓ S'HAURÀ DE MANTENIR TOTA LA XARXA A 10 kg/cm² DURANT 2h.
NOTA 7	LA BIE ES SITUARÀ SEMPRE QUE SIGUI POSSIBLE A UNA DISTÀNCIA MÀXIMA DE 5m DE LES SORTIDES DE CADA SECTOR D'INCENDI, SENSE CONSTITUIR OBSTACLE PER A LA SEVA UTILITZACIÓ.
NOTA 8	EL SISTEMA DE BIE ES SOMETRÀ, AVANS DE LA SEVA POSTA EN MARCHA, A UNA PROVA D'ESTANQUITAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, SOMETENT A LA XARXA DE PRESSIÓ ESTÀTICA IGUAL A LA MÀXIMA DEL SERVEI I COM A MÍNIM A 980kPa (10kg/cm²) MANTENINT AQUESTA PRESSIÓ DE PROVA DURANT DOS DIES, COM A MÍNIM, SENSE QUE APAREGUIN FUGUES EN CAP PUNT DE LA INSTAL·LACIÓ.

NOTA ABRAÇADORES INTUMESCENTS	
-TOTS ELS BAXANTS O COL·LECTORS D'HABITATGE QUE ATRAVESSIN EL SOSTRE DE CAMBRA RESIDUS, APARCAMENT I VESTIBULS D'HABITATGES HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS EI-120.	
-TOTS ELS BAXANTS O COL·LECTORS QUE ATRAVESSIN ALGUN LOCAL DE RISC ESPECIAL COM ET, CAMBRES DE COMPTADORS... HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS AMB L'EI PERTINENT.	

LLEGGENDA CONTRA INCENDIS	
	SIRENA ACÒSTICA EXTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	SIRENA ACÒSTICA INTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	DETECTOR DE FUMS
	PULSADOR D'ALARMA AMB RÒTUL FOTOLUMINISCENT
	CENTRAL DETECCIÓ D'INCENDIS
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 6 KG. DE POLS SEC ABC AMB EFICÀCIA 21A-113B I RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 5 KG. DE CO2 AMB RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EQUIP AUTÒNOM DE EMERGENCIA I SENYALITZACIÓ AMB LUMENS INDICATS EN PLANOLS I LAMPADA DE LEDS
	RESISTÈNCIA AL FOC TANCAMENTS
	RESISTÈNCIA AL FOC PORTES
	PARA FLAMES DE PORTES
	RESISTÈNCIA AL FOC ESTRUCTURES
	OCUPACIÓ CÍCLICA
	OCUPACIÓ EN CAS DE BLOQUEIG
	OCUPACIÓ PREVISTA LOCAL
	OCUPACIÓ TOTAL
	RECORREGUT D'EVACUACIÓ
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA I EDIFICI
	ZONA SENSE OCUPACIÓ
	PRESA EXTERIOR DE COLUMNA SECA (IPF-41)
	PRESA COLUMNA SECA (IPF-39)
	PRESA COLUMNA SECA AMB CLAU DE SECCIÓ (IPF-40)

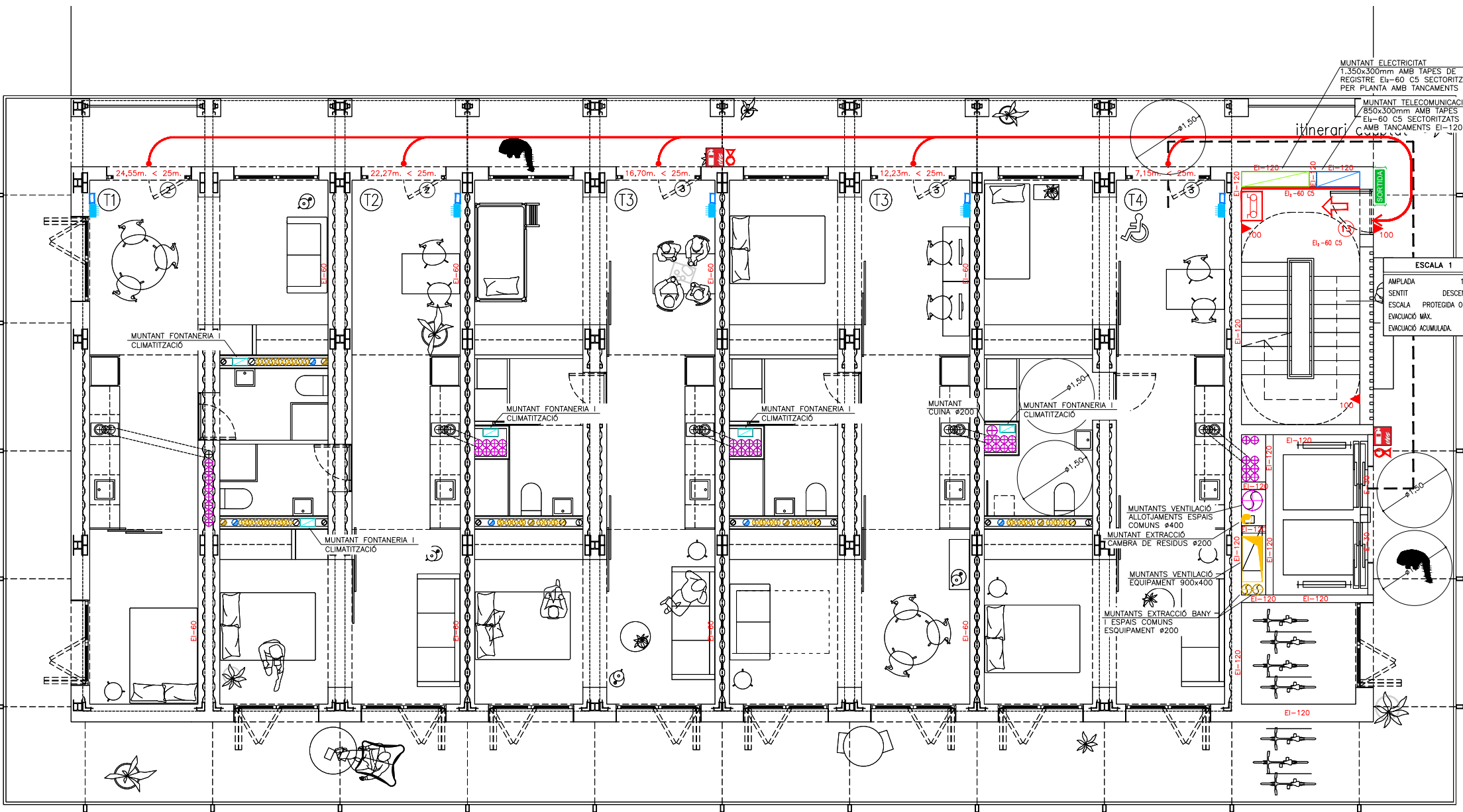
LLEGGENDA VENTILACIÓ	
	CONDUÏTE APORTACIÓ D'AIRE
	CONDUÏTE D'EXTRACCIÓ D'AIRE CUINES
	CONDUÏTE D'EXTRACCIÓ D'AIRE
	ZONA DE CONDUÏTE FORAT AMB REVESTIMENT EI-120.
	VENTILADOR HELICO-CENTRIFUG.
	MUNTANT VENTILACIÓ EQUIPAMENT
	CCF T
	COMPORTA TALLAFOC

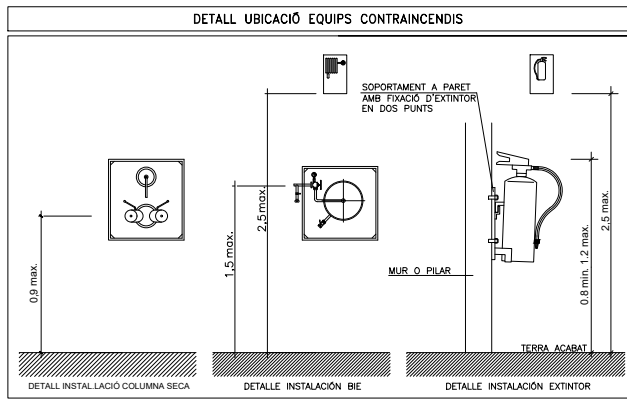
LLEGGENDA INSTAL·LACIONS	
	QUADRE GENERAL DE DISTRIBUCIÓ HABITATGES
	REGISTRE DE TERMINACIÓ DE XARXA ONIC 50x60x8 (emple x 0,1 x 0,1 x 0,1) COMPARTIMENTAT PELS TRES SERVEIS: TELEFONA, TV-SAT, IV CABLE
	BAIXANT AIGÜES RESIDUALS
	BAIXANT AIGÜES PLUVIALS
	MUNTANTS EXTRACCIÓ CTE HABITATGES, BANYS LOCALS, CAMBRES RESIDUS I EQUIPAMENT
	MUNTANT EXTRACCIÓ CAMPANA CUINA HABITATGES I ESPAIS COMUNS
	UNITAT EXTERIOR CLIMATITZACIÓ
	MODUL FOTOVOLTAIC

LLEGGENDA MUNTANTS	
	MUNTANT DE FONTANERIA I CLIMATITZACIÓ
	MUNTANT ELÈCTRIC AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120
	MUNTANT TELECOMUNICACIONS AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120

LLEGGENDA SENYALITZACIÓ	
	RETOL DE SORTIDA DIMENSIONS: 287x148mm O 420x148mm
	RETOL MATERIAL PCI DIMENSIONS: 210x210mm
	RETOL D'EXTINTOR DIMENSIONS: 210x210mm

Projecte ANNEX INCENDIS		 Institut Municipal de l'Habitatge i Rehabilitació
Construcció de 40 allotjaments dotacionals i un equipament públic a la Av. del Carrilet 22-24, Sants-Montjuic, Barcelona.		
Situació Avinguda Carrilet Barcelona		Data JUNY 2021
Plànol INSTAL·LACIONS PLANTA TIPUS		
Escala A1: 1 / 50 A3: 1 / 100	Nº DGS1.05	Nº IMHAB 20/093
l'Arquitecte Judith Crespo Rueda, arquitecte Olhane García Acín, arquitecte Vivas Arquitectos BCN, SLP	EI Contractista	EI IMHAB





RESISTÈNCIA AL FOC ELEMENTS CONSTRUCTIUS			
PARETS SEPARACIÓ ENTRE HABITATGES	EI-60	PORTES ESCALA PROTEGIDA	EI-60 C5
PARETS ESCALA PROTEGIDA	EI-120	PORTES CENTRALITZACIÓ COMPTADORS ELÈCTRICS	EI-45 C5
PARETS CAIXA DE L'ASCENSOR ALLOT	EI-120	PORTES ASCENSORS ALLOT	E-30
PARETS CAMBRA RESIDUS	EI-120	PORTES VESTIBUL D'INDEPENDÈNCIA	EI-20 C5

ESTABILITAT AL FOC DE LA ESTRUCTURA			
PLANTES SOBRE RASANT ALLOT	R-90	LOCALS RISC ALT	R-180
PLANTES SOTA RASANT EQUIP.	R-120	LOCALS RISC MIG	R-120
ESCALA NO PROTEGIDA	R-90	LOCALS RISC BAIX	R-90

CLASSIFICACIÓ DE MATERIALS		
RECINTES	SOSTRE-PARET	TERRA
ZONES OCUPABLES (NO PROTEGIDES, NO INTERIOR HAB.)	C-s2,d0	EI1
RECINTES DE RISC ESPECIAL	B-s1,d0	BI1-s1
ESCALES I PASSADISSOS PROTEGITS	B-s1,d0	CI1-s1
ESPais OCULTS NO ESTANCOS (PATIS, CEL·LAS I TERRES ELEVATS)	B-s3,d0	BI1-s2
RECORREGUTS D'EVACUACIÓ	B-s3,d0	BI1-s2

NOTES SENYALITZACIÓ	
NOTA 1	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'EVACUACIÓ DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23034:1988
NOTA 2	S'UTILITZARAN LES SENYALS D'INCENDIS DEFINIDES EN LA NORMA UNE 23033-1
NOTA 3	LES SENYALS HAN DE SER VISIBLES INCLOS EN CAS DE TALL EN EL SUBMINISTRAMENT D'ENLLUMENAT NORMAL. QUAN SIGUIN FOTOLUMINISCENTS HAN DE COMPLIR L'ESTABLERT EN LES NORMES UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 Y UNE 23035-3:2003 I EL SEU MANTENIMENT ES REALITZARÀ CONFORME A L'ESTABLERT EN LA NORMA UNE 23035-3:2003.

NOTES COLUMNA SECA	
NOTA 1	LES BOQUES DE SORTIDA DE LES PRESSES DE FACANA I DE LES SORTIDES DE PLANTA ESTARAN SITUDES COM A MÀXIM A 0,90m SOBRE EL NIVELL DEL TERRA.
NOTA 2	EL SISTEMA DE COLUMNA SECA ES SOMETRÀ, ABANS DE LA SEVA POSTA EN MARXA, A UNA PROVA D'ESTANQUETAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, A UNA PRESSIÓ ESTÀTICA DE 1,470kPa, DURANT 2 HORES.
NOTA 3	LA PRESA EXTERIOR DISPOSARÀ D'UN DESGÜS CONNECTAT AL CLAVEGUERAM.

NOTES CONTRAINCENDIS	
NOTA 1	ELS EXTINTORS D'INCENDI HAURAN DE COMPLIR LA RIPCI (RD 513/2017), CTE-DB-SI I LA UNE 23.110.
NOTA 2	ELS EXTINTORS ES COL·LOCARAN FACILMENT VISIBLES I ACCESSIBLES, I LA PART SUPERIOR DE L'EXTINTOR ES TROBARÀ A 1,70m DES DEL TERRA.
NOTA 3	LES BOQUES D'INCENDI EQUIPADES HAURAN DE COMPLIR LA UNE 23402 I LA UNE 23403.
NOTA 4	LES BIES HAURAN DE PORTAR INCORPORADES UNA VALVULA DE RETENCIÓ.
NOTA 5	LES BIES HAURAN D'ESTAR SUPRESES D'UN SUPORT RÍGID DE MANTENIR TOTA LA XARXA A 10 kg/cm² DURANT 2h.
NOTA 6	PER LA POSADA EN MARXA DE LA INSTAL·LACIÓ S'HAURÀ DE MANTENIR TOTA LA XARXA A 10 kg/cm² DURANT 2h.
NOTA 7	LA BIE ES SITUARÀ SEMPRE QUE SIGUI POSSIBLE A UNA DISTÀNCIA MÀXIMA DE 5m DE LES SORTIDES DE CADA SECTOR D'INCENDI, SENSE CONSTITUIR OBSTACLE PER A LA SEVA UTILITZACIÓ.
NOTA 8	EL SISTEMA DE BIE ES SOMETRÀ, ABANS DE LA SEVA POSTA EN MARXA, A UNA PROVA D'ESTANQUETAT I RESISTÈNCIA MECÀNICA, SOMETENT A LA XARXA DE PRESSIÓ ESTÀTICA IGUAL A LA MÀXIMA DEL SERVEI I COM A MÍNIM A 980kPa (10kg/cm²) MANTENINT AQUESTA PRESSIÓ DE PROVA DURANT DOS DIES, COM A MÍNIM, SENSE QUE APAREGUIN FUGUES EN CAP PUNT DE LA INSTAL·LACIÓ.

NOTA ABRAÇADORES INTUMESCENTS	
-TOTS ELS BAXANTS O COL·LECTORS D'HABITATGE QUE ATRAVESSIN EL SOSTRE DE CAMBRA RESIDUS, APARCAMENT I VESTIBULS D'HABITATGES HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS EI-120.	
-TOTS ELS BAXANTS O COL·LECTORS QUE ATRAVESSIN ALGUN LOCAL DE RISC ESPECIAL COM ET, CAMBRES DE COMPTADORS... HAURAN DE PORTAR ABRAÇADORES INTUMESCENTS AMB L'E1 PERTINENT.	

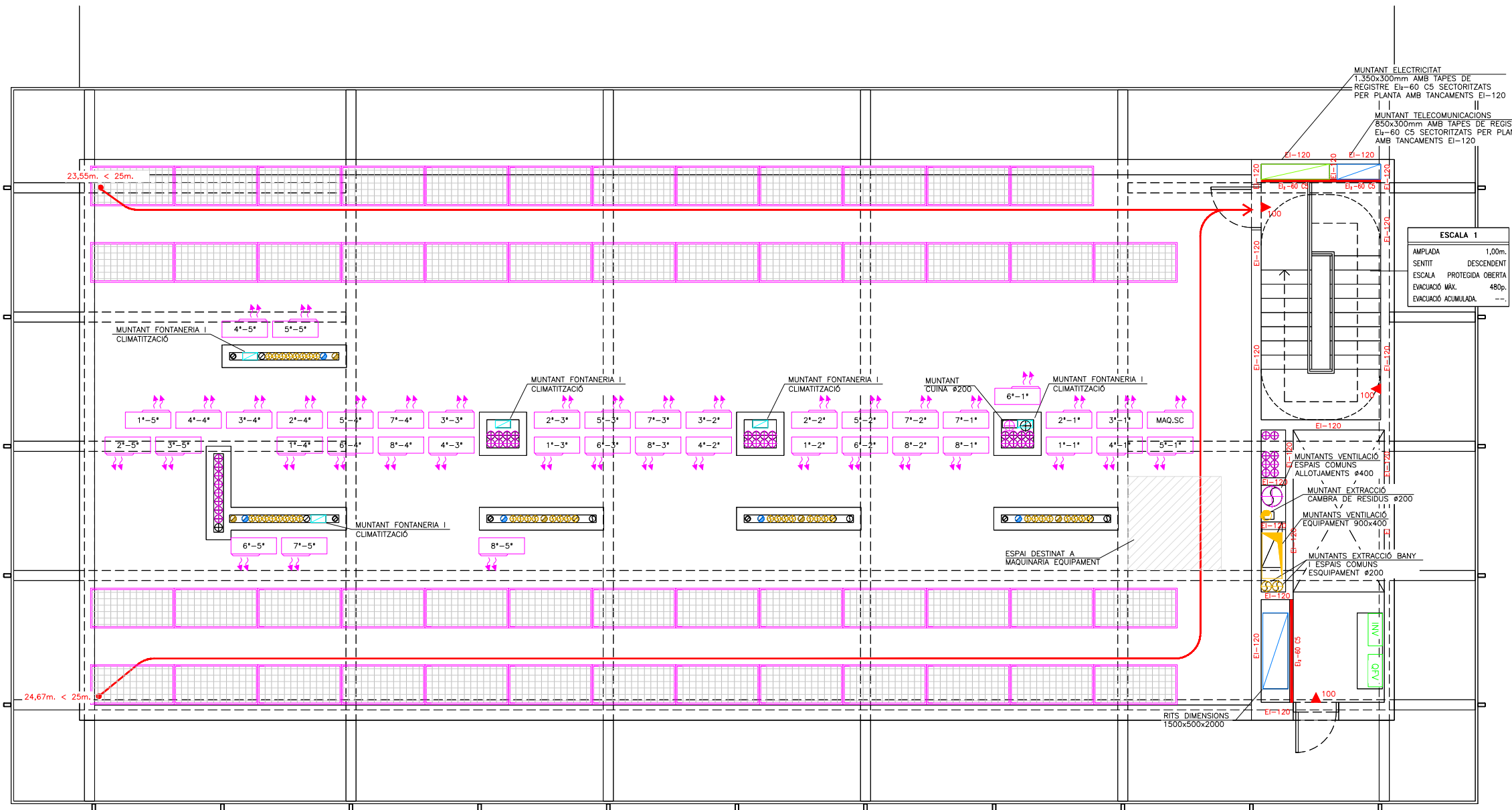
LLEGGENDA CONTRA INCENDIS	
	SIRENA ACÒSTICA EXTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	SIRENA ACÒSTICA INTERIOR D'ALARMA D'INCENDIS
	DETECTOR DE FUMS
	PULSADOR D'ALARMA AMB RÒTUL FOTOLUMINISCENT
	CENTRAL DETECCIÓ D'INCENDIS
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 6 KG. DE POLS SEC ABC AMB EFICÀCIA 21A-113B I RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EXTINTOR MANUAL D'INCENDIS DE 5 KG. DE CO2 AMB RÒTUL DE SENYALITZACIÓ FOTOLUMINISCENT
	EQUIP AUTÒM DE EMERGENCIA I SENYALITZACIÓ AMB LUMENS INDICATS EN PLANOLS I LAMPADA DE LEDS
	RESISTÈNCIA AL FOC TANCAMENTS
	RESISTÈNCIA AL FOC PORTES
	PARA FLAMES DE PORTES
	RESISTÈNCIA AL FOC ESTRUCTURES
	OCUPACIÓ CÍCLICA
	OCUPACIÓ EN CAS DE BLOQUEIG
	OCUPACIÓ PREVISTA LOCAL
	OCUPACIÓ TOTAL
	RECORREGUT D'EVACUACIÓ
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA
	INDICACIÓ SORTIDA PLANTA I EDIFICI
	ZONA SENSE OCUPACIÓ
	PRESA EXTERIOR DE COLUMNA SECA (IPF-41)
	PRESA COLUMNA SECA (IPF-39)
	PRESA COLUMNA SECA AMB CLAU DE SECCIÓ (IPF-40)

LLEGGENDA VENTILACIÓ	
	CONDUITE APORTACIÓ D'AIRE
	CONDUITE D'EXTRACCIÓ D'AIRE CUINES
	CONDUITE D'EXTRACCIÓ D'AIRE
	ZONA DE CONDUITE FORRAT AMB REVESTIMENT EI-120.
	VENTILADOR HELICO-CENTRIFUG.
	MUNTANT VENTILACIÓ EQUIPAMENT
	CCF
	COMPORTA TALLAFOC

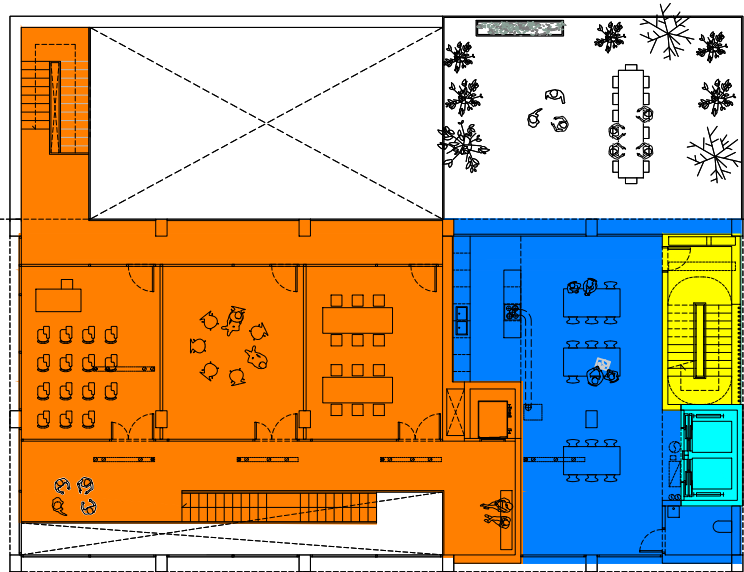
LLEGGENDA INSTAL·LACIONS	
	QUADRE GENERAL DE DISTRIBUCIÓ HABITATGES
	REGISTRE DE TERMINACIÓ DE XARXA ONIC 50x60x8 (emple x alt x profund). COMPARTIMENTAT PELS TRES SERVEIS: TELEFONA, RTV-SAT, IV CABLE
	BAIXANT AIGÜES RESIDUALS
	BAIXANT AIGÜES PLUVIALS
	MUNTANTS EXTRACCIÓ CTE HABITATGES, BANYS LOCALS, CAMBRES RESIDUS I EQUIPAMENT
	MUNTANT EXTRACCIÓ CAMPANA CUINA HABITATGES I ESPAIS COMUNS
	UNITAT EXTERIOR CLIMATITZACIÓ
	MODUL FOTOVOLTAIC

LLEGGENDA MUNTANTS	
	MUNTANT DE FONTANERIA I CLIMATITZACIÓ
	MUNTANT ELÈCTRIC AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120
	MUNTANT TELECOMUNICACIONS AMB TAPES DE REGISTRE EI-60 SECTORITZATS PER PLANTA AMB TANCAMENTS EI-120

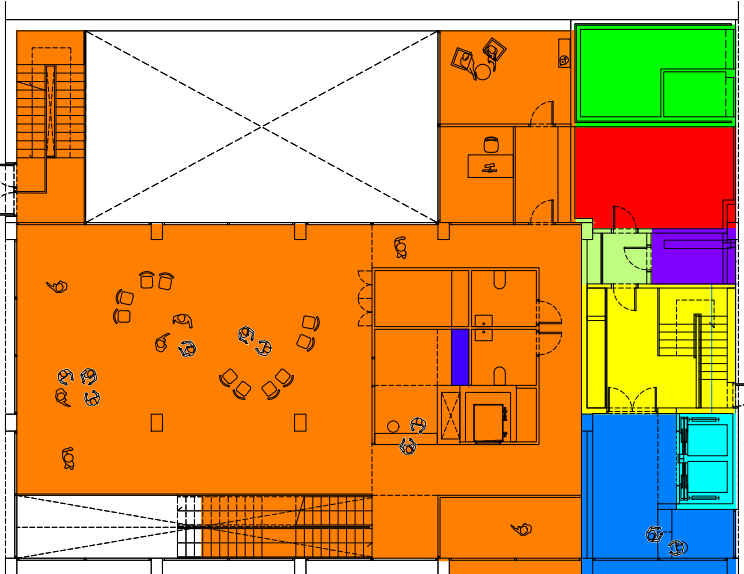
LLEGGENDA SENYALITZACIÓ	
	RETOL DE SORTIDA DIMENSIONS: 287x148mm O 420x148mm
	RETOL MATERIAL PCI DIMENSIONS: 210x210mm
	RETOL D'EXTINTOR DIMENSIONS: 210x210mm



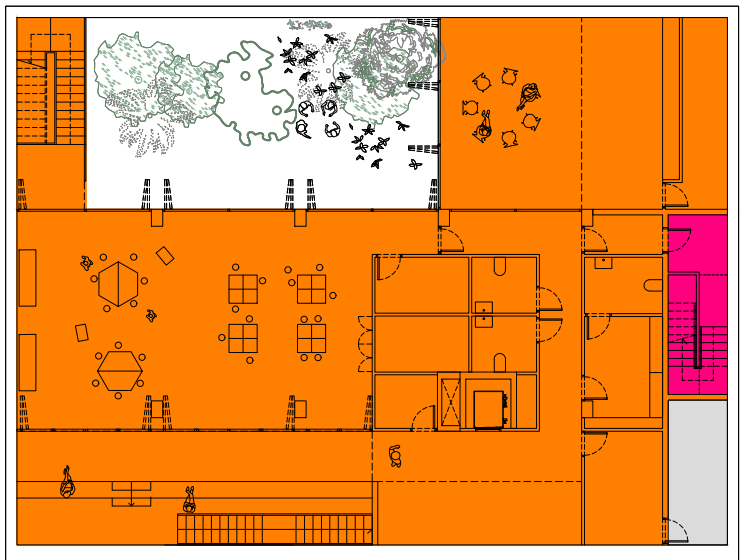
Projecte ANNEX INCENDIS		 Institut Municipal de l'Habitatge i Rehabilitació
Construcció de 40 allotjaments dotacionals i un equipament públic a la Av. del Carrilet 22-24, Sants-Montjuic, Barcelona.		
Situació Avinguda Carrilet Barcelona		
Plànol INSTAL·LACIONS PLANTA COBERTA		Data JUNY 2021
Escala A1: 1 / 50 A3: 1 / 100	Nº DGS1.06	Nº IMHAB 20/093
l'Arquitecte Judith Crespo Rueda, arquitecte Oihana Garcia Acín , arquitecte Vivas Arquitectos BCN, SLP	El Contractista	El IMHAB



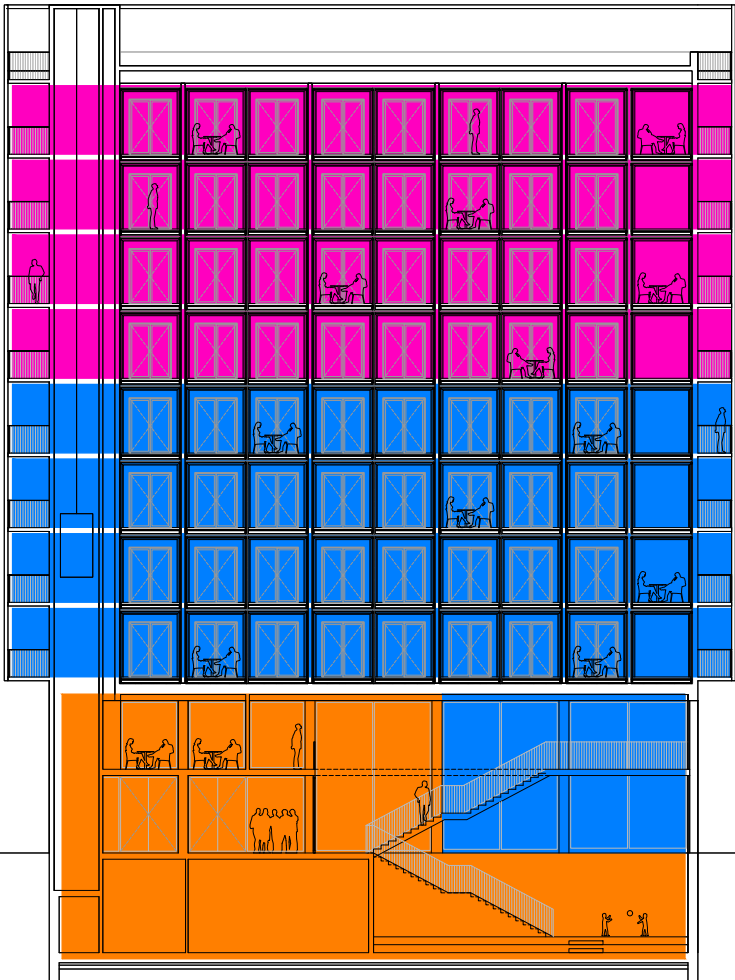
PLANTA PRIMERA



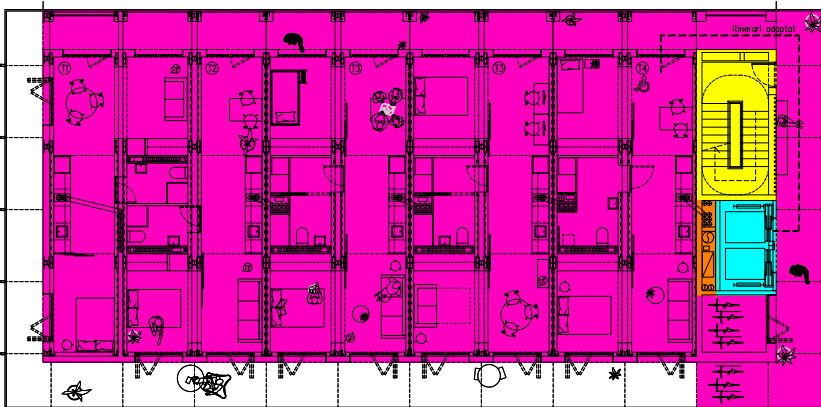
PLANTA BAIXA



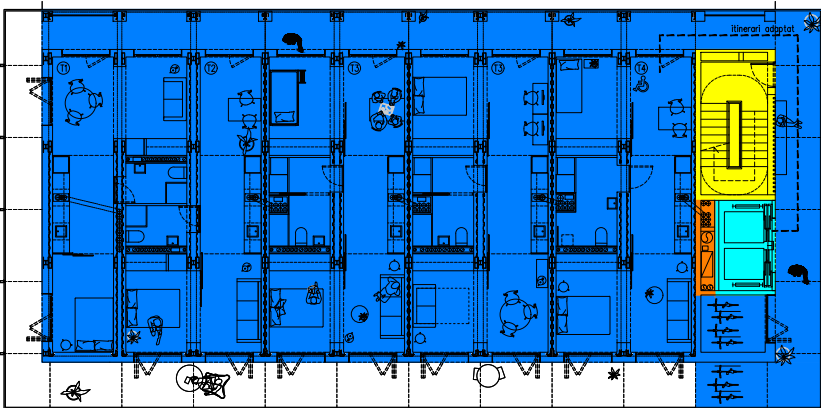
PLANTA SOTERRANI-1



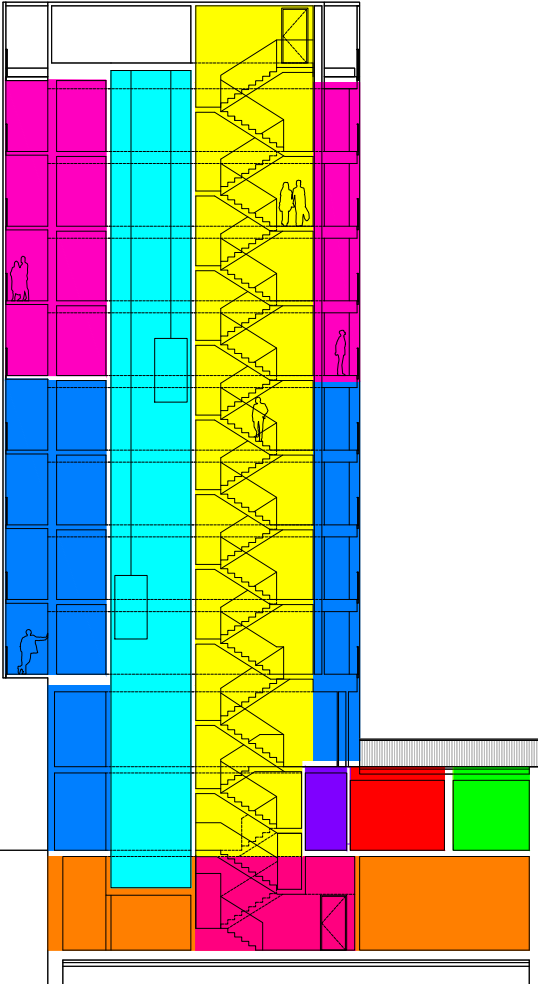
SECCIÓ



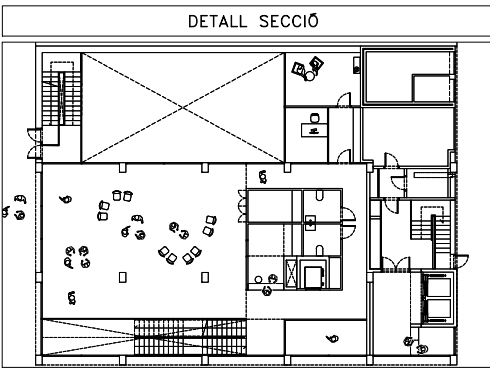
PLANTA TIPUS (P5,P6,P7,P8)



PLANTA TIPUS (P2,P3,P4)



SECCIÓ



SUPERFÍCIES TOTALS PER SECTORS		
TRAMA	SECTOR	SUPERFÍCIE TOTAL
	SECTOR EQUIPAMENT	760,20 m²
	SECTOR HABITATGES (PB,P1,P2,P3,P4)	1.172,25 m²
	SECTOR HABITATGES (P5,P6,P7,P8)	1.271,50 m²
	SECTOR E.T.	16,80 m²
	SECTOR COMPTADORS	4,97 m²
	SECTOR CAMBRA RESIDUS	20,10 m²
	SECTOR ESCALA EQUIPAMENT	13,85 m²
	SECTOR ESCALA ALLOTJAMENT	225,00 m²
	SECTOR ASCENSOR ALLOTJAMENT	71,30 m²
	SECTOR CAMBRA RESIDUS EQUIPAMENT	11,00 m²
	SECTOR QUADRE ELECTRIC EQUIPAMENT	1,20 m²

Projecte ANNEX INCENDIS
Construcció de 40 allotjaments dotacionals
i un equipament públic a la Av. del Carrilet
22-24, Sants-Montjuïc, Barcelona.

Situació
Avinguda Carrilet
Barcelona

Plànol
SECTORITZACIONS

Escala
A1: 1 / 50
A3: 1 / 100

Nº
DGS1.07

l'Arquitecte
Judith Crespo Rueda, arquitecte
Oliana García Acín, arquitecte
Vivas Arquitectos BCN, SLP

El Contractista

El IMHAB



Data
JUNY 2021

Nº IMHAB
20/093

