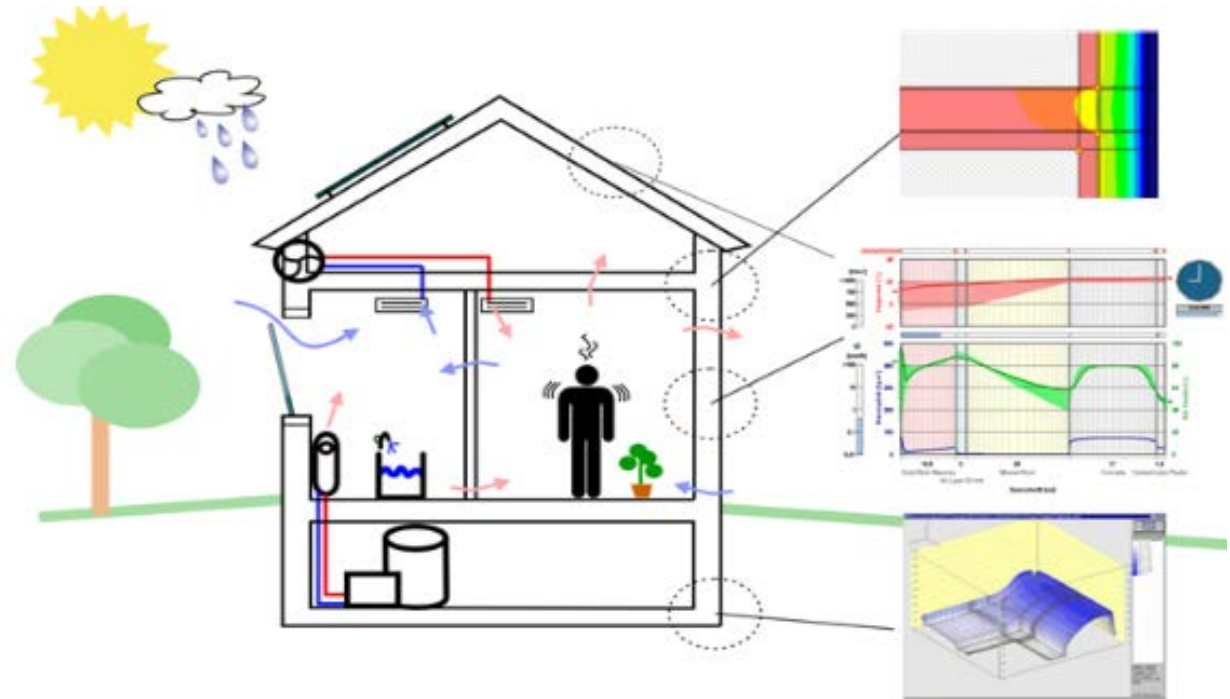




Eraikinen fisika: Bero- eta masa-transferentzia itxituratan



- Iñaki Gómez Arriaran
- Moises Odriozola Maritorea
- Koldobika Martín Escudero
- Estibaliz Pérez Iribarren
- Aitor Erkoreka Gonzalez
- Joseba Gainza Barrencua

Figura: Fraunhofer Institute for Building Physics IBP
https://wufi.de/en/wp-content/uploads/sites/11/2014/04/800x321_WUFI-Plus-Schaubild.png



2 GAIA -

ITXITURA-OSAGAIEN KARAKTERIZAZIO TERMIKOKO ENTSEGUAK

- Karakterizazio termikoko entseguak eraikinetan
 - 1. atala: entseguak egiteko beharraren inguruko oinarritzko ezagutzak eta erabilitako sentso-re motak.
 - 2. atala: Baldintza estandarretan egindako laborategi-entseguak
 - 3. atala: *In situ* egindako neurketak

SARRERA

SARRERA

- Helburuak
- Neurketak egitearen justifikazioa
- Entseguen sailkapena
- Sentsore motak

Helburuak

- Entseguen beharra eta tokian tokiko neurketak egin behar izatearen justifikazioa.
- Karakterizazio termikorako erabilitako sentsoreak ezagutzea.
- Arau baten arabera egindako entsegu kontrolatu eta baldintza errealetan egindako neurketen arteko ezaugarrien bereiztea.

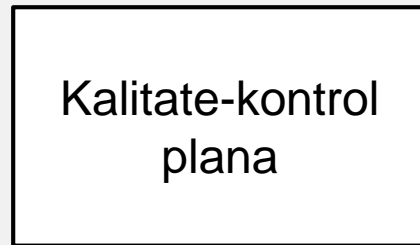
Neurketak egin behar izatearen justifikazioa

- Hainbat arrazoi daude eraikuntzaren eremu termikoan neurketak egin behar izateko:
 - 1) Obraren kalitate-kontrola (209/104 dekretua) → Obren harrera-eta obren gauzatze-eskakizunak
 - Obraren trazabilitatea ziurtatu
 - Obraren amaieran ikus-onetsia lortzeko beharrezkoa den ziurtatutako dokumentazioaren bilketa.

Neurketak egin behar izatearen justifikazioa

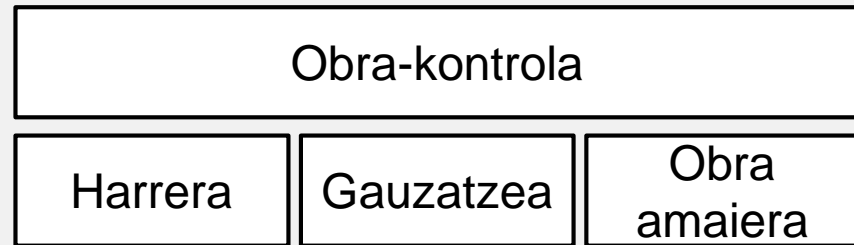
Eraikuntzan kalitate-kontrola

Proiektu-fasea



Proiektugilea

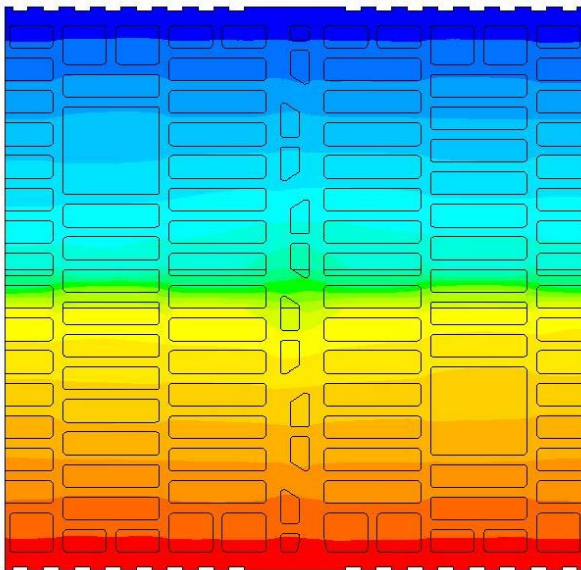
Obra-fasea



Zuzendaritza fakultatiboa

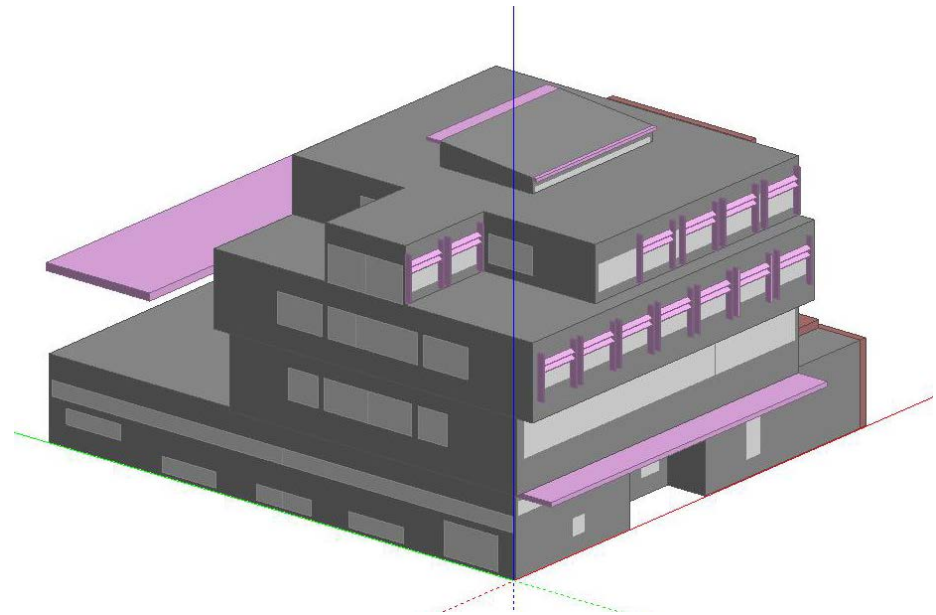
Neurketak egin behar izatearen justifikazioa

2) Zenbakizko modeloentzako datuak



Egileek osatutako irudia

Propietate termikoen
baliozkotzea



Egileek osatutako irudia

Materialen datu-baseak
kalkuluentzako

Neurketak egin behar izatearen justifikazioa

3) Osagai berriak eraikuntzan

Eraikinen energia-eraginkortasunarekin eralzionaturiko zuzentarau berriak



Osagai berrien garapenak: fatxada aireztatuak, leihoen sistemak, beirazko fatxadak, estalkien sistemak, PCM materialak...



Karakterizazio
esperimentala



Zenbakizko
karakterizazioa



Araupetutako
metodoak



Monitorizazioa

Entseguen sailkapena

- Araupetutako entseguak:
 - Aldez aurretik definitutako prozesu baten arabera bilakatzen dira (orokorrean arau bat).
 - Lortutako emaitzen trazabilitatea da bere helburua.
 - Baldintza kontrolatuetan egiten dira; bai entsegua bilakatzen den inguruneak kontrolatuta daudelako, edota ingurune horien aldagaiak neurketen bitartez oso ondo definituta daudelako.

Entseguen sailkapena

- In situ motako neurketak:
 - Kasu guztietan ez dago aplikatu daitekeen arau bat.
 - Lortutako emaitzen parte bat, entsegua aurrera eramaten duen teknikariaren esperientziaren araberakoa da.
 - Orokorrean kanpo-eskakizunengatik baldintzatuta daude.

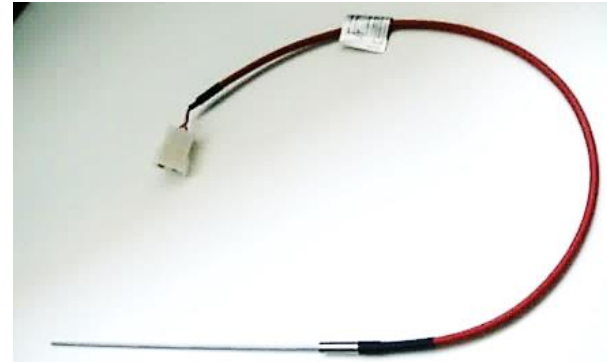
Sentsore motak

- Karakterizazio termikoan erabiltzen diren ekipoetan neurtzen diren aldagai orokorrenak hurrengoak dira:
 - Temperatura → Termopareak, termoerresistentziak, termopilak (tenperatura diferentziak neurtzeko), puxika-tenperatura neurtzeko termometroa, infragorri-kamara...
 - Bero-fluxua → fluximetroak edo erresistentzia elektriko batek sortutako potentzia neurtzeko watimetroak.
 - Hezetasun erlatiboa → Higrometroak
 - Erradiazioa → Piranometroa (globala/difusoa) eta pirgeometroa (uhin-luzera handiko erradiazioa).
 - Airearen abiadura → Anemometroa.
 - Argiztapena → Luxometroa
 - Presioa → Manometroa, transduktorea...

Sentsore motak



Egileek osatutako irudiak



Egileek osatutako irudiak

Sentsore motak

- Sentsoreen irteera guztiek seinaleak lagindu eta biltegitratzen dituen datu-jasotzaile batekin komunikatuta egon behar dute.



Egileek osatutako irudia



Egileek osatutako irudia

Sentsore motak

- Egoera meteorologikoen eraginpean egiten diren neurketen kasuan, orkorrean estazio meteorologiko baten beharra dago.

Estazio meteorologikoa

- Tenperatura
- Eguzki-erradiazioa
- Anemometroa
- Haizearen noranzkoa
- Presio barometrikoa
- Hezetasun erlatiboa
- Prezipitazioa



Egileek osatutako irudiak



LABORATEGIKO ENTSEGUAK

LABORATEGIKO ENTSEGUAK

- Helburuak
- Konduktibimetroa
- Gordetako bero-kutxa
- Paslink entsegu-zelula

Helburuak

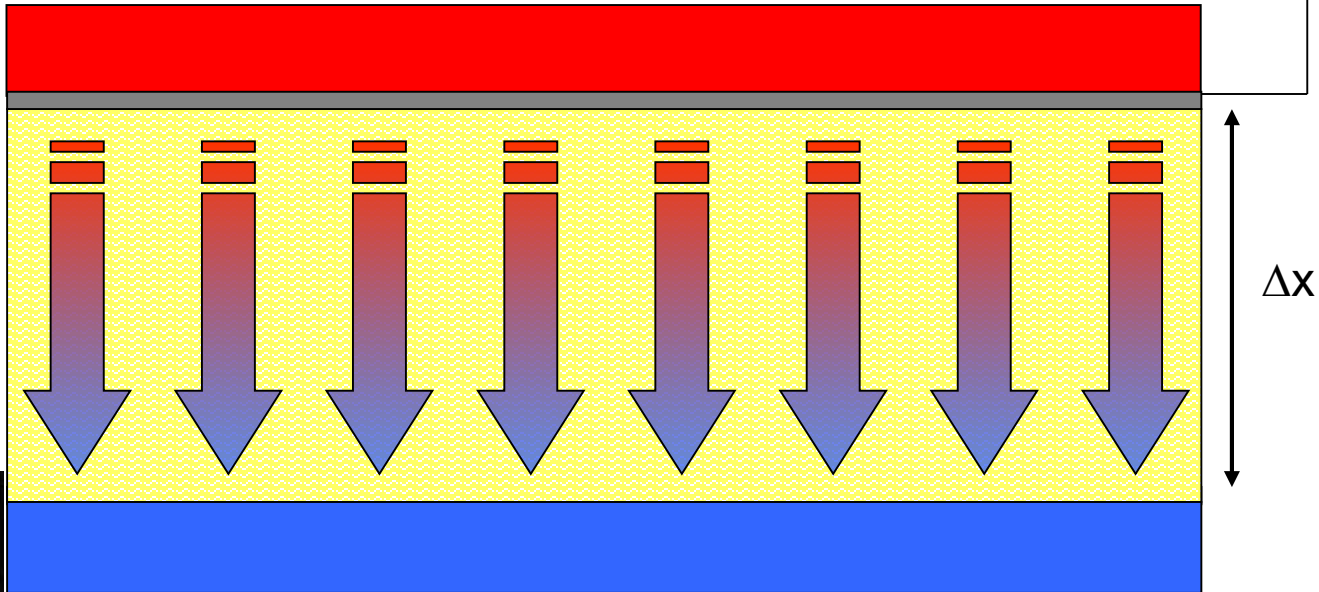
- Laborategian egindako entseguen ezaugarri nagusiak ezagutzea.
- Eraikuntzan erabiltzen diren materialen eta osagaien karakterizazio termikorako entsegu-metodo desberdinak ezagutzea.
- Karakterizazio-metodoen bidez kalkula daitezkeen propietate termikoak identifikatzea.

Konduktibimetroa

- **NEURKETA:** Eroankortasun termikoa, k [$W/(m \cdot K)$] edo erresistentzia termikoa, R_t [$m^2 \cdot K/W$]
- **APLIKAZIOA:** Erresistentzia termiko altuko eta ertaineko material homogeneoak.
- **METODOLOGIA:** Ekipoaren gainazal hotz eta beroaren arteko tenperatura diferentzia neurtu, eta aldi berean lagina zeharkatzen duen bero-fluxua.
- **ARAUA:** UNE-EN 12667:2002
- **MUGAK:** Laginaren dimentsioak entsegu-ekipoarekin bateragarriak izan behar dute. Laginaren gainazalak lauak eta paraleloak izan behar dute, zimurtasuna ekidinez.

Konduktibimetroa

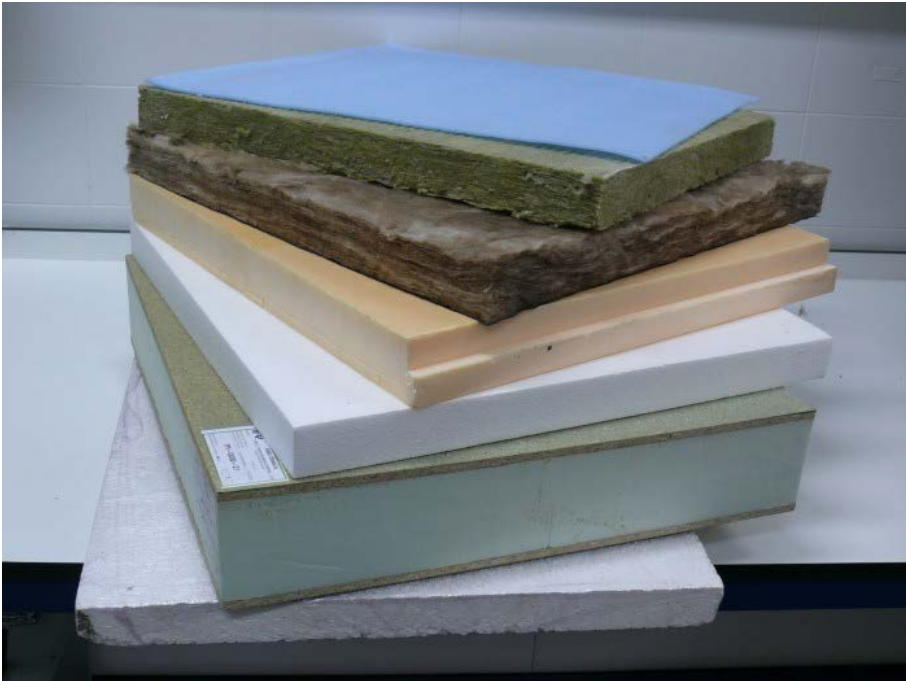
04.2



Egileek osatutako irudia

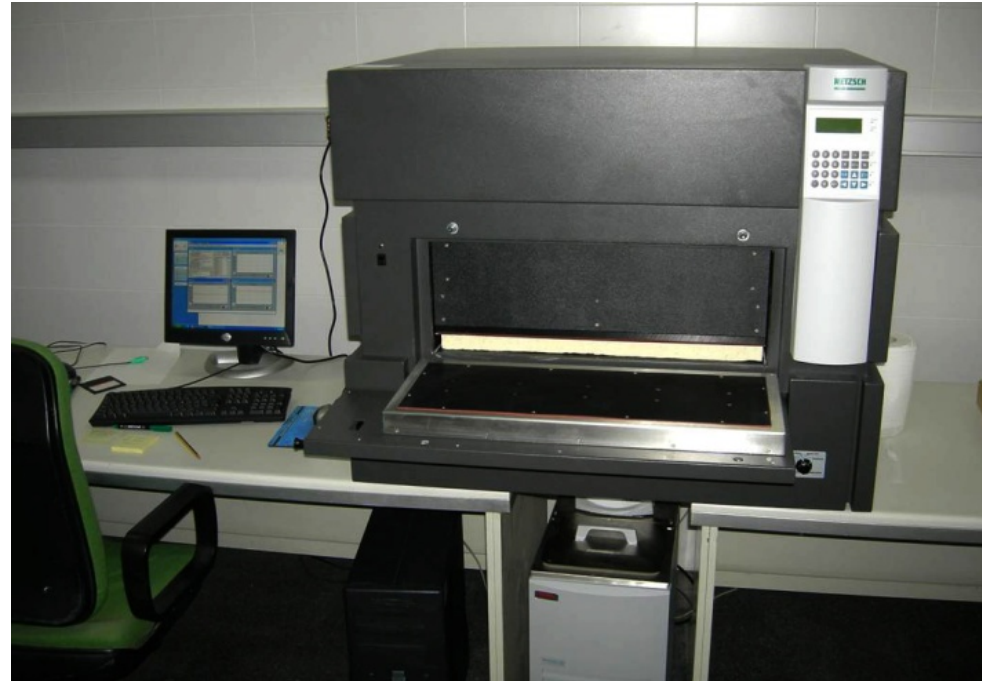
$$\dot{Q} = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \rightarrow k = \frac{\dot{Q} \cdot \Delta x}{A \cdot (T_{hot} - T_{cold})}$$

Konduktibimetroa



Egileek osatutako irudia

Material homogeenoo isolatzaileak



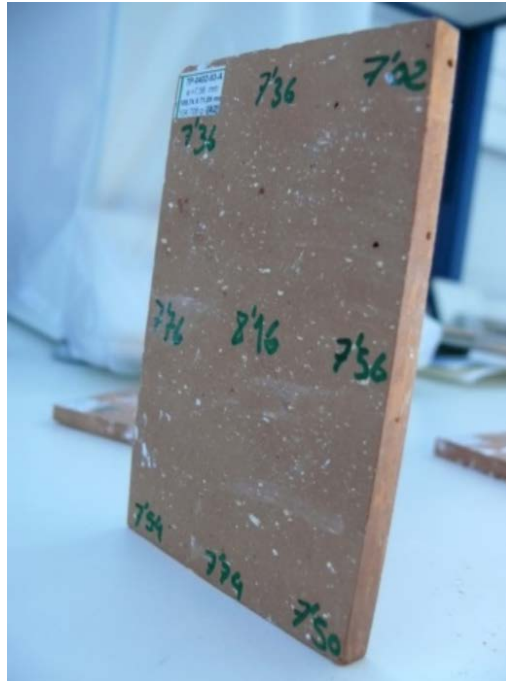
Egileek osatutako irudia

Konduktibimetroa

Konduktibimetroa

- **NEURKETA:** Eroankortasun termikoa, k [$W/(m \cdot K)$]
- **APLIKAZIOA:** Erresistentzia termiko baxuko material homogeneousak.
- **METODOLOGIA:** Bero-xafla baten bidez beroa sortzen da, laginek xurgatzen dutena, eta beroa sortzeko tenperaturen aldaketa eta kontsumitutako potentzia aztertzen dira.
- **ARAUA:** ASTM-C 1114-06 (2013)
- **MUGAK:** Laginaren dimentsioak entsegu-ekipoarekin bateragarriak izan behar dute. Laginaren gainazalak lauak eta paraleloak izan behar dute, zimurtasuna ekidinez.

Konduktibimetroa



Egileek osatutako irudia

Material homogeneo ez-isolatzaileak

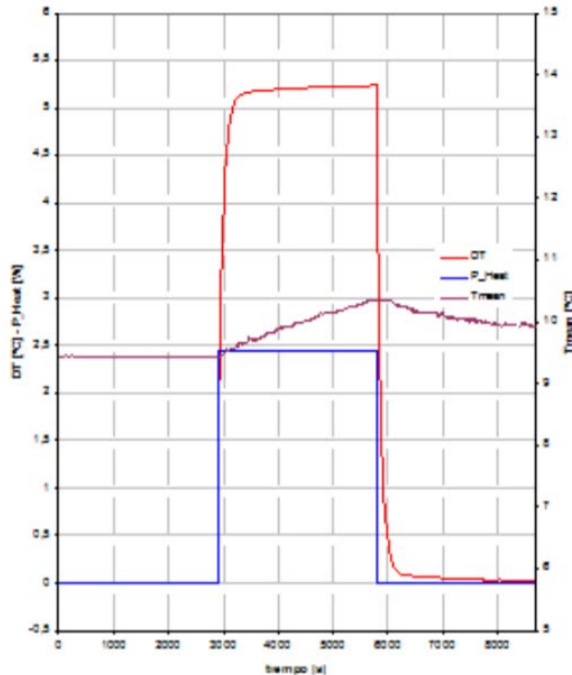


Egileek osatutako irudia

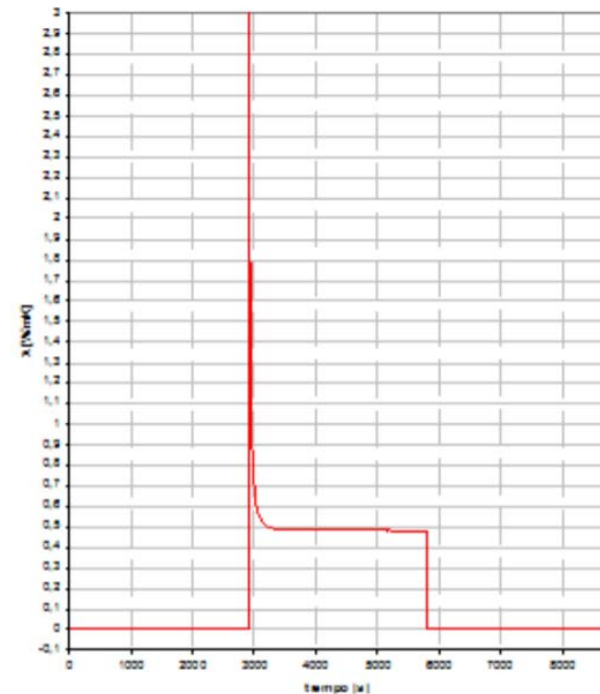
Konduktibimetroa

Konduktibimetroa

- Entsegu batean zehar ematen den tenperatura diferentzia, potentzia eta eroankortasun termikoaren eboluzioa.



Egileek osatutako irudia



Egileek osatutako irudia

Gordetako bero-kutxa

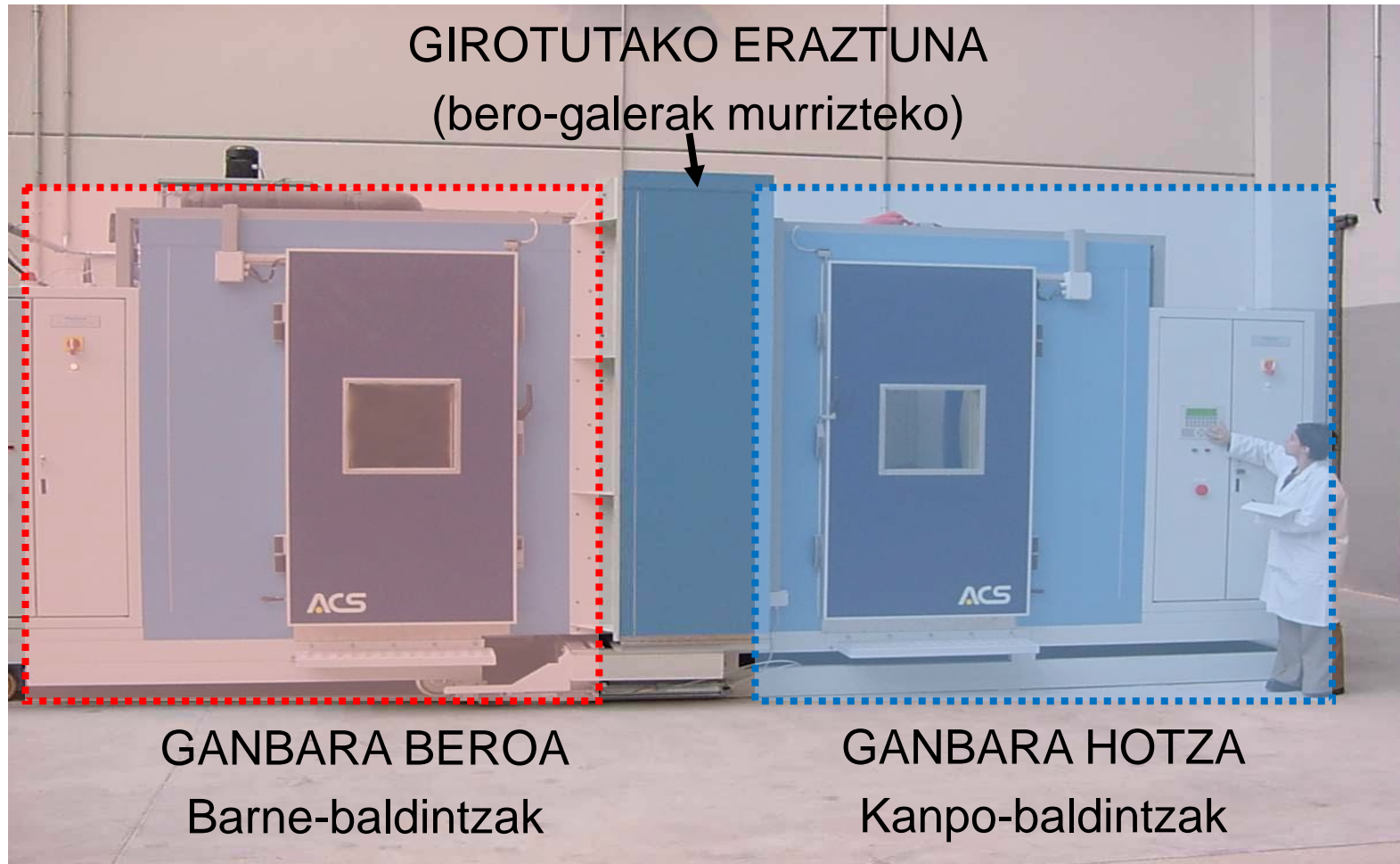
- **NEURKETA:** Transmitantzia termikoa, U [$W/(m^2 \cdot K)$]
- **APLIKAZIOA:** Itxitura opakoak (geruza anitzekoa edota heterogeneoak).
- **METODOLOGIA:** Lagina ganbara bero eta hotz baten artean kokatzen da. Inguruneko eta gainazaleko tenperaturak neurtzen dira, eta baita ganbara beroari ematen zaion potentzia.
- **ARAUA:** UNE-EN ISO 8990:1997, UNE 92204:1995, EN 1934:1998, EN 1946-4:2000
- **MUGAK:** Laginaren dimentsioak neurketa ekipoaren arabekoak izan behar dute, zenbat eta handiagoak hobe.

Gordetako bero-kutxa



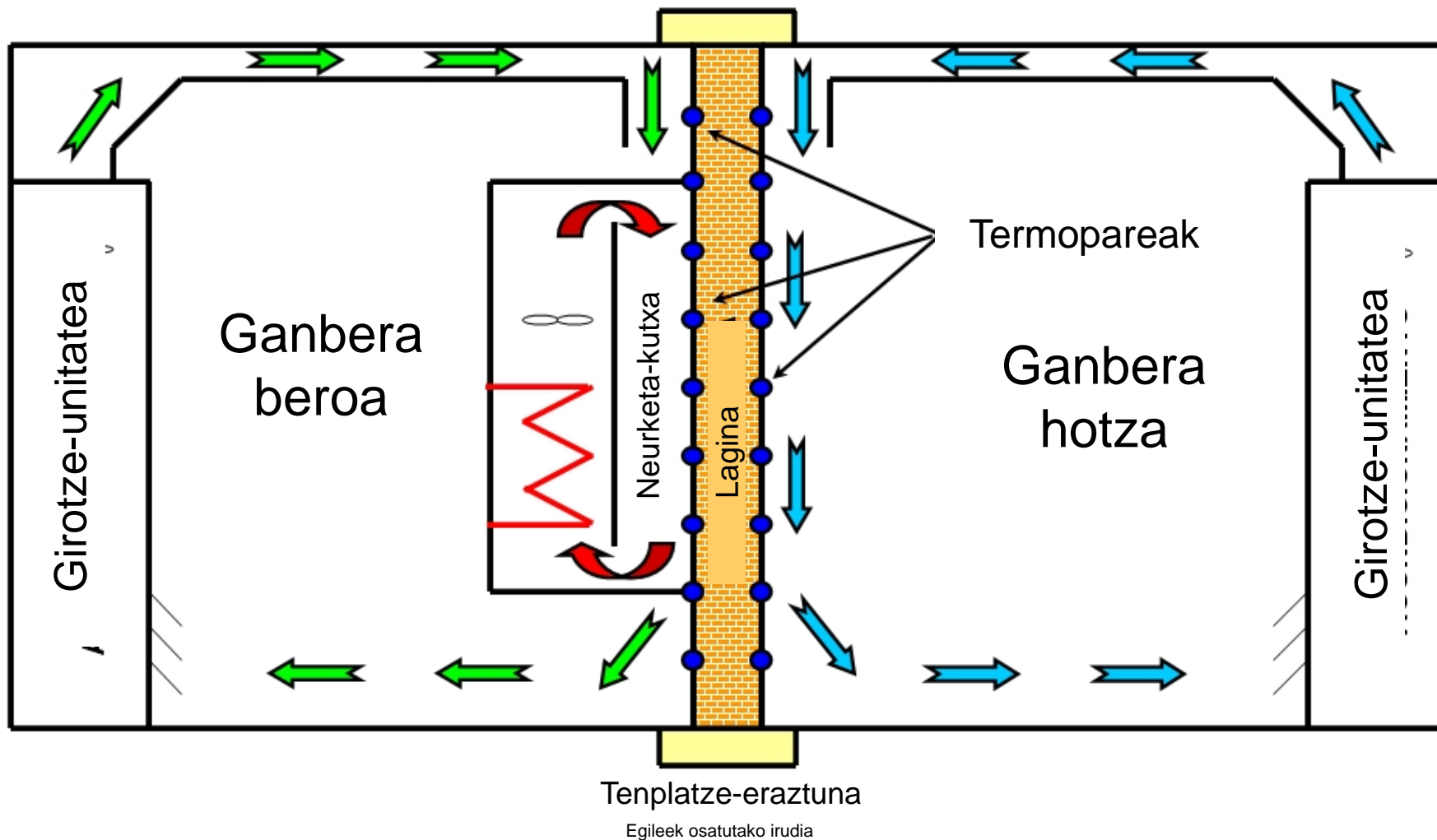
Egileek osatutako irudiak

Gordetako bero-kutxa



Egileek osatutako irudia

Gordetako bero-kutxa



Gordetako bero-kutxa

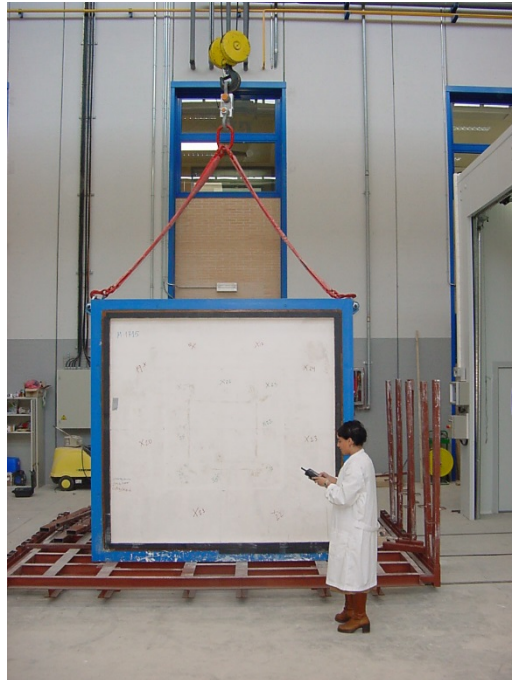
- Arauak tenperatura eta hezetasun erlatibo espezifiko batean lagina lehortzea eta egokitzea zehazten du (23°C y 50% HE)



Egileek osatutako irudia

Gordetako bero-kutxa

- Hezetasunak emaitzan eraginik ez izateko, entsegu bakoitza baino lehenago laginak bere pisua egonkortu behar du.

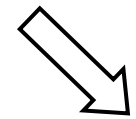
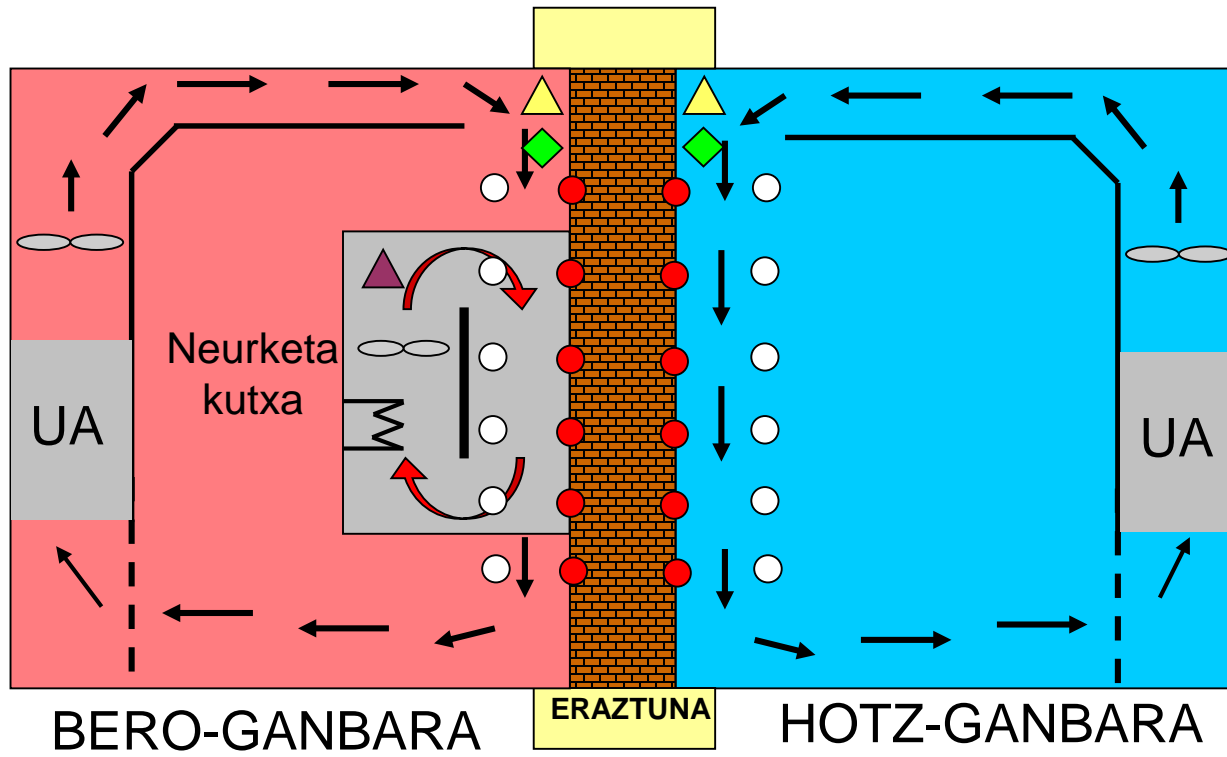


Egileek osatutako irudia
Laginaren pisaketa



Egileek osatutako irudia
Karga-zelula

Gordetako bero-kutxa



Designed by Freepik – Freepik.com



$$R_t = \frac{A \cdot (\bar{T}_{s,hot} - \bar{T}_{s,cold})}{\dot{Q}_{elec}}$$

Gordetako bero-kutxa

- **NEURKETA:** Transmittantzia termikoa, U [$W/(m^2 \cdot K)$]
- **APLIKAZIOA:** Beira-sistemak (markoa, beira eta egotekotan pertsianaren kutxa).
- **METODOLOGIA:** Lagina ganbara bero eta hotz baten artean kokatzen da. Inguruneko tenperaturak neurtzen dira, eta baita ganbara beroari ematen zaion potentzia.
- **ARAUA:** UNE-EN ISO 12567-1:2011, UNE-EN ISO 8990:1997, UNE-EN 12412-2:2005
- **MUGAK:** Laginaren dimentsioak estandarrak izan behar dute (arauaren arabera).

Gordetako bero-kutxa

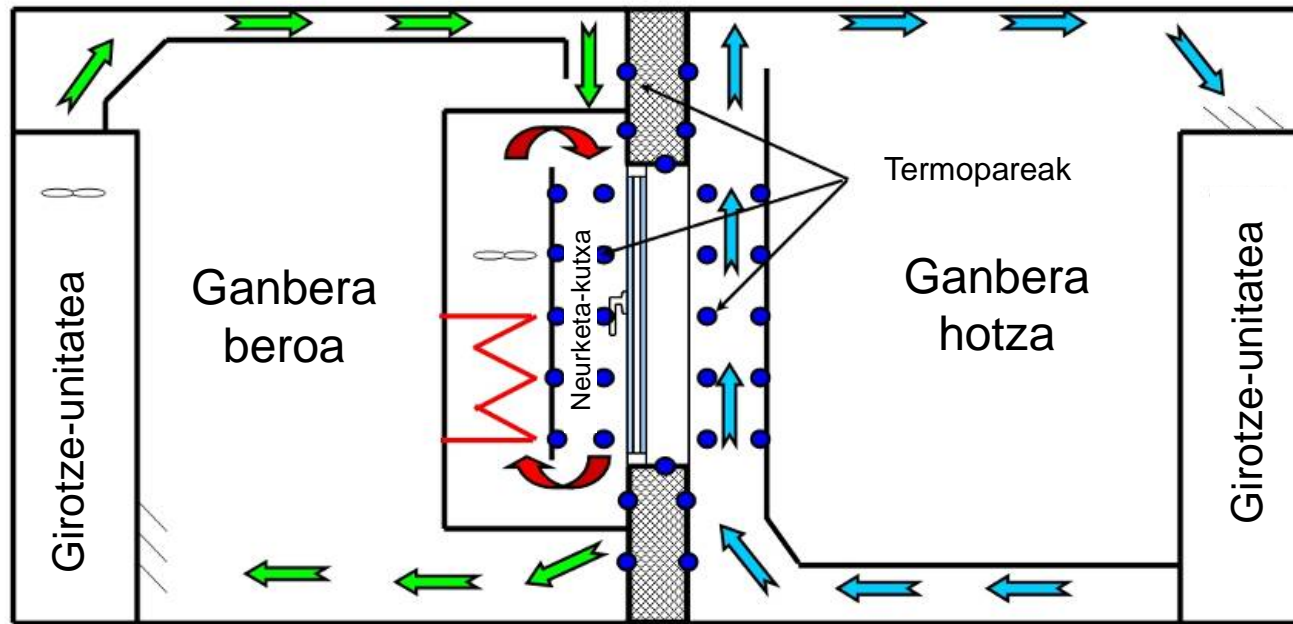


Egileek osatutako irudiak

Lehioentzako gordetako bero-kutxaren ekipoa

Leihoen dimentsioak:
1,23 x 1,48 m o 1,23 x 1,23 m

Gordetako bero-kutxa



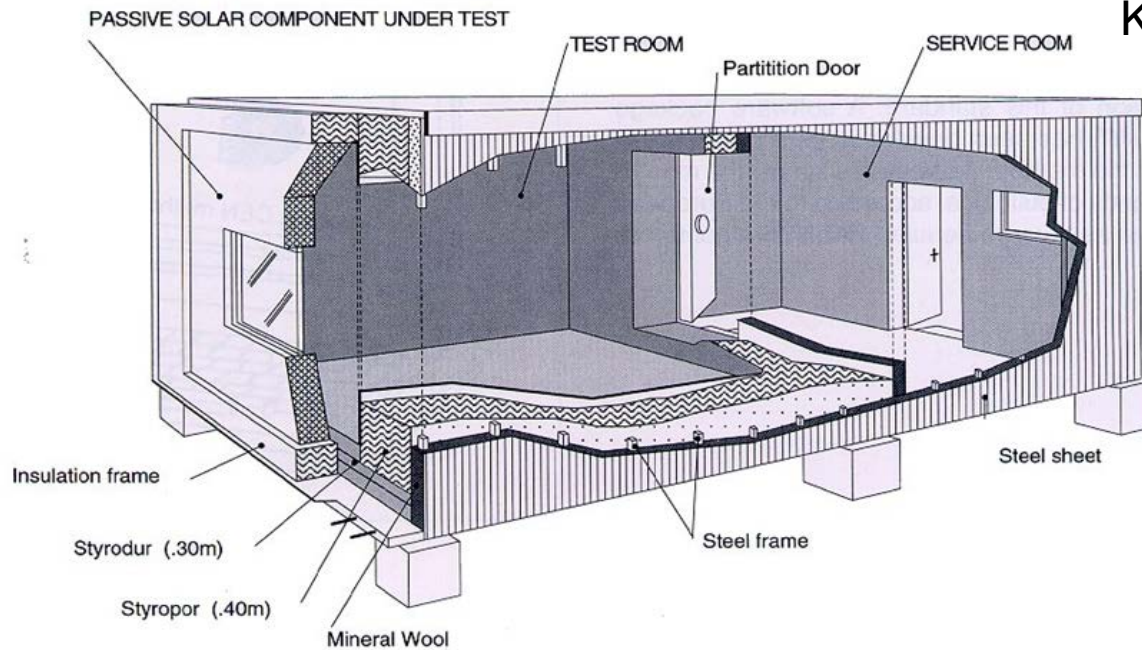
Egileek osatutako irudia

$$U = \frac{\dot{Q}_{elec}}{A \cdot (\bar{T}_{air,hot} - \bar{T}_{air,cold})}$$

Paslink entsegu-zelula

- **NEURKETA:** Transmittantzia termikoa, U [$W/(m^2 \cdot K)$] eta bero-ahalmena, C [$kJ/(m^2 \cdot K)$]. Elementu erdi-gardenen eguzki faktrea ere kalkula daiteke, g [-].
- **APLIKAZIOA:** Estalkien, itxitura bertikal opakuen edota elementu erdi-gardenen modelizazio termikoa kanpoko baldintzapean. Bereziki fatxada aktiboetarako diseinatua.
- **METODOLOGIA:** Errutina aleatorioko berokuntza-potentzia sortzen da zelula barruan, eta lagina zeharkatzen duen bero-fluxua neurtzen da.
- **ARAUA:** Ez dago. PASLINK EEIG Europako sareak garatutako prozeduren arabera garatzen dira entseguak.
- **MUGAK:** Laginaren dimentsioak. Laginaren in situ eraikuntza eta garabiarekin garraioa eta kokapena Paslink zelulan.

Paslink entsegu-zelula



Created by Dynastee – Dynastee.info

Kanpo-baldintza meteorologikoen eraginpeko neurketak



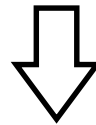
Designed by macrovector – Freepik.com

Paslink entsegu-zelula

- PROZESU DINAMIKO batek, DENBORA aldagaiak kontutan hartzera behartzen zaitu.
 - Prozesu dinamikoak aztertzeko, teknika matematiko dinamikoak behar dira, behaketa esperimentaletik abiatuta ezaugarri dinamikoak ateratzeko.
 - Entsegu konfigurazio egoki batek metodo matematikoak eskatutako informazioa eman beharko luke.

Paslink entsegu-zelula

Beharrezkoa da ongi definitutako ebaluazio-tresna multzo bat ezartzea, garrantzi zientifikoa eta komunitateko onarpena dutenak eraikuntzako osagaiarentzat.



PASSYS proiektua (1986 – 1992)

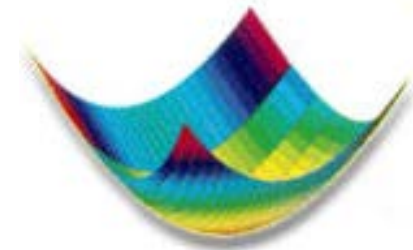
“Passive Solar Components And System Testing”

EB-eko 10 herrialde desberdinetan 35 zelula
berdinak eraiki ziren

Paslink entsegu-zelula

Gaur egun

- DYNASTEE (Dynamic Analysis, Simulation and Testing applied to the Energy and Environmental performance of buildings) sarearen barnean dago .
- INIVE (International Network for Information on Ventilation and Energy Performance) barruan sartuta dago.



Created by Dynastee – Dynastee.info



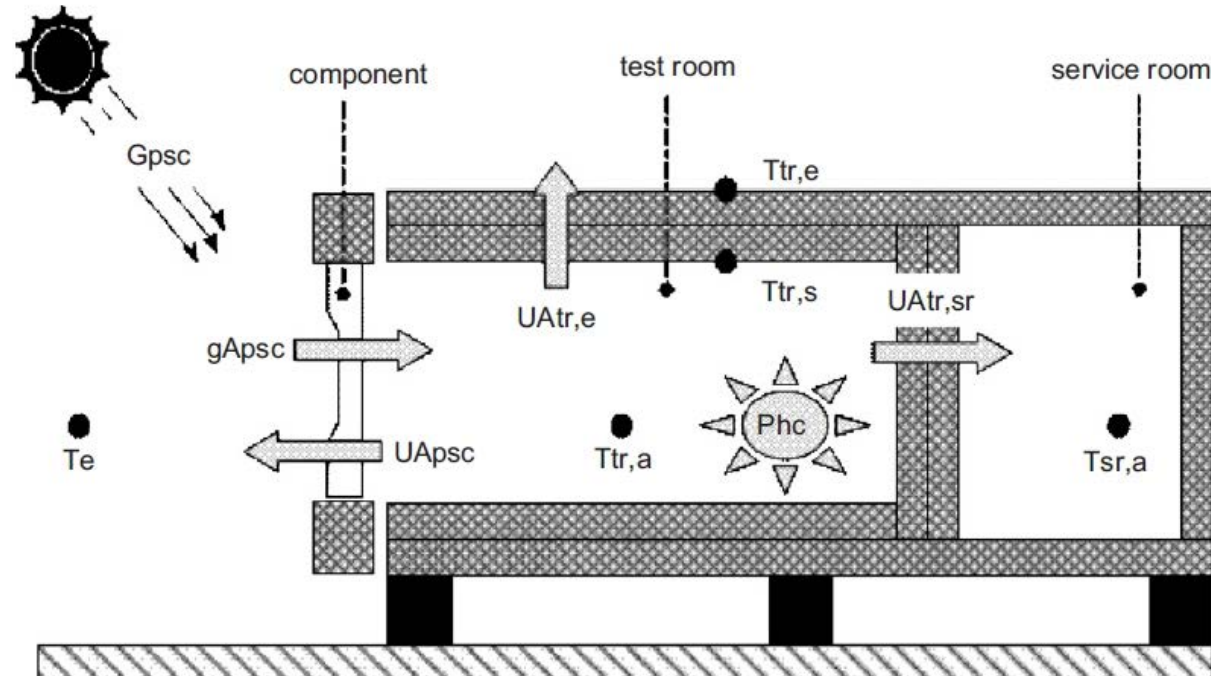
Created by Dynastee – Dynastee.info

Paslink entsegu-zelula



Egileek osatutako irudia

Paslink entsegu-zelula

Created by Dynastee – Dynastee.info

Kanpo-baldintza
meteorologikoen
eraginpeko neurketak

- Erresistentzia termikoa $\rightarrow R_t$ [m^2K/W]
- Transmittantzia termikoa $\rightarrow U$ [W/m^2K]
- Eguzki faktorea $\rightarrow g$ [-]

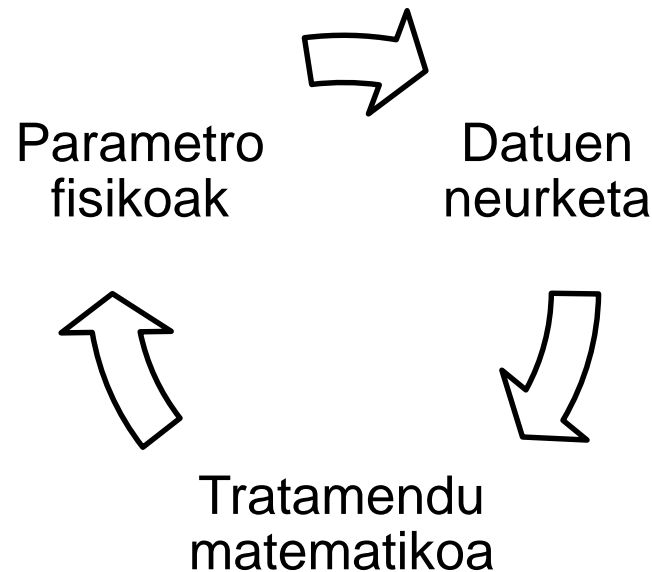
Paslink entsegu-zelula

Paslink entseguaren prozedura:

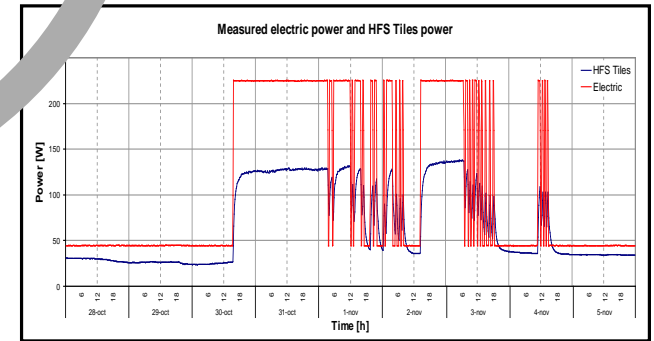
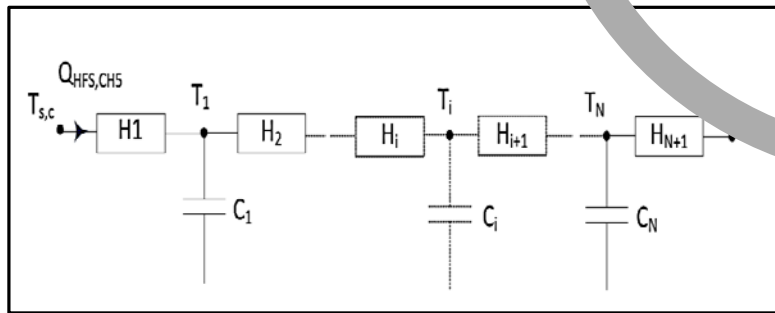
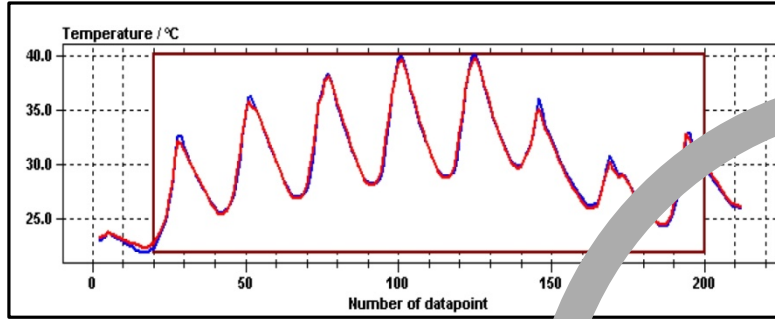
- Esperimentua analisi-prozesua kontuan hartuta diseinatu. Sistema fisikoa kitzikatu.
- Esperimentua egin. Datuak denbora-tarte erregularretan bildu.
- Aurreprozesatua. Datuak espazioan eta denboran iragaztea.
- Zenbatespen bidezko analisia. Ereduek eta metodo bat aplikatzea.
- Emaitzak postprozesatu eta berriz exekutatzeko. Parametro matematikoak fisiko bihurtzea.

Paslink entsegu-zelula

Paslink entsegu-prozedurak laginaren parametro fisikoak identifikatzen ditu, neurtutako datuetatik abiatuta, eta, ondoren, tratamendu matematiko bat aplikatuz:



Paslink entsegu-zelula



Egileek osatutako irudiak

Paslink entsegu-zelula



Egileek osatutako irudia

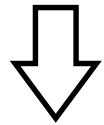
Laginarek desplazamendua



Egileek osatutako irudia

In situ eraikitzen

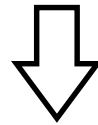
Paslink entsegu-zelula



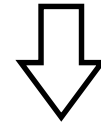
Aireztatutako fatxada



Egileek osatutako irudiak



Landare-estalkia



Trombe-horma

IN SITU EGINDAKO NEURKETAK

IN SITU EGINDAKO NEURKETAK

- Helburuak
- U-balioaren neurketa in situ
- Co-heating
- Aireztatze-atea
- Gas-trazatzaileak
- Termografia infragorria

Helburuak

- In situ egindako entseguen ezaugarri nagusiak ezagutzea.
- Eraikinen material, osagai edo eremuen karakterizazio termikorako entsegu-metodoak ezagutzea.
- Karakterizazio-metodoen bidez kalkula daitezkeen propietate termikoak identifikatzea.

U-balioaren neurketa in situ

- **NEURKETA:** Gainazalen arteko erresistentzia termikoa, R_t [$m^2 \cdot K/W$]. Transmitantzia termikoa ere estima daiteke, U [$W/(m^2 \cdot K)$]
- **APLIKAZIOA:** Itxitura lau opakoen isolamendu maila erreala ezagutzea.
- **METODOLOGIA:** Aldi berean, itxitura opaku baten bero-fluxua eta barruko eta kanpoko aldean arteko tenperatura-diferentzia neurtu, hiru balio horiek hamar minutuko maiztasunarekin bilduz.
- **ARAUA:** ISO 9869-1:2014
- **MUGAK:** Kanpoaldearekiko gutxieneko jauzi termikoa izateko egokitu behar da barne-espazioa. Itxituraren puntu homogeen batean neurtu behar da, zubi termikoetatik, leihoen baoetatik eta inguruko bero-iturrietatik urrun.

U-balioaren neurketa in situ

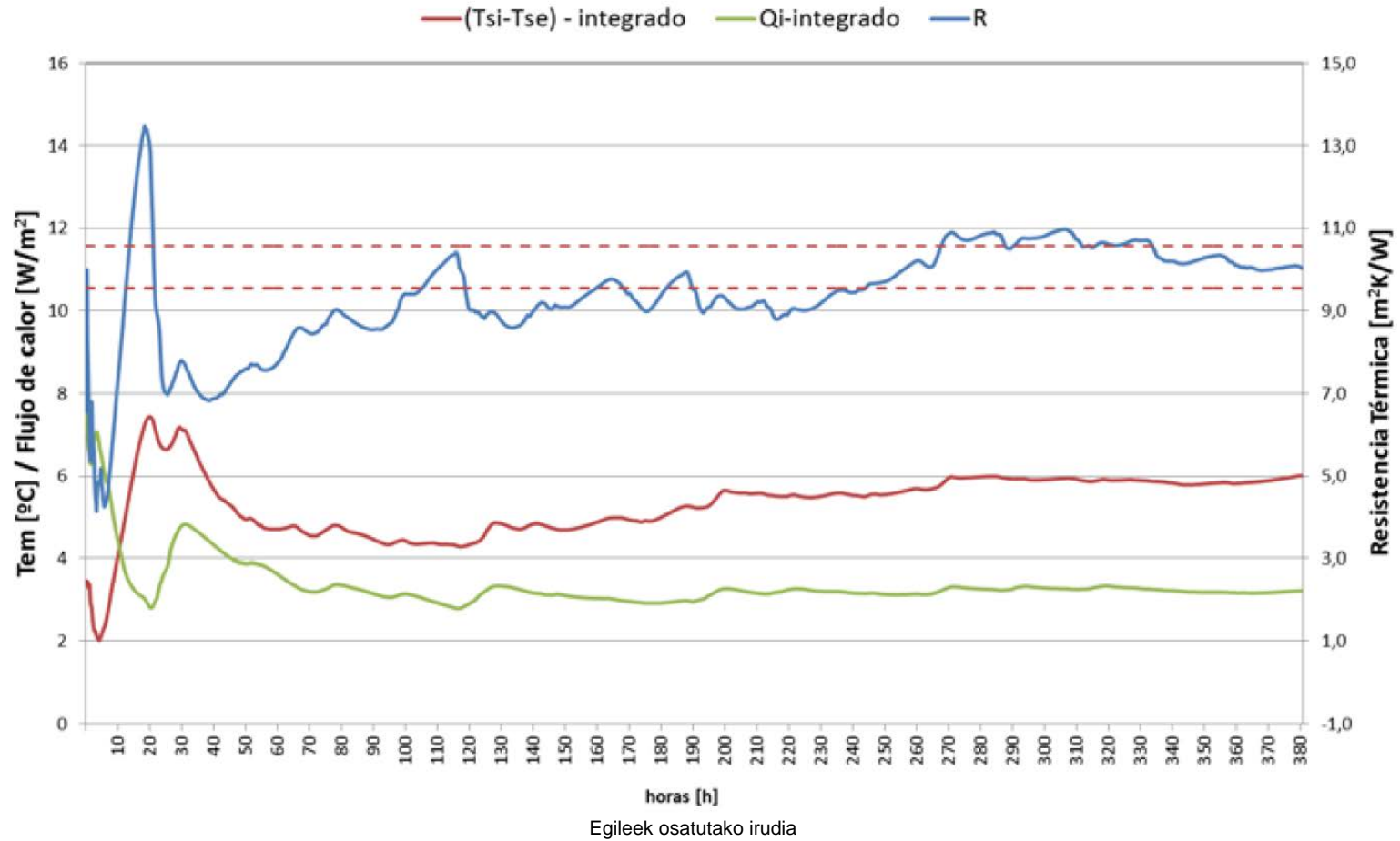


Egileek osatutako irudia

Entsegu-instrumentazioa :

- Fluximetroa edo bero-fluxu neurgailua.
- Gainazal tenperatura neurtzeko bi sentzore.
- Datu-jasotzaile sistema, metaketa ahalmenarekin.
- Bestelako osagarriak: muntaketa zintak, pasta termikoa, elikatze iturriak, berogailu eramangarriak.

U-balioaren neurketa in situ



Co-heating

- **NEURKETA:** Bero-galeren koefizientea, transmisio eta aireztapen/infiltrazioaren ondoriozko galerak bateratzen dituen, HLC [W/K].
- **APLIKAZIOA:** Eremu edo eraikin baten karakterizazio termiko globala.
- **METODOLOGIA:** Eremu edo eraikin batean energia-balantzea egitean datza. Beroa barnealdean sortzen da, galeren norabidea beti kanporantz izan dadin.
- **ARAUA:** Ez dago, baina metodologia desberdinak garatuta daude.
- **MUGAK:** Kontuan hartu beharreko aldagai guztiak neurtzeko zailtasuna, batez ere eraikin okupatuetan eta eguzki-erradiazioarekin zerikusia dutenak.

Co-heating

HLCk (Heat Loss Coefficient) eraikinaren inguratzaillearen bidezko bero- eta infiltrazio-/aireztatze-galerak kontuan hartzen ditu, zati barneko eta kanpoko inguruneen arteko jauzi termikoa. Beraz, hauen menpe dago:

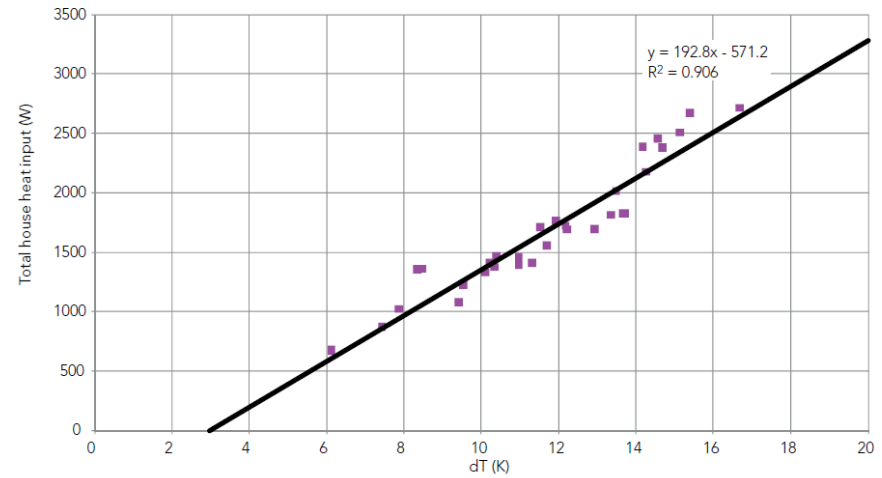
- Q → Eraikinerantz bero-sarrerak (eta egotekotan aireztatze sistemarena)
- K → Okupazio, ekipo eta argiztapen kargak.
- $S_a \cdot V_{sol}$ → Sistema erdi-gardenen zehar eguzki-irabaziekin lotutako terminoa.
- $T_{in} - T_{out}$ → Barne- eta kanpo-inguruneen arteko tenperatura diferentzia.

$$HLC = \frac{Q + K + S_a \cdot V_{sol}}{T_{in} - T_{out}}$$

Co-heating



Created by NHBC Foundation - nhbcfoundation.org



Created by NHBC Foundation - nhbcfoundation.org

Aireztatze-atea

- **NEURKETA:** 50 Pa presiopean batez besteko orduko berritzeen tasa, $n_{50} [h^{-1}]$.
- **APLIKAZIOA:** Eremu termiko batean (lokala, gela...).
- **METODOLOGIA:** Barne-bolumena in situ neurtzen da eta aireztatze-atea instalatzen da. Depresioan eta gainpresioan neurtzen dira aire-emariak, eta infiltrazioen batez besteko emaria zehazten da.(v50)
- **ARAUA:** UNE-EN 13829:2002 eta ISO 9972:2015
- **MUGAK:** Haizagailuaren gehieneko emariak mugatu egiten du entseatu beharreko esparruaren tamaina. Normalean, eraikin batean etxebizitzak banaka entseaten dira.

Aireztatze-atea

Abantailak:

- Ez du ekipamendu sofistikatuaren beharrik, gas-trazatzaileetan ez bezala.
- Errehabilitazio-neurrien eraginkortasuna ikusteko erabil daiteke.
- Infiltrazioen jatorriari buruzko informazioa ematen du. Termografia infragorria tresna osagarri ona da.

Desabantailak:

- Infiltrazioaren zeharkako neurria da. Prozesu erreala prozesu artifizial batera hurbiltzen du (erabiltzaileak presurizazio/despresurizazio bidez sortua).

Airezatze-atea



Egileek osatutako irudiak



Airezatze-atea

Garrantzitsua da saiakuntzan kontuan hartu nahi ez diren infiltrazio-iturri guztiak estaltzea:

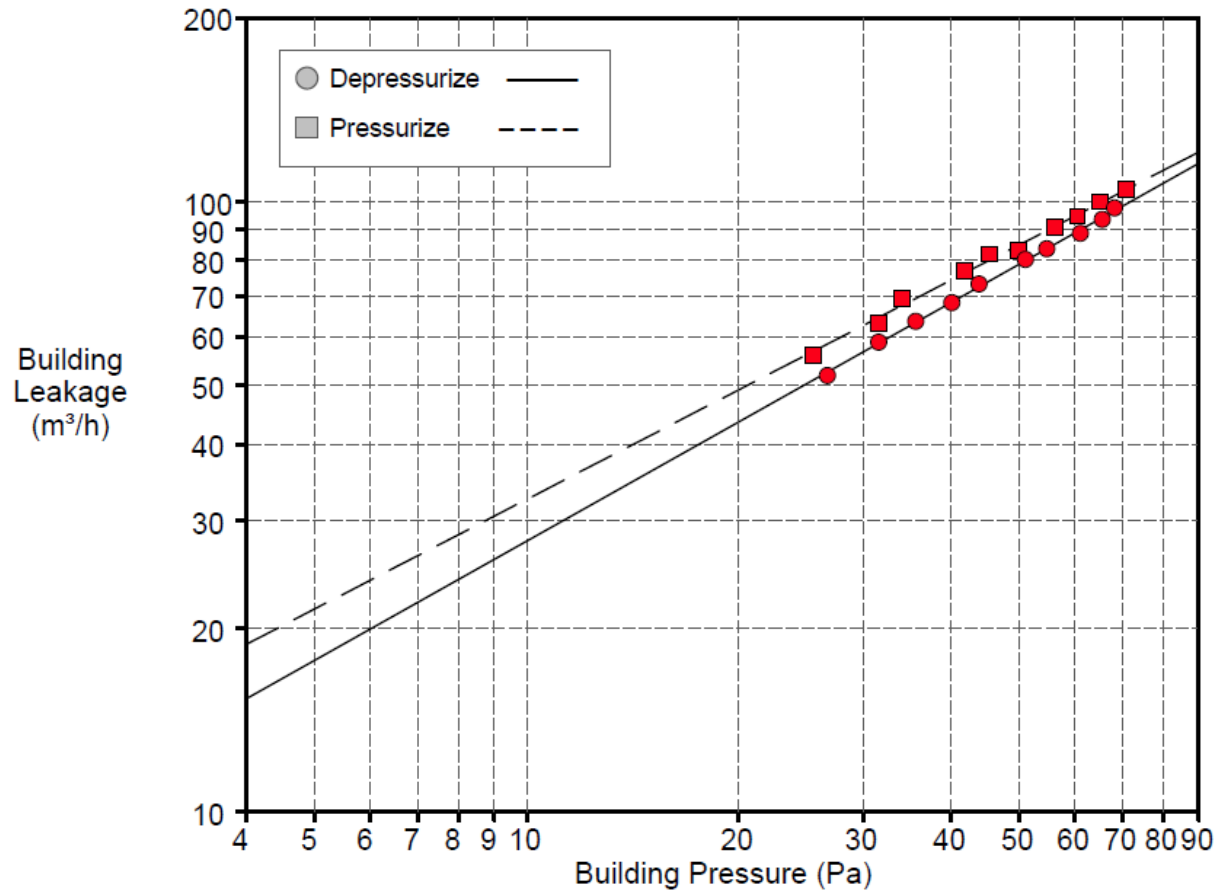


Egileek osatutako irudiak



Egileek osatutako irudiak

Aireztatze-atea



Egileek osatutako irudia

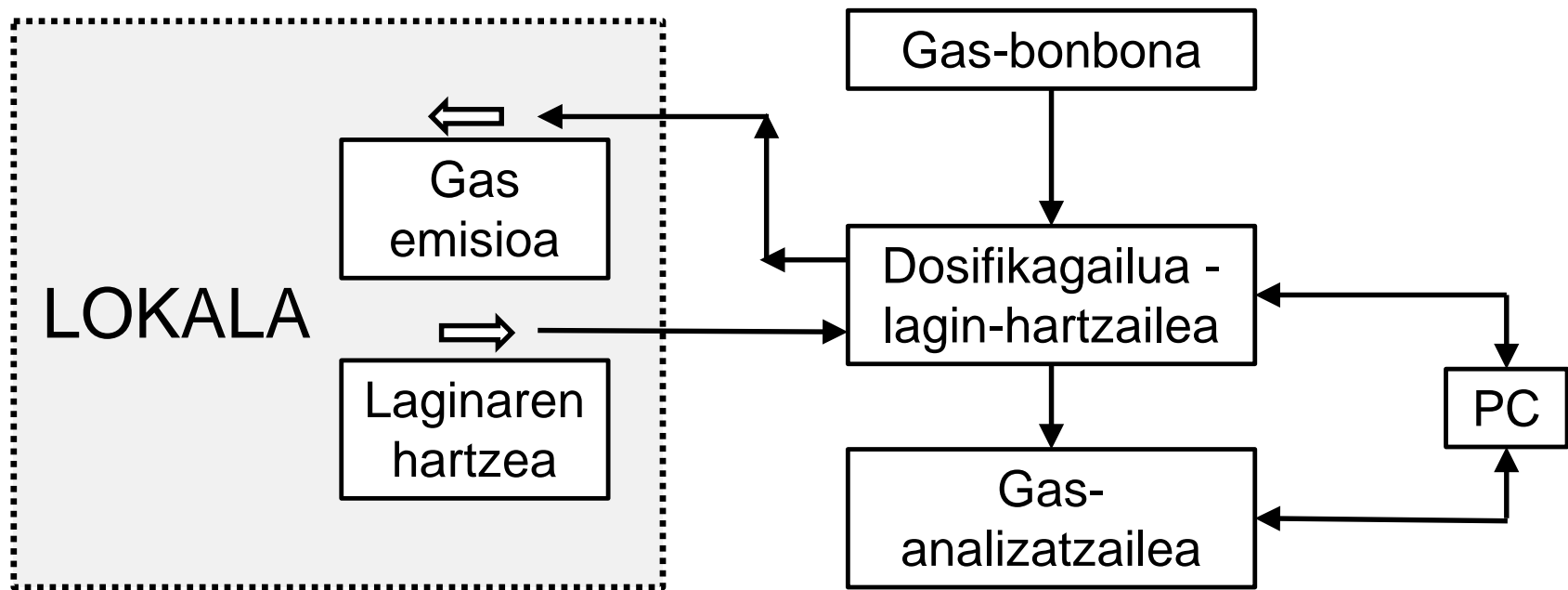
Gas-trazatzaileak

- **NEURKETA:** Gela bakoitzeko aire-berritze-tasa, ACH (h^{-1}). Aire-fluxu geldiarazte guneak detektatzea eta “airearen adina” neurtu.
- **APLIKAZIOA:** Eraikinaren eremu termikoak.
- **METODOLOGIA:** Gas-trazatzaile bat askatzen da eta bere kontzentrazioaren beherakada neurtzen da. Gas-trazatzailea zonalde osoan zehar hedatzen dela ziurtatzeko neurketaren unean, barne-
airea pixka bat astindu egiten da, abiadura txikiko haizagailu baten bidez. Gas-analizatzailearen bidez, gasaren kontzentrazioa zer abiaduratan murrizten den zehazten da.
- **ARAUA:** UNE-EN ISO 12569:2012
- **MUGAK:** Gela guztiek konfigurazio berarekin funtzionatzen duen aireztapen-sistema izan behar dute.

Gas-trazatzaileak

- CTE-DB HS3-ren eskakizunak betetzen diren aztertze aukera ematen du.
- Lokal baten aire-berritze tasa adierazten du (aire-berritzeak orduko)
- Aireztapenari buruzko informazioa ematen du (emariak, pasabideak, etab.).
- Barneko aire-kalitatearen probekin bateragarria (kutsatzaileen neurketa, airearen adina, etab.).

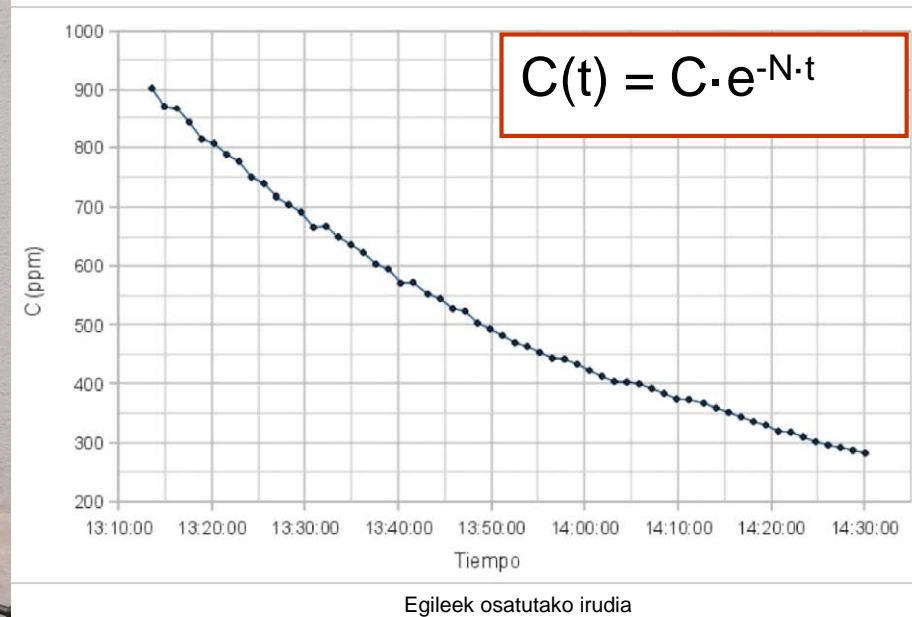
Gas-trazatzaileak



Gas-trazatzaileak



Egileek osatutako irudia



Termografia infragorria

- **NEURKETA:** Gainazaleko tenperaturaren aldaketak eta konparazioak eraikuntza-topaketen eta itxituren inguruan.
- **APLIKAZIOA:** Eraikinen inguratzailea barnealdetik edo kanpoaldetik.
- **METODOLOGIA:** Eraikina erabilera-baldintza izendatuetan egokitzea eta inguratzaile termikoaren itxitura nagusien eta eraikuntza-topaguneetatik hurbil dauden eremuen arteko kanpo-gainazaleko tenperaturen desberdintasunak aztertzea.
- **ARAUA:** EN 13187:1998
- **MUGAK:** Interpretazio kuantitatiboa konplexua da eta neurri osagarriak erabiltzea komeni da. Arauak eskatzen dituen baldintza klimatologikoak: $\Delta T > 10^\circ\text{C}$, itxitura lehor egotea, tenperatura egonkortuak saiakuntza aurreko orduetan, eguzki-erradiaziorik gabe...

Termografia infragorria

Gorputzek igorritako erradiazioan oinarritutako teknika ez-intrusiboa.

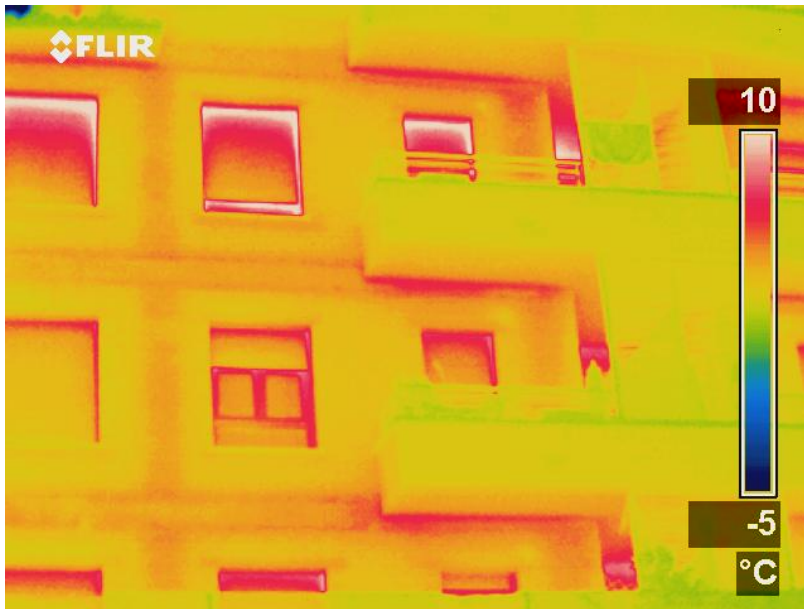
Hainbat aplikazio ditu eraikuntzaren sektorean.

- Zubi termikoak bilatu.
- Hezetasun arazorak bilatu.
- Infiltrazioak bilatu.
- Birgaitzea.

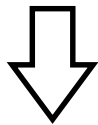


Created by: Flir – Flir.es

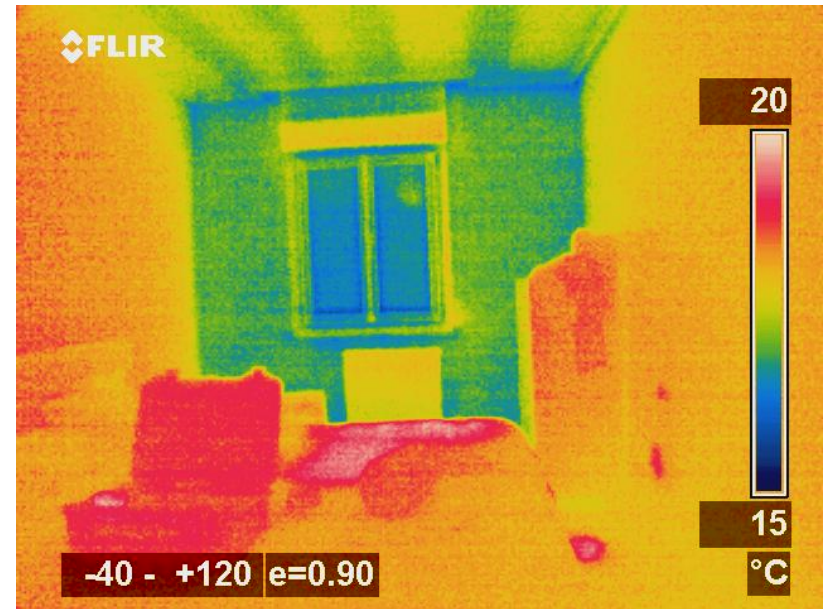
Termografia infragorria



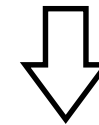
Egileek osatutako irudia



Zubi termikoak

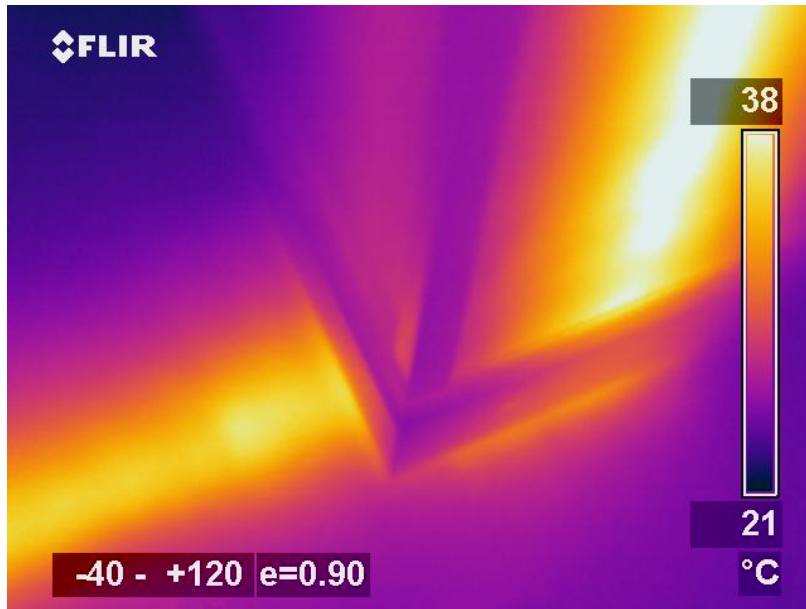


Egileek osatutako irudia

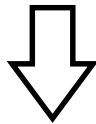


Isolamendu falta

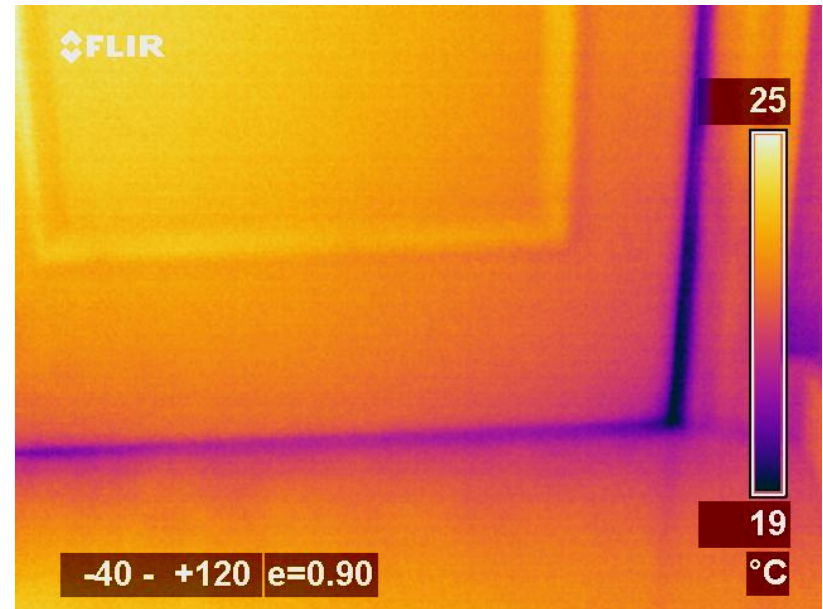
Termografia infragorria



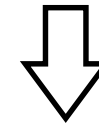
Egileek osatutako irudia



Hezetasun-ikuskatzea



Egileek osatutako irudia



Infiltrazioak

[YouTube kanalean gai honi buruzko laburpen bideo bat duzu, ikusi eCampus OCW plataformako esteka](#)

ESKERRIK ASKO!