CAPÍTOL I.F.

PLEGAMENT I DIFUSIÓ

I.F. PLEGAMENT I DIFUSIÓ

I.F.a. INTRODUCCIÓ

Normalment, els paraments de les sales no acostumen a ser perfectament llisos i, òbviament, això introdueix una absorció auxiliar que cal acotar en funció del tipus de plec.

Només cal recordar les cambres anecoiques o sordes, on l'absorció s'aconsegueix mitjançant un fort plegament i que ofereix com a resultat una superfície de material absorbent sovint cinc cops més gran, o fins i tot més, que la superfície de tancament. D'acord amb les fórmules del temps de reverberació d'un local, quan les unitats d'absorció augmenten a causa de l'augment de la superfície eficaç d'absorció, el temps de reverberació de la sala disminueix.

Caldrà, doncs, estudiar la repercussió de la superfície eficaç que presenta en realitat un cert parament, després d'introduir un plegament, sobre els paràmetres acústics estudiats, a l'objecte d'apropar més a la realitat el mètode desenvolupat en sales de paraments llisos.

Encara que la distribució d'absorció en una sala no acostumi a presentar uniformitat, l'estudi es desenvoluparà continuant amb la hipòtesi que el temps de reverberació de la sala segueix la formulació d'Eyring, la qual cosa proporciona l'aproximació suficient als efectes d'aquest treball.

Caldrà, però, definir en primer lloc les diferents tipologies usuals de plegament emprades en les sales, sota la hipòtesi que amb el seu ajut no existeix variació del volum del local, fet que complicaria excessivament els càlculs.

Posteriorment, s'analitzarà la influència del plegament en la velocitat d'esmorteiment del so i, en conseqüència, en el temps de reverberació del local. Per últim es tractarà la repercussió del plegament en l'augment de la difusió i la variació que això suposarà en la reverberació de la sala.

I.F.b. EL FACTOR DE PLEGAMENT

En primer lloc cal establir les següents definicions :

Superfície de suport

La superfície de suport S_s és la superfície llisa de la pell del local, real, o bé virtual en el cas d'existir plegament. (Figura I.F.1)

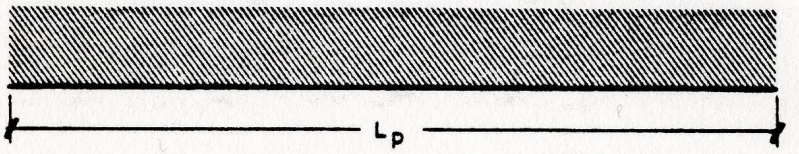


Figura I.F.1. Planta de la superfície de suport.

En general es compleix que la superfície de suport S_s és igual a

$$S_s = L_p H_p, \qquad \text{(I.F.1)}$$

on L_p i H_p són les dimensions del parament.

Superfície eficaç

La superfície eficaç a l'absorció S_e és la superfície que realment es presenta de cara a l'absorció del so i, en el cas d'existir plegament, correspon al desenvolupament d'aquelles cares que estan en contacte amb l'aire de l'interior de la sala.

S'exclouen, per tant, del còmput les cares que es presentin a l'aire clos sense contacte amb el de l'interior de la sala. (Figura I.F.2)

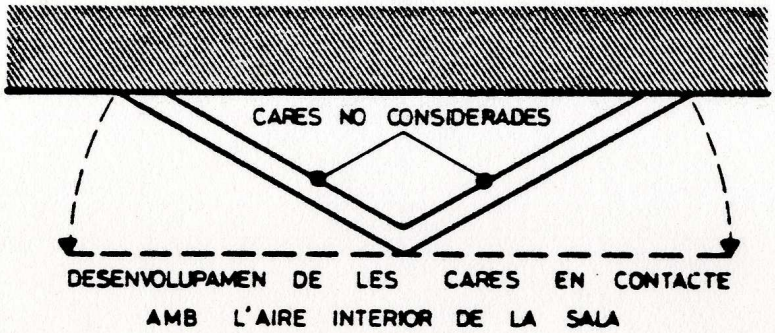


Figura I.F.2. Desenvolupament en planta de la superfície eficaç.

Es compleix sempre que

$$S_e \geqslant S_s. \qquad \text{(I.F.2)}$$

Si no existeix plegament, la superfície eficaç coincideix amb la de suport.

Factor de plegament

El factor de plegament f_p d'una superfície és la relació existent entre la superfície eficaç a l'absorció i la del suport :

$$f_p = S_e/S_s. \qquad \text{(I.F.3)}$$

En general $f_p>1$, solament pel cas esmentat en què s'igualin aquestes superfícies, succeeix que f_p s'iguala amb la unitat.

I.F.c. TIPUS DE PLEGAMENT

1. Plegament en ones

En aquest cas, la superfície eficaç a l'absorció S_e és més gran que la del suport. (Figura I.F.3)

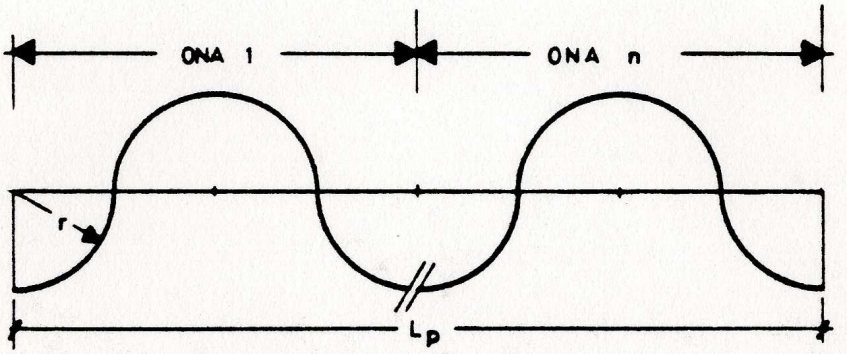


Figura I.F.3. Plegament en ones.

La superfície eficaç és $S_e=n2\pi rH_p$, on n és el nombre d'ones. Però si $L_p=n4r$, llavors

$$S_e = \pi L_p H_p/2, \qquad \text{(I.F.4)}$$

per tant, el factor de plegament serà

$$f_p = \pi/2, \qquad \text{(I.F.5)}$$

independentment del radi de l'ona.

2. Plegament en dents de serra (Figura I.F.4)

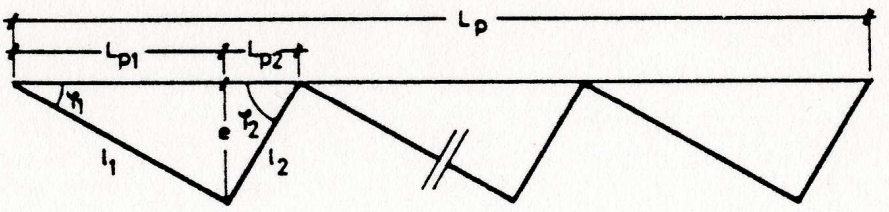


Figura I.F.4. Plegament en dents de serra.

Fàcilment es pot obtenir la superfície eficaç del plegament mitjançant el procés indicat a la Figura I.F.5, multiplicant la **longitud eficaç** per l'alçària.

La longitud eficaç correspon al desenvolupament de la longitud del plegament, suposant constant l'alçària.

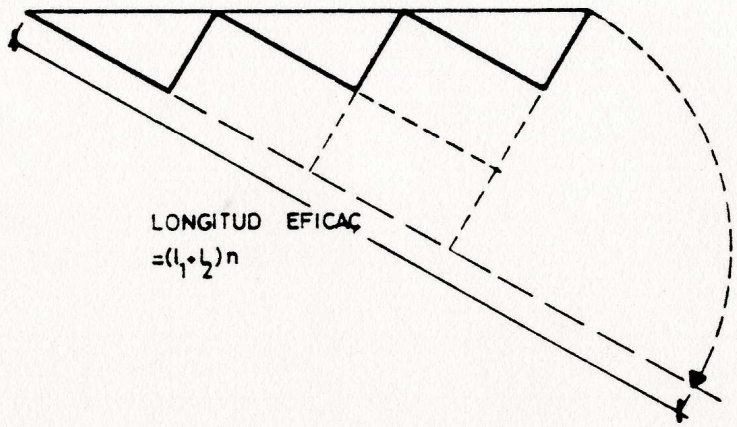


Figura I.F.5. Longitud eficaç del plegament en dents de serra

La superfície eficaç a l'absorció és

$$S_e = (l_1+l_2)nH_p,$$

on n és el nombre de dents de serra continguts en la llargària L_p.

Però si $L_p=(L_{p1}+L_{p2})n$, llavors resulta

$$S_e = (\sin\varphi_1+\sin\varphi_2)L_pH_p/(\sin\varphi_1\cos\varphi_2+\sin\varphi_2\cos\varphi_1), \qquad \text{(I.F.6)}$$

és a dir, que el factor de plegament serà

$$f_p = (\sin\varphi_1+\sin\varphi_2)/(\sin\varphi_1\cos\varphi_2+\sin\varphi_2\cos\varphi_1). \qquad \text{(I.F.7)}$$

A la Taula I.F.1 s'han calculat els factors de plegament per a diferents angles.

φ_2 \ φ_1	10°	15°	20°	25°	30°	35°
10°	1,015	1,023	1,031	1,039	1,048	1,057
15°		1,035	1,047	1,060	1,073	1,086
20°			1,064	1,081	1,099	1,118
25°				1,103	1,126	1,150
30°					1,155	1,184
35°						1,221

Taula I.F.1. Valors del factor de plegament per a diferents angles de les dents de serra.

Com a cas particular, si els angles de la dent de serra són iguals, $\varphi_1=\varphi_2=\varphi$, llavors

$$S_2 = L_p H_p / \cos\varphi, \qquad \text{(I.F.8)}$$

és a dir, que el factor de plegament resultarà

$$f_p = 1/\cos\varphi. \qquad \text{(I.F.9)}$$

3. Plegament en greques (Figura I.F.6)

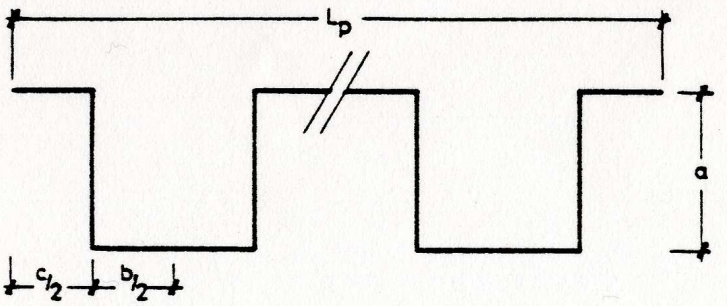


Figura I.F.6. Plegament en greques.

En aquest cas, la superfície eficaç a l'absorció és

$$S_e = (2a+b+c)nH_p.$$

Mentre que la longitud del suport és

$$L_p = (b+c)n.$$

Es a dir, que la superfície eficaç serà

$$S_e = [(2a+b+c)/(b+c)]\, L_p H_p, \qquad \text{(I.F.10)}$$

i, per tant,

$$f_p = (2a+b+c)/(b+c). \qquad \text{(I.F.11)}$$

Indubtablement, si a=b=c, llavors per a aquest cas particular resulta

$$S_e = 2L_p H_p, \qquad \text{(I.F.12)}$$

i, òbviament, pel que fa al factor de plegament, aquest serà

$$f_p = 2. \qquad \text{(I.F.13)}$$

4. Plegament en enreixats

Rectangles sense fons tocant el suport. (Figura I.F.7)

La superfície del plegament ve donada per

$$S_p = (2h+e)\,[nH_p+n'(L_p- ne)],$$

i com que $L_p=n(a+e)$, així com $H_p=n'(b+e)$, llavors serà igual a

$$S_p = (2h+e)\,[(a+b+e)/(a+b)(b+e)]\, L_p H_p. \qquad \text{(I.F.14)}$$

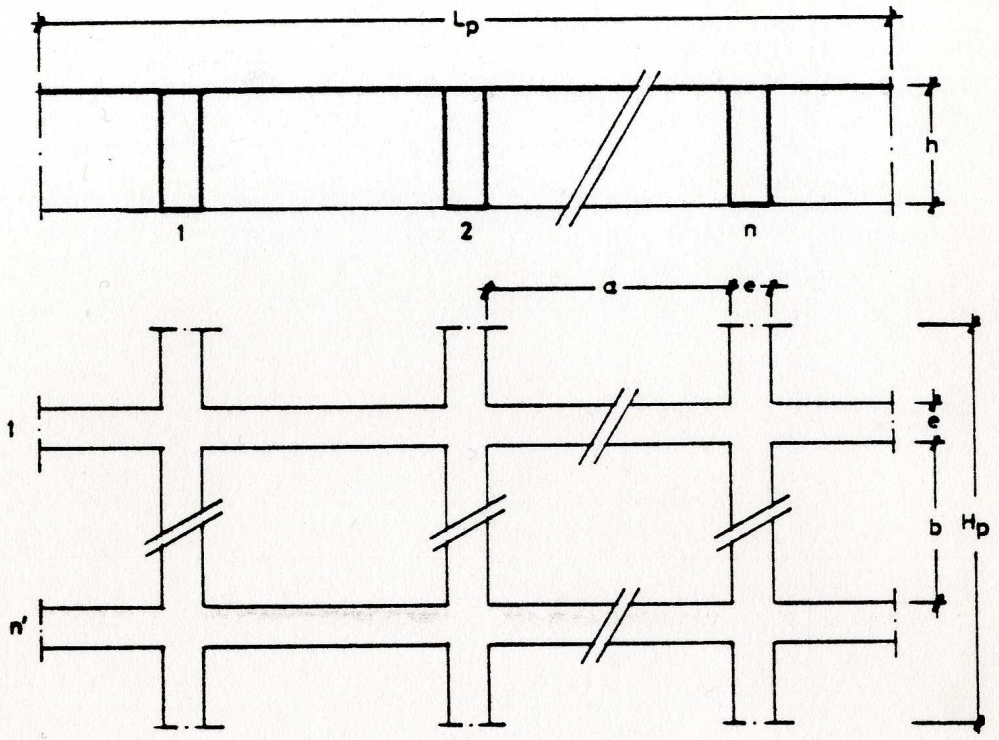


Figura I.F.7. Plegament en enreixat de rectangles sense fons, tocant el suport.

Tanmateix, la superfície suport S_s no ocupada per l'enreixat serà

$$S_s = abL_pH_p/(a+e)(b+e). \qquad \text{(I.F.15)}$$

La superfície eficaç d'absorció, quan el coeficient d'absorció del material de la superfície suport coincideix amb el del material de l'enreixat, serà

$$S_e = S_p+S_s, \qquad \text{(I.F.16)}$$

on substituint les equacions I.F.14 i 15, esdevé en :

$$S_e = \left[(2h+e)(a+b+e)+ab\right] L_pH_p/(a+e)(b+e), \qquad \text{(I.F.17)}$$

i, llavors, s'obté

$$f_p = \left[(2h+e)(a+b+e)+ab\right]/(a+e)(b+e). \qquad \text{(I.F.18)}$$

Evidentment, si l'enreixat està format per quadres, a=b, les expressions I.F.14 i 15 es transformen en

$$S_p = (2h+e)(2a+e)L_pH_p/(a+e)^2, \qquad \text{(I.F.19)}$$

i

$$S_s = a^2L_pH_p/(a+e)^2, \qquad \text{(I.F.20)}$$

i sota la mateixa hipòtesi, de l'equació I.F.16 resulta

$$S_e = [\,(2h+e)(2a+e)+a^2]\,L_pH_p/(a+e)^2. \qquad \text{(I.F.21)}$$

Per tant,

$$f_p = [\,(2h+e)(2a+e)+a^2]\,/(a+e)^2. \qquad \text{(I.F.22)}$$

Si a més a més coincideix l'amplària dels quadres amb la fondària, a=h, llavors,

$$S_e = [\,(2a+e)^2+a^2]\,L_pH_p/(a+e)^2, \qquad \text{(I.F.23)}$$

i, així,

$$f_p = [\,(2a+e)^2+a^2]\,/(a+e)^2, \qquad \text{(I.F.24)}$$

Rectangles sense fons, separats del suport (Figura I.F.8)

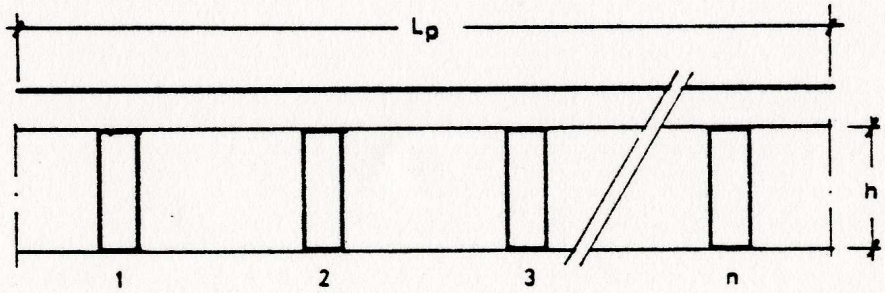


Figura I.F.8. Plegament en rectangles sense fons separats del suport.

En aquest cas la superfície del plegament s'incrementa amb els extrems posteriors :

$$S_p = (2h+e)\left[nH_p+n'(L_p-2ne)\right],$$

i anàlogament, operant resulta

$$S_p = (2h+2e)(b+a)L_pH_p/(a+e)(b+e). \qquad \text{(I.F.25)}$$

Però en aquest cas, la superfície suport és $S_s=L_pH_p$ i, per això, la superfície eficaç d'absorció, sota la hipòtesi que el coeficient d'absorció del material de la superfície suport coincideix amb el del material de l'enreixat, serà, aplicant també I.F.16,

$$S_e = \left(\left[(2h+2e)(b+a)/(a+e)(b+e)\right]+1\right)L_pH_p, \qquad \text{(I.F.26)}$$

i lògicament

$$f_p = \left[(2h+2e)(b+a)/(a+e)(b+e)\right]+1. \qquad \text{(I.F.27)}$$

Si en comptes de rectangles són quadres; a=b :

$$S_e = \left(\left[(2h+2e)2a/(a+e)^2\right]+1\right)L_pH_p, \qquad \text{(I.F.28)}$$

resultant

$$f_p = \left[(2h+2e)2a/(a+e)^2\right]+1, \qquad \text{(I.F.29)}$$

i si la fondària h coincideix amb l'amplària; h=a :

$$S_e = \left(\left[4a/(a+e)\right]+1\right)L_pH_p, \qquad \text{(I.F.30)}$$

obtenint-se

$$f_p = \left[4a/(a+e)\right]+1. \qquad \text{(I.F.31)}$$

5. Plegament en ranures

En aquest cas, pot començar a intervenir l'efecte del ressonador de Helmtholz pel que fa a l'absorció. Cal comptar amb això en definir el coeficient d'absorció α_R d'aquest parament.

Ranures separades del suport (Figura I.F.9)

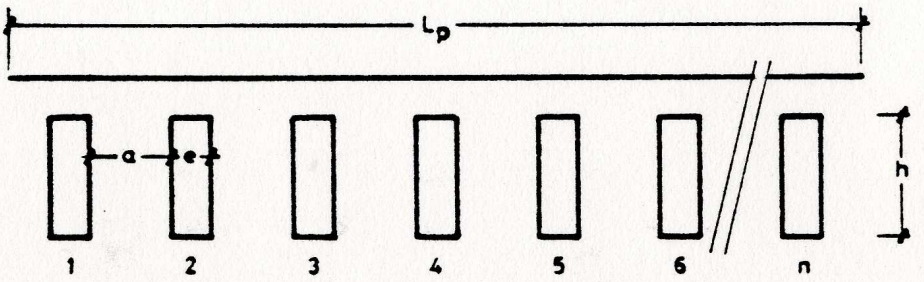


Figura I.F.9. Plegament en ranures separades del suport.

Evidentment $S_p=(2h+2e)nH$, i com que $L_p=(a+e)n$, llavors,

$$S_p = (2h+2e)L_pH_p/(a+e). \qquad \text{(I.F.32)}$$

Com que $S_s=L_pH_p$, si ambdues superfícies tenen el mateix coeficient d'absorció, la superfície eficaç serà també la suma, és a dir :

$$S_e = \left(\left[(2h+2e)/(a+e)\right]+1 \right) L_pH_p \qquad \text{(I.F.33)}$$

i

$$f_p = \left[(2h+2e)/(a+e)\right]+1. \qquad \text{(I.F.34)}$$

En el cas que coincideixi h=e (llistons quadrats),

$$f_p = \left[4e/(a+e)\right]+1. \qquad \text{(I.F.35)}$$

Si a més a més també a=e, llavors s'obté

$$f_p = 3. \qquad \text{(I.F.36)}$$

Ranures tocant al suport (Figura I.F.10)

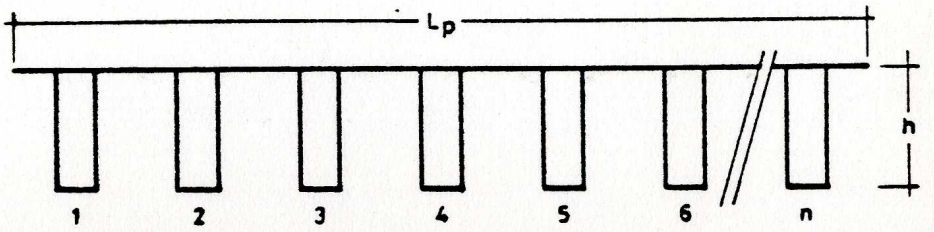


Figura I.F.10. Plegament en ranures tocant al suport.

La superfície de plegament ve definida per

$$S_p = (2h+e)nH_p$$

que amb $L_p=(a+e)n$, dóna

$$S_p = (2h+e)L_pH_p/(a+e). \qquad \text{(I.F.37)}$$

Com que en aquest cas,

$$S_s = aL_pH_p/(a+e), \qquad \text{(I.F.38)}$$

si coincideixen els coeficients d'absorció d'ambdues superfícies, la superfície eficaç serà també la suma, i resultarà

$$S_e = (2h+e+a)L_pH_p/(a+e), \qquad \text{(I.F.39)}$$

així com

$$f_p = (2h+e+a)/(a+e). \qquad \text{(I.F.40)}$$

Anàlogament, si h=e,

$$f_p = (3e+a)/(a+e), \qquad \text{(I.F.41)}$$

i si també a=e,

$$f_p = 2. \qquad \text{(I.F.42)}$$

6. Plegaments mixtos

De vegades es fan servir plegaments d'altres tipus, que en molts casos poden considerar-se com un sistema mixt entre les tipologies estudiades.

Aquest és el cas del plegament de dents de serra amb juntes obertes, (Figura I.F.11), (on també pot intervenir l'augment d'absorció a causa de l'efecte ressonador de membrana o bé de cavitat), seccions piramidals (Figura I.F.12), esfèriques i d'altres figures geomètriques més o menys regulars.

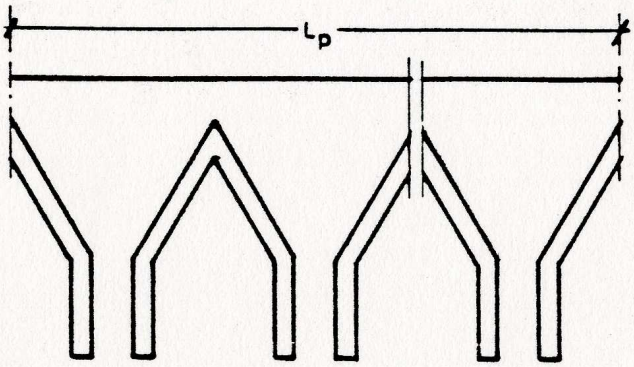


Figura I.F.11. Plegament mixt en dents de serra i ranures.

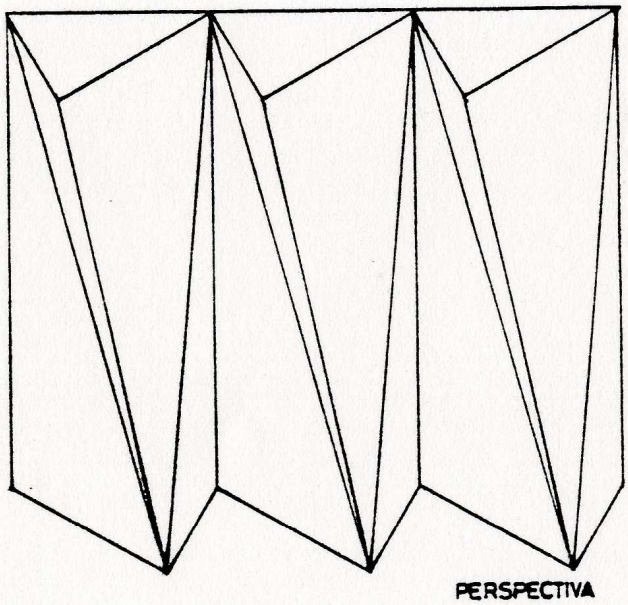


Figura I.F.12. Plegament mixt en volums piramidals.

Òbviament, l'extensió de la gamma de possibilitats en aquestes tipologies de plegament, produiria un estudi massa feixuc i no necessari en aquest treball. En tot cas, l'estudi particular d'algun d'aquests casos es pot basar en els procediments analitzats en els apartats anteriors.

I.F.d. INFLUÈNCIA DEL PLEGAMENT EN LA VELOCITAT D'ESMORTEÏMENT

A més a més de l'augment de difusió que inevitablement porta aparellat tot plegament (que s'analitza en l'apartat següent), solament pel fet de l'augment de la superfície del revestiment a causa d'aquest plegament, existirà una variació en la reflexió del local i, per tant, en la velocitat d'esmorteïment.

Efectivament, si f_p és el factor de plegament de la superfície de revestiment llisa S_R del local, la superfície eficaç a l'absorció serà

$$S_e = S_R f_p. \qquad \text{(I.F.43)}$$

El coeficient d'absorció de la sala, a causa del plegament, serà per a qualsevol freqüència

$$\alpha_p = (f_p S_R \alpha_R + S_T \alpha_T)/S, \qquad \text{(I.F.44)}$$

on substituint en l'equació I.E.4 i operant resulta

$$r_p = (1-f_p\alpha_R)-(\alpha_T-f_p\alpha_R)/C, \qquad \text{(I.F.45)}$$

anàloga a la fórmula I.E.5, però on el coeficient d'absorció del revestiment queda afectat amb el factor de plegament, incrementant-lo.

L'anàlisi de la variació de la velocitat d'esmorteïment en una mateixa sala on es varia el plegament pot resumir-se a l'estudi realitzat en l'apartat I.B.g per a les sales d'igual S_T. Si v_{Ep} és la velocitat després del plegament i v_E la de la sala llisa, es complirà

$$v_{Ep} = v_E S_p(\ln r_p)/S\ln r. \qquad \text{(I.F.46)}$$

Com que la superfície de pell amb el plegament és $S_p=S_R f_p+S_T$ i la superfície de pell llisa s'obté amb $S=S_R+S_T$, dividint-les i operant resulta

$$S_p/S = f_p-(f_p-1)/C. \qquad \text{(I.F.47)}$$

Tanmateix, l'expressió I.F.45 pot també escriure's :

$$r_p = 1-f_p\alpha+\alpha_T(f_p-1)/C, \qquad \text{(I.F.48)}$$

resultant

$$v_{Ep} = v_E\left[f_p-(f_p-1)/C\right]\ln\left[1-f_p\alpha+\alpha_T(f_p-1)/C\right] \;/\ln(1-\alpha). \qquad \text{(I.F.49)}$$

Per a predimensionats inicials pot adoptar-se l'aproximació

$$v_{Ep} \approx v_E f_p, \qquad \text{(I.F.50)}$$

tot i que dóna valors lleugerament més baixos que els resultants d'aplicar l'anterior.

Exemple. Per a la sala x=1,5, y=2, amb α_R=0,15 i α_T=0,8 :

- Si f_p=1,155, corresponent a un plegament de tota la superfície S_R en dents de serra, amb $\varphi_1=\varphi_2=30$ (Taula I.F.1), llavors :

$$\alpha = 0{,}300,$$

$$\alpha_p = 0{,}317,$$

$$S_p/S = 1{,}119.$$

De l'expressió I.F.49 resulta realment

$$v_{Ep} = 1{,}2v_E,$$

superior a prendre $v_{Ep}=1{,}155v_E$ que s'obté amb la fórmula I.F.50.

- Si f_p=1,57, corresponent a un plegament en ones semicirculars, llavors :

$$\alpha_p = 0{,}365,$$

$$S_p/S = 1{,}438,$$

i, anàlogament, de I.F.49 resulta

$$v_{Ep} = 1{,}836 v_E,$$

molt més gran que $1{,}57 v_E$ obtingut amb I.F.50.

Com que el plegament no s'acostuma a utilitzar per igual en totes les superfícies de revestiment, el valor del factor de plegament resultant f_p pot calcular-se mitjançant :

$$f_p = (\Sigma S_{Ri} f_{pi})/S_R. \qquad \text{(I.F.51)}$$

Conseqüentment, f_p acostuma a ser bastant baix, amb la qual cosa existeix menys error en aplicar la fórmula I.F.50, en lloc de la I.F.49.

El fet d'introduir plegament no ha afectat l'S_T ni tampoc el volum (hipòtesi de partida en definir el plegament), és a dir, que el temps de reverberació de la sala amb el plegament vindrà relacionat amb el de la sala llisa, mitjançant la igualtat

$$T_p = T v_E / v_{Ep}, \qquad \text{(I.F.52)}$$

i substituint I.F.49 resulta

$$T_p = T\,[\ln(1-\alpha)]\,/\,[f_p-(f_p-1)/C]\ln[1-f_p\alpha+\alpha_T(f_p-1)/C], \qquad \text{(I.F.53)}$$

i per l'aproximació vàlida solament per predimensionats resultarà

$$T_p = T/f_p. \qquad \text{(I.F.54)}$$

Exemple. Aplicant-ho als casos analitzats en els exemples d'abans :

- Si f_p=1,155, tenim que exactament T_p=0,833T, i per al predimensionat serveix suficentment el que T_p=0,866T.

- Si f_p=1,57, T_p=0,544T, tot i que per al predimensionat ara ja és més dificultós adoptar T_p=0,637T.

És a dir, un plegament de f_p = 1,155 produeix una disminució del temps de reverberació del 17% respecte al de la mateixa sala sense plegar, i un plegament de f_p = 1,57 el disminueix un 46%. **L'eficàcia del plegament** definida com decrement de reverberació/increment de pell és, en l'exemple analitzat, superior amb factors de plegament baixos, on és de 17/15,5 = 1,096, mentre que per als alts solament és de 46/57 = 0,807.

I.F.e. INFLUÈNCIA DEL PLEGAMENT PEL QUE FA A LA DIFUSIÓ

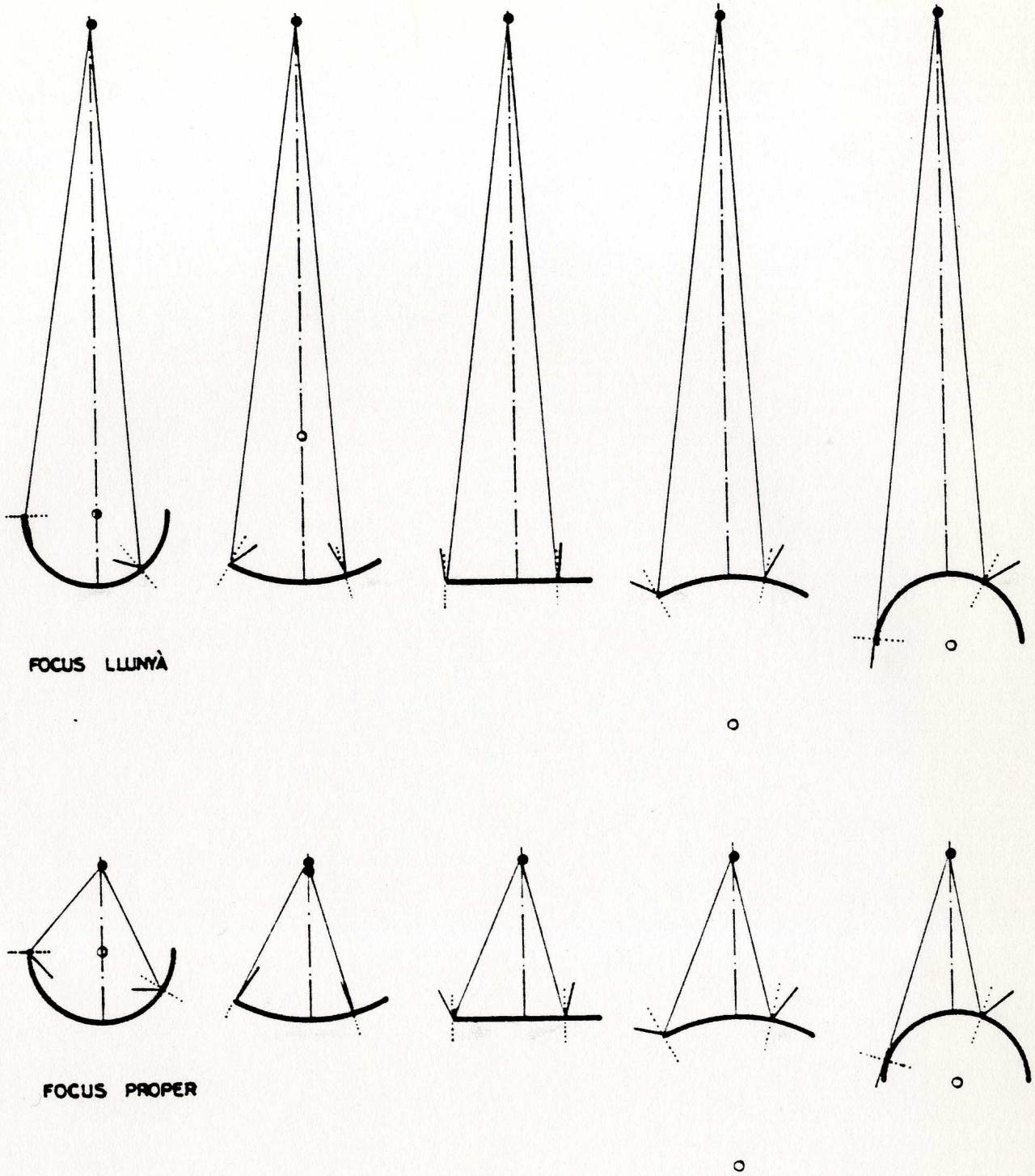
Com s'acaba de veure a l'anterior apartat, la introducció d'un plegament produeix un augment de la pell interior de la sala i una disminució en la reflexió. Tot això és determinant per a baixar la reverberació del local, però aquesta queda també afectada per un altre efecte : l'augment de la reflexió difosa enfront de la reflexió especular.

Efectivament, quan hi ha certa relació entre la forma i la grandària dels plecs respecte a la longitud d'ona del so incident, aquest surt de l'obstacle seguint moltes direccions diferents. Això comporta un més gran nombre de reflexions i, per tant, una disminució en el lliure camí mitjà, (és a dir, l'efecte resultant pel que fa a la reverberació és com si la sala fos més petita).

Per això té tanta importància la difusió en les sales grans. Quan el local prismàtic creix mantenint constants les seves proporcions, el factor de forma $f_f=S/V$ disminueix, ja que $S/V=2(x+y+xy)/xyH$, i solament augmenta l'alçària H.

Com que el lliure camí mitjà és inversament proporcional al factor de forma, creix quan aquest últim disminueix, i això vol dir que disminueix el nombre de reflexions (equació I.B.2) $N_t=ct/\bar{L}$, la qual cosa comporta un augment del temps de reverberació.

La Figura I.F.13 defineix el grau de difusió del plegament en ones. Altres plegaments d'irregularitat variable, com el de la Figura I.F.12, presenten els avantatges d'adaptar-se a una extensa gamma de longituds d'ona i, per això, són molt emprats.



Difusió positiva si les focalitzacions són abans d'arribar al públic (En general cal evitar aquestes formes)

Difusió positiva, més alta com més s'apropen les seves dimensions a la longitud d'ona del so incident

Figura I.F.13. Difusió de plegament en ones.

Un possible camí per acotar la repercussió de la difusió en la velocitat d'esmorteïment i, per tant, en el temps de reverberació pot consistir en diferenciar el coeficient de reflexió en els dos coeficients que acostumen a actuar simultàniament :

r_e **coeficient de reflexió especular:** que sols es basa en les lleis de l'òptica pel que fa als angles d'incidència i de reflexió (Figura I.F.14). En principi r_e informa de la relació entre l'energia reflectida per una superfície respecte a la d'incidència, quan l'angle de reflexió coincideix amb el d'incidència.

r_d **coeficient de reflexió difosa :** que segueix la llei de Lambert, és a dir, que per una direcció d'angle φ, respecte a la normal al pla, l'energia reflectida és igual a la de la direcció normal multiplicada pel cosinus de φ, independentment de quin hagi estat l'angle d'incidència del so. Figura I.F.14.

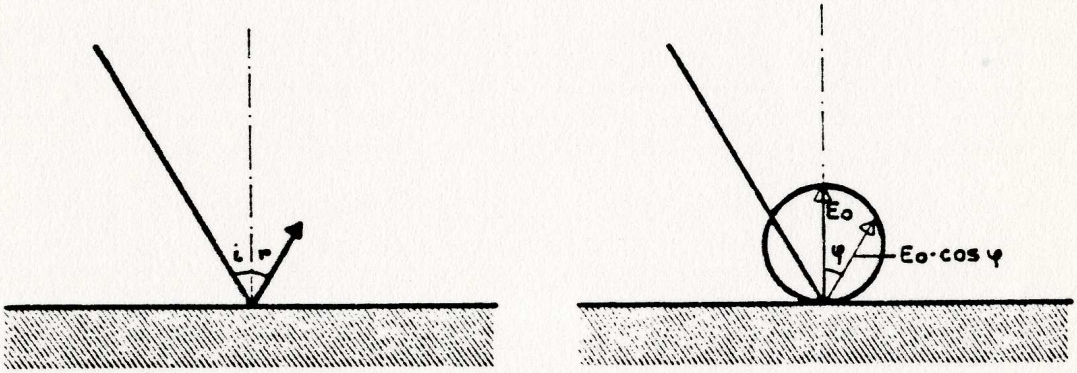


Figura I.F.14. Reflexió especular i difosa.

Així en l'expressió del temps de reverberació estadístic $T=K'\bar{L}/-\ln r$, que acostuma a establir-se per a sales amb materials molt difusors o bé d'alt coeficient de reflexió (la qual cosa afavoreix la difusió, en multiplicar-se el nombre de reflexions), caldrà ponderar el terme $\bar{L}/-\ln r$ amb un **factor de reflexió** f_R quantitativament definit en funció dels següents casos :

- $r_e \gg r_d$; reflexió especular. El lliure camí mitjà es veu afectat per la posició de la font i de l'auditor. La dispersió de valors de la reverberació entre els diferents punts de l'auditori dificulta el mesurament a la sala. Es pot considerar que $\bar{L}/\ln r$ queda afectat per un factor $f_R>1$.

Normalment, les sales que presentaven aquest defecte han estat corregides posteriorment.

- $r_d=0$; reflexió eminentment especular. S'agreugen els problemes esmentats abans, sobretot si la sala és perfectament prismàtica, cas en què es presenten les freqüències estacionàries amb altes intensitats, seguint exactament les lleis de la teoria ondulatòria.

  En aquests casos la quantificació del factor f_R serà molt dificultosa, i pot passar de valors molt alts a quasi nuls en funció de l'amplària de la banda de freqüència considerada.

- $r_e \approx r_d$; reflexió mixta. El factor $f_R>1$ s'apropa bastant a la unitat. Existeixen poques diferències en les mesures de la reverberació en diferents indrets de l'auditori, i hi repercuteix d'una manera menys crítica la situació de la font. Cal que hom dessenyi les sales de dimensions mitjanes d'acord amb aquesta característica.

- $r_e<r_d$; reflexió difosa. Amb independència de la ubicació del focus emissor, el temps de reverberació és quasi el mateix en qualsevol indret de la sala, la qual cosa permet establir un únic temps de reverberació com a òptim. D'altra banda, els temps mesurats són més baixos que els obtinguts mitjançant les formulacions on el lliure camí mitjà no s'ha ponderat per aquest efecte. Cal, doncs, que en aquestes s'adopti un factor $f_R \approx 1$. La major part de les grans sales caldrà dissenyar-les amb aquesta característica.

- $r_e=0$; reflexió eminentment difosa. En aquest cas $f_R<1$, però aquest estat difós pur no acostuma a presentar-se més que en el laboratori.

Es veu així la necessitat que els laboratoris de materials acústics subministrin r_e i r_d en lloc del coeficient d'absorció d'incidència aleatòria en cambra o d'incidència normal en tub de Kund. Aquests últims, solament quantifiquen l'energia acústica que es dissipa en el material en funció de la direcció d'arribada del so, i no pas la forma en que es realitza la reflexió.

Efectivament, encara que el valor del coeficient de reflexió r és quasi igual a la suma de r_e i r_d, en aplicar el valor total r s'està valorant de la mateixa forma el que la reflexió sigui especular o difosa, la qual cosa és errònia.

Algunes formulacions del temps de reverberació, com la de Millington, on es distingeix l'afectació diferenciada de cada material, o la de Fitzroy que ho fa segons els tres eixos de la sala, tot i que s'apropen més a la realitat que no pas la d'Eyring, tampoc consideren aquest efecte, i només són aplicables amb reflexions més o menys mixtes.

Així, el temps de reverberació real de la sala s'apropará més a

$$T = f_R T_c, \qquad \text{(I.F.53)}$$

on T_c representa el temps resultant del càlcul analític (d'Eyring, Millington, Fitzroy, ...) i f_R el factor de ponderació de la reflexió, que hauria de ser proporcional a la relació r_e/r_d.

El factor de reflexió pot adoptar un valor diferent per a cada banda d'octava o terç d'octava de freqüència en funció de les dimensions de les irregularitats del plegament.

Com ja s'ha vist, usualment, el temps de reverberació mesurat en una sala és més alt que el calculat d'acord amb les formulacions d'aquests autors i en aquest cas, òbviament, el factor de reflexió representarà el quocient entre el temps mesurat i el calculat. Un cop calculat pot intentar-se relacionar amb els tipus i factors de plegament existents en la sala.

A més a més, en funció de la situació específica dins la sala de les superfícies difusores i especulars, poden aconseguir-se millores importants en la **intimitat acústica**, paràmetre que segons Beranek (7, pàg. 423) determina el 40% de la qualitat acústica en les sales d'audicions.

I.F.f. SINOPSI

Quan l'absorció del revestiment està exclusivament vinculada a l'estructura interna del material, i no pas al fet d'actuar com a ressonador de membrana o de cavitat, i descomptant també l'efecte de difusió originat per la forma i dimensió dels plecs, és possible establir un cert factor de plegament que permet calcular l'augment o disminució que experimenta la velocitat d'esmorteïment d'una sala en la qual es varia el seu plegament.

És interessant d'observar com, sota aquestes hipòtesis, augmenta el valor del factor de plegament d'un revestiment en augmentar la intensitat dels plecs. Això succeeix a partir de les dents de serra, passant per les ones, greques i ranures, fins arribar als enreixats en els quals s'aconsegueixen els valor més alts.

Usualment, el plegament no acostuma a realitzar-se per igual en els diferents revestiments de la sala, i això dóna per resultat un factor de plegament mitjà de tota l'àrea de revestiment S_R, de valor bastant baix, (lleugerament superior a la unitat). En aquests casos, per a trobar la velocitat d'esmorteïment final pot servir, als efectes de predimensionat, la simple multiplicació de la velocitat en sala llisa per aquest factor mitjà. En tot cas, si es requereix més exactitud, caldrà a més a més conèixer prèviament la raó de contorn, (o bé la constant d'homofonia), i els coeficients d'absorció de les diferents àrees en la sala inicial.

Pel que fa a l'increment de difusió ocasionat per la introducció d'un plegament, s'ha vist la possibilitat d'emprar un cert factor de reflexió, funció dels coeficients de reflexió especular i difosa. El càlcul d'aquest factor requereix, però, establir en el laboratori la diferència entre els dos coeficients de reflexió esmentats, així com relacionar la dimensió i el tipus del plegament amb la banda de freqüència considerada.

En particular, l'aplicació del factor de plegament pel que fa al disseny de sales es veurà més detalladament en el capítol II.C. (exemple final).