

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

# ENERGIA-TEKNOLOGIA: taulak eta abakoak

Egilea(k)  
Pernando Zugazaga  
Aitor Erkoreka  
Jesus M<sup>a</sup> Blanco

**EUSKARA ETA ELEANIZTASUNeko  
ERREKTOREORDETZAREN SARE ARGITALPENA**

Liburu honek UPV/EHUko Euskara eta Eleaniztasuneko Errektoreordetzaren  
dirulaguntza jaso du

eman ta zabal zazu



Universidad Euskal Herriko  
del País Vasco Unibertsitatea

DPTO. DE MAQUINAS Y MOTORES TERMICOS MAKINA ETA MOTOR TERMIKOAK SAILA

# **ENERGIA-TEKNOLOGIA: TAULAK ETA ABAKOAK**

**Industria Ingeniaritzako 4. maila**

**Pernando Zugazaga**

**Aitor Erkoreka**

**Jesús M<sup>a</sup> Blanco**



# AURKIBIDEA

<b>0. UNITATEAK ETA BIHURKETA-FAKTOREAK .....</b>	<b>1</b>
<b>1. EROANKORTASUN TERMIKOA .....</b>	<b>7</b>
<b>2. KONBEKZIOA .....</b>	<b>37</b>
<b>3. ERRADIAZIOA .....</b>	<b>53</b>
<b>4. ERREKUNTZA .....</b>	<b>75</b>
<b>5. AIRE HEZEA .....</b>	<b>81</b>
<b>6. HOZTE-MAKINAK .....</b>	<b>93</b>
<b>NOMENKLATURA .....</b>	<b>109</b>
<b>I. ERANSKINA:</b>	
<b>Oso erabiliak diren hainbat konbekzio-korrelazio .....</b>	<b>113</b>
<b>II. ERANSKINA:</b>	
<b>Ariketak eta emaitzak .....</b>	<b>133</b>



# 0. UNITATEAK ETA BIHURKETA- FAKTOREAK

---



## 0.1. S.I.-KO OINARRIZKO UNITATEAK

<i>MAGNITUDEA</i>	<i>IZENA</i>	<i>SINBOLOA</i>
<i>Luzera</i>	<i>Metro</i>	<i>m</i>
<i>Masa</i>	<i>Kilogramo</i>	<i>kg</i>
<i>Denbora</i>	<i>Segundo</i>	<i>s</i>
<i>Tenperatura</i>	<i>Kelvin</i>	<i>K</i>

## 0.2. S.I.-TIK GARATUTAKO UNITATEAK

<i>MAGNITUDEA</i>	<i>IZENA</i>	<i>SINBOLOA</i>
<i>Azelerazioa</i>	<i>Metro segundo karratuko</i>	<i>m/s<sup>2</sup></i>
<i>Azalera</i>	<i>Metro karratu</i>	<i>m<sup>2</sup></i>
<i>Bolumena</i>	<i>Metro kubiko</i>	<i>m<sup>3</sup></i>
<i>Abiadura</i>	<i>Metro segundoko</i>	<i>m/s</i>
<i>Angulu laua</i>	<i>Radian</i>	<i>rad</i>
<i>Angulu solidoa</i>	<i>Estereoradian</i>	<i>sr</i>
<i>Indarra</i>	<i>Newton</i>	<i>N</i>
<i>Potentzia</i>	<i>Watt</i>	<i>W</i>
<i>Presioa</i>	<i>Pascal</i>	<i>Pa</i>
<i>Energia</i>	<i>Joule</i>	<i>J</i>
<i>Dentsitatea</i>	<i>Kilogramo metro kubikoko</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Bero espezifikoa</i>	<i>Joule zati kilogramo kelvin</i>	<i>J/kg K</i>
<i>Eroankortasun termikoa</i>	<i>Watt zati metro kelvin</i>	<i>W/m K</i>
<i>Biskositate dinamikoa</i>	<i>Newton bider segundo zati metro karratu</i>	<i>N s/m<sup>2</sup></i>
<i>Biskositate zinematikoa</i>	<i>Metro karratu segundoko</i>	<i>m<sup>2</sup>/s</i>
<i>Erradiazio intentsitatea</i>	<i>Watt estereoradianeko</i>	<i>W/sr</i>



### 0.3. MULTIPLOAK

<i>AURRIZKIA</i>	<i>SINBOLOA</i>	<i>BIDERKATZAILEA</i>
<i>Tera</i>	<i>T</i>	$10^{12}$
<i>Giga</i>	<i>G</i>	$10^9$
<i>Mega</i>	<i>M</i>	$10^6$
<i>Kilo</i>	<i>K</i>	$10^3$
<i>Hekto</i>	<i>H</i>	$10^2$
<i>Dek</i>	<i>Da</i>	$10^1$
<i>Dezi</i>	<i>D</i>	$10^{-1}$
<i>Zenti</i>	<i>C</i>	$10^{-2}$
<i>Mili</i>	<i>M</i>	$10^{-3}$
<i>Mikro</i>	$\mu$	$10^{-6}$
<i>Nano</i>	<i>N</i>	$10^{-9}$
<i>Piko</i>	<i>P</i>	$10^{-12}$
<i>Femto</i>	<i>F</i>	$10^{-15}$
<i>Atto</i>	<i>A</i>	$10^{-18}$

### 0.4. SISTEMA INGELESERAKO BIHURKETA-FAKTOREAK

<i>Luzera</i>	$1 m = 3,2808 ft$ $1 cm = 0,3937 in$ $1 km = 0,6213 mi$	$1 ft = 0,3048 m$ $1 in = 2,54 cm$ $1 mi = 1,60934 km$
<i>Masa</i>	$1 kg = 2,2046 lbm$	$1 lbm = 0,4536 kg$
<i>Indarra</i>	$1 N = 0,2248 lbf$	$1 lbf = 4,4482 N$
<i>Bolumena</i>	$1 m^3 = 35,315 ft^3$	$1 ft^3 = 0,028317 m^3$
<i>Abiadura</i>	$1 km/h = 0,62137 milla/h$	$1 milla/h = 1,6093 km/h$
<i>Presioa</i>	$1 Pa = 1,4504 \cdot 10^{-4} lbf/in^2$	$1 lbf/in^2 = 6894,8 Pa$
<i>Energia</i>	$1 kJ = 0,9478 Btu$	$1 Btu = 1,0551 kJ$
<i>Potentzia</i>	$1 W = 3,413 Btu/h$	$1 Btu/h = 0,293 W$

## 0.5. UNITATE ERABILIENEN ARTEKO BALIOKIDETASUNAK

<i>Luzera</i>	$1 m = 10^2 cm = 10^3 mm = 10^6 \mu m$
<i>Azalera</i>	$1 m^2 = 10^4 cm^2 = 10^6 mm^2$
<i>Bolumena</i>	$1 m^3 = 10^6 cm^3 = 10^9 mm^3$ $1 gal = 4,54609 \cdot 10^{-3} m^3$
<i>Indarra</i>	$1 N = 10^5 dina$ $1 kp = 9,80665 N$ $1 lbf = 4,44822 N$
<i>Energia</i>	$1 cal = 4,18 J$ $1 erg = 10^{-7} J$ $1 kWh = 3,6 \cdot 10^6 J = 8,60112 \cdot 10^1 th$
<i>Potentzia</i>	$1 CV = 735 W = 0,985 hp$ $1 kcal/h = 1,16 W$ $1 kgf m/s = 9,80665 W$
<i>Presioa</i>	$1 Pa = 1 N/m^2 = 10^{-5} bar$ $1 atm = 760 mm Hg = 1,033 kg/cm^2 = 1,013 bar$ $1 mm H_2O = 9,80665 Pa$
<i>Abiadura</i>	$1 km/h = 0,2777 m/s$
<i>Tenperatura</i>	$1 ^\circ C = 1 K = 9/5 ^\circ F = 9/5 ^\circ R$
<i>Biskositate dinamikoa</i>	$1 N s/m^2 = 100 Poise$
<i>Biskositate zinetikoa</i>	$1 m^2/s = 10^4 Stoke$

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

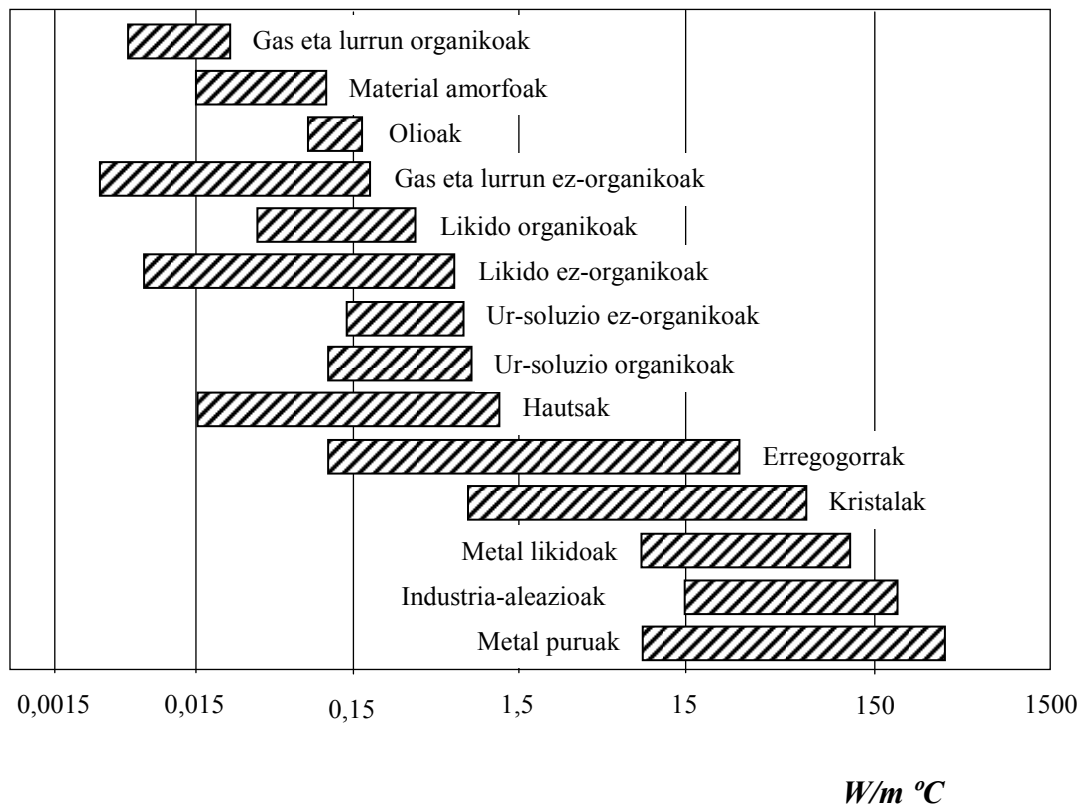


# 1. EROANKORTASUN TERMIKOA

---

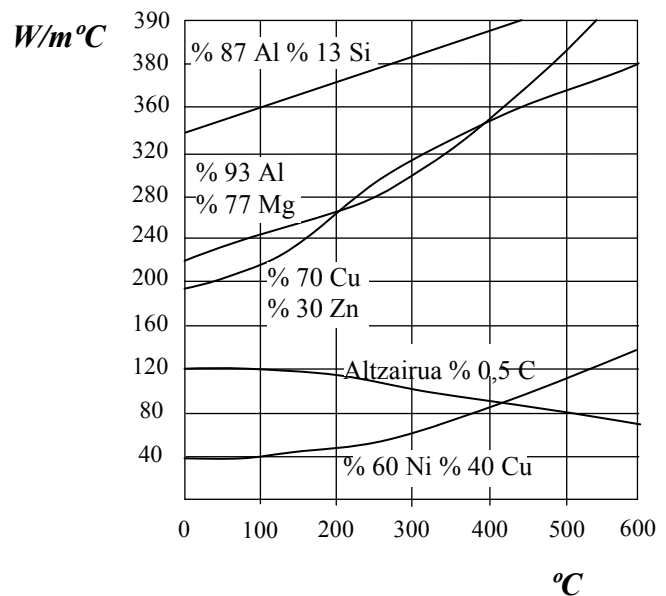
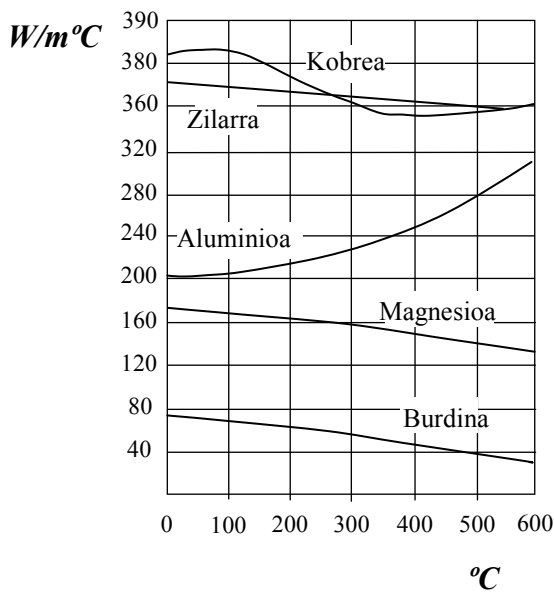


## 1.1. SUBTANTZIA BATZUEN EROANKORTASUN TERMIKOAREN ( $\lambda$ -REN) ARTEKO KONPARAZIOA



- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

## 1.2. ZENBAIT METAL PURUREN ETA ALEAZIOREN EROANKORTASUN TERMIKOA ( $\lambda$ ) NOLA ALDATZEN DEN TEMPERATURA-ALDAKETEN AURREAN



- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 1.3. ALEAZIO ETA METAL BATZUEN PROPIETATEAK

METALA	Propietateak 20 °C-an				$\lambda$ (W/m °C) hainbat temperaturatarako (°C)									
	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\lambda$ (W/m °C)	$a \times 10^5$ (m <sup>2</sup> /s)	-100	0	100	200	300	400	600	800	1000	1200
<b>Aluminioa</b>														
Purua	2707	0,896	204	8,418	215	202	206	215	228	249				
Al-Cu (Duraluminioa), 94-96 Al, 3-5 Mg, Mg azarnak	2787	0,883	164	6,676	126	159	182	194						
Al-Mg (Hidronalio)	2611	0,904	112	4,764	93	109	125	142						
91-95 Al, 5-9 Mg Al-Si (Silumin kobreduna) 86,5 Al, 12,5 Si, 1 Cu	2659	0,867	137	5,933	119	137	144	152	161					
Al-Si (Alusil)	2627	0,854	161	7,172	144	157	168	175	178					
78-80 Al, 20-22 Si Al-Mg-Si 97 Al, 1 Mg, 1 Si, 1 Mn	2707	0,892	177	7,311		175	189	204						
<b>Beruna</b>	11373	0,130	35	2,343	36,9	35,1	33,4	31,5	29,8					
<b>Burdina</b>														
Purua	7897	0,452	73	2,026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
Burdina forjatua (C < % 0,5)	7849	0,46	59	1,626		59	57	52	48	45	36	33	33	33
Galdeategia (C $\approx$ % 4)	7272	0,42	52	1,703										
<b>Altzairua</b>														
% 0,5 C	7833	0,465	54	1,474		55	52	48	45	42	35	31	29	31
% 1 C	7801	0,473	43	1,172		43	43	42	40	36	33	29	28	29
% 1,5 C	7753	0,486	36	0,970		36	36	36	35	33	31	28	28	29
<b>Ni altzairua</b>														
Ni $\approx$ % 0	7897	0,452	73	2,026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
% 10	7945	0,46	26	0,720										
% 20	7993	0,46	19	0,526										
% 30	8027	0,46	12	0,325										
% 40	8169	0,46	10	0,279										
% 50	8266	0,46	14	0,361										
% 60	8378	0,46	19	0,493										
% 70	8506	0,46	26	0,666										
% 80	8618	0,46	35	0,872										
% 90	8762	0,46	47	1,156										
% 100	8906	0,448	90	2,276										
Invar, Ni = % 36	8137	0,46	10,7	0,286										
<b>Cr altzairua</b>														
Cr = % 0	7897	0,452	73	2,026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
% 1	7865	0,46	61	1,665		62	55	52	47	42	36	33	33	
% 2	7865	0,46	52	1,443		54	48	45	42	38	33	31	31	
% 5	7833	0,46	40	1,110		40	38	36	36	33	29	29	29	
% 10	7785	0,46	31	0,867		31	31	31	29	29	28	28	29	
% 20	7689	0,46	22	0,635		22	22	22	22	24	24	26	29	
% 30	7625	0,46	19	0,542										

METALA	Propietateak 20 °C-an				$\lambda$ (W/m °C) hainbat temperaturatarako (°C)									
	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\lambda$ (W/m °C)	$a \times 10^3$ (m <sup>2</sup> /s)	-100	0	100	200	300	400	600	800	1000	1200
<b>Cr-Ni</b>														
<b>altzairua</b>														
15 Cr, 10 Ni	7865	0,46	19	0,526										
18 Cr, 8 Ni	7817	0,46	16,3	0,444		16,3	17	17	19	19	22	26	31	
20 Cr, 15 Ni	7833	0,46	15,1	0,415										
25 Cr, 20 Ni	7865	0,46	12,8	0,361										
<b>Ni-Cr</b>														
<b>altzairua</b>														
80 Ni, 15 Cr	8522	0,46	17	0,444										
60 Ni, 15 Cr	8266	0,46	12,8	0,333										
40 Ni, 15 Cr	8073	0,46	11,6	0,305										
20 Ni, 15 Cr	7865	0,46	14,0	0,390	14	15,1	15,1	16,3	17	19	22			
<b>Mn altzairua</b>														
Mn = % 0	7897	0,452	73	2,026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
% 1	7865	0,46	50	1,388										
% 2	7865	0,46	38	1,050		36	36	36	36	35	33			
% 5	7849	0,46	22	0,637										
% 10	7801	0,46	17	0,483										
<b>W altzairua</b>														
W = % 0	7897	0,452	73	2,026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
% 1	7913	0,448	66	4,858										
% 2	7961	0,444	62	1,763		62	59	54	48	45	36			
% 5	8073	0,435	54	1,525										
% 10	8314	0,419	48	1,391										
% 20	8826	0,389	43	1,249										
<b>Si altzairua</b>														
Si = % 0	7897	0,452	73	2,026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
% 1	7769	0,46	42	1,175										
% 2	7673	0,46	31	0,878										
% 5	7417	0,46	19	0,557										
<b>Kobrea</b>														
Purua	8954	0,383	386	11,234	407	386	379	374	369	363	353			
<b>Aluminio-brontzea</b>														
95 Cu, 5 Al	8666	0,410	83	2,330										
<b>Brontzea</b>														
75 Cu, 25 Sn	8666	0,343	26	0,859										
<b>Letoia</b>														
85 Cu, 9 Sn, 6 Zn	8714	0,385	61	1,804		59	71							
<b>Letoia</b>														
70 Cu, 30 Zn	8522	0,385	111	3,412	88		128	144	147	147				
<b>Konstantana</b>														
60 Cu, 40 Ni	8922	0,410	22,7	0,612	21		22,2	26						
<b>Magnesioa</b>														
Purua	1746	1,013	171	9,708	178	171	168	163	157					
Mg-Al	1810	1,00	66	3,605		52	62	74	83					
% 6 Al, % 1 Zn	1778	1,00	114	6,382	93	111	125	130						
% 2 Mn														
<b>Molibdenoa</b>	10220	0,251	123	4,790	138	125	118	114	111	109	106	102	99	92
<b>Nikela</b>														
Purua (% 99,9)	8906	0,446	90	2,266	104	93	83	73	64	59				
Ez-purua (% 99,2)	8906	0,444	69	1,747		69	64	59	55	52	55	62	67	69
90 Ni, 10 Cr	8666	0,444	17	0,444		17,1	18,9	20,9	22,8	24,6				
80 Ni, 20 Cr	8314	0,444	12,6	0,343		12,3	13,8	15,6	17,1	18,9	22,5			
<b>Zilarra</b>														
Oso purua	10524	0,232	419	17,004	419	417	415	412						
Purua (% 99,9)	10524	0,234	407	16,563	419	410	415	374	362	360				
<b>Etainu purua</b>	7304	0,226	64	3,884	74	65,9	59	57						
<b>Tungstenoa</b>	19350	0,134	163	6,271		166	151	142	133	126	112	76		
<b>Zink purua</b>	7144	0,384	112,2	4,106	114	112	109	106	100	93				

- Iturria: Eckert, E.R.G.; Drake, R.M.: *Analysis of Heat and Transfer*, New York, Copyright McGraw-Hill, 1972.



## 1.4. EZ-METAL BATZUEN PROPIETATEAK

SUBSTANTZIA	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta$ (°C)	$\lambda$ (W/m °C)	$a \times 10^7$ (m <sup>2</sup> /s)
<b>Egiturretan erabiliak diren materialak</b>					
Asfaltoa			20	0,74 (a)	
Bakelita	1,59 (b)	1273 (b)	20	0,232 (b)	1,14
Adreilua					
Ohikoak	0,84 (d)	1602 (d)	20	0,69 (a)	5,2
Fatxadakoak		2050 (d)	20	1,32 (a)	
			600	18,5 (a)	
Carborunduma			1400	11,1 (a)	
			200	2,32 (a)	9,2
Kromodunak	0,84 (d)	3011 (d)	550	2,47 (a)	9,8
			900	1,99 (a)	7,9
Diatomeoa (egosiak)			204	0,24 (a)	
			871	0,31 (a)	
			500	1,04 (a)	5,3
Erregogorrak (1330 °C-an egosiak)	0,96 (d)	2050 (d)	800	1,07 (a)	5,4
			1100	1,09 (a)	5,5
			500	1,28 (a)	5,7
Erregogorrak (1450 °C-an egosiak)	0,96 (d)	2323 (d)	800	1,37 (a)	6,1
			1100	1,40 (a)	6,3
Erregogorrak (Missouri)	0,96 (d)	2643 (d)	600	1,47 (a)	5,8
			1400	1,77 (a)	7,0
Magnesita	1,13 (d)		650	2,77 (a)	
			1200	1,90 (a)	
Portland zementua		1500 (a)		0,29 (a)	
Zementuzko morteroa			24	1,16 (a)	
Hormigoia	0,88 (b)	1900-2300 (b)	20	0,81-1,40 (b)	4,0-8,4
Hormigoia, errautsak			24	0,76 (a)	
Beira-xafla	0,84 (b)	2700 (b)	20	0,76 (b)	3,2
Borosilikatozko beira		2225 (b)	30	1,09 (b)	
Igeltsuzko morteroa	0,84 (d)	1440 (d)	21	0,48 (a)	4,0
Morteroa, metalezko latak			21	0,47 (a)	
Morteroa, egurrezko listoiak			21	0,28 (a)	
Harria					
Granittoa	0,82 (d)	2640 (d)		1,73-3,98 (a)	8,0-18,3
Kareharria	0,91 (d)	2480 (d)	100-300	1,26-1,33 (a)	5,6-5,9
Marmola	0,81 (b)	2500-2700 (b)	20	2,77 (b)	12,7-13,7
Hareharria	0,71 (b)	2160-2300 (b)	20	1,63-2,08 (b)	10,0-13,6
Zeharka ebakitako egurra					
Altzifrea		465 (d)	30	0,097 (a)	
Izeia	2,72 (d)	417 (b)	24	0,11 (a)	0,96
Haritza	2,39 (d)	480-600 (b)	30	0,17 (a)	1,3
Estrobo pinua	2,81 (d)	640 (d)	24	0,16 (a)	0,91
Pinu zuria		430 (d)	30	0,11 (a)	
Erradialki ebakitako egurra					
Izeia	2,72 (b)	417-421 (b)	20	0,14 (b)	1,2
Haritza	2,39 (b)	480-600 (b)	20	0,17-0,21 (b)	1,2-1,8

SUBSTANTZIA	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta$ (°C)	$\lambda$ (W/m °C)	$a \times 10^7$ (m <sup>2</sup> /s)
<b>Material isolatzaileak</b>					
<i>Amiantoa*</i>		469 (b)	-200 0 100	0,074 (b) 0,155 (b) 0,151 (b)	
<i>Amiantoa*</i>		577 (b)	100 200 400	0,192 (b) 0,208 (b) 0,223 (b)	
<i>Amiantoa*</i>		697 (b)	-200 0	0,156 (b) 0,234 (b)	
<i>Zementu amiantoduna*</i>				2,08 (a)	
<i>Zementu amiantoduneko xafla*</i>			20	0,744 (a)	
<i>Amiantozko xafla*</i>			51	0,166 (a)	
<i>Amiantozko feldroa*</i> (40 xafla hazbeteko)			38 149 260	0,057 (a) 0,069 (a) 0,083 (a)	
<i>Amianto izurra*</i> (4 izur hazbeteko)			38 93 149	0,087 (a) 0,100 (a) 0,119 (a)	
<i>Baltsamo-ilea</i>		32 (a)	32	0,040 (a)	
<i>Kartoi izurra</i>				0,064 (a)	
<i>Celotex</i>			32	0,048 (a)	
<i>Artelazki-aglomeratua</i>		160 (b)	30	0,043 (b)	
<i>Artelazki-txirbilak</i>	1,88 (b)	45-119 (b)	20	0,036 (b)	1,6-4,3
<i>Artelazki-ehoa</i>		151 (b)	30 93	0,043 (b) 0,050 (e)	
<i>Diatomep-lurra</i> (birrindua)		160 (e)	204 316 93	0,066 (e) 0,083 (e) 0,057 (e)	
<i>Ilezko feldroa</i>		131 (c)	38	0,0466 (c)	
<i>Ilezko feldroa</i>		205 (c)	38 93	0,0454 (c) 0,0511 (c)	
<i>Isolatze-zuntzezko xafla</i>		237 (b)	21 -7	0,049 (b) 0,0376 (c)	
<i>Beirazko ilea</i>		24 (c)	38 93 -7	0,0542 (c) 0,0753 (c) 0,0310 (c)	
<i>Beirazko ilea</i>		64 (c)	38 93 -7	0,0414 (c) 0,0549 (c) 0,0282 (c)	
<i>Beirazko ilea</i>		96 (c)	38 93 -7	0,0377 (c) 0,0499 (c) 0,0282 (c)	
<i>Magnesia</i>		270 (c)	149 204 -7	0,074 (a) 0,080 (a) 0,0260 (c)	
<i>Ile-harria</i>		64 (c)	38 93 -7	0,0388 (c) 0,0549 (c) 0,0296 (c)	
<i>Ile-harria</i>		128 (c)	38 93 -7	0,0345 (c) 0,0518 (c) 0,0317 (c)	
<i>Ile-harria</i>		192 (c)	38	0,0391 (c)	

\* GAUR EGUN AMIANTOA ETA BERAREKIN EGINDAKO MATERIALAK DEBEKATUTA DAUDE, KALTEGARRIAK BAITIRA OSASUNERAKO.

SUBSTANTZIA	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\theta$ (°C)	$\lambda$ (W/m °C)	$a \times 10^7$ (m <sup>2</sup> /s)
<b>Zenbait material</b>					
<i>Aerogela, silizea</i>		136 (b)	120	0,023 (b)	
<i>Buztina</i>	0,88 (b)	1485 (b)	20	1,28 (b)	10,0
<i>Ikatza, antrazita</i>	1,26 (b)	1200-1500 (b)	20	0,26 (b)	1,4-1,7
<i>Ikatz birrindua</i>	1,30 (b)	737 (b)	30	0,116 (b)	1,2
<i>Kotoia</i>	1,30 (b)	80 (b)	20	0,059 (b)	5,7
<i>Lurra</i>	1,84 (b)	2050 (b)	20	0,52 (b)	1,4
<i>Izotza</i>	1,93 (b)	913 (b)	0	2,22 (b)	12,6
<i>Kautxu gogorra</i>		2000 (b)	0	0,151 (b)	
<i>Zerrautsa</i>			24	0,059 (a)	
<i>Zetazko haria</i>	1,38 (b)	58 (b)	20	0,036 (b)	4,5

- Iturriak:

- (a) Brown, A.I.; Marco, S.M.: *Introduction to Heat Transfer*, 3 argit., New York, McGraw-Hill, 1958.
- (b) Eckert, E.R.G.: *Introduction to the Transfer of Heat and Mass*, New York, McGraw-Hill, 1950.
- (c) Heilman, R.H.: *Ind. Eng. Chem.*, 28. lib., 1936, 782. or.
- (d) Marks, L.S.: *Mechanical Engineers' Handbook*, 6. argit., New York, McGraw-Hill, 1958.
- (e) Calvert, R.: *Diatomaceous Earth*, Chemical Catalog Company, Inc., 1930.
- (f) Norton, H.F.: *J. Am. Ceramic Soc.*, 10. lib., 1957, 30. or.

## 1.5. ISOLATZAILE BATZUEN PROPIETATEAK

SUBSTANTZIA	TENPERATURA-TARTEA (°C)	$\lambda$ (W/m °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	APLIKAZIO GARRANTZITSUENAK
<i>Hutsezko Linde superisolatzailea</i>	-240-1100	0,0000015	aldakorra	<i>Ikerketarako</i>
<i>Uretanozko bitsa</i>	-180-150	0,016	25-48	<i>Hodidak eta biltegiak</i>
<i>Beira zelularrezko blokeak</i>	-200-200	0,029	110-150	<i>Hodidak eta biltegiak</i>
<i>Beira-zuntzezko burusia</i>	-170-230	0,025	10-50	<i>Biltegia keta ekipoak</i>
<i>Beira-zuntzezko atorra aurreformatuak</i>	-50-230	0,032	10-50	<i>Hoditerietarako egiturak</i>
<i>Elastomerozko xaflak</i>	-40-100	0,036	70-100	<i>Biltegiak</i>
<i>Beira-zuntzezko plakak</i>	60-370	0,030	10-50	<i>Egokitapenerako</i>
<i>Elastomerozko atorra aurreformatuak</i>	-40-100	0,036	70-100	<i>Egokitapenerako</i>
<i>Geruza irazgaitzeko zuntzezko burusia</i>	-5-70	0,029	10-32	<i>Errefrigerazio lineak</i>
<i>Beira-zuntzezko xaflak</i>	20-450	0,033	25-100	<i>Galdarak.</i>
<i>Beira-zelularrezko blokeak</i>	20-500	0,029	110-150	<i>Erregaitzak</i>
<i>Zuntz mineralezko atorra aurreformatuak</i>	650 arte	0,035	125-160	<i>Erregaitzak</i>
<i>Mineral-ilezko blokeak</i>	450-1000	0,052	175-190	<i>Erregaitzak</i>
<i>Zuntz mineralezko blokeak</i>	1100 arte	0,052	210	<i>Galdarak, biltegiak</i>
<i>Kaltzio silikatozko xaflak</i>	230-1000	0,032	100-160	<i>Tximiniak</i>

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

## 1.6. METAL LIKIDO BATZUEN PROPIETATEAK

Metala	$\theta$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu \times 10^4$ (kg/m s)	$\lambda$ (W/kg °C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\nu \times 10^7$ (m <sup>2</sup> /s)	$a \times 10^5$ (m <sup>2</sup> /s)	Pr
Bismutoa	316	10011	16,04	16,4	0,1444	1,602	1,134	0,0141
	427	9867	13,48	15,6	0,1495	1,366	1,058	0,0129
	538	9739	11,08	15,6	0,1545	1,138	1,037	0,011
	649	9611	9,18	15,6	0,1595	0,955	1,018	0,0094
	760	9467	8,06	15,6	0,1645	0,851	1,002	0,0085
Beruna	371	10540	24,22	16,1	0,1591	2,298	0,960	0,024
	454	10444	19,92	15,6	0,1549	1,907	0,964	0,020
	538	10348	16,82	15,4	0,1549	1,625	0,961	0,017
	621	10236	15,58	15,1	0,1549	1,522	0,952	0,016
Mercurioa	10	13567	16,12	8,13	0,1382	1,188	0,434	0,027
	93	13359	12,07	10,4	0,1382	0,904	0,563	0,016
	149	13231	10,25	11,6	0,1382	0,775	0,634	0,012
	204	13087	10,13	125	0,1340	0,774	0,713	0,011
	316	12847	8,60	14,0	0,1340	0,669	0,813	0,0082
Potasioa	149	807,3	3,75	45,0	0,795	4,65	7,01	0,0066
	260	780,1	2,41	42,7	0,795	3,40	6,89	0,0049
	427	741,7	1,82	39,5	0,754	2,45	7,06	0,0035
	593	701,6	1,5	35,7	0,754	2,14	6,75	0,0032
	704	674,4	1,36	33,1	0,754	2,02	6,51	0,0031
Sodioa	93	929,1	6,95	86,2	1,38	7,48	6,72	0,011
	204	901,8	4,42	80,3	1,34	4,90	6,65	0,0074
	371	860,2	2,89	72,3	1,30	3,36	6,47	0,0052
	538	820,1	2,03	65,4	1,26	2,48	6,33	0,0039
	704	778,5	1,82	59,7	1,26	2,32	6,09	0,0038
Zinka	454	6904	32,08	58,3	0,498	4,65	1,7	0,027
	538	6856	26,54	57,5	0,486	3,87	1,72	0,022
	649	6760	20,92	56,8	0,473	3,09	1,78	0,017
	816	6536	16,87	56,4	0,448	2,58	1,93	0,013
% 55 Bi, % 44,5 Pb (eutektikoa)	149	10524		9,05	0,146		0,589	
	288	10348	17,61	10,73	0,146	1,70	0,710	0,024
	371	10236	15,34	11,86	0,146	1,50	0,794	0,019
	649	9835						
% 44 K, % 56 Na	93	887,4	5,75	25,6	1,130	6,48	2,55	0,025
	204	861,8	3,56	26,5	1,093	4,13	2,82	0,015
	371	821,7	2,31	27,5	1,055	2,81	3,17	0,0089
	704	740,1	1,61	28,9	1,043	2,18	3,74	0,0058

- Iturria: Jakob, M.: *Heat Transfer*, II. lib., New York, Wiley, 1957, 564. or. Datu originalak in *Liquid Metals Handbook*, 2. argit. (berrik.), Atomic Energy Commission, Dept. of the Navy, Columbia, 1954ko urtarrila, 733. or. (eranskinak).

## 1.7. ERRESISTENTZIA TERMIKOAK ERAIKUNTZAN (m<sup>2</sup> °C/W)

a) ITXITURAK:

Itxituraren posizioa eta bero-fluxuaren noranzkoa	Banaketa			
	Aire zabala edo lokal irekia		Beste lokal bat, ganbera edo aire-ganbera.	
	1/α <sub>i</sub>	1/α <sub>e</sub>	1/α <sub>i</sub>	1/α <sub>e</sub>
Bertikalak, edo malda: > 60° Fluxu horizontala	0,11	0,06	0,11	0,11
Horizontalak, edo malda: ≤ 60° Goranzko fluxua	0,09	0,05	0,09	0,09
Horizontalak Beheranzko fluxua	0,17	0,05	0,17	0,17

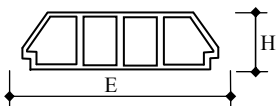
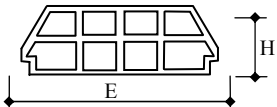
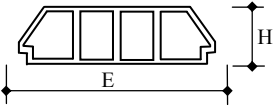
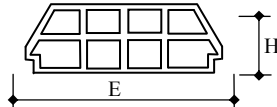
b) AIREZTAPEN GABEKO AIRE-GANBERAK:

Ganberaren posizioa eta bero-fluxuaren noranzkoa	Ganberaren lodiera (mm)				
	10	20	50	100	≥ 150
Aire-ganbera bertikala eta fluxu horizontala	0,14	0,16	0,18	0,17	0,16
Aire-ganbera horizontala eta goranzko fluxua	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Aire-ganbera horizontala eta beheranzko fluxua	0,15	0,18	0,21	0,21	0,21

c) ADREILUZKO ITXITURAKO HORMAK:

Adreilu mota	Pisu espezifiko (kg/m <sup>3</sup> )	Itxituraren lodiera (cm)						
		4,0	5,3	9,0	11,5	24,0	36,0	49,0
Trinkoa	1800	0,04	0,06	0,10	0,13	0,27	0,41	0,60
Zulatua	1600	0,05	0,07	0,12	0,15	0,32	0,47	0,65
Hutsak	1200	0,07	0,11	0,18	0,23	0,49	0,74	1,00

d) FORJATUAK:

Forjatu motak	Habeen arteko E distantzia (cm)	Gangatxoaren H altuera (cm)				
		8,0	12,0	16,0	20,0	25,0
Zeramikazko gangatxoa 	< 65	0,08	0,11			
	> 65	0,12	0,16			
Zeramikazko gangatxoa 	< 65		0,13	0,17	0,21	0,25
	> 65		0,23	0,27	0,30	0,34
Hormigoizko gangatxoa 	< 65		0,11	0,13	0,15	0,18
	> 65		0,12	0,14	0,16	0,19
Hormigoizko gangatxoa 	< 65				0,22	0,25
	> 65				0,23	0,27

## 1.8. ATE ETA LEIHOETAKO BERO-TRANSMISIOKO KOEFIZIENTEAK (W/m<sup>2</sup>°C)

a) ATEAK:

Materiala	Beira mota	Zertatik banatzen du lokala?	
		Kanpoaldetik	Girotu gabeko lokal batetik
Egurra	Beira gabe	3,5	2,0
	Bakuna: < % 30	4,0	--
	Bakuna: % 30-60	4,5	--
	Bikoitza	3,3	--
Metala	Beira gabe	5,8	4,5
	Bakuna: < %30	5,8	--
	Bakuna: % 30-60	5,5 *	--
	Bikoitza	4,8 *	--
Beira	% 100	5,8	4,5

\* 6 mm-ko aire-ganbera

b) LEIHOAK:

Itxitura mota	Materiala	Beira mota	Aire-ganberaren lodiera (mm)	Hutsunearen malda horizontalarekiko	U
Leihoa	Egurra	Bakuna	--	≥ 60°	5,0
		Bakuna	--	< 60°	5,5
		Bikoitza	6	≥ 60°	3,3
		Bikoitza	9	≥ 60°	3,1
		Bikoitza	12	≥ 60°	2,9
		Bikoitza	6	< 60°	3,5
		Bikoitza	9	< 60°	3,3
		Bikoitza	12	< 60°	3,1
Leiho bikoitza	Egurra	Bakuna	≥ 30	≥ 60°	2,6
		Bakuna	≥ 30	< 60°	2,7
Leihoa	Metala	Bakuna	--	≥ 60°	5,8
		Bakuna	--	< 60°	6,5
		Bikoitza	6	≥ 60°	4,0
		Bikoitza	9	≥ 60°	3,9
		Bikoitza	12	≥ 60°	3,7
		Bikoitza	6	< 60°	4,3
		Bikoitza	9	< 60°	4,2
		Bikoitza	12	< 60°	4,0
Leiho bikoitza	Metala	Bakuna	≥ 30	≥ 60°	3,5
		Bakuna	≥ 30	< 60°	3,7

- Iturria: Rodríguez Pomatta, M.I.: *Tablas y diagramas de ingeniería térmica*, ETSII-UNED, 1998.

## 1.9. ADREILUZKO HORMEN BERO-TRANSMISIOKO KOEFIZIENTEAK

Geruza bakoitzaren materiala	Geruzaren lodiera (cm)				Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>		
1. Adreilu trinkoa	11,5	5,0	4,0	2,0	271,0	1,62
2. Aire-ganbera			5,3		286,6	1,52
3. Adreilu hutsa			9,0		331,0	1,38
4. Igeltsuzko luzitua	24,0	5,0	4,0	2,0	496,0	1,32
			5,3		511,6	1,25
			9,0		556,0	1,15

Geruza bakoitzaren materiala	Geruzaren lodiera (cm)				Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>		
1. Adreilu zulatua	11,5	5,0	4,0	2,0	248,0	1,57
2. Aire-ganbera			5,3		263,6	1,48
3. Adreilu hutsa			9,0		308,0	1,34
4. Igeltsuzko luzitua	24,0	5,0	4,0	2,0	448,0	1,24
			5,3		463,6	1,18
			9,0		508,0	1,09

Geruza bakoitzaren materiala	Geruzaren lodiera (cm)					Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>	e <sub>5</sub>		
1. Adreilu trinkoa 2. Isolatzailea $\lambda = 0,04$ 3. Aire-ganbera 4. Adreilu hutsa 5. Igeltsuzko luzitua	11,5	2,0	3,0	4,0	2,0	272,2	0,90
			5,3	287,8		0,87	
			9,0	332,2		0,82	
	11,5	3,0	2,0	4,0	2,0	272,8	0,74
			5,3	288,4		0,72	
			9,0	332,8		0,69	
11,5	4,0	1,0	4,0	2,0	273,4	0,63	
		5,3	289,0		0,62		
		9,0	333,4		0,59		
11,5	5,0	0,0	4,0	2,0	274,0	0,59	
		5,3	289,6		0,58		
		9,0	334,0		0,56		

Geruza bakoitzaren materiala	Geruzaren lodiera (cm)					Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>	e <sub>5</sub>		
1. Adreilu zulatua 2. Isolatzailea $\lambda = 0,04$ 3. Aire-ganbera 4. Adreilu hutsa 5. Igeltsuzko luzitua	11,5	2,0	3,0	4,0	2,0	249,2	0,89
			5,3	264,8		0,86	
			9,0	309,2		0,81	
	11,5	3,0	2,0	4,0	2,0	249,8	0,73
			5,3	265,4		0,71	
			9,0	309,8		0,68	
	11,5	4,0	1,0	4,0	2,0	250,4	0,63
			5,3	266,0		0,61	
			9,0	310,4		0,59	
	11,5	5,0	0,0	4,0	2,0	251,0	0,59
			5,3	266,6		0,57	
			9,0	311,0		0,55	

Geruza bakoitzaren materiala	Geruza bakoitzaren lodiera (cm)					Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>	e <sub>5</sub>		
1. Zementuzko morteroa				4,0		288,0	1,54
2. Adreilu zulatua	2,0	11,5	5,0	5,3	2,0	303,6	1,45
3. Aire-ganbera				9,0		348,0	1,31
4. Adreilu hutsa				4,0		488,0	1,22
5. Igeltsuzko luzitua	2,0	24,0	5,0	5,3	2,0	503,6	1,16
				9,0		548,0	1,07

Geruza bakoitzaren materiala	Geruza bakoitzaren lodiera (cm)					Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>	e <sub>5</sub>		
1. Zementuzko morteroa				4,0		242,0	1,37
2. Adreilu hutsa	2,0	11,5	5,0	5,3	2,0	257,6	1,30
3. Aire-ganbera				9,0		302,0	1,19
4. Adreilu hutsa				4,0		392,0	1,01
5. Igeltsuzko luzitua	2,0	24,0	5,0	5,3	2,0	407,6	0,97
				9,0		452,0	0,91

Geruza bakoitzaren materiala	Geruza bakoitzaren lodiera (cm)						Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	e <sub>5</sub>	e <sub>6</sub>		
					4,0		289,2	0,88
1. Zementuzko morteroa	2,0	11,5	2,0	3,0	5,3	2,0	304,8	0,85
2. Adreilu zulatua					9,0		349,2	0,80
3. Isolatzailea $\lambda = 0,04$	2,0	11,5	3,0	2,0	4,0	2,0	289,8	0,72
4. Aire-ganbera					5,3		305,4	0,70
5. Adreilu hutsa					9,0		349,8	0,67
6. Igeltsuzko luzitua	2,0	11,5	4,0	1,0	4,0	2,0	290,4	0,62
					5,3		306,0	0,61
					9,0		350,4	0,58
	2,0	11,5	5,0	0,0	4,0	2,0	291,0	0,58
					5,3		306,6	0,57
					9,0		351,0	0,55

Geruza bakoitzaren materiala	Geruza bakoitzaren lodiera (cm)						Metro karratuko pisua (kg/m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·°C)
	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	e <sub>5</sub>	e <sub>6</sub>		
					4,0		243,2	0,82
1. Zementuzko morteroa	2,0	11,5	2,0	3,0	5,3	2,0	258,8	0,79
2. Adreilu zulatua					9,0		303,2	0,75
3. Isolatzailea $\lambda = 0,04$	2,0	11,5	3,0	2,0	4,0	2,0	243,8	0,68
4. Aire-ganbera					5,3		259,4	0,67
5. Adreilu zulatua					9,0		303,8	0,64
6. Igeltsuzko luzitua	2,0	11,5	4,0	1,0	4,0	2,0	244,4	0,59
					5,3		260,0	0,58
					9,0		304,4	0,56
	2,0	11,5	5,0	0,0	4,0	2,0	245,0	0,56
					5,3		260,6	0,54
					9,0		305,0	0,52

- Iturria: Rodríguez Pomatta, M.I.: *Tablas y diagramas de ingeniería térmica*, ETSII-UNED, 1998.



## 1.10. GAUSS-EN FUNTZIOA EDO PROBABILITATEEN INTEGRALA $G(u)$

LODIERA ERDI INFINITUDUN PLAKA LAUA

$$G(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{u=0}^{u=\frac{x}{2\sqrt{a \cdot t}}} e^{-u^2} du$$

$G(u)$

Ehunekoak

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>0,0</b>	0	0,0113	0,0226	0,0338	0,0451	0,0564	0,0676	0,0789	0,0901	0,1013
<b>0,1</b>	0,1125	0,1236	0,1348	0,1459	0,1569	0,1680	0,1790	0,1900	0,2009	0,2118
<b>0,2</b>	0,2227	0,2335	0,2443	0,2550	0,2657	0,2763	0,2869	0,2974	0,3079	0,3183
<b>0,3</b>	0,3286	0,3389	0,3491	0,3593	0,3694	0,3794	0,3893	0,3992	0,4090	0,4187
<b>0,4</b>	0,4284	0,4380	0,4475	0,4569	0,4662	0,4755	0,4847	0,4937	0,5027	0,5117
<b>0,5</b>	0,5205	0,5292	0,5379	0,5465	0,5549	0,5633	0,5716	0,5798	0,5879	0,5959
<b>0,6</b>	0,6039	0,6117	0,6194	0,6270	0,6346	0,6420	0,6494	0,6566	0,6638	0,6708
<b>0,7</b>	0,6778	0,6847	0,6914	0,6981	0,7047	0,7112	0,7175	0,7238	0,7300	0,7361
<b>0,8</b>	0,7421	0,7480	0,7538	0,7595	0,7651	0,7707	0,7761	0,7814	0,7867	0,7918
<b>0,9</b>	0,7969	0,8019	0,8068	0,8116	0,8163	0,8209	0,8254	0,8299	0,8342	0,8385
<b>1,0</b>	0,8427	0,8468	0,8508	0,8548	0,8586	0,8624	0,8661	0,8698	0,8733	0,8768
<b>1,1</b>	0,8802	0,8835	0,8868	0,8900	0,8931	0,8961	0,8991	0,9020	0,9048	0,9076
<b>1,2</b>	0,9103	0,9130	0,9155	0,9181	0,9205	0,9229	0,9252	0,9275	0,9297	0,9319
<b>1,3</b>	0,9340	0,9361	0,9381	0,9400	0,9419	0,9438	0,9456	0,9473	0,9490	0,9507
<b>1,4</b>	0,9523	0,9539	0,9554	0,9569	0,9583	0,9597	0,9611	0,9624	0,9637	0,9649
<b>1,5</b>	0,9661	0,9673	0,9684	0,9695	0,9706	0,9716	0,9726	0,9736	0,9745	0,9755
<b>1,6</b>	0,9763	0,9772	0,9780	0,9788	0,9796	0,9804	0,9811	0,9818	0,9825	0,9832
<b>1,7</b>	0,9838	0,9844	0,9850	0,9856	0,9861	0,9867	0,9872	0,9877	0,9882	0,9886
<b>1,8</b>	0,9891	0,9895	0,9899	0,9908	0,9907	0,9911	0,9915	0,9918	0,9922	0,9925
<b>1,9</b>	0,9928	0,9931	0,9934	0,9939	0,9942	0,9942	0,9944	0,9947	0,9949	0,9951

Hamartarrak

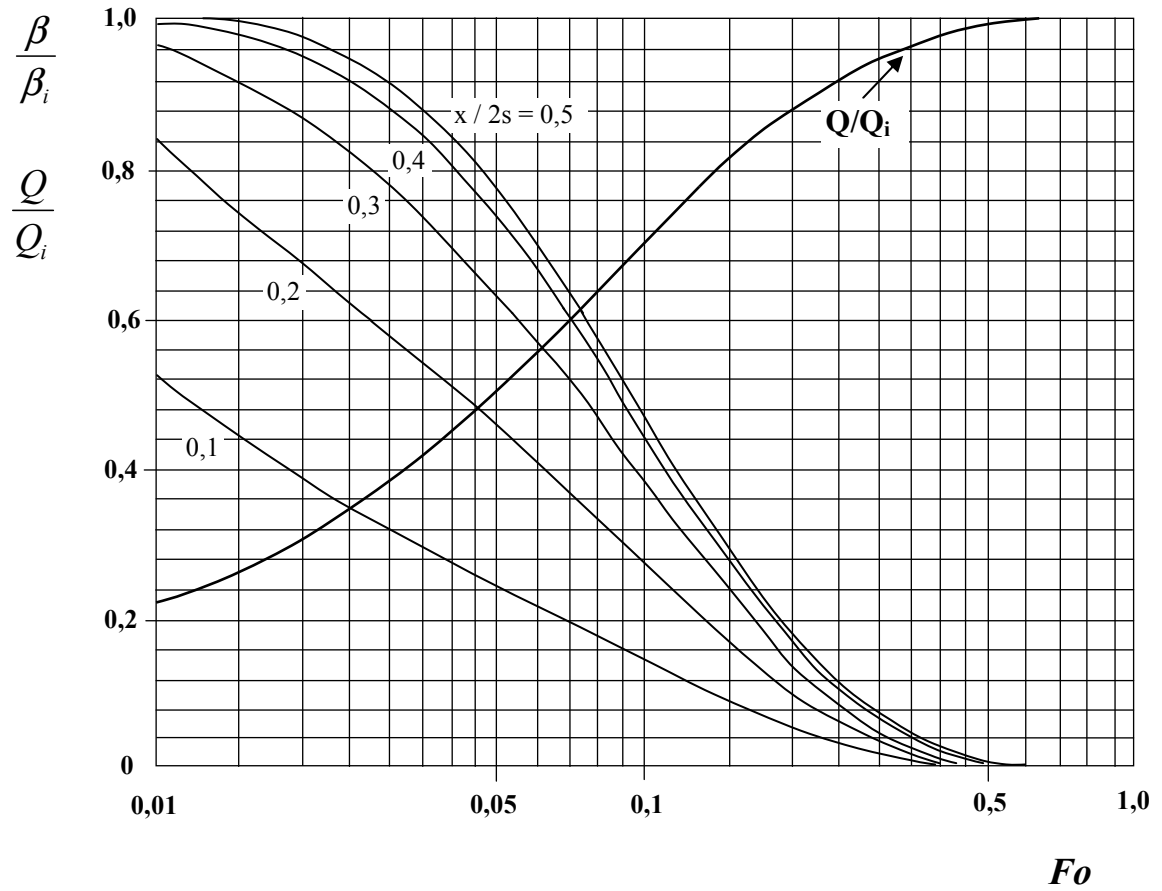
- Iturria: Rodríguez Pomatta, M.I.: *Tablas y diagramas de ingeniería térmica*, ETSII-UNED, 1998.

## 1.11. ZERO ETA LEHEN ORDENAKO LEHEN ESPEZIEKO BESSEL FUNTZIOAK

$x$	$J_0(x)$	$J_1(x)$
0,0	1,00000	0,00000
0,4	+0,96039	+0,19603
0,8	+0,84629	+0,36884
1,2	+0,67113	+0,49830
1,6	+0,45540	+0,56990
2,0	+0,22389	+0,57672
2,4	+0,00251	+0,52019
2,8	-0,18503	+0,40971
3,2	-0,32019	+0,26134
3,4	-0,36430	+0,17923
3,6	-0,39177	+0,09547
3,8	-0,40256	+0,01282
4,0	-0,39715	-0,06604
4,2	-0,37656	-0,13864
4,4	-0,34226	-0,20278
4,6	-0,29614	-0,25655
4,8	-0,24042	-0,29850
5,0	-0,17760	-0,32760
5,2	-0,11029	-0,34322
5,4	-0,04121	-0,34534
5,6	+0,02697	-0,33433
5,8	+0,09170	-0,31103
6,0	+0,15065	-0,27668
6,2	+0,20175	-0,23292
6,4	+0,24331	-0,18164
6,6	+0,27404	-0,12498
6,8	+0,29310	-0,06252
7,0	+0,30007	-0,00468
7,2	+0,29507	+0,05432
7,4	+0,27859	+0,10963
7,6	+0,25160	+0,15921
7,8	+0,25541	+0,20136
8,0	+0,17165	+0,23464
8,2	+0,12222	+0,25800
8,4	+0,06916	+0,27079
8,6	+0,01462	+0,27275
8,8	-0,03923	+0,26407
9,0	-0,09033	+0,24531
9,2	-0,13675	+0,21471
9,4	-0,17677	+0,18163
9,6	-0,20898	+0,13952
9,8	-0,23227	+0,09284
10,0	-0,24594	+0,04347

- Iturria: Rodríguez Pomatta, M.I.: *Tablas y diagramas de ingeniería térmica*, ETSII-UNED, 1998.

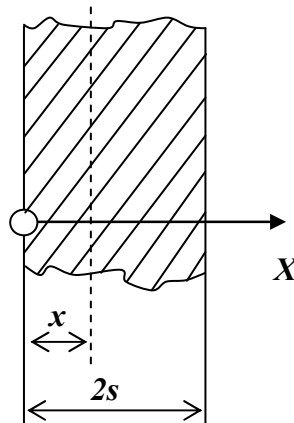
## 1.12. GAINAZALEKO TEMPERATURAREN ALDAKETA BORTITZA



Grafiko hau erabiltzeko formulak:

$$\beta = \theta - \theta_{\text{GAINAZALA}}$$

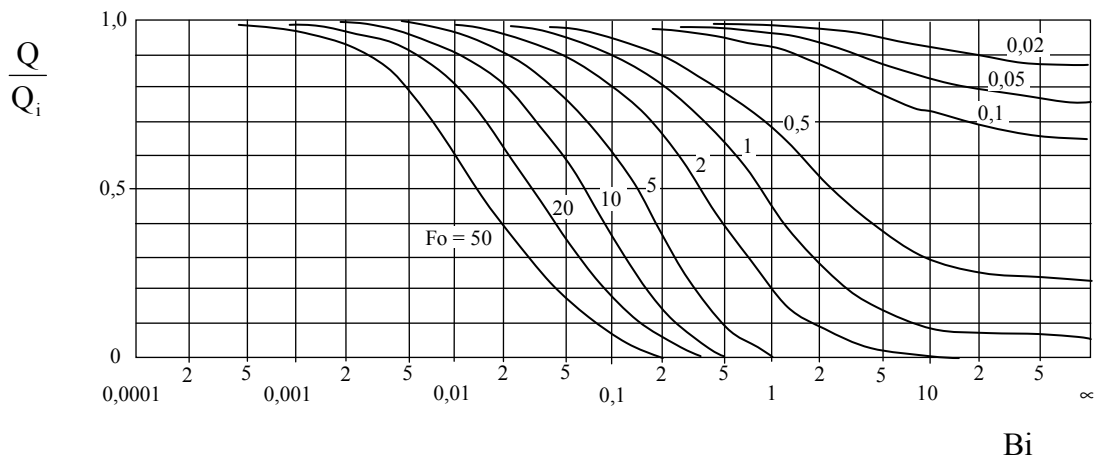
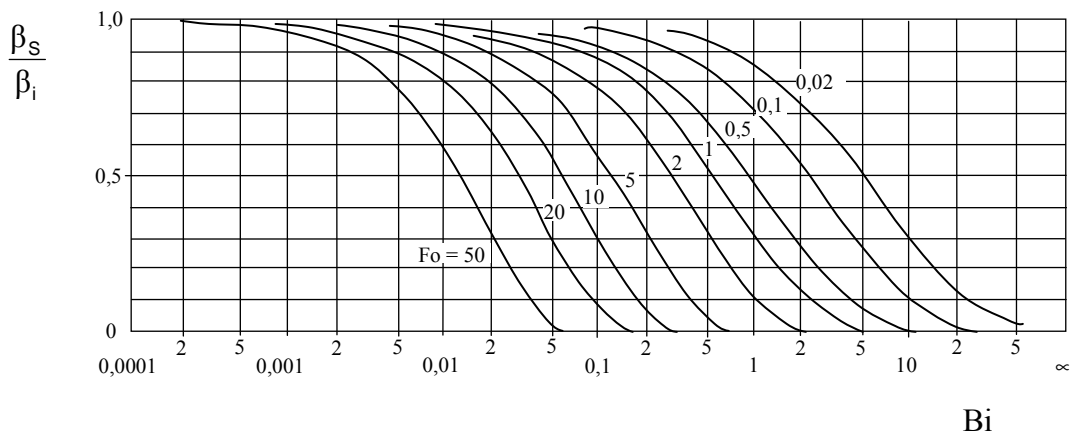
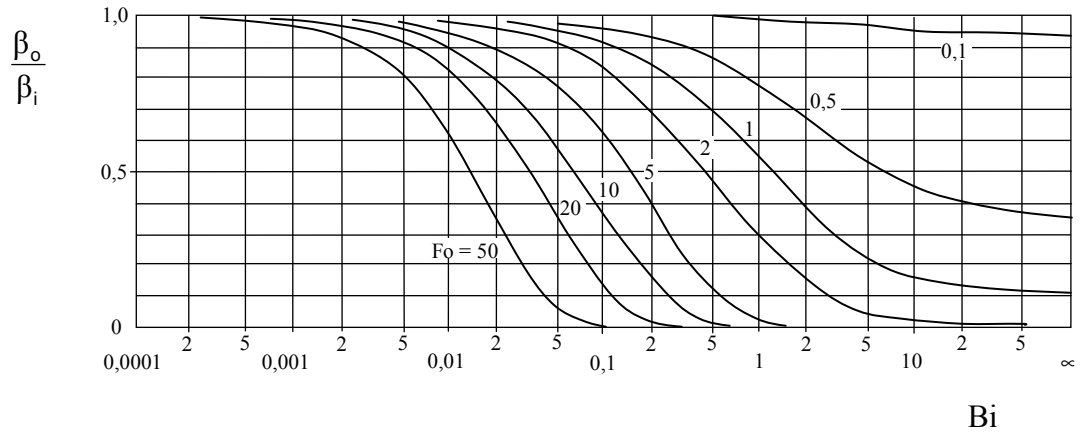
$$Fo = \frac{\alpha t}{(2 \cdot s)^2}$$



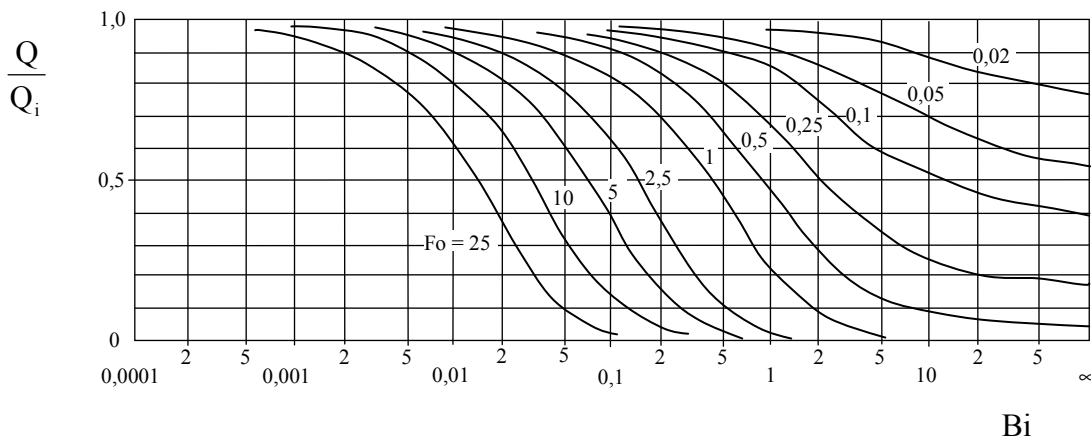
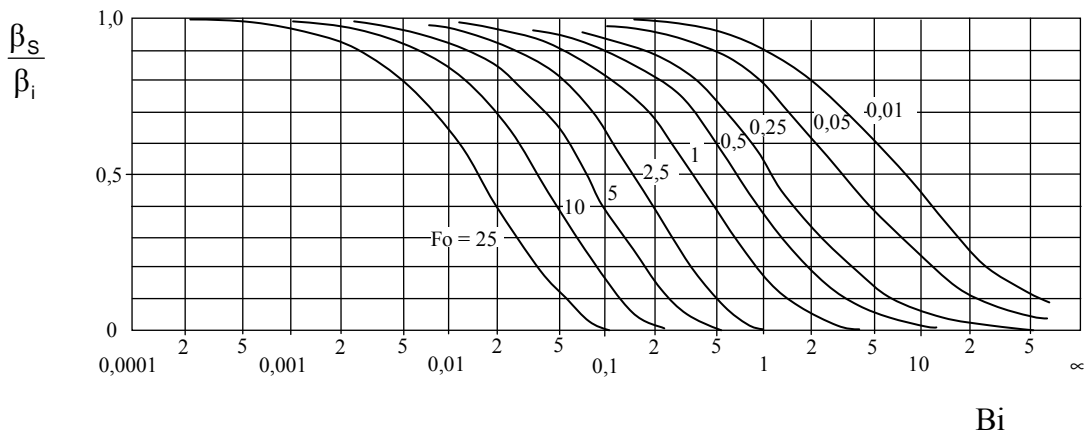
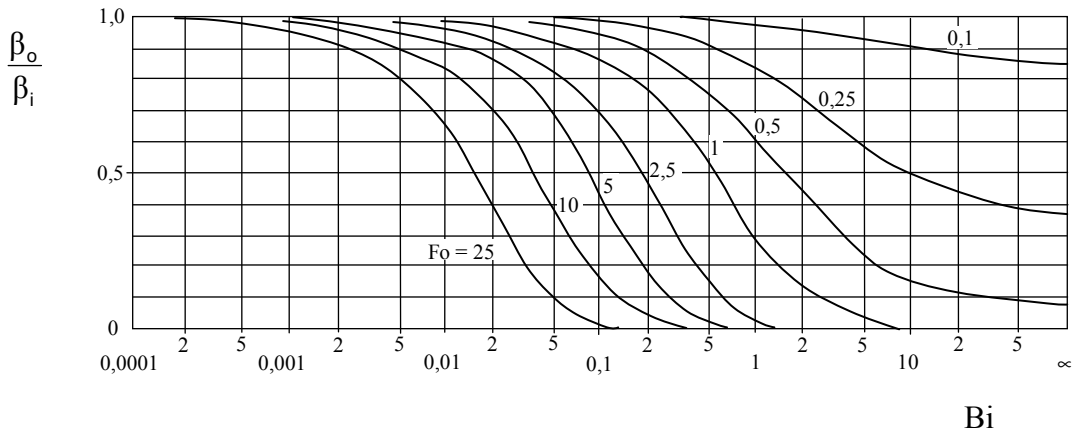
- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 1.13. INGURUAREN TEMPERATURA-ALDAKETA BORTITZA

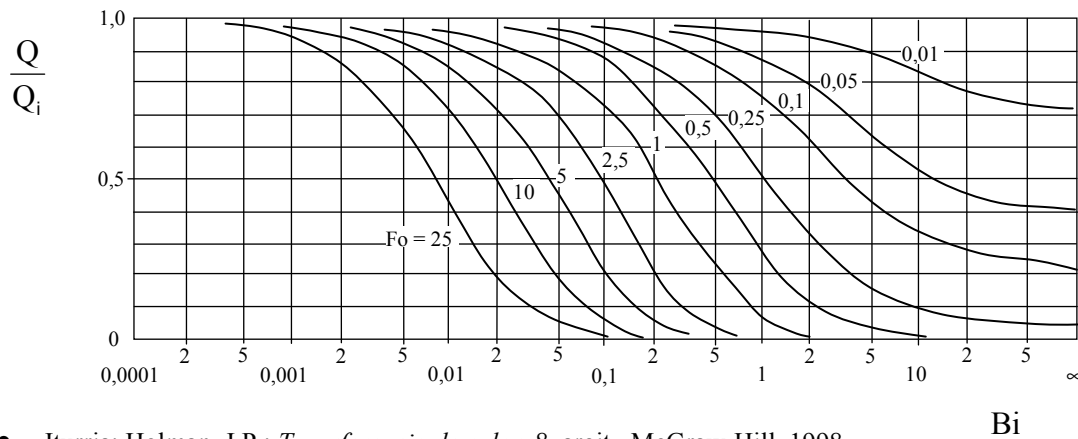
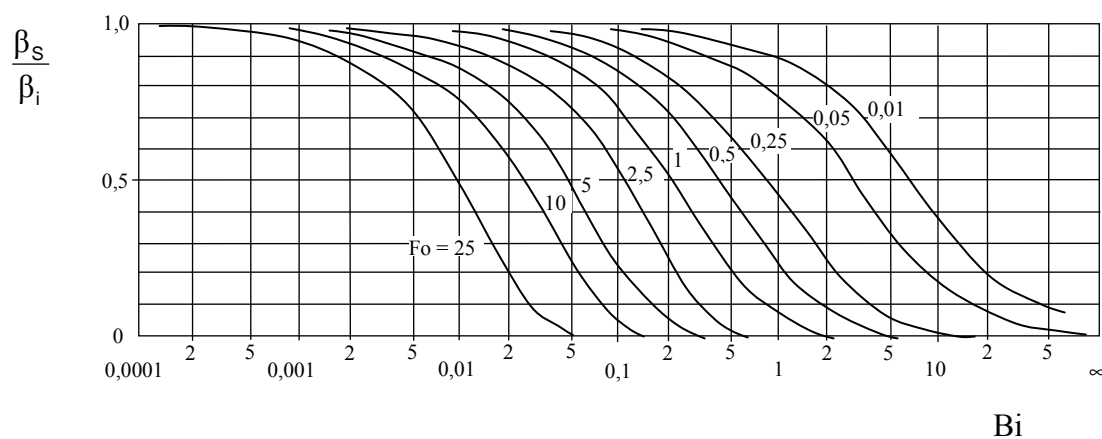
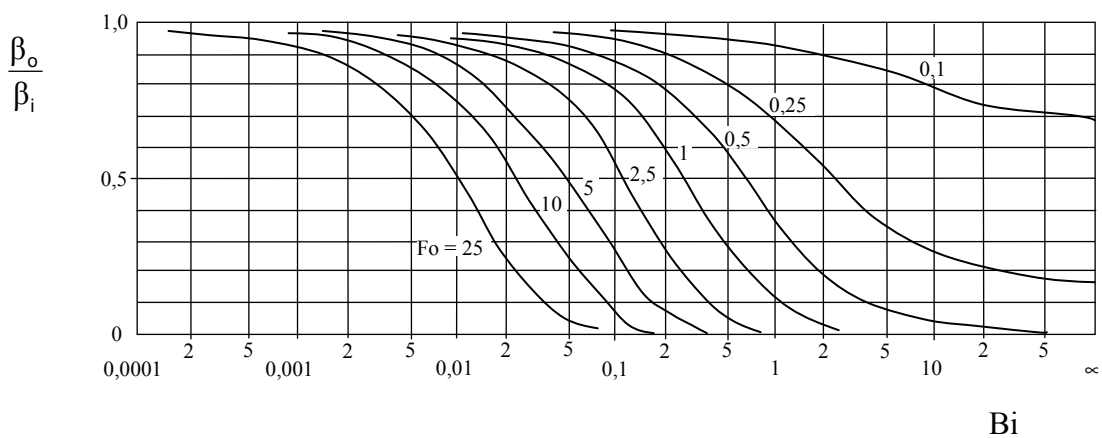
#### GRÖEBER-EN ABAKOAK HORMA LAURAKO



**GRÖBER-EN ABAKOAK HORMA ZILINDRIKORAKO**

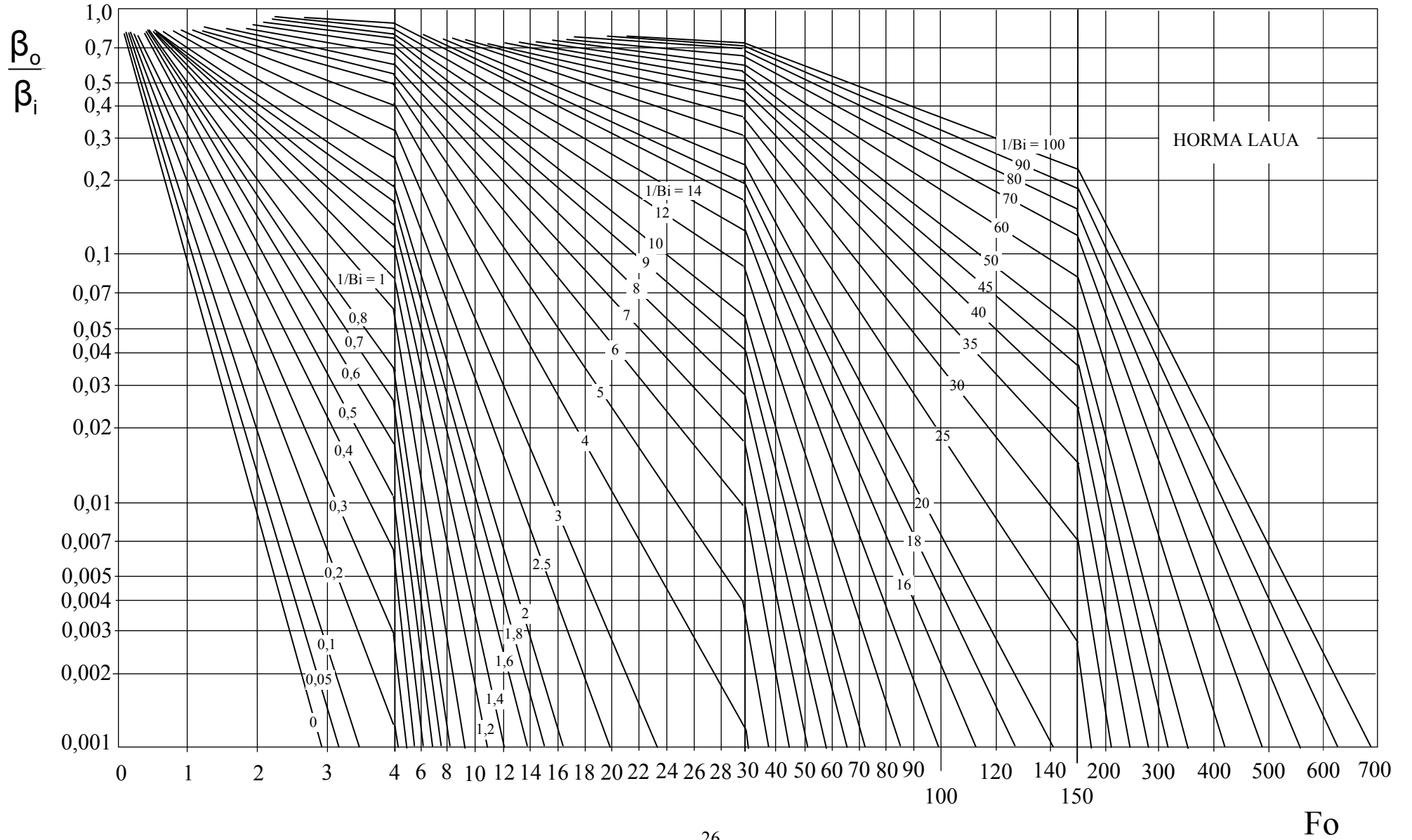


## GRÖEBER-EN ABAKOAK HORMA ESFERIKORAKO

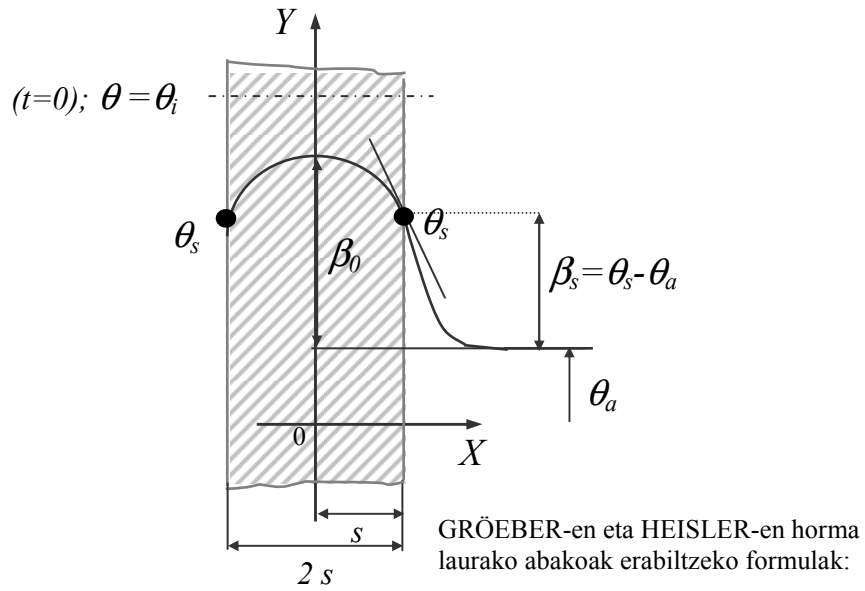


- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

*HEISLER-EN ABAKOA HORMA LAURAKO*



## HEISLER-EN ABAKO ZUZENTZAILEA HORMA LAURAKO

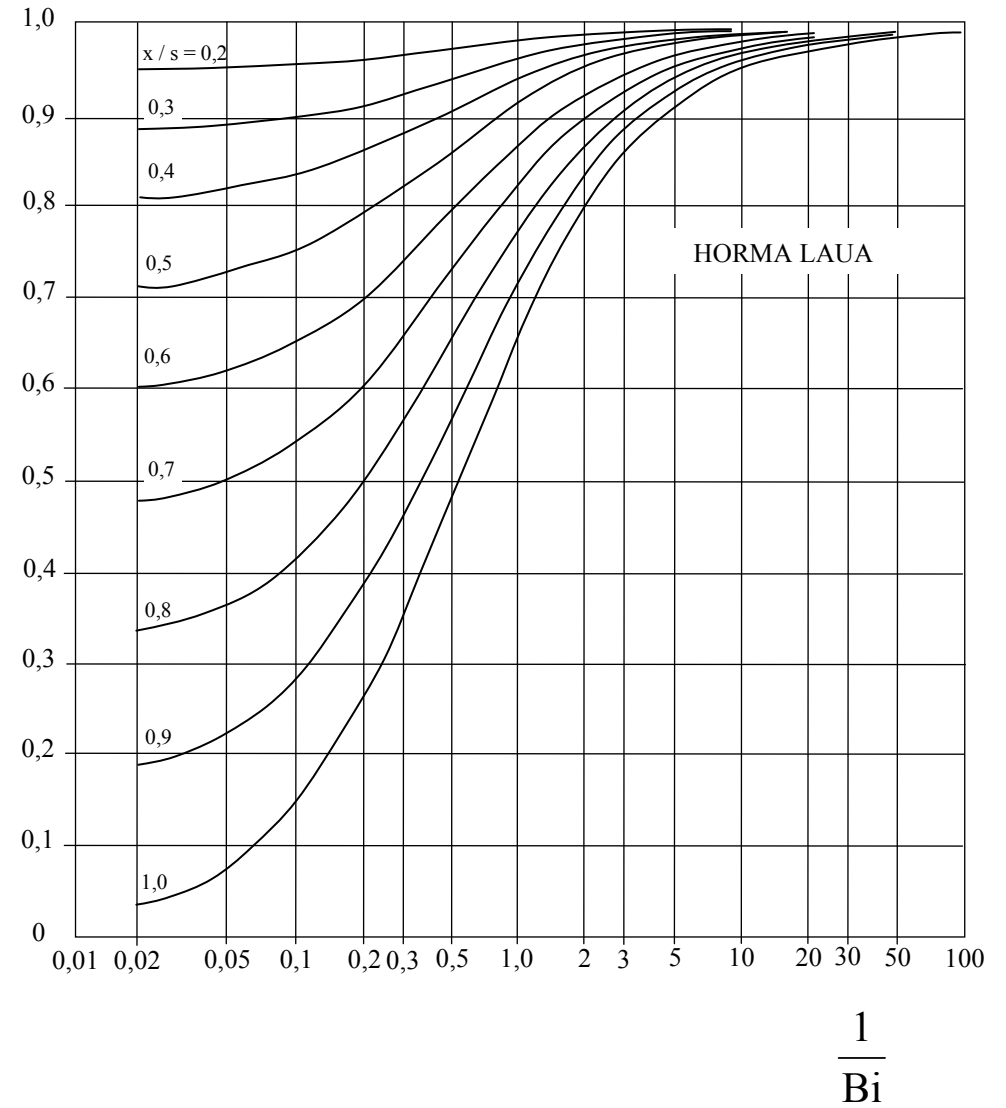


$$\beta = \theta - \theta_{\text{INGURUA}}$$

$$Fo = \frac{\alpha t}{s^2}$$

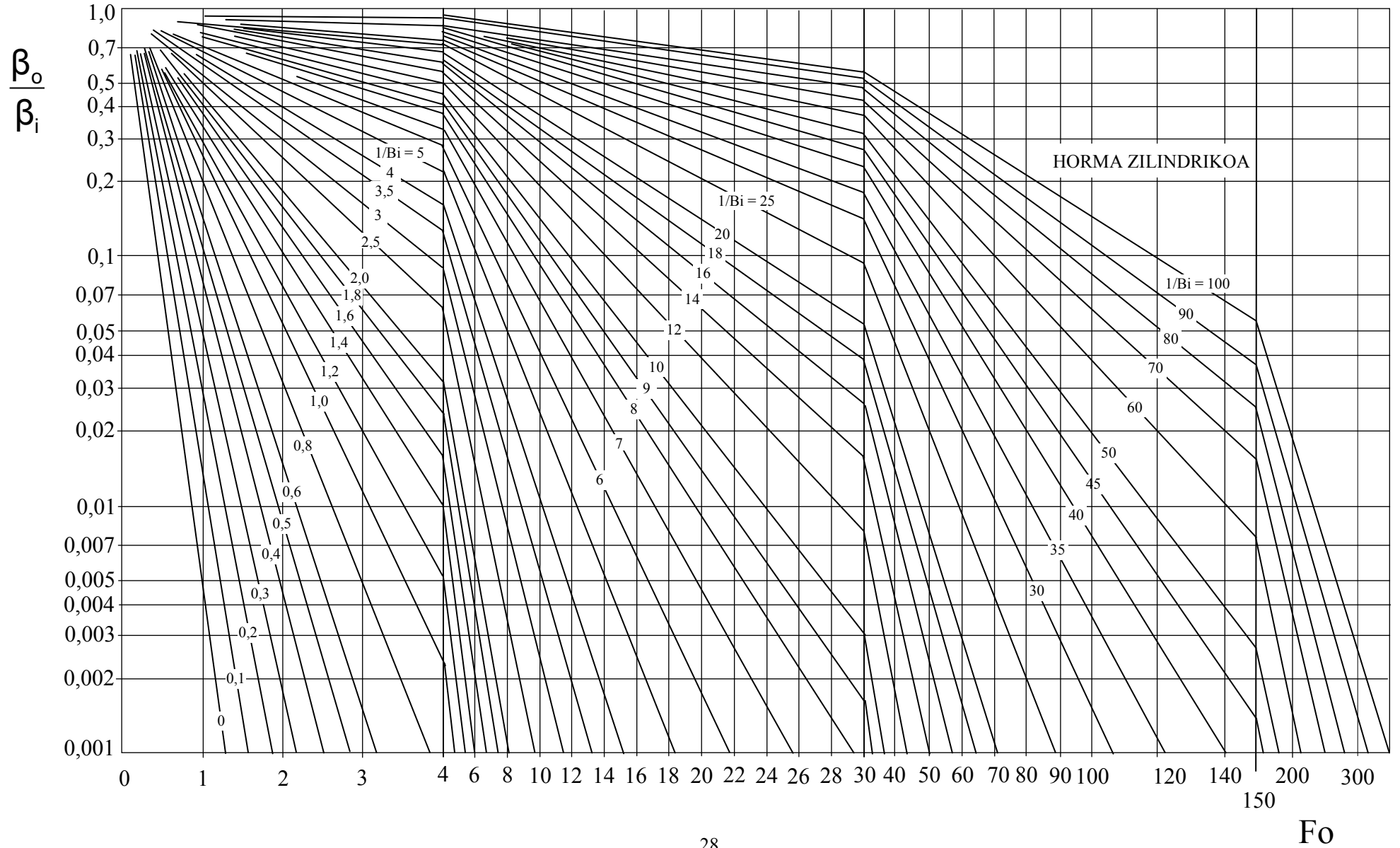
$$Bi = \frac{\alpha s}{\lambda}$$

$$\frac{\beta_x}{\beta_0}$$

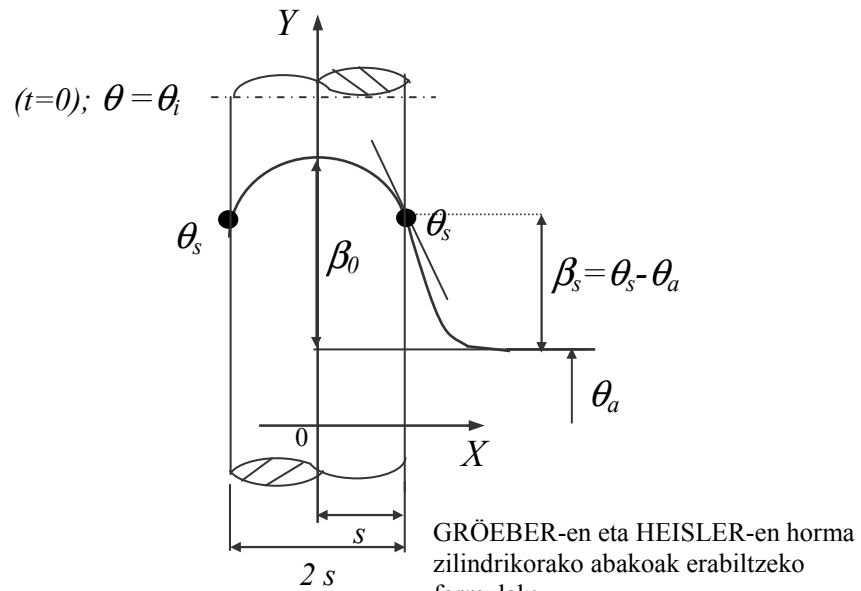




**HEISLER-EN ABAKOAK HORMA ZILINDRIKORAKO**



## HEISLER-EN ABAKO ZUZENTZAILEA HORMA ZILINDRIKORAKO



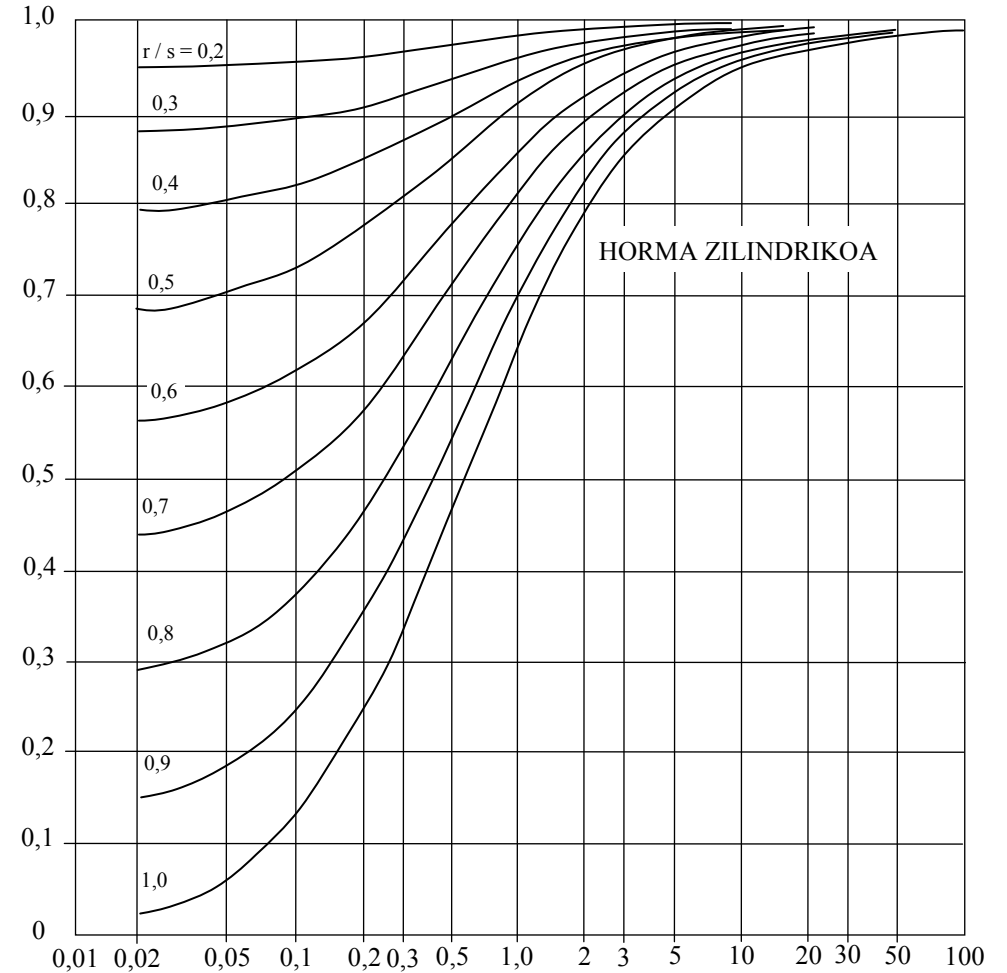
GRÖEBER-en eta HEISLER-en horma zilindrikorako abakoak erabiltzeko formulak:

$$\beta = \theta - \theta_{\text{INGURUA}}$$

$$Fo = \frac{\alpha \cdot t}{s^2}$$

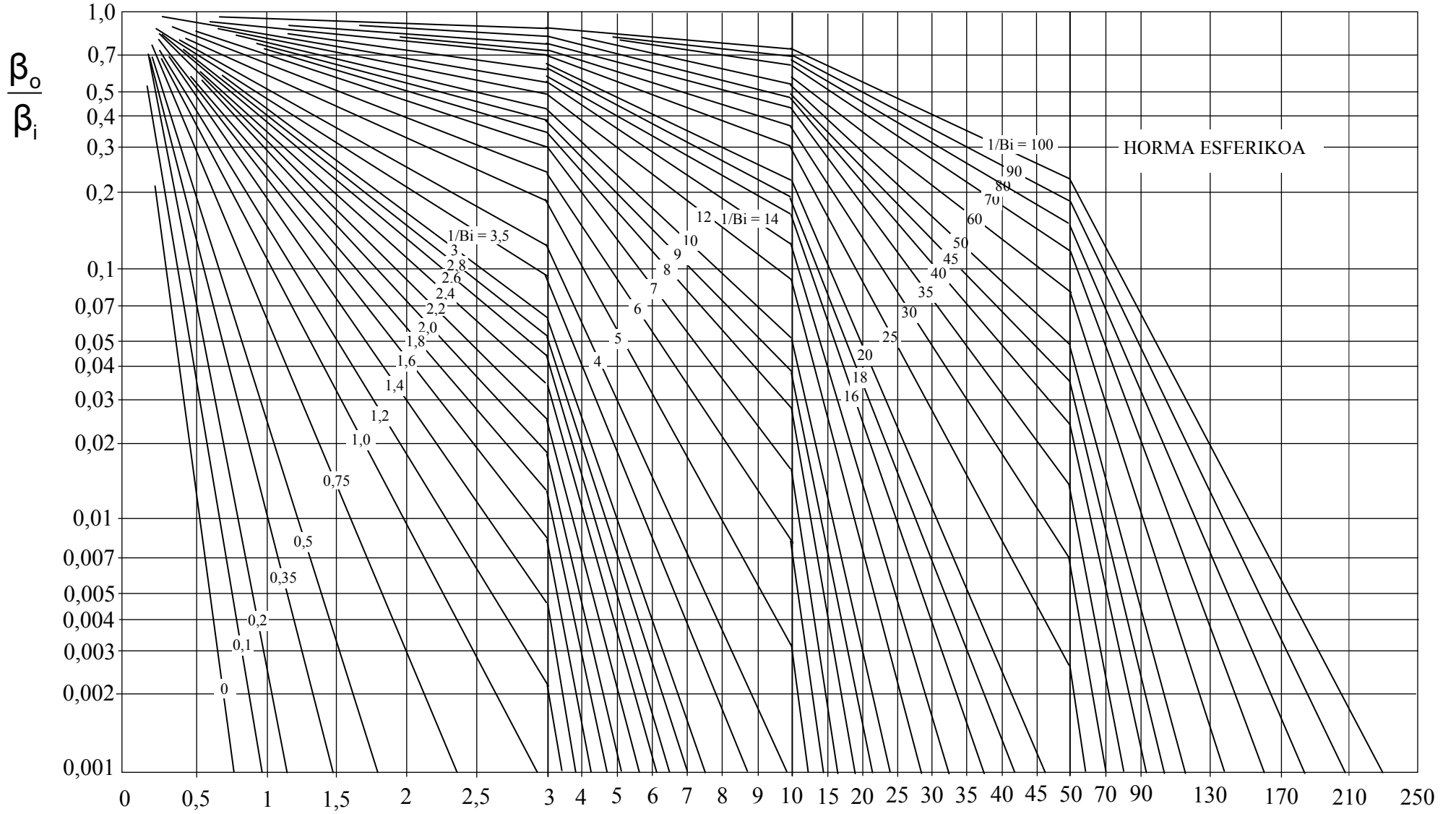
$$Bi = \frac{\alpha \cdot s}{\lambda}$$

$$\frac{\beta_x}{\beta_0}$$

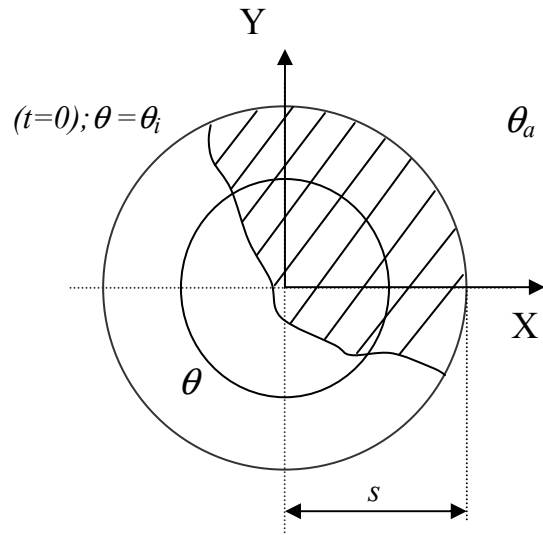


$$\frac{1}{Bi}$$

**HEISLER-EN ABAKOA HORMA ESFERIKORAKO**



**HEISLER-EN ABAKO ZUZENTZAILEA HORMA ESFERIKORAKO**

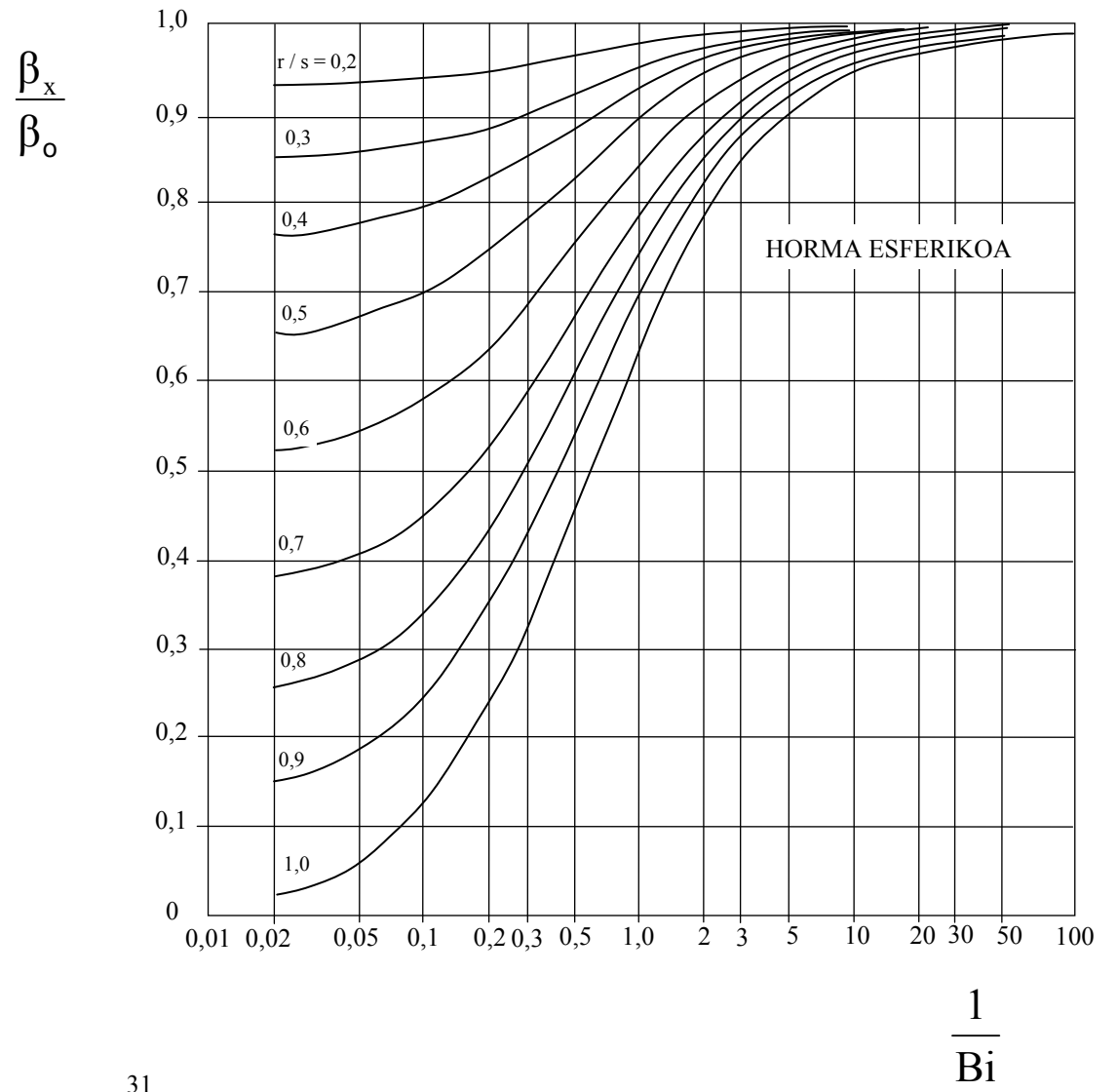


GRÖEBER-en eta HEISLER-en horma esferikorako abakoak erabiltzeko formulak:

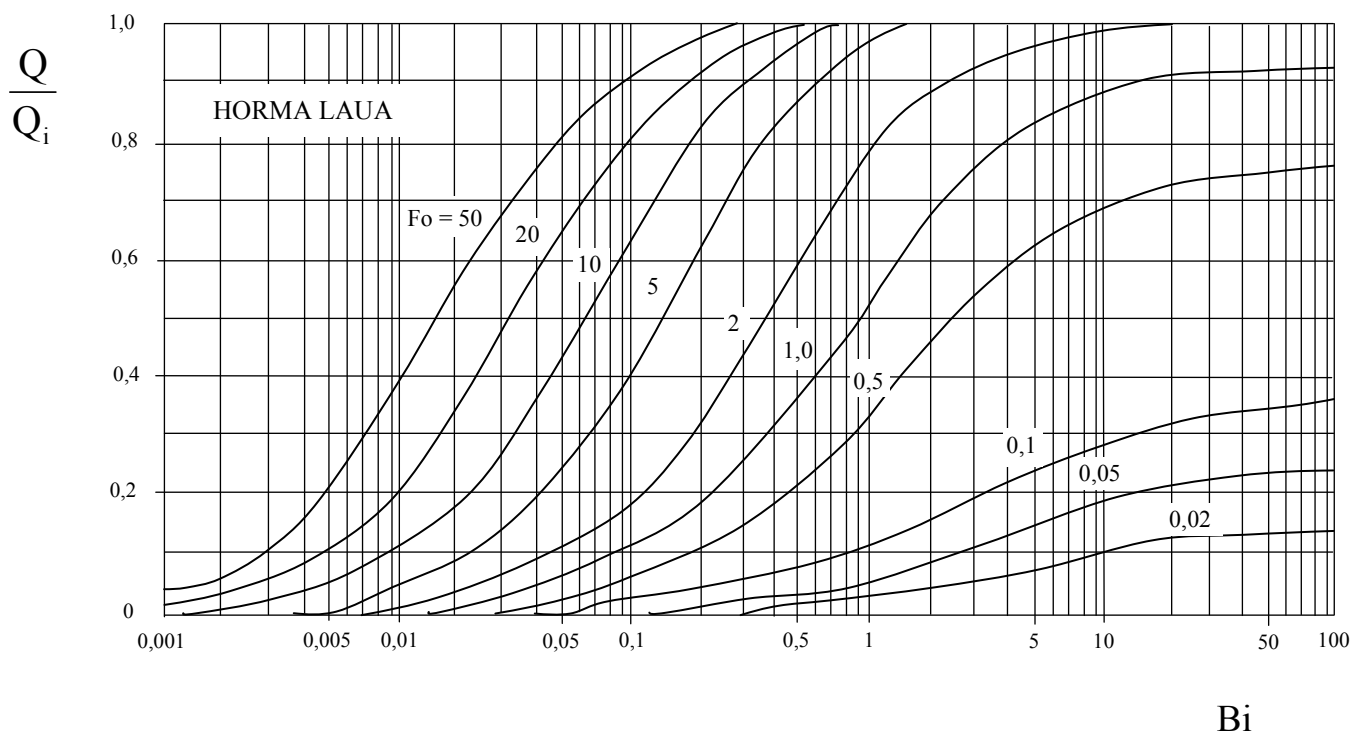
$$\beta = \theta - \theta_{INGURUA}$$

$$Fo = \frac{a \cdot t}{s^2}$$

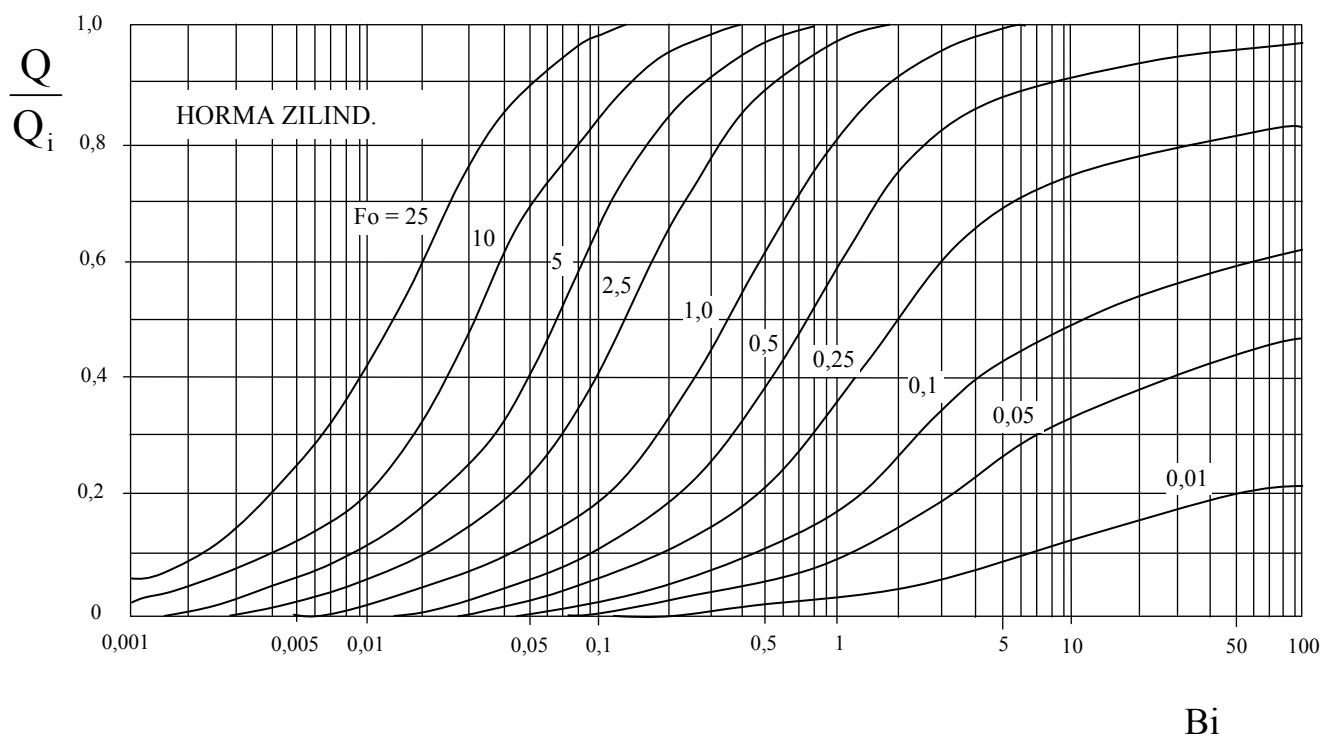
$$Bi = \frac{\alpha \cdot s}{\lambda}$$



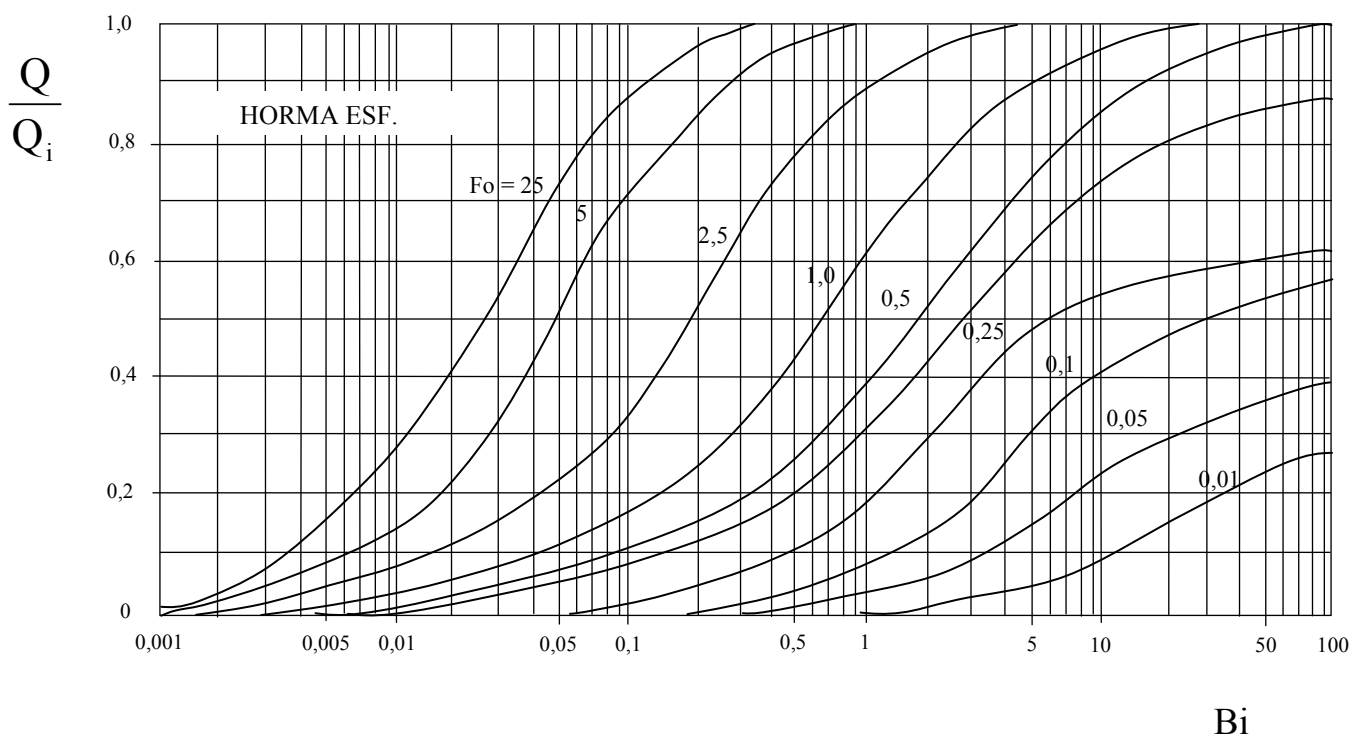
**INGURUAREN TENPERATURA-ALDAKETA BORTITZAK ERAGINDAKO BERTRUKEA HORMA LAU BATEAN**



**INGURUAREN TENPERATURA-ALDAKETA BORTITZAK ERAGINDAKO BERO-  
TRUKEA HORMA ZILINDRIKO BATEAN**

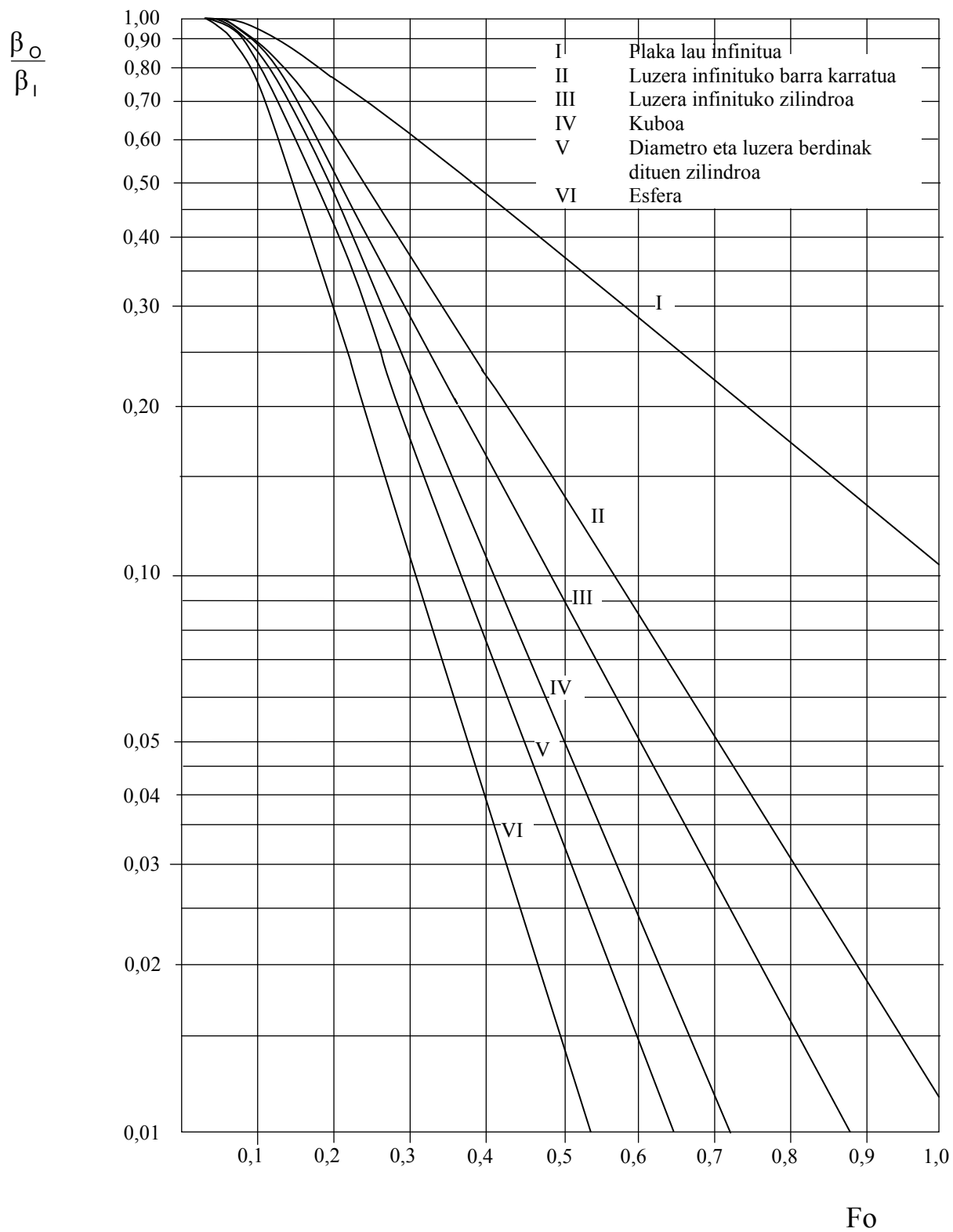


**INGURUAREN TENPERATURA-ALDAKETA BORTITZAK ERAGINDAKO BERTRUKEA HORMA ESFERIKO BATEAN**



- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

**1.14. GAINAZALEKO TENPERATURAREN ALDAKETA BORTITZAREN KONPARAZIO GRAFIKOA ( $Bi = \infty$ )**



- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.



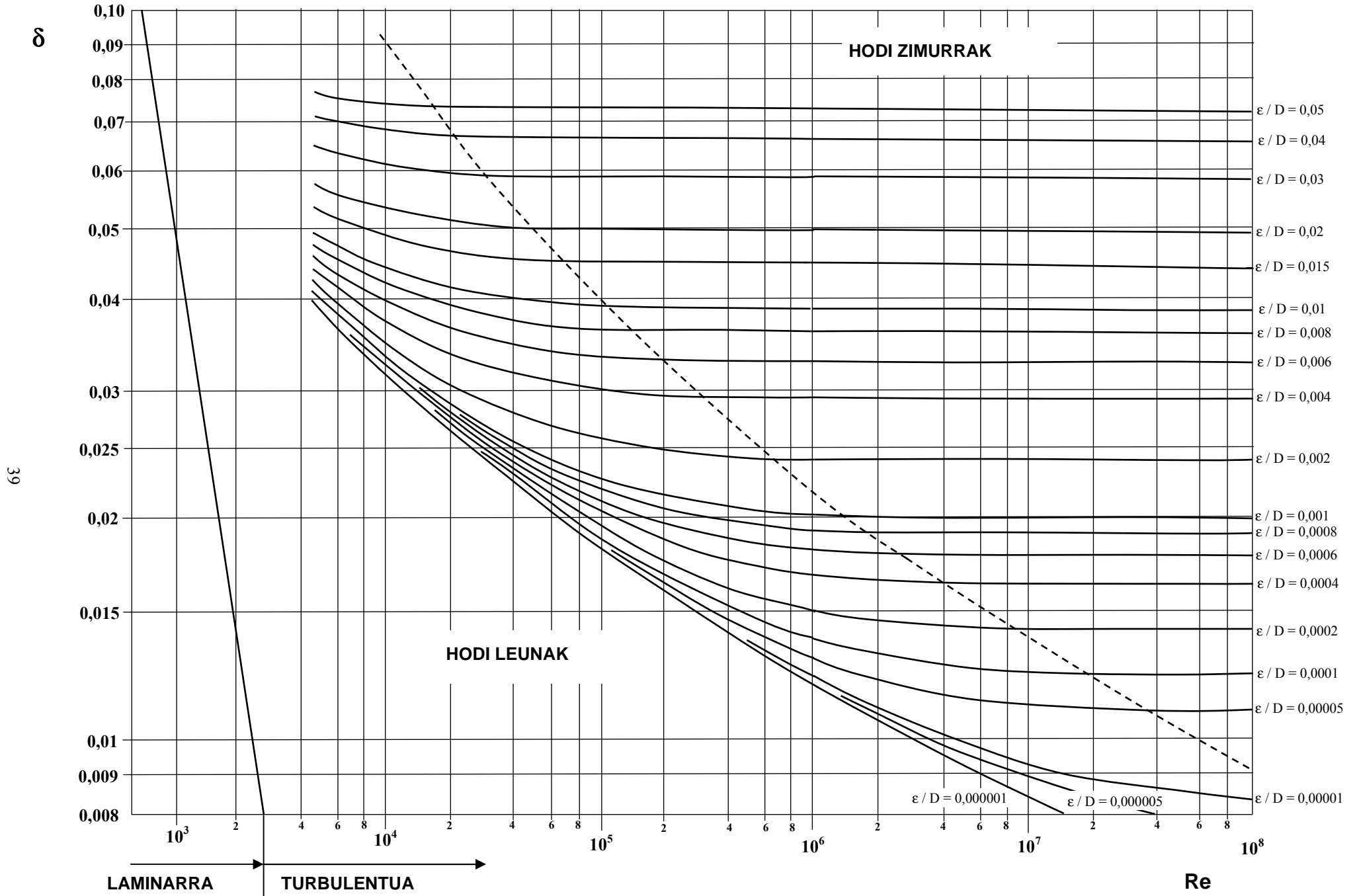


## 2. KONBEKZIOA

---



## 2.1. MOODY ABAKOA



## 2.2. AIRE LEHORRAREN PROPIETATEAK PRESIO ATMOSFERIKOAN

$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu \times 10^6$ (kg/m s)	$\nu \times 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda \times 10^3$ (W/m °C)	$Pr$
-50	1,0064	1,5819	14,63	9,25	20,04	0,735
-40	1,0060	1,5141	15,17	10,02	20,86	0,731
-30	1,0058	1,4518	15,69	10,81	21,68	0,728
-20	1,0057	1,3944	16,20	11,62	22,49	0,724
-10	1,0056	1,3414	16,71	12,46	23,29	0,721
0	1,0057	1,2923	17,20	13,31	24,08	0,718
10	1,0058	1,2467	17,69	14,19	24,87	0,716
20	1,0061	1,2042	18,17	15,09	25,64	0,713
30	1,0064	1,1644	18,65	16,01	26,01	0,712
40	1,0068	1,1273	19,11	16,96	27,10	0,710
50	1,0074	1,0924	19,57	17,92	27,81	0,709
60	1,0080	1,0596	20,03	18,90	28,52	0,708
70	1,0087	1,0287	20,47	19,90	29,22	0,707
80	1,0095	0,9996	20,92	20,92	29,91	0,706
90	1,0130	0,9721	21,35	21,96	30,59	0,705
100	1,0113	0,9460	21,78	23,02	31,27	0,704
110	1,0123	0,9213	22,20	24,10	31,94	0,704
120	1,0134	0,8979	22,62	25,19	32,61	0,703
130	1,0146	0,8756	23,03	26,31	33,28	0,702
140	1,0159	0,8544	23,44	27,44	33,94	0,702
150	1,0172	0,8342	23,84	28,58	34,59	0,701
160	1,0186	0,8150	24,24	29,75	35,25	0,701
170	1,0201	0,7966	24,63	30,93	35,89	0,700
180	1,0217	0,7790	25,03	32,13	36,54	0,700
190	1,0233	0,7622	25,41	33,34	37,18	0,699
200	1,0250	0,7461	25,79	34,57	37,81	0,699
210	1,0268	0,7306	26,17	35,82	38,45	0,699
230	1,0305	0,7016	26,91	38,36	39,71	0,698
240	1,0324	0,6879	27,27	39,65	40,33	0,698
250	1,0344	0,6748	27,64	40,96	40,95	0,698
260	1,0365	0,6621	27,99	42,28	41,57	0,698
270	1,0386	0,6499	28,35	43,62	42,18	0,698
280	1,0407	0,6382	28,70	44,97	42,79	0,698
290	1,0429	0,6268	29,05	46,34	43,40	0,698
300	1,0452	0,6159	29,39	47,72	44,01	0,698

$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu \times 10^6$ (kg/m s)	$\nu \times 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda \times 10^3$ (W/m °C)	$Pr$
310	1,0475	0,6053	29,73	49,12	44,61	0,698
320	1,0499	0,5951	30,07	50,53	45,21	0,698
330	1,0523	0,5853	30,41	51,95	45,84	0,698
340	1,0544	0,5757	30,74	53,39	46,38	0,699
350	1,0568	0,5665	31,07	54,85	46,92	0,700
360	1,0591	0,5575	31,40	56,31	47,47	0,701
370	1,0615	0,5489	31,72	57,79	48,02	0,701
380	1,0639	0,5405	32,04	59,29	48,58	0,702
390	1,0662	0,5323	32,36	60,79	49,15	0,702
400	1,0686	0,5244	32,68	62,31	49,72	0,702
410	1,0710	0,5167	32,99	63,85	50,29	0,703
420	1,0734	0,5093	33,30	65,39	50,86	0,703
430	1,0758	0,5020	33,61	66,95	51,44	0,703
440	1,0782	0,4950	33,92	68,52	52,01	0,703
450	1,0806	0,4882	34,22	70,11	52,59	0,703
460	1,0830	0,4815	34,52	71,70	53,16	0,703
470	1,0854	0,4750	34,82	73,31	53,73	0,703
480	1,0878	0,4687	35,12	74,93	54,31	0,704
490	1,0902	0,4626	35,42	76,57	54,87	0,704
500	1,0926	0,4566	35,71	78,22	55,44	0,704
510	1,0949	0,4508	36,00	79,87	56,01	0,704
520	1,0973	0,4451	36,29	81,54	56,57	0,704
530	1,0996	0,4395	36,58	83,23	57,13	0,704
540	1,1020	0,4341	36,87	84,92	57,68	0,704
550	1,1043	0,4288	37,15	86,63	58,24	0,704
560	1,1066	0,4237	37,43	88,35	58,79	0,705
570	1,1088	0,4187	37,71	90,07	59,33	0,705
580	1,1111	0,4138	37,99	91,82	59,87	0,705
590	1,1133	0,4090	38,27	93,57	60,41	0,705
600	1,1155	0,4043	38,54	95,33	60,94	0,705
610	1,1177	0,3997	38,81	97,11	61,47	0,706
620	1,1198	0,3952	39,09	98,89	62,00	0,706
630	1,1219	0,3908	39,36	100,69	62,52	0,706
640	1,1240	0,3866	39,62	102,50	63,03	0,707
650	1,1260	0,3824	39,89	104,32	63,55	0,707

- Gas ideala hartuz.
- Honako dokumentu honek gomendutako ekuazioak erabiliz kalkulatu dira  $c_p, \mu, \nu, \lambda$  :  
*Thermophysical Properties of Refrigerants*, New York, ASHRAE, 1976.

### 2.3. UR ASEAREN PROPIETATEAK

$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu \times 10^3$ (kg/m s)	$\nu \times 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda$ (W/m °C)	Pr
0	4,218	999,8	1,791	1,792	0,5619	12,45
5	4,203	1000,0	1,520	1,520	0,5723	11,16
10	4,193	999,8	1,308	1,308	0,5820	9,42
15	4,187	999,2	1,139	1,140	0,5911	8,07
20	4,182	998,3	1,003	1,004	0,5996	6,99
25	4,180	997,1	0,891	0,893	0,6076	6,13
30	4,180	995,7	0,798	0,801	0,6150	5,42
35	4,179	994,1	0,720	0,724	0,6221	4,83
40	4,179	992,3	0,653	0,658	0,6286	4,34
45	4,182	990,2	0,596	0,602	0,6347	3,93
50	4,182	998,0	0,547	0,554	0,6405	3,57
55	4,184	985,7	0,504	0,512	0,6458	3,27
60	4,186	983,1	0,467	0,475	0,6507	3,00
65	4,187	980,5	0,434	0,442	0,6553	2,77
70	4,191	977,7	0,404	0,414	0,6594	2,57
75	4,191	974,7	0,378	0,388	0,6633	2,39
80	4,195	971,6	0,355	0,365	0,6668	2,23
85	4,201	968,4	0,334	0,345	0,6699	2,09
90	4,203	965,1	0,315	0,326	0,6727	1,97
95	4,210	961,7	0,298	0,310	0,6753	1,86
100	4,215	958,1	0,282	0,295	0,6775	1,76
120	4,246	942,8	0,232	0,246	0,6833	1,44
140	4,282	925,9	0,196	0,212	0,6845	1,23
160	4,339	907,3	0,170	0,187	0,6815	1,08
180	4,411	886,9	0,149	0,168	0,6745	0,98
200	4,498	864,7	0,134	0,155	0,6634	0,91
220	4,608	840,4	0,121	0,144	0,6483	0,86
240	4,770	813,6	0,111	0,136	0,6292	0,84
260	4,991	783,9	0,102	0,130	0,6059	0,84
280	5,294	750,5	0,093	0,125	0,5780	0,86
300	5,758	712,2	0,086	0,121	0,5450	0,91
320	6,566	666,9	0,078	0,117	0,5063	1,02
340	8,234	610,2	0,070	0,115	0,4611	1,25
360	16,138	526,2	0,060	0,114	0,4115	2,35

- Honako dokumentu honek gomendutako ekuazioak erabiliz kalkulatu dira  $c_p, \rho, \mu$  : ASME: *Steam Tables*, 3. argit., New York, Am. Soc. Mech. Eng., 1977.
- Honako dokumentu honek gomendutako ekuazioak erabiliz kalkulatu da  $\lambda$ : Kestin, J.: *Thermal Conductivity of Water and Steam*, Mech. Eng., 1978ko abuztua, 47. or.

## 2.4. UR LURRUN ASEAREN PROPIETATEAK

$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\nu \times 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda \times 10^3$ (W/m °C)	$Pr$	$P$ (bar)
100	2,135	0,598	20,020	23,73	1,08	1,013
110	2,177	0,826	15,070	24,89	1,09	1,433
120	2,206	1,120	11,460	25,93	1,09	1,985
130	2,257	1,500	8,850	26,87	1,11	2,701
140	2,315	1,970	6,890	28,03	1,12	3,614
150	2,395	2,550	5,470	28,84	1,15	4,760
160	2,479	3,260	4,390	30,12	1,18	6,181
170	2,583	4,120	3,570	31,28	1,21	7,920
180	2,709	5,160	2,930	32,68	1,25	10,027
190	2,855	6,400	2,440	34,19	1,30	12,551
200	2,973	7,860	2,030	35,47	1,34	15,549
210	3,098	9,580	1,710	37,22	1,41	19,077
220	3,408	11,600	1,450	38,96	1,47	23,198
230	3,634	14,000	1,240	40,94	1,54	27,976
240	3,881	16,800	1,060	42,91	1,61	33,478
250	4,158	20,000	0,913	45,12	1,68	39,776
260	4,467	23,700	0,794	48,03	1,75	46,943
270	4,815	28,100	0,688	51,06	1,82	55,058
280	5,234	33,200	0,600	54,89	1,90	64,202
290	5,694	39,200	0,526	58,27	2,01	74,461
300	6,280	46,200	0,461	62,69	2,13	85,927
310	7,118	54,600	0,403	68,38	2,29	98,700
320	8,206	64,700	0,353	75,13	2,50	112,890
330	9,881	77,000	0,310	82,57	2,86	128,630
340	12,351	92,800	0,272	93,04	3,35	146,050
350	16,245	114,000	0,234	107,00	4,03	165,350
360	23,027	144,000	0,202	127,93	5,23	186,750
370	56,522	202,000	0,166	170,96	11,10	190,210

- Honako dokumentu honek gomendutako ekuazioak erabiliz kalkulatu dira  $c_p, \rho, \mu$  : ASME: *Steam Tables*, 3. argit., New York, Am. Soc. Mech. Eng., 1977.
- Honako dokumentu honek gomendutako ekuazioak erabiliz kalkulatu da  $\lambda$ : Kestin, J.: *Thermal Conductivity of Water and Steam*, Mech. Eng., 1978ko abuztua, 47. or.



## 2.5. LURRUN GAINBEROTUAREN PROPIETATEAK, PRESIO ATMOSFERIKOAN

$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\nu \times 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda \times 10^3$ (W/m °C)	$Pr$
100	2,135	0,598	20	23,73	1,08
200	1,976	0,464	30,6	33,49	0,94
300	2,014	0,384	44,3	44,19	0,91
400	2,073	0,326	60,5	55,94	0,90
500	2,135	0,284	78,8	68,38	0,90
600	2,206	0,252	99,8	81,76	0,89
700	2,273	0,226	122	95,60	0,90
800	2,345	0,204	147	110,25	0,91
900	2,416	0,187	174	124,44	0,92
1000	2,483	0,172	204	140,72	0,92

- Honako dokumentu honek gomendutako ekuazioak erabiliz kalkulatu dira  $c_p, \rho, \mu$  : ASME: *Steam Tables*, 3. argit., New York, Am. Soc. Mech. Eng., 1977.
- Honako dokumentu honek gomendutako ekuazioak erabiliz kalkulatu da  $\lambda$ : Kestin, J.: *Thermal Conductivity of Water and Steam*, Mech. Eng., 1978ko abuztua, 47. or.

## 2.6. HAINBAT LIKIDO ASEREN PROPIETATEAK

$\theta$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\nu \times 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda$ (W/m °C)	$a \times 10^7$ (m <sup>2</sup> /s)	$Pr$	$\beta$ (1/K)
<b>Anhidrido sulfurooa, SO<sub>2</sub>*</b>							
-50	1560,8	1,3595	0,484	0,242	1,141	4,24	0,0019
-40	1536,8	1,3607	0,424	0,235	1,130	3,74	
-30	1520,6	1,3616	0,371	0,230	1,117	3,31	
-20	1488,6	1,3624	0,324	0,225	1,107	2,93	
-10	1463,6	1,3628	0,288	0,218	1,097	2,62	
0	1438,4	1,3636	0,257	0,211	1,081	2,38	
10	1412,5	1,3645	0,232	0,204	1,066	2,18	
20	1386,4	1,3653	0,210	0,199	1,050	2,00	
30	1359,3	1,3662	0,190	0,192	1,035	1,83	
40	1329,2	1,3674	0,173	0,185	1,019	1,70	
50	1299,1	1,3683	0,162	0,177	0,999	1,61	
<b>Metiloaren kloruroa, CH<sub>3</sub>Cl*</b>							
-50	1052,6	1,4759	0,320	0,215	1,388	2,31	0,002
-40	1033,35	1,4826	0,318	0,209	1,368	2,32	
-30	1016,5	1,4922	0,314	0,202	1,337	2,35	
-20	999,4	1,5043	0,309	0,196	1,301	2,38	
-10	981,45	1,5194	0,306	0,187	1,257	2,43	
0	962,4	1,5378	0,302	0,178	1,213	2,49	
10	942,4	1,5600	0,297	0,171	1,166	2,55	
20	923,3	1,5860	0,293	0,163	1,112	2,63	
30	903,1	1,6161	0,288	0,154	1,058	2,72	
40	883,1	1,6504	0,281	0,144	0,996	2,83	
50	861,15	1,6890	0,274	0,133	0,921	2,97	
<b>Amoniakoa, NH<sub>3</sub>**</b>							
-50	702,1	4,36	0,469	0,7223	2,36	1,985	0,00167
-40	690,2	4,414	0,408	0,6881	2,26	1,804	0,00176
-30	677,8	4,465	0,360	0,6546	2,16	1,665	0,00185
-20	665,1	4,514	0,322	0,622	2,07	1,556	0,00194
-10	652,1	4,564	0,292	0,5901	1,98	1,471	0,00205
0	638,6	4,617	0,266	0,5592	1,90	1,404	0,00216
10	624,6	4,676	0,245	0,5291	1,81	1,352	0,00230
20	610,2	4,745	0,227	0,4998	1,73	1,313	0,00245
30	595,2	4,828	0,211	0,4713	1,64	1,285	0,00264
40	579,4	4,932	0,197	0,4433	1,55	1,269	0,00287
50	562,9	5,063	0,184	0,416	1,46	1,263	0,00316

$\theta$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\nu \times 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$\lambda$ (W/m °C)	$a \times 10^7$ (m <sup>2</sup> /s)	$Pr$	$\beta$ (1/K)
<b>Anhidrido karbonikoa, CO<sub>2</sub>**</b>							
-50	1155	1,971	0,201	0,1743	0,77	2,624	0,00327
-40	1116	2,012	0,177	0,1619	0,72	2,458	0,00362
-30	1076	2,073	0,157	0,1499	0,67	2,342	0,00408
-20	1032	2,165	0,141	0,1381	0,62	2,274	0,00475
-10	982,9	2,307	0,126	0,1265	0,56	2,257	0,00574
0	927,4	2,542	0,113	0,1149	0,49	2,312	0,00740
10	861,1	2,997	0,100	0,1031	0,40	2,513	0,01068
20	773,6	4,236	0,088	0,09043	0,28	3,188	0,02008
30	602,4	28,99	0,073	0,07662	0,04	16,67	0,24330
<b>Dikloro-difluor-metanoa (Freon-12) CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>*</b>							
-50	1546,75	0,8750	0,310	0,067	0,501	6,2	0,0026
-40	1518,7	0,8847	0,279	0,069	0,514	5,4	
-30	1489,6	0,8956	0,253	0,069	0,526	4,8	
-20	1460,6	0,9073	0,235	0,071	0,539	4,4	
-10	1429,5	0,9203	0,221	0,073	0,550	4,0	
0	1397,45	0,9345	0,214	0,073	0,557	3,8	
10	1364,3	0,9496	0,203	0,073	0,560	3,6	
20	1330,2	0,9659	0,198	0,073	0,560	3,5	
30	1324,2	0,9888	0,195	0,070	0,558	3,5	
40	1257,1	1,0019	0,191	0,069	0,555	3,5	
50	1216,0	1,0216	0,190	0,067	0,545	3,5	
<b>Olio lubrikatzaileak (SAE 50-ren antzekoak) *</b>							
0	899,1	1,796	4280	0,147	0,911	47100	0,0007
20	888,2	1,880	900	0,145	0,872	10400	
40	876,0	1,964	240	0,144	0,834	2870	
60	864,0	2,047	83,9	0,140	0,800	1050	
80	852,0	2,131	37,5	0,138	0,769	490	
100	840,0	2,219	20,3	0,137	0,738	276	
120	829,0	2,307	12,4	0,135	0,710	175	
140	817,0	2,395	8,0	0,133	0,686	116	
160	806,0	2,483	5,6	0,132	0,663	84	
<b>Glizerina, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>(OH)<sub>3</sub>*</b>							
0	1276,0	2,261	8310	0,983	0,983	19164	0,0005
10	1270,1	2,319	3000	0,284	0,965	31000	
20	1264,0	2,386	1180	0,286	0,947	12500	
30	1258,1	2,445	500	0,286	0,929	5380	
40	1252,0	2,512	220	0,286	0,914	2450	
<b>Glikola, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub> *</b>							
0	1130,75	2,294	57,53	0,242	0,934	615	0,00065
20	1116,65	2,382	19,18	0,249	0,939	204	
40	1101,4	2,474	8,69	0,256	0,939	93	
60	1087,7	2,562	4,75	0,260	0,932	51	
80	1077,7	2,650	2,98	0,261	0,921	32,4	
100	1058,5	2,742	2,03	0,263	0,908	22,4	

- \* Iturria: Eckert, E.R.G.; Drake, R.M.: *Analysis of Heat and Transfer*, New York, Copyright McGraw-Hill, 1972.
- \*\* EES (Engineering Equation Solver) programako liburutegietatik

## 2.7. HAINBAT GASEN PROPIETATEAK PRESIO ATMOSFERIKOAN

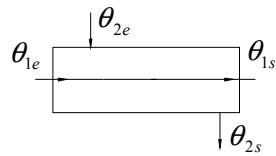
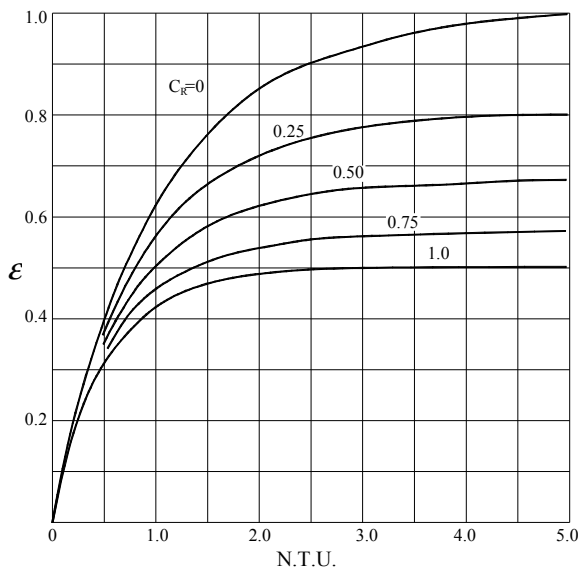
$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\mu \times 10^6$ (kg/m s)	$\lambda \times 10^3$ (W/m °C)	$Pr$
<b>Amoniakoa (NH<sub>3</sub>)</b>				
-20	2,251	8,64	19,96	0,974
0	2,194	9,32	21,82	0,938
20	2,167	10,02	23,83	0,912
40	2,164	10,73	25,98	0,894
60	2,177	11,45	28,23	0,883
80	2,203	12,18	30,59	0,877
100	2,236	12,91	33,05	0,874
120	2,274	13,65	35,59	0,872
140	2,314	14,39	38,21	0,871
160	2,353	15,13	40,91	0,870
180	2,390	15,87	43,68	0,869
200	2,425	16,62	46,51	0,867
220	2,457	17,37	49,41	0,864
240	2,488	18,13	52,37	0,861
260	2,519	18,88	55,39	0,859
<b>Karbono dioxidoa (CO<sub>2</sub>)</b>				
-50	0,7813	11,34	11,05	0,8
0	0,8277	13,74	14,57	0,78
50	0,8730	16,05	18,58	0,75
100	0,9167	18,27	22,24	0,75
150	0,9581	20,40	26,31	0,74
200	0,9969	22,42	30,25	0,74
250	1,033	24,37	33,96	0,74
300	1,062	26,24	38,16	0,73
400	1,114	29,75	46,59	0,71
500	1,158	33,01	54,14	0,71
600	1,196	36,08	60,60	0,71
<b>Helioa (He)</b>				
-100	5,1931	13,75	104,5	0,68
-50	5,1931	16,01	123,5	0,67
0	5,1931	18,03	142,3	0,66
50	5,1931	20,95	160,2	0,68
100	5,1931	23,15	177,7	0,68
150	5,1931	25,23	194,8	0,67
200	5,1931	27,22	211,5	0,67
300	5,1931	31,01	243,3	0,66
400	5,1931	34,58	272,9	0,65
500	5,1931	37,96	300,4	0,65
<b>Nitrogenoa (N<sub>2</sub>)</b>				
-100	1,044	11,35	15,89	0,745
-50	1,043	14,07	20,08	0,731
0	1,041	16,58	24,04	0,718
50	1,041	18,89	27,59	0,713
100	1,043	21,05	30,86	0,711
150	1,047	23,07	34,00	0,710
200	1,053	24,97	37,02	0,710
300	1,069	28,40	42,71	0,711
400	1,091	31,55	47,92	0,719
500	1,116	34,46	52,85	0,728
600	1,140	37,16	57,50	0,737

$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\mu \times 10^6$ (kg/m s)	$\lambda \times 10^3$ (W/m °C)	$Pr$
<b>Oxigenoa (O<sub>2</sub>)</b>				
0	0,9159	19,15	24,49	0,716
50	0,9239	21,95	28,55	0,710
100	0,9348	24,57	32,26	0,712
150	0,9479	27,02	35,83	0,715
200	0,0027	29,33	39,33	0,718
300	0,9944	33,64	46,23	0,724
400	1,0249	37,55	52,73	0,730
500	1,0492	41,16	58,74	0,735
600	1,0693	44,52	64,54	0,738
700	1,0864	47,68	70,25	0,738
<b>Freon-12 (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)</b>				
-20	0,5525	10,70	7,36	0,804
0	0,5748	11,52	8,34	0,794
20	0,5956	12,33	9,35	0,785
40	0,6150	13,12	10,39	0,777
60	0,6331	13,90	11,40	0,769
80	0,6500	14,66	12,51	0,758
100	0,6656	15,41	13,60	0,754
120	0,6801	16,14	14,70	0,747
140	0,6936	16,86	15,81	0,740
160	0,7060	17,56	16,92	0,733
180	0,7175	18,25	18,05	0,726
200	0,7282	18,93	19,17	0,719
<b>Freon-22 (CHClF<sub>2</sub>)</b>				
-40	0,5675	10,13	4,04	1,420
0	0,6156	11,58	9,39	0,777
40	0,6625	13,54	11,79	0,761
80	0,7076	15,20	14,19	0,758
120	0,7503	16,81	16,59	0,760
160	0,7900	18,39	18,99	0,765
200	0,8259	19,92	21,39	0,769
240	0,8575	21,42	23,79	0,772
280	0,8841	22,89	26,19	0,773
320	0,9051	24,31	28,59	0,770
<b>Butanoa (lineala, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)</b>				
20	1,6860	7,41	15,41	0,811
40	1,7781	7,89	17,27	0,812
60	1,8692	8,37	19,25	0,813
80	1,9591	8,85	21,31	0,813
100	2,0478	9,32	23,45	0,814
120	2,1351	9,80	25,64	0,816
140	2,2210	10,27	27,87	0,818
160	2,3052	10,74	30,12	0,822
180	2,3877	11,20	32,38	0,826
200	2,4684	11,66	34,62	0,832
220	2,5472	12,12	36,85	0,838
240	2,6238	12,58	39,04	0,845
260	2,6983	13,03	41,19	0,855

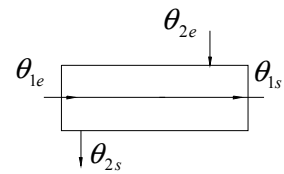
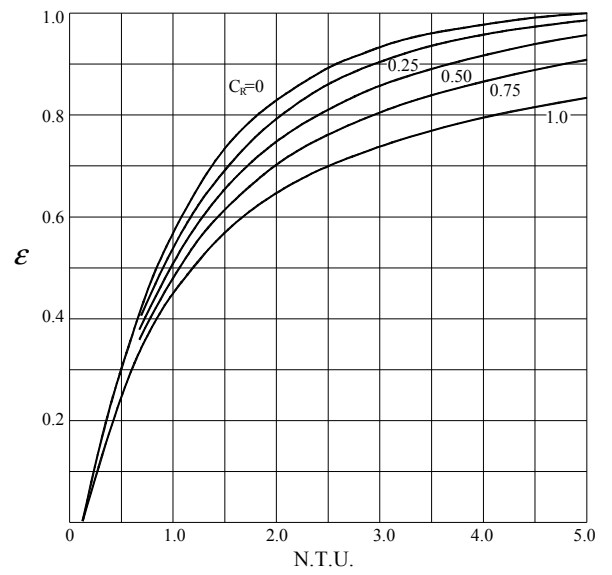
$\theta$ (°C)	$c_p$ (kJ/kg °C)	$\mu \times 10^6$ (kg/m s)	$\lambda \times 10^3$ (W/m °C)	$Pr$
<b>Etanoa (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)</b>				
-100	1,4252	5,62	8,00	1,000
-50	1,5260	7,14	12,66	0,861
0	1,6791	8,65	18,30	0,794
50	1,8660	10,12	24,87	0,759
100	2,0713	11,53	31,96	0,747
150	2,2825	12,87	39,49	0,744
200	2,4904	14,15	47,36	0,744
250	2,6890	15,40	55,50	0,746
300	2,8750	16,58	63,83	0,747
350	3,0485	17,71	72,44	0,745
400	3,2125	18,80	81,03	0,745
<b>Metanoa (CH<sub>4</sub>)</b>				
0	2,1702	10,32	30,78	0,727
20	2,2193	10,98	33,39	0,721
40	2,2724	11,62	36,06	0,732
60	2,3290	12,25	38,73	0,737
80	2,3889	12,86	41,55	0,740
100	2,4515	13,46	44,38	0,744
120	2,5166	14,05	47,25	0,748
140	2,5839	14,62	50,88	0,742
160	2,6529	15,18	54,61	0,737
180	2,7233	15,72	58,37	0,734
200	2,7948	16,26	62,14	0,731
220	2,8670	16,79	65,91	0,730
240	2,9396	17,30	69,68	0,730
260	3,0121	17,81	73,44	0,730
<b>Propanoa (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)</b>				
0	1,5956	7,55	15,27	0,789
20	1,6779	8,07	17,41	0,778
40	1,7628	8,60	19,60	0,773
60	1,8496	9,12	21,84	0,773
80	1,9375	9,64	24,12	0,775
100	2,0260	10,16	26,44	0,779
120	2,1144	10,67	28,78	0,784
140	2,2022	11,18	31,15	0,790
160	2,2889	11,68	33,52	0,797
180	2,3742	12,17	35,92	0,805

- Adierazitako balioak kalkulatzeko erreferentzia hau erabili da: *Thermophysical Properties of Refrigerants*, New York, ASHRAE, 1976.
- Helioaren, Freon 12-aren eta Freon 22-aren  $c_p$  balioak gas idealaren egoerarako dira:  $presio \rightarrow 0$ ; errore handirik gabe presio atmosferikorako aplika daitezke.

## 2.8. TRUKAGILUEN EFIKAZIAREN ABAKOAK

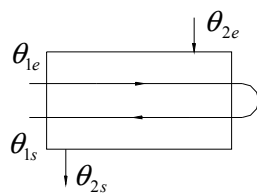
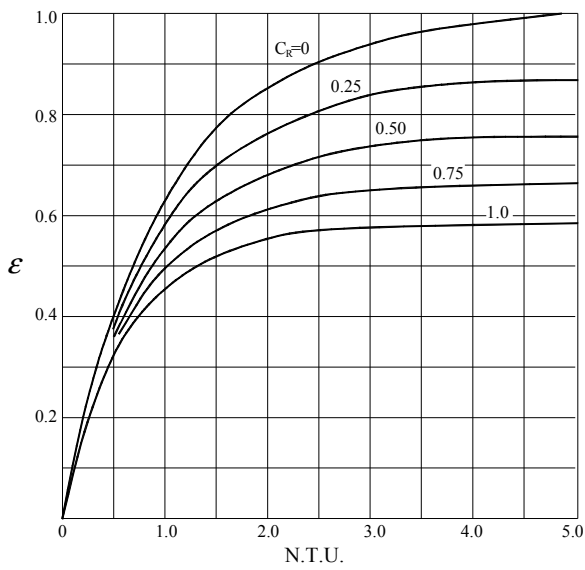


EKIKORRONTEA

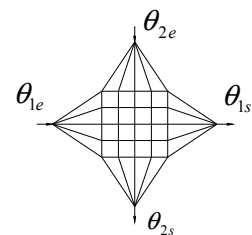
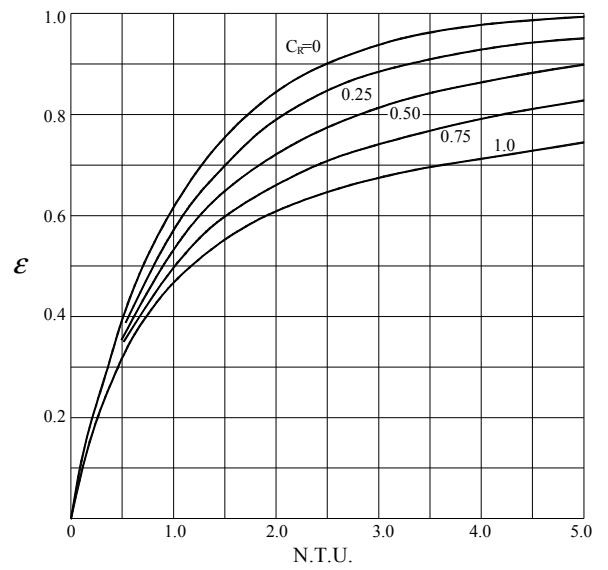


KONTRAKO KORRONTEA

$$\begin{cases} U \cdot S = N.T.U. \\ \frac{C_{MIN.}}{C_{MAX.}} = C_R \end{cases}$$



BI IGAROALDI HODIETATIK  
ETA BAKARRA KARKASATIK

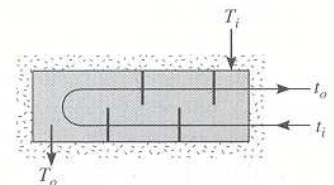
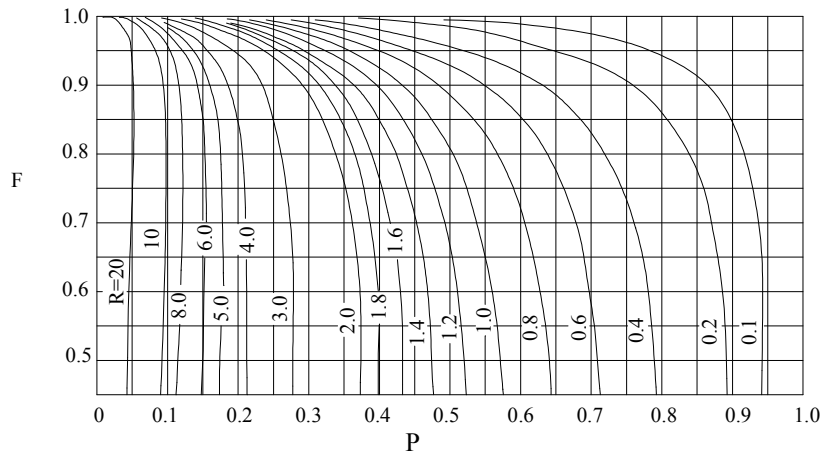


ISURI GURUTZATUA

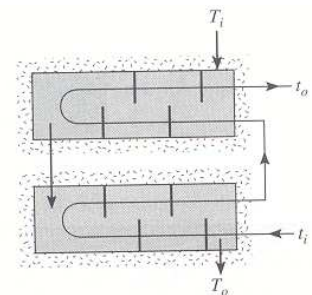
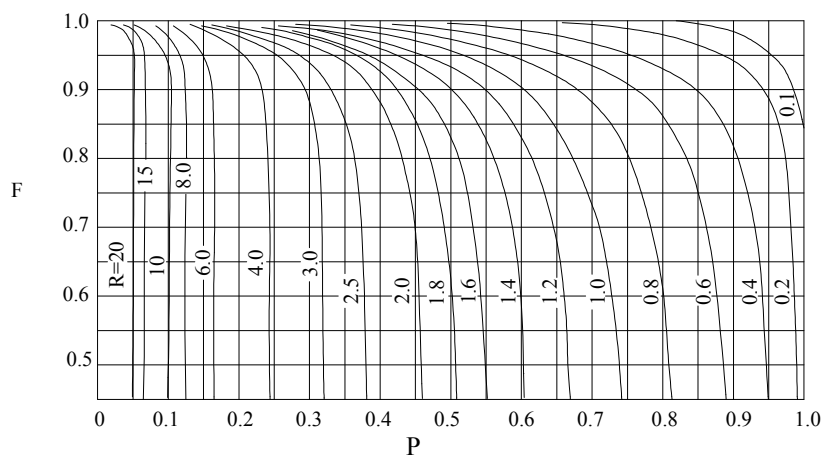
## 2.9. KARKASA ETA HODIA DITUZTEN TRUKAGAILUEN ZUZENTZE-FAKTOREA (F) KALKULATZEKO IRUDIAK

$$P = \frac{t_o - t_i}{T_i - t_i} \quad R = \frac{T_i - T_o}{t_o - t_i} = \frac{\left( \dot{m} \cdot C_p \right)_{\text{Hodi\_aldea}}}{\left( \dot{m} \cdot C_p \right)_{\text{Karkasa\_aldea}}}$$

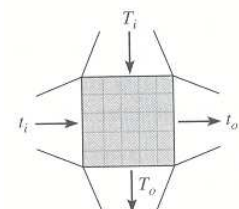
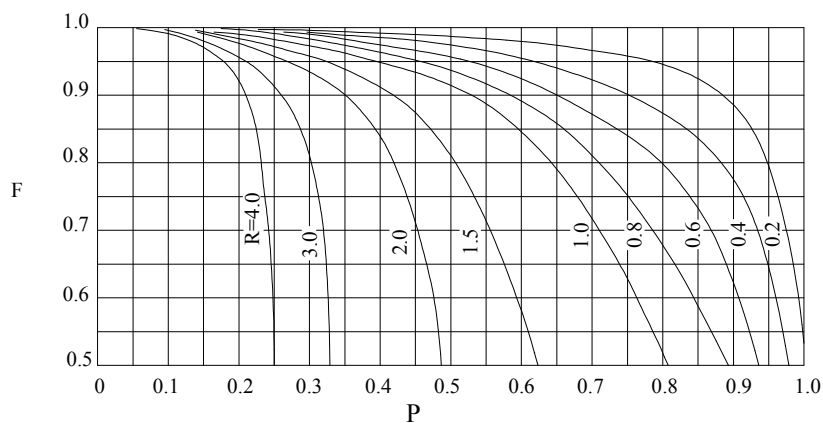
- $t$  hodi-aldea da eta  $T$  karkasa-aldea.
- $i$  azpiindizea sarrerarako eta  $o$  azpiindizea irteerarako.



BI IGAROALDI HODIETATIK ETA BAKARRA KARKASATIK



LAU IGAROALDI HODIETATIK ETA BI KARKASATIK



ISURI GURUTZATUA

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.



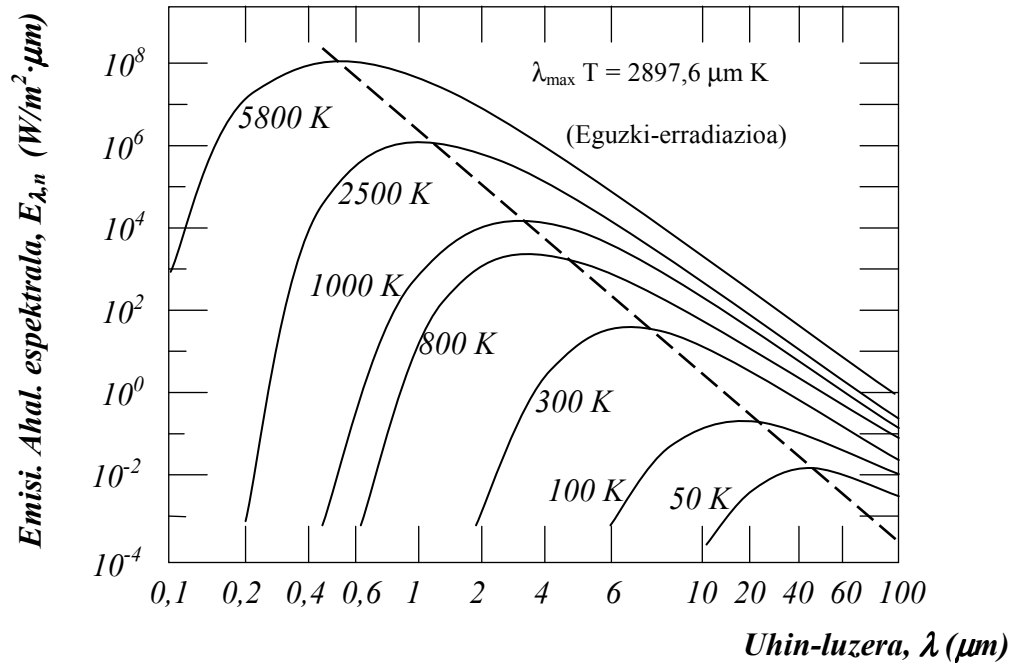


### **3. ERRADIAZIOA**

---



### 3.1. PLANCK-EN ARABERAKO GORPUTZ BELTZAREN EMISIBITATE-AHALMEN ESPEKTRALA



- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 3.2. GORPUTZ BELTZAREN EMISIOA BANDA BATEAN

$$F_{(0 \rightarrow \lambda)}$$

$\lambda T$ ( $\mu\text{m K}$ )	$F_{(0 \rightarrow \lambda)}$
4200	0,516014
4400	0,548796
4600	0,579280
4800	0,433109
5000	0,633747
5200	0,658970
5400	0,680360
5600	0,701046
5600	0,701046
5800	0,720158
6000	0,737818
6200	0,754140
6400	0,769234
6600	0,783199
6800	0,796129
7000	0,808109
7200	0,819217
7400	0,829527
7600	0,839102
7800	0,848005
8000	0,856288

$\lambda T$ ( $\mu\text{m K}$ )	$F_{(0 \rightarrow \lambda)}$
8500	0,874608
9000	0,890029
9500	0,903085
10000	0,914199
10500	0,923710
11000	0,931890
11500	0,939959
12000	0,945098
13000	0,955139
14000	0,962898
15000	0,069981
16000	0,973814
18000	0,980860
20000	0,985602
25000	0,992215
30000	0,995340
40000	0,997967
50000	0,998953
75000	0,999713
100000	0,999905

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 3.3. METALEN ETA OXIDOEN EMISIBITATE TAULA

<i>Azala</i>	$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\varepsilon$
<b><u>Altzairu herdoilgaitzak</u></b>		
<i>Allegheny 66 zbk. aleazioa, leuna</i>	100	0,11
<i>Allegheny 4 zbk. metala, leuna</i>	100	0,13
<i>Leuna</i>	100	0,074
<i>301 mota; A, B<sub>2</sub>, C</i>	24	0,21-0,16
<i>301 mota; A</i>	230-950	0,57-0,55
<i>301 mota; B<sub>2</sub></i>	230-940	0,54-0,63
<i>301 mota; C</i>	230-900	0,51-0,70
<i>316 mota; A, B<sub>2</sub>, C</i>	24	0,28-0,17
<i>347 mota; A, B<sub>2</sub>, C</i>	24	0,39-0,17
<i>347 mota; A</i>	230-900	0,52-0,65
<i>347 mota; B<sub>2</sub></i>	230-880	0,51-0,65
<i>347 mota; B<sub>2</sub></i>	230-900	0,49-0,64
<i>304 mota (8 Cr, 18 Ni)</i>		
<i>- arinki zilarreztatua, zimurra, napar, berotuaren ostean</i>	215-490	0,44-0,36
<i>- 527 °C-an berotu eta 42 h geroago</i>	215-527	0,62-0,73
<i>310 mota (25 Cr 20 Ni)</i>		
<i>Napar, lohitua, labean egon eta gero oxidatua</i>	215-527	0,90-0,97
<b><u>Nikel-aleazioak</u></b>		
<i>Kromonikela</i>	52-1030	0,64-0,76
<i>Kupronikela, leuna</i>	100	0,059
<i>Nikroma, haria, distiratsu</i>	49-1000	0,65-0,79
<i>Nikroma, haria, oxidaturik</i>	49-500	0,95-0,98
<i>Nikel-zilarra, leuna</i>	100	0,135
<i>Nikelina (18-32 Ni, 55-68 Cu, 20 Zn), oxidatua, grisa</i>	21	0,262
<i>ACI-HW mota (60 Ni, 12 Cr)</i>		
<i>Leuna, beltza, erabiliaren ondorioz oxidozko geruza itsatsia</i>	270-560	0,89-0,82
<b><u>Aluminioa</u></b>		
<b><u>Aluminiozko aleazioak</u></b>		
<i>75 ST aleazioak; A, B<sub>1</sub>, C</i>	24	0,11-0,08
<i>75 ST aleazioa; A</i>	233-483	0,22-0,16
<i>24 ST aleazioa; A, B<sub>1</sub>, C</i>	24	0,09
<i>24 ST aleazioa; A</i>	233-490	0,17-0,15
<i>24 ST aleazioa; B<sub>1</sub></i>	233-506	0,20-0,16
<i>24 ST aleazioa; C</i>	233-460	0,16-0,13

<i>Azala</i>	$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\epsilon$
<i>Aluminiozko teilatuetarako estalkiak</i>	38	0,216
<i>Xafla komertziala</i>	100	0,09
<i>600 °C-an oxidatua</i>	200-600	0,11-0,19
<i>Bortizki oxidatua</i>	93-506	0,20-0,31
<i>Aluminio oxidoa</i>	272-496	0,63-0,42
<i>Aluminio oxidoa</i>	496-827	0,42-0,26
<i>Xafla</i>	38	0,055-0,07
<i>Oso xafla leuna, % 98,3ko purutasuna</i>	227-577	0,039-0,057
<i>Leuna</i>	100	0,095
<i>Leuna, baina ez guztiz</i>	100	0,18
<b><u>Zinka</u></b>		
<i>Komertziala, % 99,1eko purutasuna, leuna</i>	227-327	0,045-0,053
<i>400 °C-an berotua eta oxidatua</i>	400	0,11
<i>Burdinazko xafla galbanizatua, oso distiratsua</i>	28	0,23
<i>Burdinazko xafla galbanizatua, oxidazioz grisez jantzia</i>	24	0,28
<i>Zinka, xafla galbanizatua</i>	100	0,21
<b><u>Kobrea</u></b>		
<i>Kupre elektrolitikoa, oso ondo leundua</i>	80	0,018
<i>Leuna</i>	117	0,023
<i>Leuna</i>	100	0,052
<i>Komertziala, esmerilatua, leundua (baina ez guztiz)</i>	19	0,036
<i>Komertziala, dekapatuz distiratsua, baina ez-espekularra</i>	22	0,072
<i>Xafla, luzaroan berotua, oxidozko geruza lodi batez estalia</i>	25	0,78
<i>600 °C-an berotutako xafla</i>	194-600	0,57
<i>Oxido kuprosoa</i>	800-1090	0,66-0,54
<i>Kupre urtua</i>	1080-1280	0,16-0,13
<b><u>Kromoa</u></b> (ikus <i>Ni-Cr</i> altzairuetan nikelzko aleazioak)		
<i>Leuna</i>	38-1090	0,08-0,36
<i>Leuna</i>	100	0,075
<b><u>Eztainua</u></b>		
<i>Latorri distiratsua</i>	24	0,043
<i>Distiratsua</i>	50	0,06
<i>Komertziala, burdinazko xafla eztainuztatua</i>	100	0,07-0,08

<i>Azala</i>	$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\epsilon$
<b><u>Burdina eta altzairuak</u></b> (herdoilgaitzak alde batera utzita)		
<u>Gainazal metalikoak</u>		
<i>Burdina elektrolitiko, oso leundua</i>	177-227	0,052-0,064
<i>Altzairu leundua</i>	100	0,066
<i>Burdina leundua</i>	427-1030	0,14-0,38
<i>Burdina, esmerilatu berria</i>	20	0,24
<i>Fundizioa, leundua</i>	200	0,21
<i>Fundizioa, torneatu berria</i>	22	0,44
<i>Fundizioa, torneatua eta berotua</i>	880-990	0,60-0,70
<i>Burdina forjatua, oso leundua</i>	38-250	0,28
<i>Altzairu urtua, leundua</i>	770-1040	0,52-0,56
<i>Altzairuzko xafla arteztua</i>	940-1100	0,55-0,61
<i>Burdinazko xafla leuna</i>	900-1040	0,55-0,60
<i>Altzairu gozoa; A, B<sub>2</sub>, C</i>	24	0,12-0,10
<i>Altzairu gozoa; A</i>	233-1070	0,20-0,32
<i>Altzairu gozoa; B<sub>2</sub></i>	233-1050	0,34-0,35
<i>Altzairu gozoa; C</i>	233-1070	0,27-0,31
<u>Gainazal oxidatuak</u>		
<i>Xafla desugertua eta oxidatua</i>	20	0,61
<i>Xafla guztiz oxidatua</i>	19,5	0,69
<i>Burdina, gainazal gris iluna</i>	100	0,31
<i>Altzairuzko xafla ijetzia</i>	21	0,66
<i>Burdina oxidatua</i>	100	0,74
<i>Fundizio oxidatua 590 °C-an</i>	200-600	0,64-0,78
<i>Altzairu oxidatua 590 °C-an</i>	200-600	0,79
<i>Burdina elektrolitiko leun eta oxidatua</i>	127-527	0,78-0,82
<i>Burdinazko oxidoa</i>	500-1200	0,85-0,89
<i>Oxidozko geruza lodi eta zimurra</i>	24	0,80
<i>Oxidozko geruza dentso eta distiratsua</i>	24	0,82
<i>Fundiziozko xafla leuna</i>	23	0,80
<i>Fundiziozko xafla zimurra</i>	23	0,82
<i>Burdina forjatu mate eta oxidatua</i>	21-360	0,94
<i>Altzairuzko xafla zimurra</i>	38-370	0,94-0,97
<u>Azal urtuak</u>		
<i>Fundizioa</i>	1300-1400	0,29
<i>Altzairu leuna</i>	1600-1800	0,28
<i>Altzairua</i>	1520-1650	0,43-0,40
<i>Burdina</i>	1520-1775	0,42-0,45

<i>Azala</i>	$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\epsilon$
<b><u>Letoia</u></b>		
% 73,2 Cu, % 26,7 Zn	247-393	0,028-0,031
% 82,9 Cu, % 17,0 Zn	277	0,030
Bortizki ijetzia, leuntzearen arrastoak ikusten direla	21	0,038
Leundua	38-316	0,10
Xafla distiragabea	49-350	0,22
600 °C-an berotua eta oxidatua	199-600	0,61-0,59
<b><u>Magnesioa</u></b>		
Magnesio oxidoa	278-827	0,55-0,20
Magnesio oxidoa	900-1707	0,20
<b><u>Molibdenoa</u></b>		
Haria	727-2600	0,096-0,202
Masan, leundua	100	0,071
<b><u>Nikela</u></b>		
Hauspeakin elektrolitikoa, leundua	23	0,045
Leundua	100	0,072
Nikel oxidoa	650-1255	0,59-0,86
<b><u>Urra</u></b>		
Purua, oso leundua	227-627	0,018-0,035
<b><u>Zilarra</u></b>		
Leundua, purua	227-627	0,020-0,032
Leundua	38-372	0,022-0,031
<b><u>Platinoa</u></b>		
Purua, xafla leundua	227-627	0,054-0,104
Zinta	927-1630	0,12-0,17
Haria	27-1230	0,036-0,192
Alanbrea	227-1380	0,073-0,182
<b><u>Beruna</u></b>		
Purua (% 99,96), oxidaturik gabe	127-227	0,057-0,075
Grisa oxidazioz	24	0,28
149 °C-an oxidatua	199	0,63
<b><u>Tungstenoa</u></b>		
Haria, zaharkitua	27-3320	0,032-0,35
Estaldura leundua	100	0,066

Gainazaleko tratamendurako erabilitako letrak:

A: gainazal lehenengo toluenoz eta ondoren metanolez garbitua.

B<sub>1</sub>: gainazala garbitua, urez eta xaboiz, toluenoz eta metanolez, hurrenez hurren.

B<sub>2</sub>: gainazala garbitua, urez eta xaboi urratzailez, toluenoz eta metanolez.

C: gainazal leundua eta ondoren urez eta xaboiz garbitua.

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.



### 3.4. ERAIKUNTZARAKO MATERIAL ERREGOGORREN EMISIBITATEAK

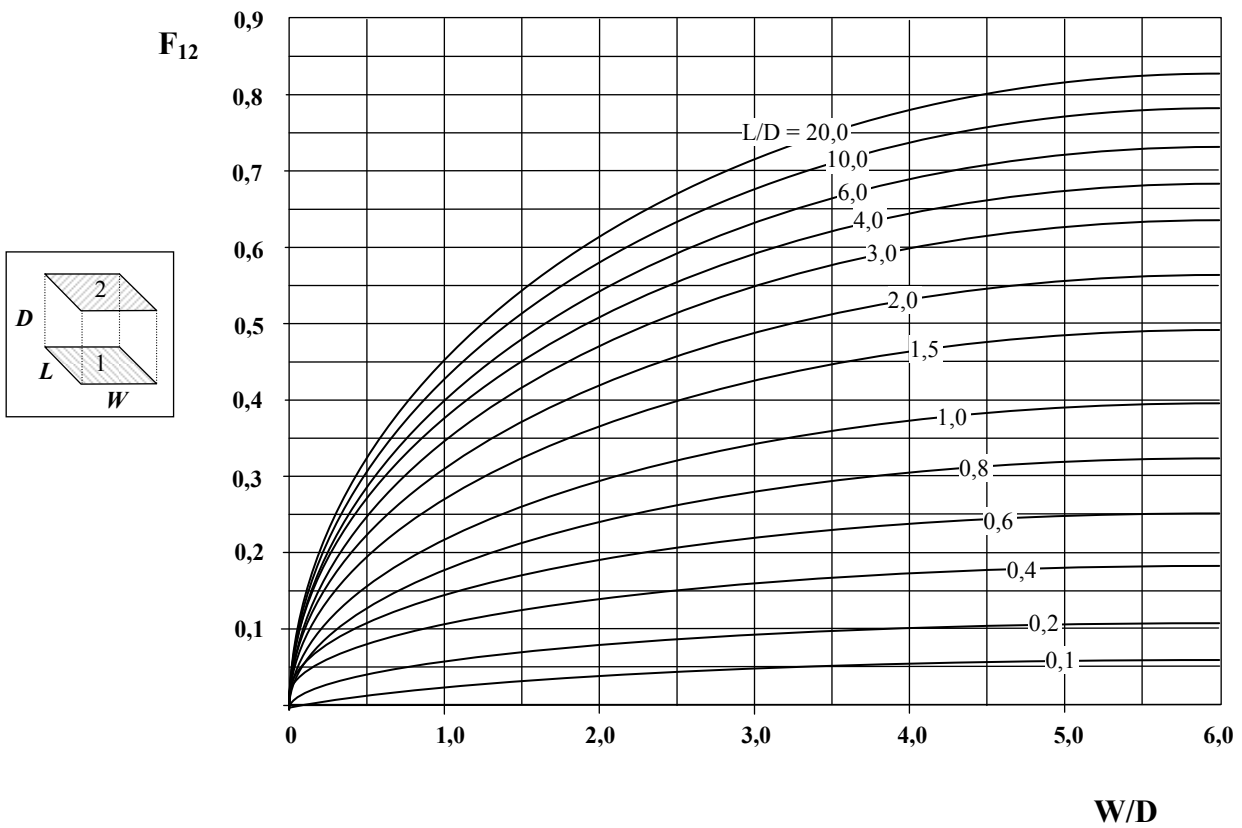
<i>Azala</i>	$\theta$ (°C)	$\epsilon$
<b><u>Oliao</u></b>		
<i>Oliao, nikel leunaren gaineko geruza (olio lubrikatzailea):</i>		
- Gainazal leuna bakarrik	20	0,045
- + 0,025, 0,051, 0,127 mm, olio	20	0,27-0,46
- Lodiera handiagoko geruza	20	0,82
<i>Oliao, aluminiozko orriaren gaineko geruza (linazi-olioa):</i>		
- Aluminiozko orria	100	0,087
- + 1 edo 2 olio-geruza	100	0,56-0,57
<b><u>Ura</u></b>	0-100	0,95-0,963
<b><u>Alumina</u></b>		
<i>(99,5-85 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0-12 SiO<sub>2</sub>; 0-1 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Alearen tamainaren eragina</i>		
- 10 $\mu$	1010-1565	0,30-0,18
- 50 $\mu$	1010-1565	0,39-0,28
- 100 $\mu$	1010-1565	0,50-0,40
<b><u>Alumina-Silizea</u> (Burdinaren eragina):</b>		
80-58 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; 16-38 SiO <sub>2</sub> ; 0.4 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1010-1565	0,61-0,43
36-26 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; 50-60 SiO <sub>2</sub> ; 1.7 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1010-1565	0,73-0,62
61 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; 35 SiO <sub>2</sub> ; 2.9 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1010-1565	0,78-0,68
<b><u>Amiantoa</u></b>		
Kartoia	23	0,96
Papera	38-370	0,93-0,94
<b><u>Karbonoa</u></b>		
<i>Ikatz-T (Gebrüder Siemens) % 0,9 erraustak. Hasieran, 127°C-an, 0,72ko emisibitate dauka, baina berotu ahala aldatzen da:</i>		
Haria	1040-1410	0,526
Xafla zimurra	100-320	0,77
Xafla zimurra	320-500	0,77-0,72
Grafitizatua	100-320	0,76-0,75
Grafitizatua	320-500	0,75-0,71
Beira disolbagarria, kearen beltzez babestua	98-227	0,96-0,95
Kearen beltzezko geruza mehea, burdinaren plagaren gainean	21	0,927
Kearen beltzezko estalki lodia	20	0,967
Kearen beltza, 0,076 mm-koa edo lodiagoa	38-370	0,945
Kearen beltza, geruza zimurra	100-500	0,84-0,78
Grafito prentsatua, gainazal karrakatua	250-510	0,98
<b><u>Karborundoa</u> (87 CSi; dentsitatea 2,3)</b>	1010-1400	0,92-0,82

<i>Azala</i>	$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\epsilon$
<b><u>Kuartzoa</u></b>		
<i>Zimurra, urtua</i>	21	0,93
<i>Beira, 1,98 mm-ko lodiera</i>	283-840	0,90-0,41
<i>Beira, 6,88 mm-ko lodiera</i>	283-840	0,93-0,47
<i>Opakua</i>	300-840	0,92-0,68
<b><u>Esmalte zuria burdinaren gainean bitrifikatua</u></b>		
	19	0,90
<b><u>Goma</u></b>		
<i>Gogorra, xafla araztua</i>	23	0,94
<i>Biguna, grisa eta zimurra (birsortua)</i>	24,5	0,86
<b><u>Adreiluak</u></b>		
<i>Gorria eta zimurra, baina irregularitasunik gabe</i>	21	0,93
<i>Txamotazko adreilua, bitrifikatua</i>	1100	0,75
<i>Eraikuntzako</i>	1000	0,45
<i>Erregogorra</i>	1000	0,75
<b><u>Porlanezko lauzak</u></b>		
	1000	0,63
<b><u>Magnesita, adreilu erregogorra</u></b>		
	1000	0,38
<b><u>Marmol gris distiratsua, leundua</u></b>		
	22	0,93
<b><u>Estalkietarako papera (sabaia)</u></b>		
	20,5	0,91
<b><u>Pinturak, lakak, bernizak</u></b>		
<i>Burdinazko plaka zimurraren gaineko elur esmalte zuria</i>	23	0,906
<i>Laka beltz distiratsua, burdinaren gainean</i>	24,5	0,875
<i>Laka beltz distiratsua, burdinazko xafla mehearen gainean</i>	21	0,821
<i>Laka beltz matea</i>	77-146	0,91
<i>Laka beltz zuria</i>	38-93	0,80-0,95
<i>Laka beltz laua</i>	38-93	0,96-0,98
<i>Olio-pinturak, 16 klase, kolore guztiak</i>	100	0,92-0,96
<b><u>Aluminiozko pinturak eta lakak</u></b>		
<i>% 10 Al, % 22 laka (gorputza), gainazal leun edo zimurraren gainean</i>	100	0,52
<i>Al-zko beste pintura batzuk, zahartze-maila eta Al kantitatea aldatuz</i>	100	0,27-0,67
<i>Al-zko laka, aglutinatzaile-berniza, plaka zimurraren gainean</i>	21	0,39
<i>Al-zko pintura, 327 °C-an berotua</i>	150-315	0,35
<i>Erradiadorerako pintura; zuria, krema, kolore gabea</i>	100	0,79-0,84
<i>Erradiadorerako pintura brontzeztatua</i>	100	0,51

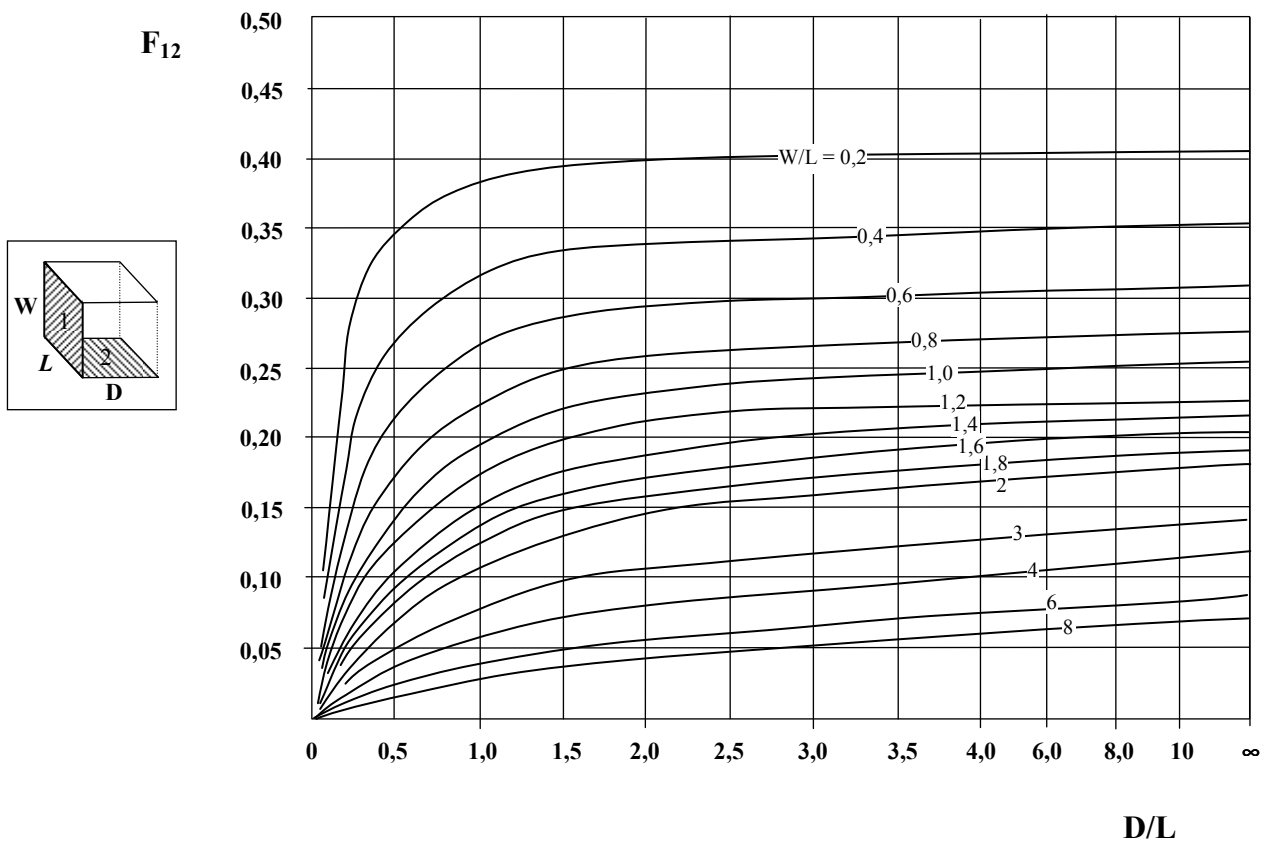
<i>Azala</i>	$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\epsilon$
<b><u>Hainbat estalki</u></b>		
<i>Lakazko estalkia, 0,025-0,381 mm-ko lodiera, Al-zko aleazioen gainean.</i>	38-149	0,87-0,97
<i>Estalki argiak, silikona eta guzti, 0,025-0,381 mm-ko lodiera:</i>		
- <i>Altzairu gozoaren gainean</i>	260	0,66
- <i>316, 301, 347 altzairu herdoilgaitzen gainean</i>	260	0,68-0,75
- <i>Dow Metalaren gainean</i>	260	0,74
- <i>24 ST, 75 ST Al-zko aleazioen gainean</i>	260	0,77-0,82
<b><u>Portzelana, bitrifikatua</u></b>	22	0,92
<b><u>Haritza, lautua</u></b>	21	0,90
<b><u>Zirkonio silikatoa</u></b>		
	240-500	0,92-0,80
	500-830	0,80-0,52
<b><u>Silizea</u></b> (98 SiO <sub>2</sub> ; Fe askea).		
<i>Granulometriaren eragina</i>		
- <i>10 μ</i>	1010-1570	0,42-0,33
- <i>70-600 μ</i>	1010-1570	0,62-0,46
<b><u>Beira</u></b>		
<i>Leuna</i>	22	0,94
<i>Pyrexia, beruna eta sodioa</i>	260-540	0,95-0,85
<b><u>Igeltsua</u></b>		
<i>0,5 mm-ko lodiera, plaka lauaren edo belztuaren gainean</i>	21	0,903
<i>Igeltsua molduran, zimur</i>	10-88	0,91

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

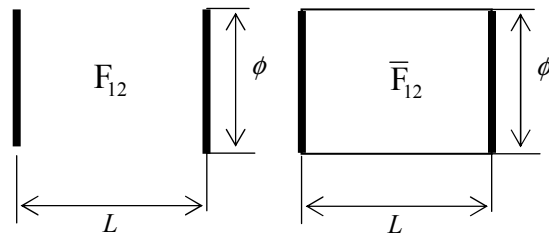
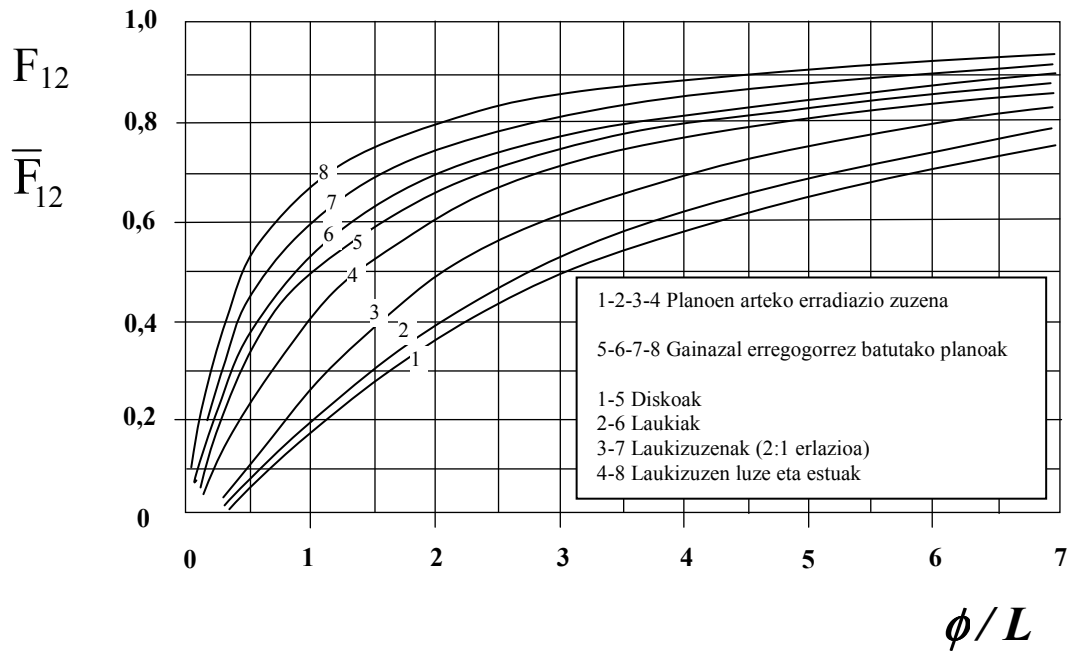
### 3.5. IKUSPEN-FAKTOREAK ( $F_{12}$ ): AURKAKO AURPEGI PARALELOAK DITUZTEN LAUKIZUZENAK



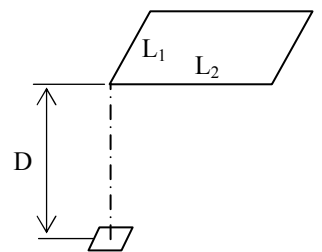
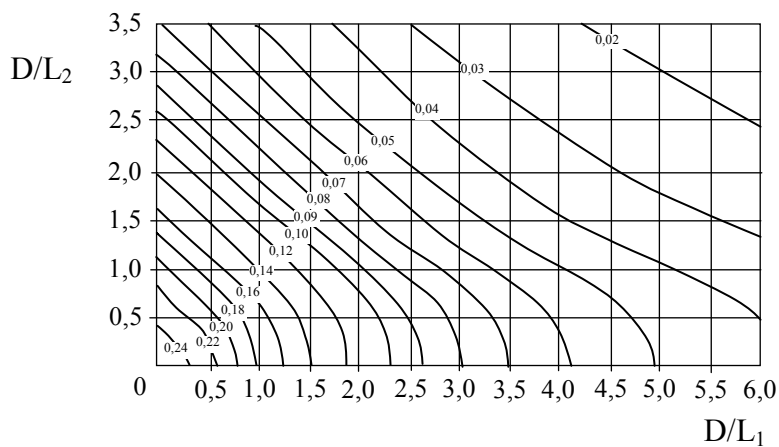
### 3.6. IKUSPEN-FAKTOREAK ( $F_{12}$ ): 90° -RA DAUDEN LAUKIZUZENAK



**3.7. IKUSPEN-FAKTOREAK ( $F_{12}$ ) ETA TRUKAKETA-FAKTOREA ( $\bar{F}_{12}$ ): PARALELO ETA AURKAKOAK DIREN DISKO, LAUKI ETA LAUKIZUZENAK**

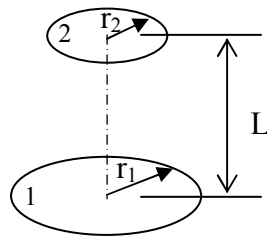
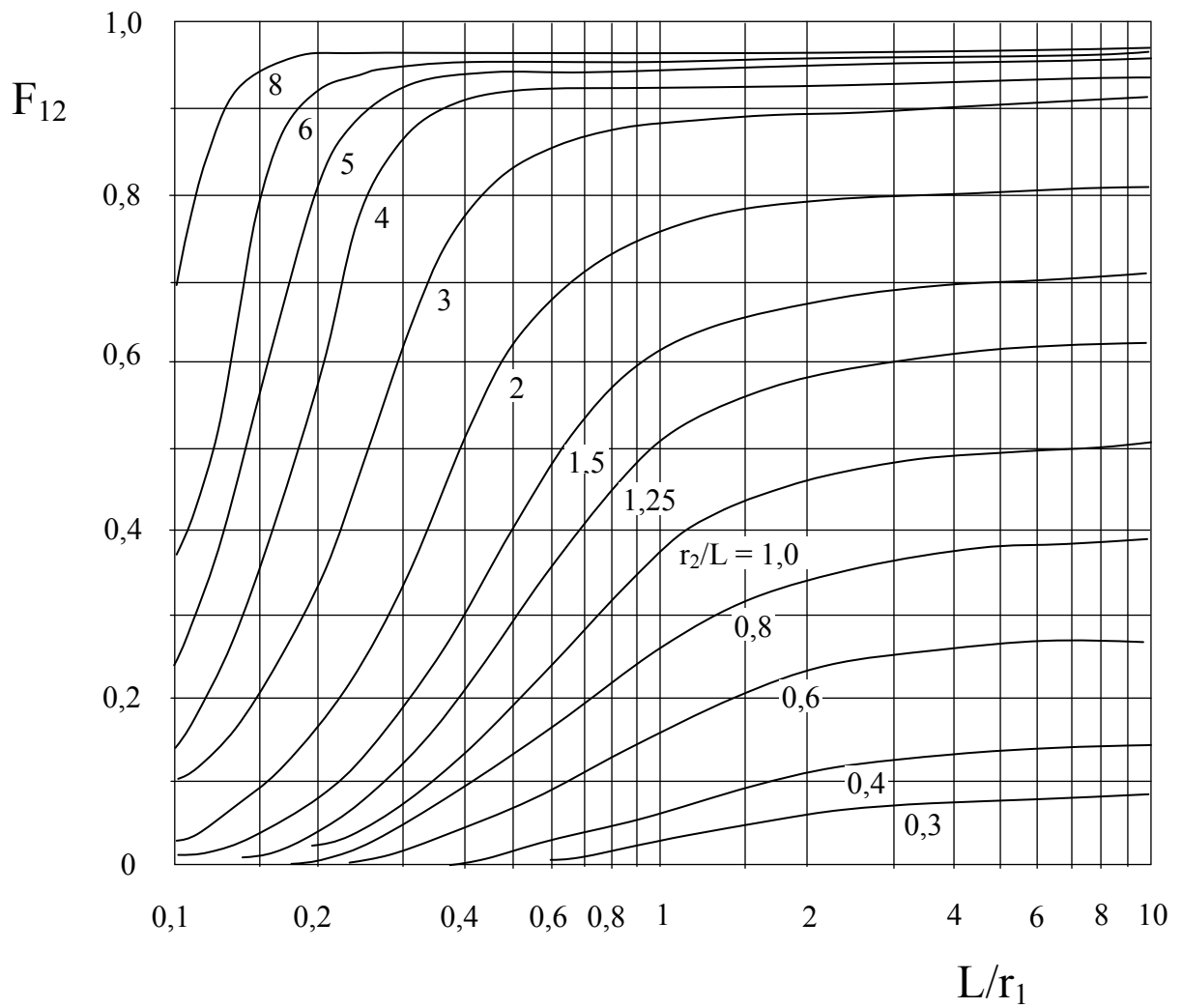


**3.8. IKUSPEN-FAKTOREAK (F): “dA” GAINAZAL ELEMENTALAREN ETA LAUKIZUZEN BATEN ARTEAN, AZKEN HORREK ERPIN BAT GAINAZALAREN GAINEAN DUELA**



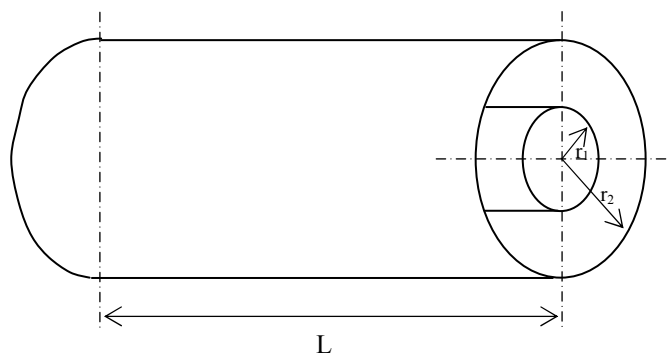
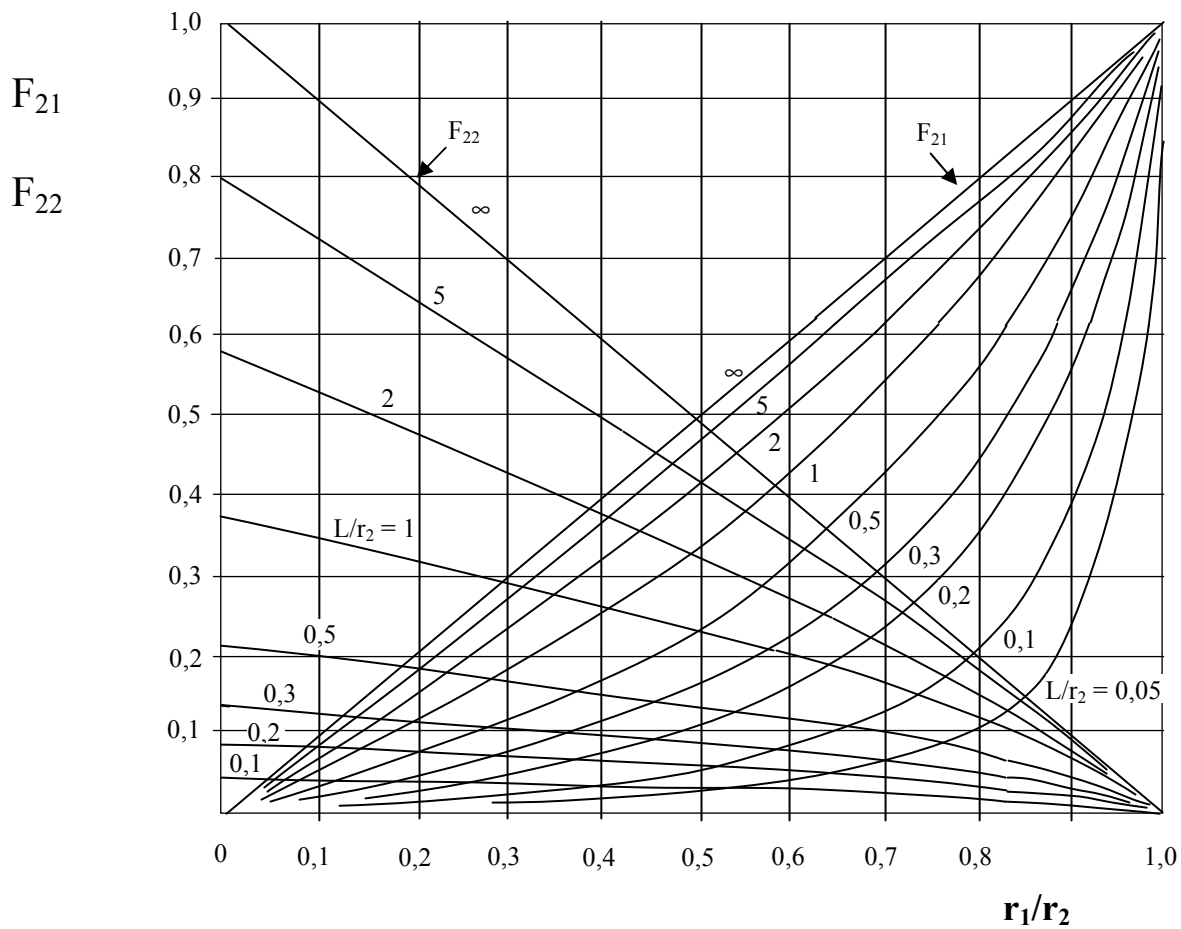
$F = dA$ -k igorritako erradiazio zuzenetik laukizuzenak hartzen duen zatia.

### 3.9. IKUSPEN-FAKTOREAK ( $F_{12}$ ): DIAMETRO DESBERDIN, PARALELO ETA AURKAKOAK DITUZTEN DISKOAK



- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 3.10. IKUSPEN-FAKTOREAK (F21) (F22): LUZERA MUGATUKO ZILINDRO ARDAZKIDEAK



- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 3.11. HAINBAT IKUSPEN-FAKTORE

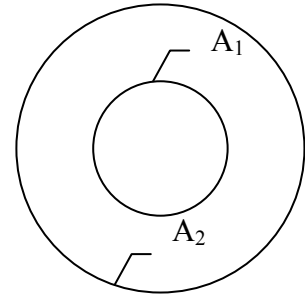
- Bi zirkunferentzia, zilindro edo esfera zentrokide:

$$F_{12} = 1$$

$$F_{21} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$F_{11} = 0$$

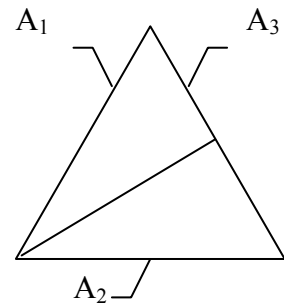
$$F_{22} = 1 - F_{21} = 1 - \frac{A_1}{A_2}$$



- Sekzio triangeluarra duen hodi luzea:

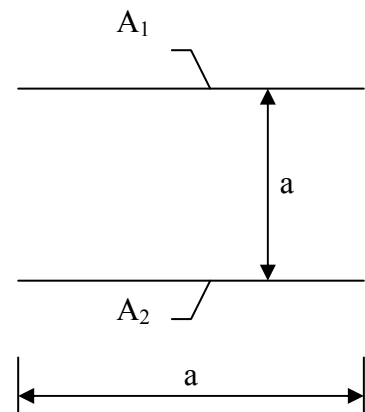
$$F_{12} = \frac{1}{2}$$

$$F_{13} = \frac{1}{2}$$



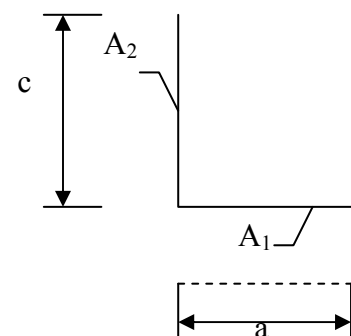
- Zabalera berdineko xafla paraleloak:

$$F_{12} = F_{21} = \left[ 1 + \left( \frac{c}{a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left( \frac{c}{a} \right)$$



- Ondoz ondoko xafla luzeak:

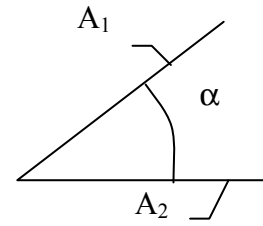
$$F_{12} = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{c}{a} \right) - \left[ 1 + \left( \frac{c}{a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]$$





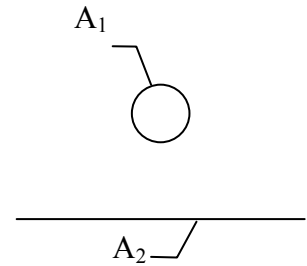
- Falka simetriko luzea:

$$F_{12} = F_{21} = 1 - \sin \frac{\alpha}{2}$$



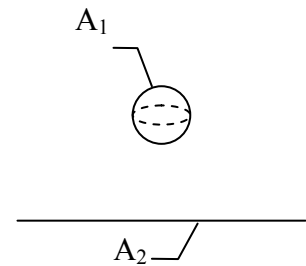
- Gainazal lau handi batekiko paraleloa den zilindroa:

$$F_{12} = \frac{1}{2}$$



- Gainazal lau handi batetik hurbil dagoen esfera:

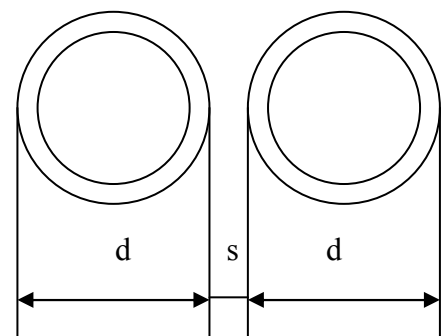
$$F_{12} = \frac{1}{2}$$



- Diametro berdinak dituzten ondoz ondoko zilindro luze paraleloak:

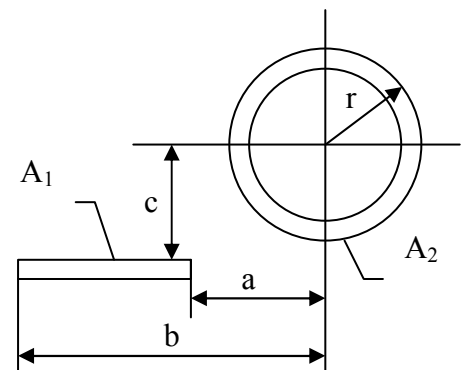
$$F_{12} = F_{21} = \frac{1}{\pi} \cdot \left[ (X^2 - 1)^{\frac{1}{2}} + \sin^{-1} \frac{1}{X} - X \right]$$

$$\text{non: } X = 1 + \frac{s}{d}$$

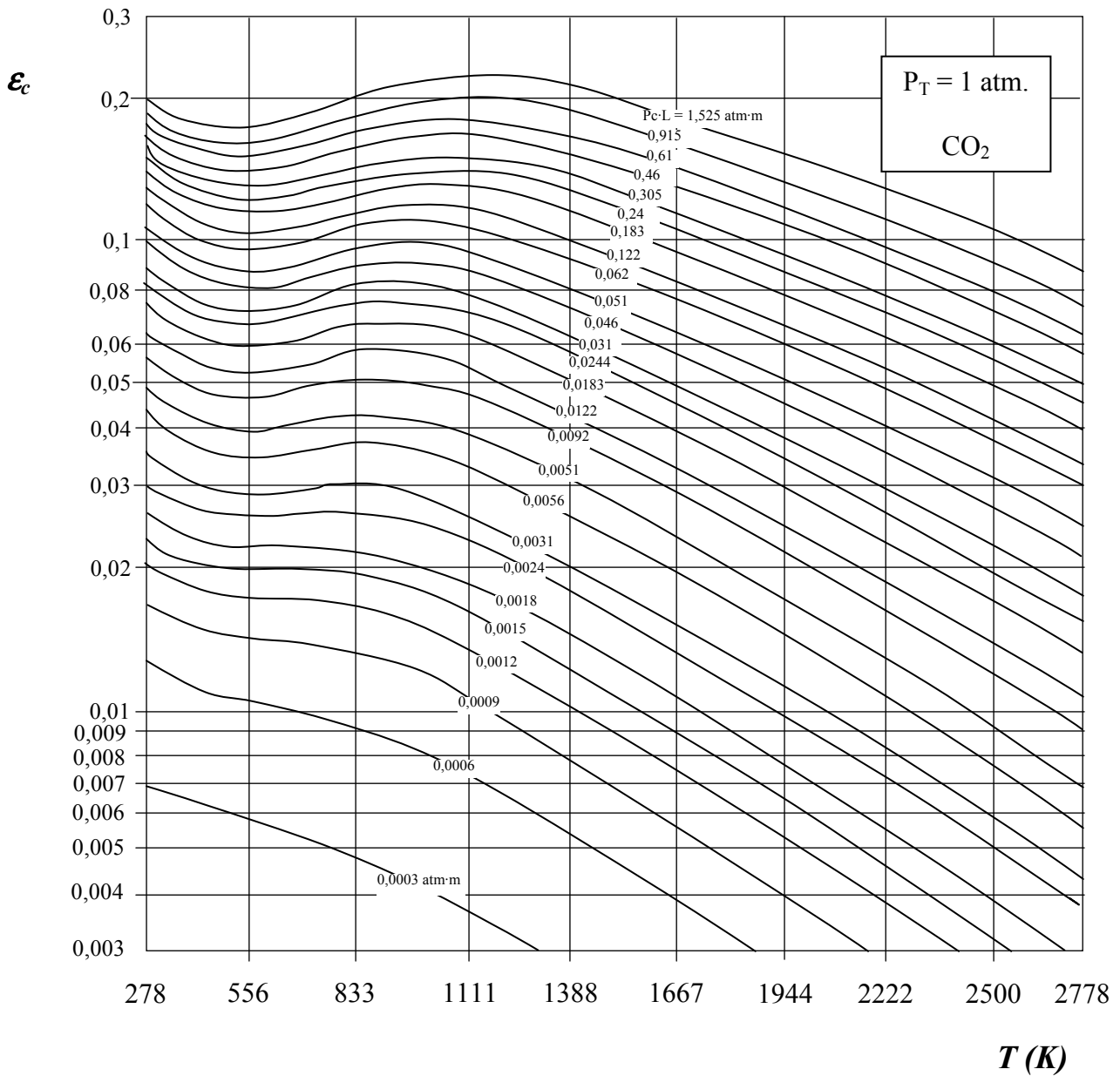


- Xafla lauarekiko paraleloa den zilindro luzea:

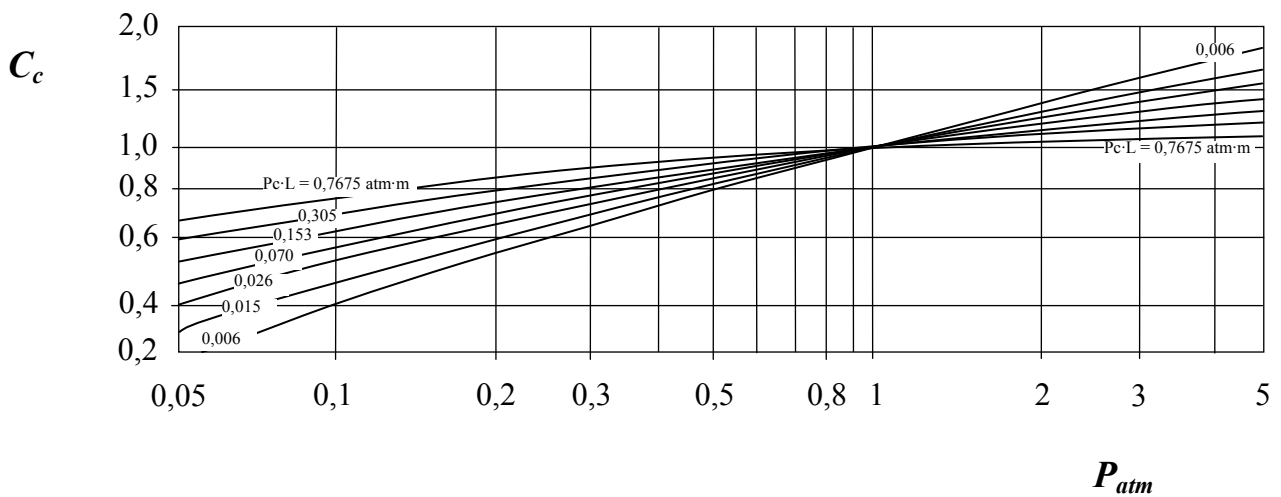
$$F_{12} = \frac{r}{b-a} \cdot \left[ \text{tg}^{-1} \frac{b}{c} - \text{tg}^{-1} \frac{a}{c} \right]$$



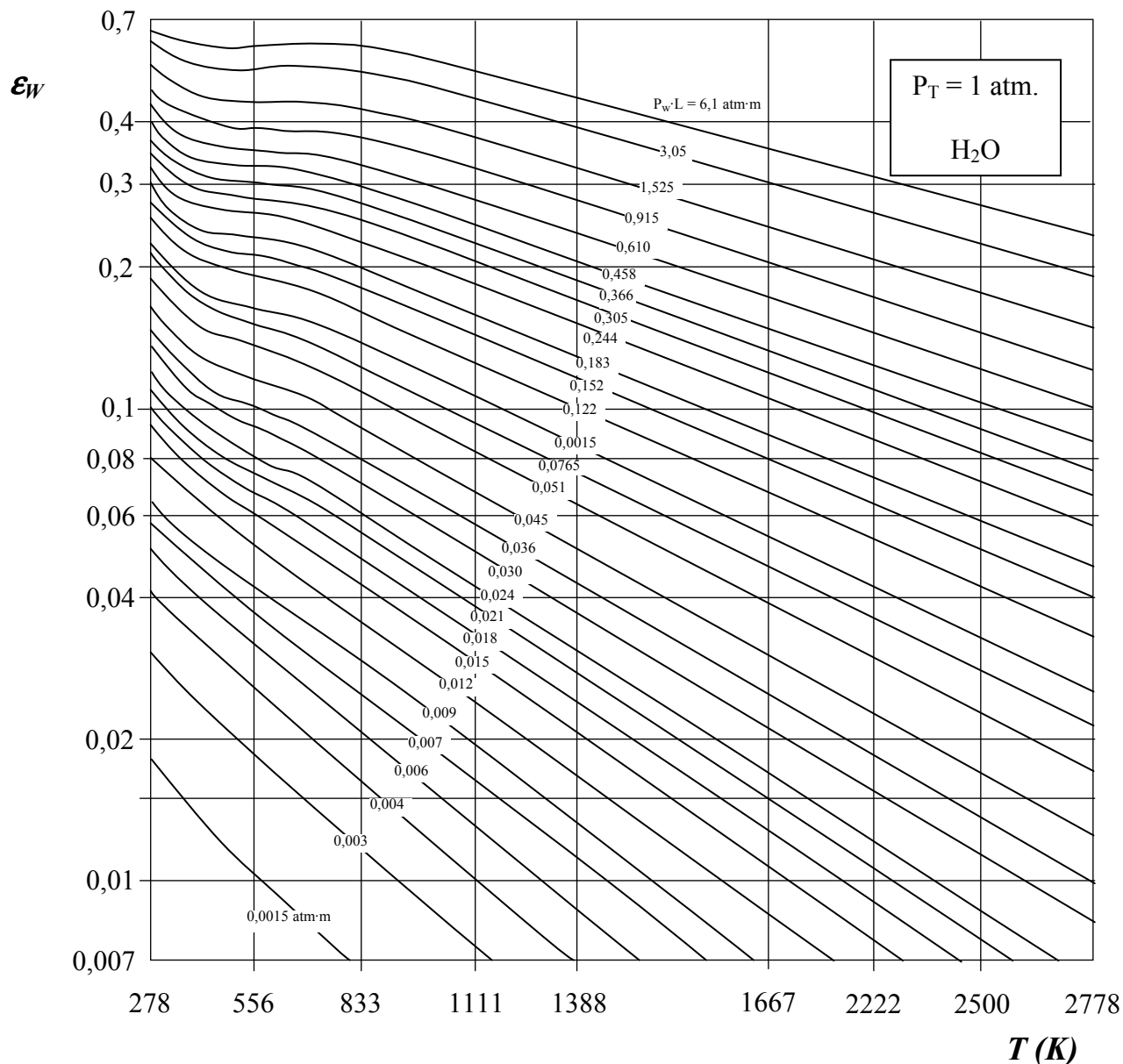
### 3.12. ANHIDRIDO KARBONIKOAREN HOTTEL KURBAK



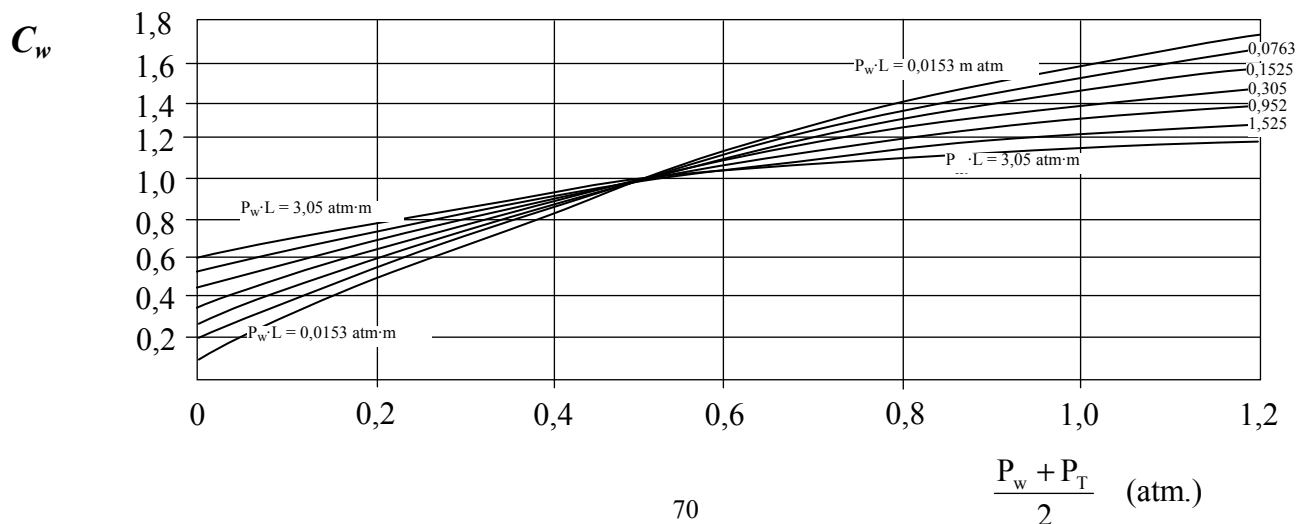
CO<sub>2</sub>-AREN EMISIBITATEA ZUZENTZEKO FAKTOREA,  $P_T \neq 1 \text{ atm}$  DENERAKO.



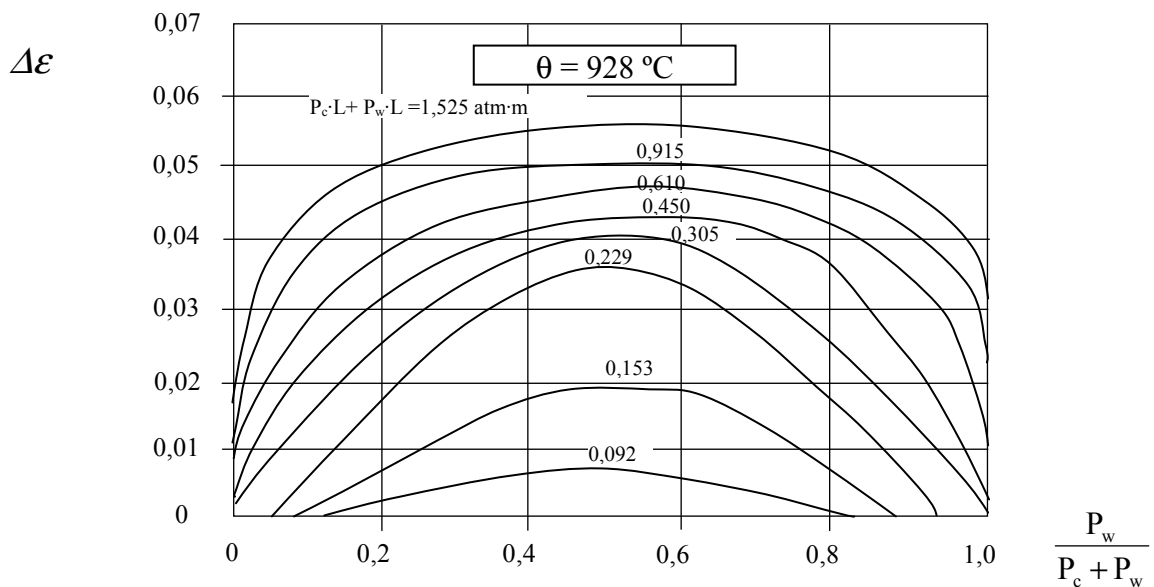
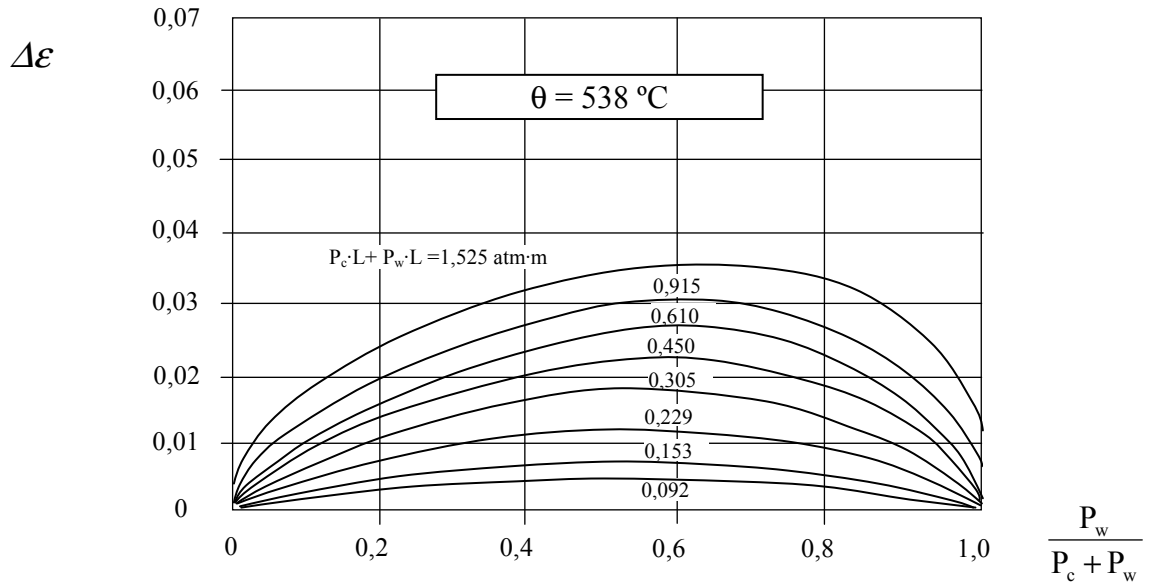
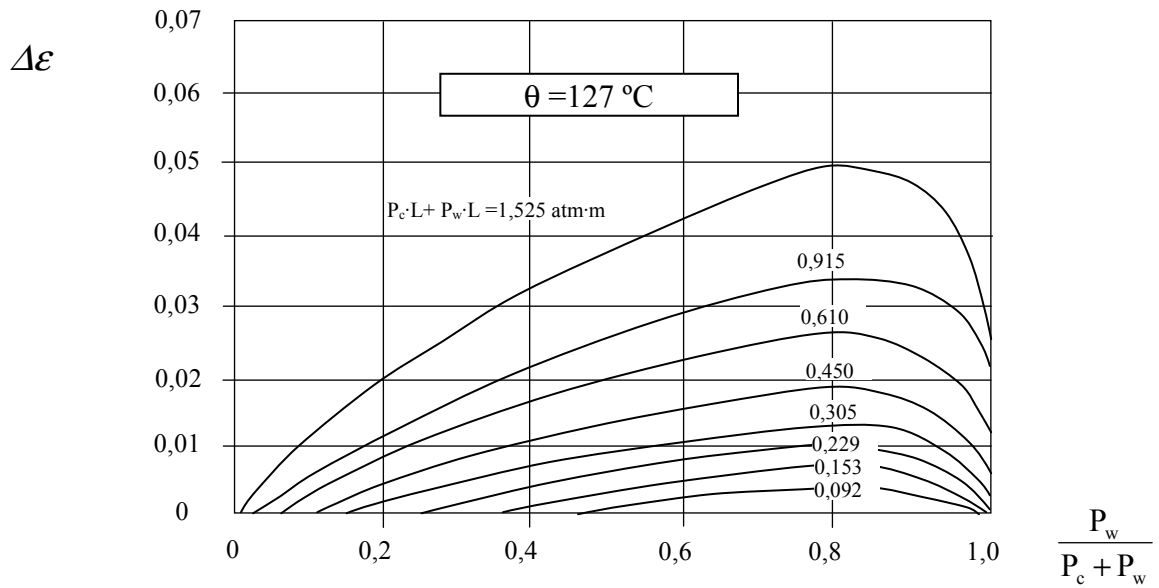
### 3.13. UR-LURRUNAREN HOTTEL KURBAK



### UR-LURRUNAREN EMISIBITATEA ZUZENTZEKO FAKTOREA, $P_w \neq 0$ ETA $P_T \neq 1 \text{ atm}$ DIRENERAKO



**3.14. GASAREN EMISIBITATEA ZUZENTZEKO CO<sub>2</sub>-A ETA H<sub>2</sub>O-A DAUDENEAN**



### 3.15. BARRUNBE BATZUETARAKO BATEZ BESTEKO LUZERA BALIOKIDEA (L)

$$L = \text{MAGNITUDE KARAKTERISTIKOA} * \text{FAKTOREA}$$

BARRUNBEAREN ITXURA	MAGNITUDE KARAKTERISTIKOA	FAKTOREA	
		(1)	(2)
<i>Esfera</i>	<i>Diametroa</i>	<i>2/3</i>	<i>0,60</i>
<i>Zilindro infinitua</i>	<i>Diametroa</i>	<i>1</i>	<i>0,90</i>
<i>Zilindro erdi infinitua oinarrira irradiatuz</i>	<i>Diametroa</i>		<i>0,90</i>
<i>Diametro eta altuera berdineko zilindroa, oinarriaren erdigunera irradiatuz</i>	<i>Diametroa</i>		<i>0,77</i>
<i>Berdin baina azal osora irradiatuz</i>	<i>Diametroa</i>	<i>2/3</i>	<i>0,60</i>
<i>Zirkuluerdiko sekzioa duen zilindroa, aurpegi laura irradiatuz</i>	<i>Erradioa</i>		<i>1,26</i>
<i>1:1:1 kubo</i>	<i>Ertza</i>	<i>2/3</i>	<i>OHARRA</i>
<i>1:1:4 1 x 1-ra irradiatuz</i>	<i>Ertz laburra</i>	<i>0,86</i>	
<i>1 x 4-ra irradiatuz</i>	<i>Ertz laburra</i>	<i>0,90</i>	
<i>Aurpegi guztietara irradiatuz</i>	<i>Ertz laburra</i>	<i>0,89</i>	
<i>1:2:6 1 x 2-ra irradiatuz</i>	<i>Ertz laburra</i>	<i>1,18</i>	
<i>1 x 6-ra irradiatuz</i>	<i>Ertz laburra</i>	<i>1,24</i>	
<i>2 x 6-ra irradiatuz</i>	<i>Ertz laburra</i>	<i>1,18</i>	
<i>Aurpegi guztietara irradiatuz</i>	<i>Ertz laburra</i>	<i>1,20</i>	
<i>Plano infinitu eta paraleloak</i>	<i>Tartea</i>	<i>2</i>	
<i>Hodi infinituen sortaren kanpoaldea, non hodien zentroek triangulu aldeakideak osatzen baitituzte eta hodien arteko tartea hodien diametroa baita</i>	<i>Huts-tartea</i>	<i>3,40</i>	<i>2,80</i>
<i>Berdin baina tartea diametroa bider bi</i>	<i>Huts-tartea</i>	<i>4,45</i>	<i>3,80</i>
<i>Berdin baina hodien zentroek laukiak osatzen dituztela eta tartea hodien diametroa dela</i>	<i>Huts-tartea</i>	<i>4,10</i>	<i>3,50</i>

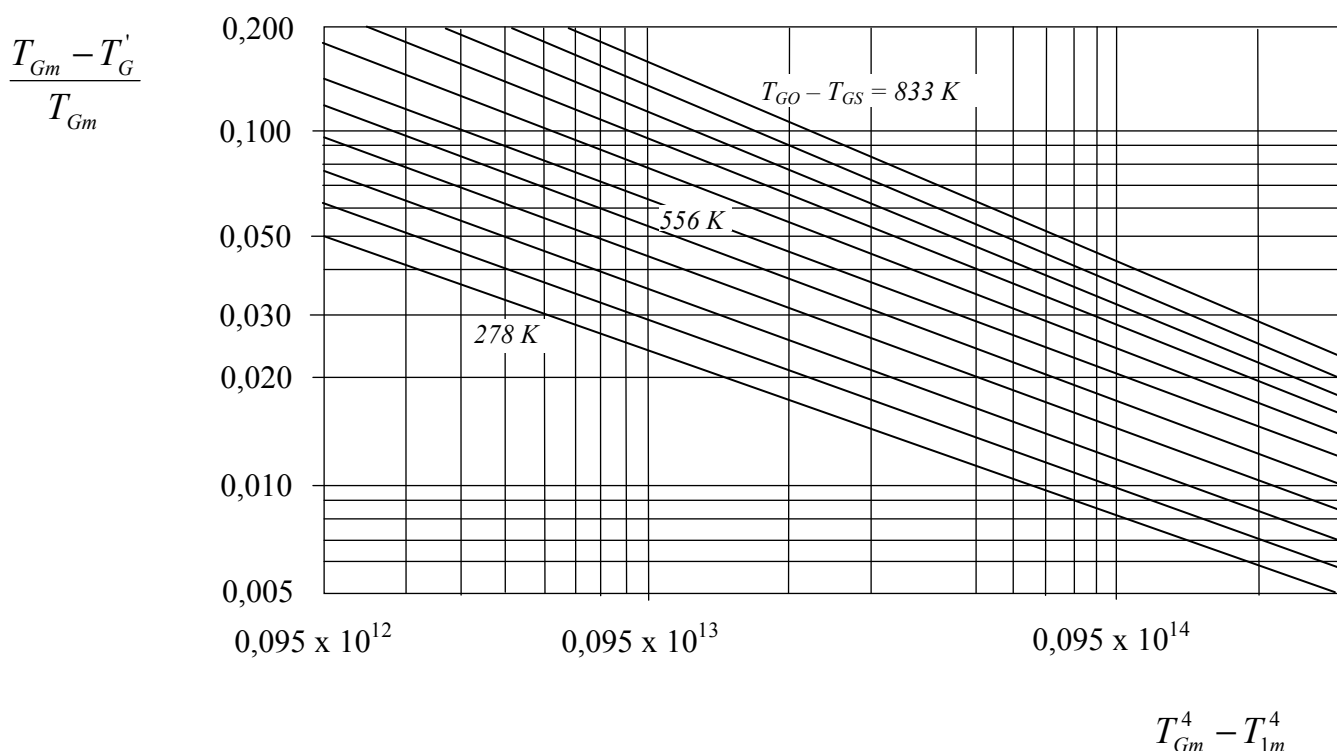
(1) Gasaren diluzio infinituaren kasuko faktorea  $\rightarrow L^0 \quad P_G \cdot L = 0$ .

(2) Gasaren diluzio normalaren kasuko faktorea  $\rightarrow L \quad P_G \cdot L \neq 0$ .

**OHARRA.** Kasu praktikorik gehienetan  $L = 0,85 \cdot L^0$  har daiteke.

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 3.16. HODIAN ZEHAR ISURTZEN DEN GASAREN BATEZ BESTEKO TEMPERATURA ( T'G )



- $T_{G0}$  Sarrerako gasaren temperatura
- $T_{GS}$  Irteerako gasaren temperatura
- $T_{Gm}$  Gasaren batez besteko temperatura (sarreraren eta irteeraren artekoa)
- $T_{I0}$  Sarrerako hodiaren temperatura
- $T_{IS}$  Irteerako hodiaren temperatura
- $T_{Im}$  Hodiaren batez besteko temperatura (sarreraren eta irteeraren artekoa)

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

### 3.17. ( $\alpha_C + \alpha_R$ ) BALIOA, GAINAZALA OXIDATURIK DUEN ALTZAIRUZKO HODI HORIZONTALERAKO, 26,7 °C-KO INGURUKO TEMPERATURAN DAGOENEAN (HEILMAN-MCMILLAN)

Hodiaren diametro nominala (hazbete)	Azaleko eta tokian tokiko temperaturren arteko aldea														
	27,8	55,5	83,3	111	139	167	222	278	333	389	444	500	555	612	667
½"	10,37	12,12	13,49	15,15	16,66	18,30	21,83	25,90	30,36	35,40	41,01	47,55	54,75	62,6	71,60
1"	9,91	11,62	12,91	14,56	16,08	17,68	21,18	25,20	29,66	34,70	40,38	46,75	54,00	61,8	70,80
2"	9,41	11,10	12,31	13,92	15,34	16,95	20,16	24,40	28,90	33,80	39,40	45,80	53,00	60,8	69,80
4"	9,00	10,56	11,77	13,28	14,70	16,27	19,65	23,60	27,95	33,00	38,60	45,00	52,15	60,0	68,80
8"	8,61	10,08	11,20	12,70	14,11	15,62	18,95	22,90	27,20	32,23	37,80	44,22	51,40	59,2	68,10
12"	8,36	9,83	10,95	12,40	13,78	15,30	18,70	22,50	26,88	31,83	37,40	43,80	51,00	58,8	67,65
21"	8,02	9,44	10,52	11,96	13,28	14,70	18,08	21,92	26,24	31,20	36,72	43,20	50,20	58,2	66,95

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.



## 4. ERREKUNTZA

---





#### 4.1. ERREGAI GARRANTZITSUENEN BERO-AHALMENAK

Erregai	Formula	M	Erregai solido edo likido (kcal/kg)		Erregai gaseoso (kcal/kg)	
			BBA	GBA	BBA	GBA
<b>SOLIDOA NORMALEAN</b>						
Antrazita			7405	7522		
Ikatz bituminoso			7278	7555		
Ikatz grafitikoa ( $\rightarrow CO_2$ )	C	12,01	7832			
Ikatz grafitikoa ( $\rightarrow CO$ )	C	12,01	2200			
Labearen kokea			6917	6961		
Lignitoa			3722	4083		
Sufrea	S	32,06	2211			
Haritz-egurra		46,068	4444			
<b>LIKIDOA NORMALEAN</b>						
Bentzenoa	$C_6H_6$		9588	9992	9962	10092
n-Dekanoa	$C_{10}H_{22}$	78,108	10576	11379	10653	11465
n-Dodekanoa	$C_{12}H_{26}$	142,276	10537	11339	10622	11424
Alkohol etilikoa	$C_2H_6O$	170,328	6627	7312		
Fuel-olioa			10278	10944		
Gasolina		100,198	10444	11222		
n-Heptanoa	$C_7H_{16}$	226,432	10643	11482	10730	11569
n-Hexadekanoa	$C_{16}H_{34}$		10499	11288	10584	11373
Kerosenoa		32,042	10278	11055		
Alkohol metilikoa	$CH_4O$	128,25	5043	5699		
Nonanoa	$C_9H_{20}$		10578	11406	10673	11493
n-Oktanoa	$C_8H_{18}$	114,224	10611	11439	10698	11526
Oktenoa	$C_8H_{16}$	112,208	10555	11305	10643	11392
n-Pentanoa	$C_5H_{12}$	72,146	10744	11619	10833	11707
<b>GASA NORMALEAN</b>						
Azetilenoa	$C_2H_2$	26,036			11591	11922
Labe-gasa					611	622
n-Butanoa	$C_4H_{10}$	58,120	10831	11735	10991	11824
Karbono monoxidoa	CO	28,01			2414	
Zianogenoa $\rightarrow CO_2 + N_2$	$C_2N_2$	80,052			3272	
Etanoa	$C_2H_6$	30,068			11342	12391
Etenoa	$C_2H_4$	28,052			11264	12014
Hidrogenoa	$H_2$	2,016			28650,7	33887,6
Metanoa	$CH_4$	16,0442			11945	13256
Gas naturala					11389	12778
Propanoa	$C_3H_8$	44,094	10985	11939	11072	12025
Findegi-gasa					10889	11889

- Iturria: Holman, J.P.: *Transferencia de calor*, 8. argit., McGraw-Hill, 1998.

## 4.2. GAS BATZUEN "LE CHATELLIER" TAULA

°C	Aire, Biat., CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
100	0,68	0,88	0,83	1,03
110	0,75	0,98	0,92	1,14
120	0,82	1,07	1,01	1,25
130	0,89	1,17	1,09	1,37
140	0,96	1,26	1,18	1,48
150	1,03	1,36	1,27	1,60
160	1,10	1,45	1,36	1,71
170	1,17	1,55	1,45	1,83
180	1,24	1,65	1,54	1,95
190	1,31	1,75	1,64	2,07
200	1,38	1,85	1,73	2,19
210	1,46	1,95	1,82	2,31
220	1,53	2,05	1,91	2,44
230	1,60	2,15	2,01	2,56
240	1,67	2,25	2,10	2,69
250	1,74	2,36	2,20	2,81
260	1,81	2,46	2,29	2,94
270	1,88	2,57	2,39	3,07
280	1,95	2,67	2,49	3,20
290	2,03	2,78	2,58	3,33
300	2,10	2,88	2,68	3,47
310	2,17	2,99	2,78	3,60
320	2,24	3,10	2,88	3,74
330	2,31	3,21	2,98	3,87
340	2,39	3,32	3,08	4,01
350	2,46	3,43	3,18	4,15
360	2,53	3,54	3,28	4,29
370	2,60	3,65	3,38	4,43
380	2,68	3,77	3,49	4,58
390	2,75	3,88	3,49	4,72
400	2,82	4,00	3,69	4,87
410	2,90	4,11	3,80	5,01
420	2,97	4,23	3,90	5,16
430	3,04	4,34	4,01	5,31
440	3,12	4,46	4,11	5,46
450	3,19	4,58	4,22	5,61
460	3,26	4,70	4,33	5,76
470	3,34	4,82	4,43	5,92
480	3,41	4,94	4,54	6,07
490	3,40	5,06	4,65	6,23
500	3,56	5,18	4,76	6,38
510	3,63	5,30	4,87	6,54
520	3,71	5,43	4,98	6,70
530	3,78	5,55	5,09	6,86
540	3,86	5,67	5,21	7,02
550	3,93	5,80	5,32	7,19
560	4,01	5,93	5,43	7,35
570	4,08	6,05	5,54	7,52
580	4,16	6,18	5,66	7,68
590	4,23	6,31	5,77	7,85
600	4,31	6,44	5,89	8,02
610	4,38	6,57	6,00	8,19
620	4,46	6,70	6,12	8,36
630	4,53	6,83	6,24	8,54
640	4,61	6,96	6,36	8,71
650	4,69	7,10	6,47	8,88
660	4,76	7,23	6,59	9,06
670	4,84	7,36	6,71	9,24
680	4,92	7,50	6,83	9,42
690	4,99	7,64	6,95	9,60
700	5,07	7,77	7,07	9,78

°C	Aire, Biat., CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
710	5,15	7,91	7,20	9,96
720	5,22	8,05	7,32	10,14
730	5,30	8,19	7,44	10,33
740	5,38	8,33	7,56	10,51
750	5,45	8,47	7,69	10,70
760	5,53	8,61	7,81	10,89
770	5,61	8,75	7,94	11,08
780	5,69	8,89	8,06	11,27
790	5,76	9,04	8,19	11,46
800	5,84	9,18	8,32	11,66
810	5,92	9,32	8,45	11,85
820	6,00	9,47	8,57	12,05
830	6,08	9,62	8,70	12,24
840	6,15	9,76	8,83	12,44
850	6,23	9,91	8,96	12,64
860	6,31	10,06	9,09	12,84
870	6,39	10,21	9,22	13,04
880	6,47	10,36	9,35	13,24
890	6,55	10,51	9,49	13,45
900	6,63	10,66	9,62	13,65
910	6,70	10,81	9,75	13,86
920	6,78	10,97	9,89	14,07
930	6,86	11,12	10,02	14,28
940	6,94	11,27	10,16	14,49
950	7,02	11,43	10,29	14,70
960	7,10	11,58	10,43	14,91
970	7,18	11,74	10,56	15,12
980	7,26	11,90	10,70	15,34
990	7,34	12,06	10,84	15,55
1000	7,42	12,22	10,98	15,77
1010	7,50	12,37	11,12	15,99
1020	7,58	12,54	11,26	16,21
1030	7,66	12,70	11,40	16,43
1040	7,74	12,86	11,54	16,65
1050	7,83	13,02	11,68	16,87
1060	7,91	13,18	11,82	17,10
1070	7,99	13,35	11,96	17,32
1080	8,07	13,51	12,11	17,55
1090	8,15	13,68	12,25	17,78
1100	8,23	13,84	12,40	18,01
1110	8,31	14,01	12,54	18,24
1120	8,39	14,18	12,69	18,47
1130	8,48	14,35	12,83	18,70
1140	8,56	14,52	12,98	18,94
1150	8,64	14,69	13,13	19,17
1160	8,72	14,86	13,27	19,41
1170	8,80	15,03	13,42	19,65
1180	8,89	15,20	13,57	19,89
1190	8,97	15,37	13,72	20,13
1200	9,05	15,55	13,87	20,37
1210	9,13	15,72	14,02	20,61
1220	9,22	15,90	14,17	20,85
1230	9,30	16,07	14,32	21,10
1240	9,39	16,25	14,48	21,34
1250	9,47	16,43	14,63	21,59
1260	9,55	16,60	14,78	21,84
1270	9,63	16,78	14,94	22,09
1280	9,72	16,96	15,09	22,34
1290	9,80	17,14	15,25	22,59
1300	9,88	17,32	15,40	22,84

### 4.3. GAS ERREGAI BATZUEN BATEZ BESTEKO KONPOSIZIOA

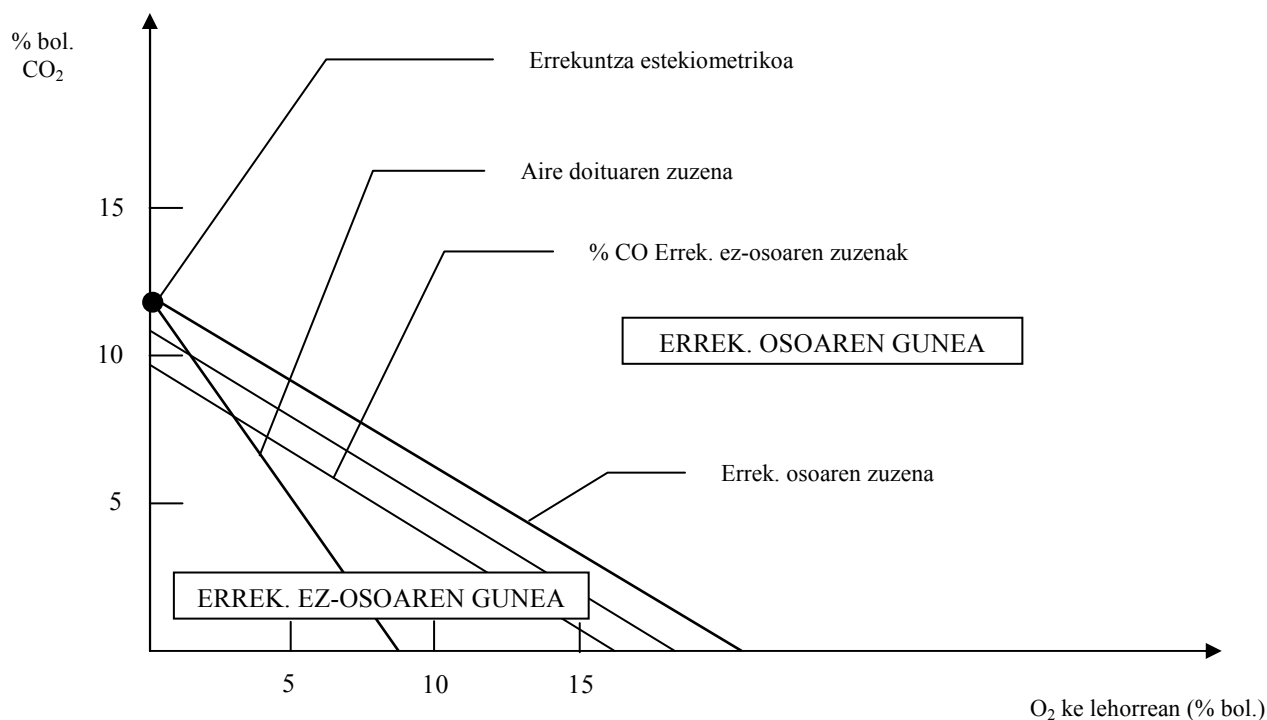
GASA:	% PISUTAN						$\rho$ (kg/Nm <sup>3</sup> )
	H <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	
Pizte-gasa	8,47	23,73	40,68	7,46	9,49	-	0,5
Koke gasa	9,76	19,15	42,60	8,03	12,52	0,28	0,56
Airea	1,13	30,55	1,94	8	57,60	0,78	1,10
Ura	6,61	72,13	0,8	1,3	7,91	-	0,711
Hiria	7,65	32,16	26,95	13,48	12,86	-	0,65
Altzairutegia	0,1	54,51	-	25,03	20,36	-	1,357
Labe garaia	0,21	21,39	-	28,98	49,42	-	1,356

### 4.4. OINARRIZKO BI FUEL-OLIO MOTEN EZAUGARRIAK

	1 zbk. F.O.	2 zbk. F.O.
KOLOREA	beltza	beltza
BISKOSITATEA 50 °C-AN	7-20 °E	50 °E (maximoa)
SUFREA PISUTAN	% 2,7	% 3,6
SUGAR-PUNTUA	70 °C	70 °C
SEDIMENTUAK(% bol.)	1	1,75
URA (% bol.)	0,75	1,5

- Iturria: Rodríguez-Pomatta, J.A.: *Calor y frio Industrial I*, UNED, 1987.

### 4.5. OSTWALD IRUDIAREN ESKEMA





## 5. AIRE HEZEA

---



## 5.1. AIRE LEHORRAREN KONPOSIZIOA

<i>OSAGAIAK</i>	<i>MASA MOLEKULARRA (kg/kmol)</i>	<i>FRAKZIO MOLARRA</i>	<i>MASA MOLEKULAR PARTZIALA (kg/kmol)</i>
<i>Oxigenoa (O<sub>2</sub>)</i>	<i>32,00</i>	<i>0,2095</i>	<i>6,71</i>
<i>Nitrogenoa (N<sub>2</sub>)</i>	<i>28,02</i>	<i>0,7809</i>	<i>21,88</i>
<i>Argoia (Ar)</i>	<i>39,94</i>	<i>0,0093</i>	<i>0,37</i>
<i>Anhidrido karbonikoa (CO<sub>2</sub>)</i>	<i>44,01</i>	<i>0,0003</i>	<i>0,01</i>
<i>Batez besteko masa molekularra</i>			<i>28,97</i>

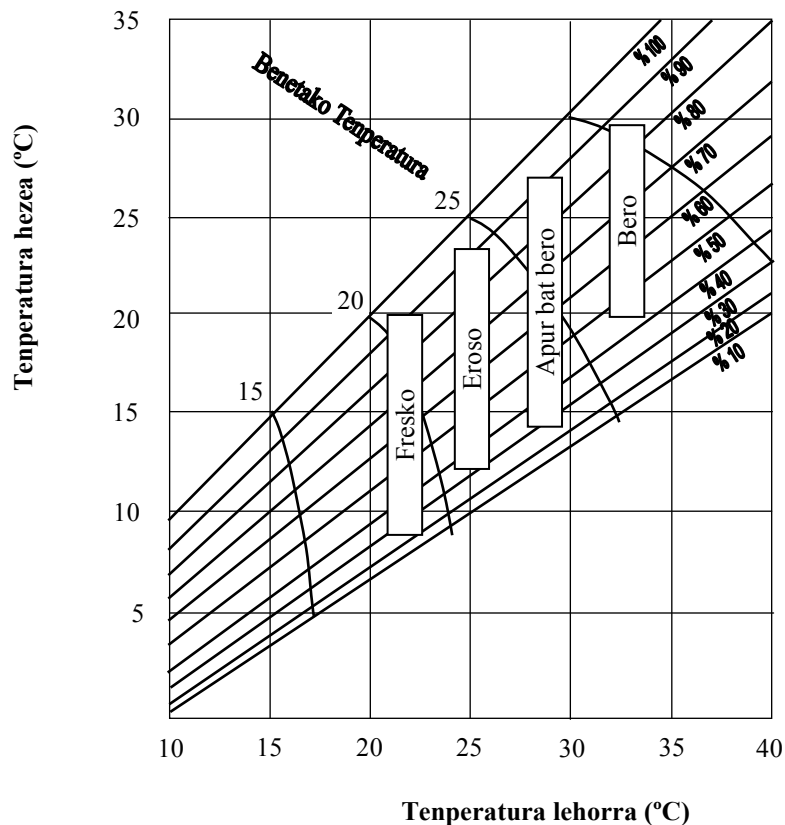
- Iturria: Rodríguez-Pomatta, J.A.: *Calor y frío Industrial I*, UNED, 1987.

## 5.2. GIZA GORPUTZAK SORTURIKO BERO-POTENTZIA, JARDUERAREN ARABERA

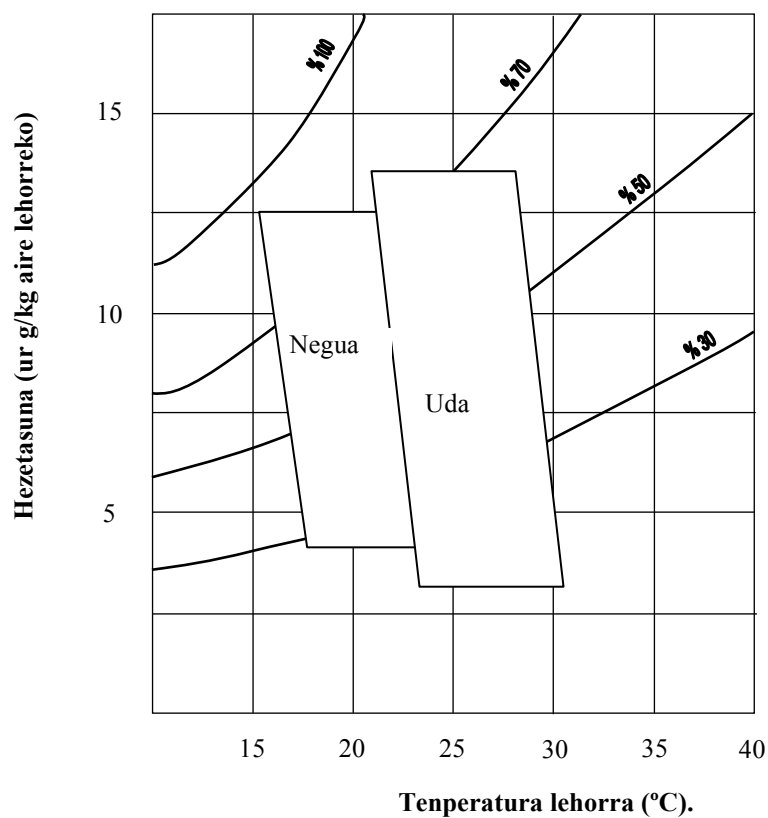
<i>Lan mota</i>	<i>Jarduera</i>	<i>Sorturiko bero-potentzia (W)</i>
<i>Arina</i>	<i>Lo egiten</i>	<i>73</i>
	<i>Jesarrita</i>	<i>116</i>
	<i>Jesarrita (bulegoan)</i>	<i>161</i>
<i>Moderatua</i>	<i>Jesarrita (gidatzen)</i>	<i>176</i>
	<i>Zutik</i>	<i>176</i>
<i>Astuna</i>	<i>Obrako lanak</i>	<i>513</i>
	<i>Lan astun jarraitua</i>	<i>640</i>



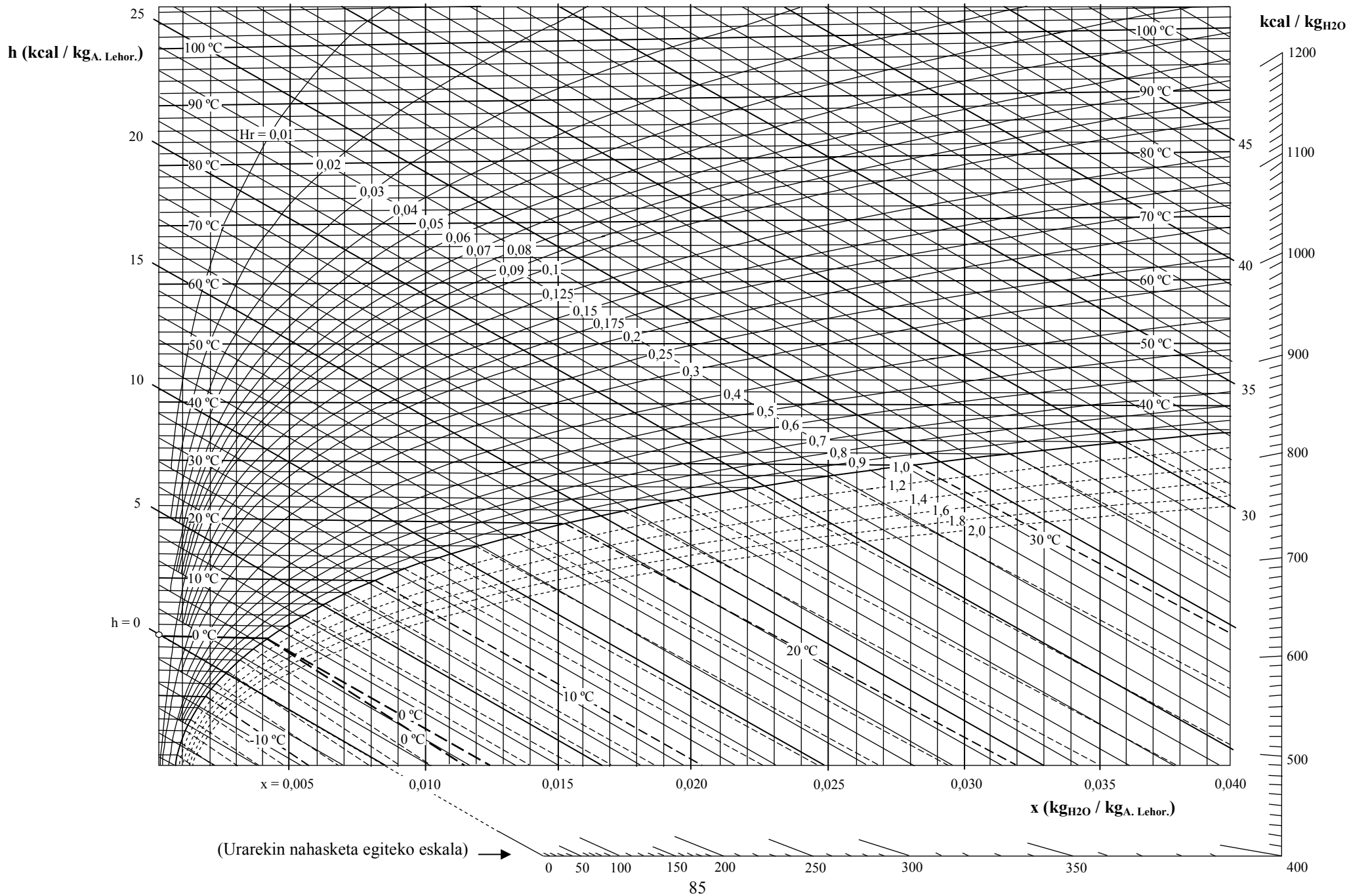
### 5.3. ASHRAE-REN KONFORT DIAGRAMAK



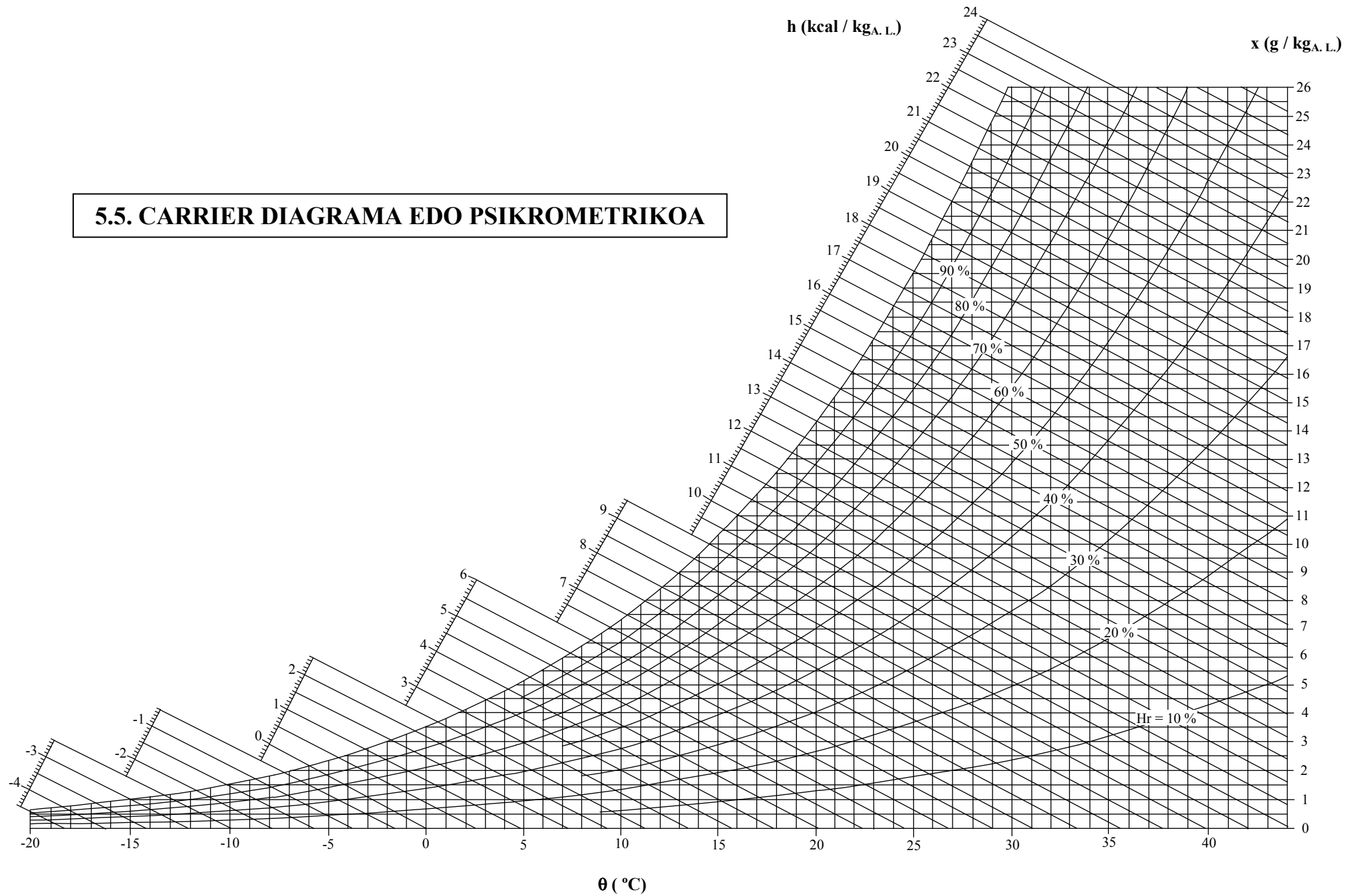
**Benetako temperatura:** pertsona bati % 50eko hezetasun erlatiboa eta 0,2 m/s-ko abiadura duen aire batek sortzen dizkion bero-galerak eta ikasten ari garen lokaleko bero-galerak berdintzen dituen temperatura.



# 5.4. AIRE HEZEAREN MOLLIER DIAGRAMA



**5.5. CARRIER DIAGRAMA EDO PSIKROMETRIKOA**



## 5.6. AIRE HEZEAREN PROPIETATEAK

$\theta$ (°C)	$x_s$ (kg/kg)	$v_a$	$\Delta v$ (m <sup>3</sup> /kg)	$v_s$	$h_a$	$\Delta h$ (kJ/kg)	$h_s$	$s_a$	$\Delta s$ (kJ/kg·K)	$s_s$	$h_f$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$P_s$ (kPa)
-60	0,0000067	0,6027	0,0000	0,6027	-60,351	0,017	-60,334	-0,2495	0,0001	-0,2494	-446,29	-1,6854	0,00108
-59	0,0000076	0,6056	0,0000	0,6056	-59,344	0,018	-59,326	-0,2448	0,0001	-0,2447	-444,63	-1,6776	0,00124
-58	0,0000087	0,6084	0,0000	0,6084	-58,338	0,021	-58,317	-0,2401	0,0001	-0,2400	-442,95	-1,6698	0,00141
-57	0,0000100	0,6113	0,0000	0,6113	-57,332	0,024	-57,308	-0,2354	0,0001	-0,2353	-441,27	-1,6620	0,00161
-56	0,0000114	0,6141	0,0000	0,6141	-56,326	0,028	-56,298	-0,2308	0,0001	-0,2306	-439,58	-1,6542	0,00184
-55	0,0000129	0,6170	0,0000	0,6170	-55,319	0,031	-55,288	-0,2261	0,0002	-0,2260	-437,89	-1,6464	0,00209
-54	0,0000147	0,6198	0,0000	0,6198	-54,313	0,036	-54,278	-0,2215	0,0002	-0,2214	-436,19	-1,6386	0,00238
-53	0,0000167	0,6226	0,0000	0,6227	-53,307	0,041	-53,267	-0,2170	0,0002	-0,2168	-434,48	-1,6308	0,00271
-52	0,0000190	0,6255	0,0000	0,6255	-52,301	0,046	-52,255	-0,2124	0,0002	-0,2122	-432,76	-1,6230	0,00307
-51	0,0000215	0,6283	0,0000	0,6284	-51,295	0,052	-51,243	-0,2079	0,0002	-0,2076	-431,03	-1,6153	0,00348
-50	0,0000243	0,6312	0,0000	0,6312	-50,289	0,059	-50,230	-0,2033	0,0003	-0,2031	-429,30	-1,6075	0,00394
-49	0,0000275	0,6340	0,0000	0,6341	-49,283	0,067	-49,216	-0,1988	0,0003	-0,1985	-427,56	-1,5997	0,00445
-48	0,0000311	0,6369	0,0000	0,6369	-48,277	0,075	-48,202	-0,1944	0,0004	-0,1940	-425,82	-1,5919	0,00503
-47	0,0000350	0,6397	0,0000	0,6398	-47,271	0,085	-47,186	-0,1899	0,0004	-0,1895	-424,06	-1,5842	0,00568
-46	0,0000395	0,6426	0,0000	0,6426	-46,265	0,095	-46,170	-0,1855	0,0004	-0,1850	-422,30	-1,5764	0,00640
-45	0,0000445	0,6454	0,0000	0,6455	-45,259	0,108	-45,151	-0,1811	0,0005	-0,1805	-420,54	-1,5686	0,00721
-44	0,0000500	0,6483	0,0001	0,6483	-44,253	0,121	-44,132	-0,1767	0,0006	-0,1761	-418,76	-1,5609	0,00811
-43	0,0000562	0,6511	0,0001	0,6512	-43,247	0,137	-43,111	-0,1723	0,0006	-0,1716	-416,98	-1,5531	0,00911
-42	0,0000631	0,6540	0,0001	0,6540	-42,241	0,153	-42,088	-0,1679	0,0007	-0,1672	-415,19	-1,5453	0,01022
-41	0,0000708	0,6568	0,0001	0,6569	-41,235	0,172	-41,063	-0,1636	0,0008	-0,1628	-413,39	-1,5376	0,01147
-40	0,0000793	0,6597	0,0001	0,6597	-40,229	0,192	-40,037	-0,1592	0,0009	-0,1584	-411,59	-1,5298	0,01285
-39	0,0000887	0,6625	0,0001	0,6626	-39,224	0,216	-39,007	-0,1549	0,0010	-0,1540	-409,77	-1,5221	0,01438
-38	0,0000992	0,6653	0,0001	0,6654	-38,218	0,241	-37,976	-0,1507	0,0011	-0,1496	-407,96	-1,5143	0,01608
-37	0,0001108	0,6682	0,0001	0,6683	-37,212	0,270	-36,942	-0,1464	0,0012	-0,1452	-406,13	-1,5066	0,01796
-36	0,0001237	0,6710	0,0001	0,6712	-36,206	0,302	-35,905	-0,1421	0,0014	-0,1408	-404,29	-1,4988	0,02005
-35	0,0001379	0,6739	0,0001	0,6740	-35,200	0,336	-34,864	-0,1379	0,0015	-0,1364	-402,45	-1,4911	0,02235
-34	0,0001536	0,6767	0,0002	0,6769	-34,195	0,375	-33,820	-0,1337	0,0017	-0,1320	-400,60	-1,4833	0,02490
-33	0,0001710	0,6796	0,0002	0,6798	-33,189	0,417	-32,772	-0,1295	0,0018	-0,1276	-398,75	-1,4756	0,02772
-32	0,0001902	0,6824	0,0002	0,6826	-32,183	0,464	-31,718	-0,1253	0,0020	-0,1233	-396,89	-1,4678	0,03082
-31	0,0002113	0,6853	0,0002	0,6855	-31,178	0,517	-30,661	-0,1212	0,0023	-0,1189	-395,01	-1,4601	0,03425

$x_s$  = Asetasuneko hezetasun absolutua [kg<sub>H2O</sub>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$v_a$  = Aire lehorren bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$v_s$  = Aire asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_a$  = Aire lehorren entalpia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_s$  = Aire asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$s_a$  = Aire lehorren entropia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$s_s$  = Aire asearen entropia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$h_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entalpia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H2O</sub>] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H2O</sub>]

$s_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entropia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H2O</sub>·K] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H2O</sub>·K]

$P_s$  = Uraren asetze-presioa [kPa]

$\theta$ (°C)	$x_s$ (kg/kg)	$v_a$	$\Delta v$ (m <sup>3</sup> /kg)	$v_s$	$h_a$	$\Delta h$ (kJ/kg)	$h_s$	$s_a$	$\Delta s$ (kJ/kg.K)	$s_s$	$h_f$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg.K)	$P_s$ (kPa)
-30	0,0002346	0,6881	0,0003	0,6884	-30,171	0,574	-29,597	-0,1170	0,0025	-0,1145	-393,14	-1,4524	0,03802
-29	0,0002602	0,6909	0,0003	0,6912	-29,166	0,636	-28,529	-0,1129	0,0028	-0,1101	-391,25	-1,4446	0,04217
-28	0,0002883	0,6938	0,0003	0,6941	-28,160	0,707	-27,454	-0,1088	0,0031	-0,1057	-398,36	-1,4369	0,04673
-27	0,0003193	0,6966	0,0004	0,6970	-27,154	0,782	-26,372	-0,1047	0,0034	-0,1013	-387,46	-1,4291	0,05175
-26	0,0003533	0,6995	0,0004	0,6999	-26,149	0,867	-25,282	-0,1006	0,0037	-0,0969	-385,55	-1,4214	0,05725
-25	0,0003905	0,7023	0,0004	0,7028	-25,143	0,959	-24,184	-0,0965	0,0041	-0,0924	-383,63	-1,4137	0,06329
-24	0,0004314	0,7052	0,005	0,7057	-24,137	1,059	-23,078	-0,0925	0,0045	-0,0880	-381,71	-1,4059	0,06991
-23	0,0004762	0,7080	0,0005	0,7086	-23,132	1,171	-21,961	-0,0885	0,0050	-0,0835	-379,78	-1,3982	0,07716
-22	0,0005251	0,7109	0,006	0,7115	-22,126	1,292	-20,834	-0,0845	0,0054	-0,0790	-377,84	-1,3905	0,08510
-21	0,0005787	0,7137	0,007	0,7144	-21,120	1,425	-19,695	-0,0805	0,0060	-0,0745	-375,90	-1,3828	0,09378
-20	0,0006373	0,7165	0,0007	0,7173	-20,115	1,570	-18,545	-0,0765	0,0066	-0,0699	-373,95	-1,3750	0,10326
-19	0,0007013	0,7194	0,0008	0,7202	-19,109	1,729	-17,380	-0,0725	0,0072	-0,0653	-371,99	-1,3673	0,11362
-18	0,0007711	0,7222	0,009	0,7231	-18,103	1,902	-16,201	-0,0686	0,0079	-0,0607	-370,02	-1,3596	0,12492
-17	0,0008473	0,7251	0,0010	0,7261	-17,098	2,092	-15,006	-0,0646	0,0086	-0,0560	-368,04	-1,3518	0,13725
-16	0,0009303	0,7279	0,0011	0,7290	-16,092	2,299	-13,793	-0,0607	0,0094	-0,0513	-366,06	-1,3441	0,15068
-15	0,0010207	0,7308	0,0012	0,7320	-15,086	2,524	-12,562	-0,0568	0,0103	-0,0465	-364,07	-1,3364	0,16530
-14	0,0011191	0,7336	0,0013	0,7349	-14,080	2,769	-11,311	-0,0529	0,0113	-0,0416	-362,07	-1,3287	0,18122
-13	0,0012262	0,7364	0,0014	0,7379	-13,075	3,036	-10,039	-0,0490	0,0123	-0,0367	-360,07	-1,3210	0,19852
-12	0,0013425	0,7393	0,0016	0,7409	-12,069	3,327	-8,742	-0,0452	0,0134	-0,0318	-358,06	-1,3132	0,21732
-11	0,0014690	0,7421	0,0017	0,7439	-11,063	3,642	-7,421	-0,0413	0,0146	-0,0267	-356,04	-1,3055	0,23775
-10	0,0016062	0,7450	0,0019	0,7469	-10,057	3,986	-6,072	-0,0375	0,0160	-0,0215	-354,01	-1,2978	0,25991
-9	0,0017551	0,7478	0,0021	0,7499	-9,052	4,358	-4,693	-0,0337	0,0174	-0,0163	-351,97	-1,2901	0,28395
-8	0,0019166	0,7507	0,0023	0,7530	-8,046	4,764	-3,283	-0,0299	0,0189	-0,0110	-349,93	-1,2824	0,30999
-7	0,0020916	0,7535	0,0025	0,7560	-7,040	5,202	-1,838	-0,0261	0,0206	-0,0055	-347,88	-1,2746	0,33821
-6	0,0022811	0,7563	0,0028	0,7591	-6,035	5,677	-0,357	-0,0223	0,0224	0,0000	-345,82	-1,2669	0,36874
-5	0,0024862	0,7592	0,0030	0,7622	-5,029	6,192	1,164	-0,0186	0,0243	0,0057	-343,76	-1,2592	0,40178
-4	0,0027081	0,7620	0,0033	0,7653	-4,023	6,751	2,728	-0,0148	0,0264	0,0115	-341,69	-1,2515	0,43748
-3	0,0029480	0,7649	0,0036	0,7685	-3,017	7,353	4,336	-0,0111	0,0286	0,0175	-339,61	-1,2438	0,47606
-2	0,0032074	0,7677	0,0039	0,7717	-2,011	8,007	5,995	-0,0074	0,0310	0,0236	-337,52	-1,2361	0,51773
-1	0,0034874	0,7705	0,0043	0,7749	-1,006	8,712	7,706	-0,0037	0,0336	0,0299	-335,42	-1,2284	0,56268
0	0,0037895	0,7734	0,0047	0,7781	-0,000	9,473	9,473	0,0000	0,0364	0,0364	-333,32	-1,2206	0,61117

$x_s$  = Asetasuneko hezetan absolutua [kg<sub>H2O</sub>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$v_a$  = Aire lehorraren bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$v_s$  = Aire asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_a$  = Aire lehorraren entalpia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_s$  = Aire asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$s_a$  = Aire lehorraren entropia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$s_s$  = Aire asearen entropia espezifikoa [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$h_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entalpia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H2O</sub>] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H2O</sub>]

$s_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entropia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H2O</sub>·K] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H2O</sub>·K]

$P_s$  = Uraren asetze-presioa [kPa]

$\theta$ (°C)	$x_s$ (kg/kg)	$v_a$	$\Delta v$ (m <sup>3</sup> /kg)	$v_s$	$h_a$	$\Delta h$ (kJ/kg)	$h_s$	$s_a$	$\Delta s$ (kJ/kg·K)	$s_s$	$h_f$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$P_s$ (kPa)
0	0,003789	0,7734	0,0047	0,7781	-0,000	9,473	9,473	0,0000	0,0364	0,0364	0,06	-0,0001	0,6112
1	0,004076	0,7762	0,0051	0,7813	1,006	10,197	10,197	0,0037	0,0391	0,0427	4,28	0,0153	0,6571
2	0,004381	0,7791	0,0055	0,7845	2,012	10,970	10,970	0,0073	0,0419	0,0492	8,49	0,0306	0,7060
3	0,004707	0,7819	0,0059	0,7878	3,018	11,793	11,793	0,0110	0,0449	0,0559	12,70	0,0459	0,7581
4	0,005054	0,7848	0,0064	0,7911	4,024	12,672	12,672	0,0146	0,0480	0,0627	16,91	0,0611	0,8135
5	0,005424	0,7876	0,0068	0,7944	5,029	13,610	13,610	0,0182	0,0514	0,0697	21,12	0,0762	0,8725
6	0,005818	0,7904	0,0074	0,7978	6,036	14,608	14,608	0,0219	0,0550	0,0769	25,32	0,0913	0,9353
7	0,006237	0,7933	0,0079	0,8012	7,041	15,671	15,671	0,0255	0,0588	0,0843	29,52	0,1064	1,0020
8	0,006683	0,7961	0,0085	0,8046	8,047	16,805	16,805	0,0290	0,0628	0,0919	33,72	0,1213	1,0729
9	0,007157	0,7990	0,0092	0,8081	9,053	18,010	18,010	0,0326	0,0671	0,0997	37,92	0,1362	1,1481
10	0,007661	0,8018	0,0098	0,8116	10,059	19,293	19,293	0,0362	0,0717	0,1078	42,11	0,1511	1,2280
11	0,008197	0,8046	0,0106	0,8152	11,065	20,658	20,658	0,0397	0,0765	0,1162	46,31	0,1659	1,3128
12	0,008766	0,8075	0,0113	0,8188	12,071	22,108	22,108	0,0433	0,0816	0,1248	50,50	0,1806	1,4026
13	0,009370	0,8103	0,0122	0,8225	13,077	23,649	23,649	0,0468	0,0870	0,1337	54,69	0,1953	1,4979
14	0,010012	0,8132	0,0131	0,8262	14,084	25,286	25,286	0,0503	0,0927	0,1430	58,88	0,2099	1,5987
15	0,010692	0,8160	0,0140	0,8300	15,090	27,023	27,023	0,0538	0,0987	0,1525	63,07	0,2244	1,7055
16	0,011413	0,8188	0,0150	0,8338	16,096	28,867	28,867	0,0573	0,1051	0,1624	67,26	0,2389	1,8185
17	0,012178	0,8217	0,0160	0,837	17,102	30,824	30,824	0,0607	0,1119	0,1726	71,44	0,2534	1,9380
18	0,012989	0,8245	0,0172	0,417	18,108	32,900	32,900	0,0642	0,1190	0,1832	75,63	0,2678	2,0643
19	0,013848	0,8274	0,0184	0,8457	19,114	35,101	35,101	0,0677	0,1266	0,1942	79,81	0,2821	2,1979
20	0,014758	0,8302	0,0196	0,8498	20,121	37,434	37,434	0,0711	0,1346	0,2057	84,00	0,2965	2,3389
21	0,015721	0,8330	0,0210	0,8540	21,127	39,908	39,908	0,0745	0,1430	0,2175	88,18	0,3107	2,4878
22	0,016741	0,8359	0,0224	0,8583	22,133	42,527	42,527	0,0779	0,1519	0,2298	92,36	0,3249	2,6448
23	0,017821	0,8387	0,0240	0,8627	23,140	45,301	45,301	0,0813	0,1613	0,2426	96,55	0,3390	2,8105
24	0,018963	0,8416	0,0256	0,8671	24,146	48,239	48,239	0,0847	0,1712	0,2559	100,73	0,3531	2,9852
25	0,020170	0,8444	0,0273	0,8717	25,153	51,347	51,347	0,0881	0,1817	0,2698	104,91	0,3672	3,1693
26	0,021448	0,8472	0,0291	0,8764	26,159	54,638	54,638	0,0915	0,1927	0,2842	109,09	0,3812	3,3633
27	0,022798	0,8501	0,0311	0,8811	27,165	58,120	58,120	0,0948	0,2044	0,2992	113,27	0,3951	3,5674
28	0,024226	0,8529	0,0331	0,8860	28,172	61,804	61,804	0,0982	0,2166	0,3148	117,45	0,4090	3,7823
29	0,025735	0,8558	0,0353	0,8910	29,179	65,699	65,699	0,1015	0,2296	0,3311	121,63	0,4229	4,0084

$x_s$  = Asetasuneko hezetasun absolutua [kg<sub>H2O</sub>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$v_a$  = Aire lehorraren bolumen espezifikoak [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$v_s$  = Aire asearen bolumen espezifikoak [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_a$  = Aire lehorraren entalpia espezifikoak [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_s$  = Aire asearen entalpia espezifikoak [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$s_a$  = Aire lehorraren entropia espezifikoak [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$s_s$  = Aire asearen entropia espezifikoak [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$h_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entalpia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H2O</sub>] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H2O</sub>]

$s_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entropia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H2O</sub>·K] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H2O</sub>·K]

$P_s$  = Uraren asetze-presioa [kPa]

$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$x_s$ ( $\text{kg/kg}$ )	$v_a$	$\Delta v$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	$v_s$	$h_a$	$\Delta h$ ( $\text{kJ/kg}$ )	$h_s$	$s_a$	$\Delta s$ ( $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ )	$s_s$	$h_f$ ( $\text{kJ/kg}$ )	$s_f$ ( $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ )	$P_s$ ( $\text{kPa}$ )
30	0,027329	0,8586	0,0376	0,8962	30,185	69,820	100,006	0,1048	0,2432	0,3481	125,81	0,4367	4,2462
31	0,029014	0,8614	0,0400	0,9015	31,192	74,177	105,369	0,1082	0,2576	0,3658	129,99	0,4505	4,4961
32	0,030793	0,8643	0,0426	0,9069	32,198	78,780	110,979	0,1115	0,2728	0,3842	134,17	0,4642	4,7586
33	0,032674	0,8671	0,0454	0,9125	33,205	83,652	116,857	0,1148	0,2887	0,4035	138,35	0,4779	5,0345
34	0,034660	0,8700	0,0483	0,9183	34,212	88,799	123,011	0,1180	0,3056	0,4236	142,53	0,4915	5,3242
35	0,036756	0,8728	0,0514	0,9242	35,219	94,236	129,455	0,1213	0,3233	0,4446	146,71	0,5051	5,6280
36	0,038971	0,8756	0,0546	0,9303	36,226	99,983	136,209	0,1246	0,3420	0,4666	150,89	0,5186	5,9468
37	0,041309	0,8785	0,0581	0,9366	37,233	106,058	143,290	0,1278	0,3617	0,4895	155,07	0,5321	6,2912
38	0,043778	0,8813	0,0618	0,9431	38,239	112,474	150,713	0,1311	0,3824	0,5135	159,25	0,5456	6,6315
39	0,046386	0,8842	0,0657	0,9498	39,246	119,258	158,504	0,1343	0,4043	0,5386	163,43	0,5590	6,9988
40	0,049141	0,8870	0,0698	0,9568	40,253	126,430	166,683	0,1375	0,4273	0,5649	167,61	0,5724	7,3838
41	0,052049	0,8898	0,0741	0,9640	41,261	134,005	175,265	0,1407	0,4516	0,5923	171,79	0,5857	7,7866
42	0,055119	0,8927	0,0788	0,9714	42,268	142,007	184,275	0,1439	0,4771	0,6211	175,97	0,5990	8,2081
43	0,058365	0,8955	0,0837	0,9792	43,275	150,475	193,749	0,1471	0,5041	0,6512	180,15	0,6122	8,6495
44	0,061791	0,8983	0,0888	0,9872	44,282	159,417	203,699	0,1503	0,5325	0,6828	184,33	0,6254	9,1110
45	0,065411	0,9012	0,0943	0,9955	45,289	168,874	214,164	0,1535	0,5624	0,7159	188,51	0,6386	9,5935
46	0,069239	0,9040	0,1002	1,0042	46,296	178,882	225,179	0,1566	0,5940	0,7505	192,69	0,6517	10,0982
47	0,073282	0,9069	0,1063	1,0132	47,304	189,455	236,759	0,1598	0,6273	0,7871	196,88	0,6648	10,6250
48	0,077556	0,9097	0,1129	1,0226	48,311	200,644	248,955	0,1629	0,6624	0,8253	201,06	0,6778	11,1754
49	0,082077	0,9125	0,1198	1,0323	49,319	212,485	261,803	0,1661	0,6994	0,8655	205,24	0,6908	11,7502
50	0,086858	0,9154	0,1272	1,0425	50,326	225,019	275,345	0,1692	0,7385	0,9077	209,42	0,7038	12,3503
51	0,091918	0,9182	0,1350	1,0532	51,334	239,290	289,624	0,1723	0,7798	0,9521	213,60	0,7167	12,9764
52	0,097272	0,9211	0,1433	1,0643	52,341	252,340	304,682	0,1754	0,8234	0,9988	217,78	0,7296	13,6293
53	0,102948	0,9239	0,1521	1,0760	53,349	267,247	320,596	0,1785	0,8695	1,0480	221,97	0,7424	14,3108
54	0,108954	0,9267	0,1614	1,0882	54,357	283,031	337,388	0,1816	0,9182	1,0998	226,15	0,7552	15,0205
55	0,115321	0,9296	0,1713	1,1009	55,365	299,772	355,137	0,1847	0,9698	1,1544	230,33	0,7680	15,7601
56	0,122077	0,9324	0,1819	1,1143	56,373	317,549	373,922	0,1877	1,0243	1,2120	234,52	0,7807	16,5311
57	0,129243	0,9353	0,1932	1,1284	57,381	336,417	393,798	0,1908	1,0820	1,2728	238,70	0,7934	17,3337
58	0,136851	0,9381	0,2051	1,1432	58,389	356,461	414,850	0,1938	1,1432	1,3370	242,88	0,8061	18,1691
59	0,144942	0,9409	0,2179	1,1588	59,397	377,788	437,185	0,1969	1,2081	1,4050	247,07	0,8187	19,0393

$x_s$  = Asetasuneko hezetan absolutua [ $\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{Aire Lehor}}$ ]

$v_a$  = Aire lehorraren bolumen espezifiko [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$v_s$  = Aire asearen bolumen espezifiko [m<sup>3</sup>/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_a$  = Aire lehorraren entalpia espezifiko [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$h_s$  = Aire asearen entalpia espezifiko [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>]

$s_a$  = Aire lehorraren entropia espezifiko [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$s_s$  = Aire asearen entropia espezifiko [kJ/kg<sub>Aire Lehor</sub>·K]

$h_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entalpia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H<sub>2</sub>O</sub>] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H<sub>2</sub>O</sub>]

$s_f$  = Ur likidoaren edo izotzaren entropia ( $h_f = 0$  [kJ/kg<sub>H<sub>2</sub>O</sub>·K] erreferentzia 0 °C-an hartuta) [kJ/kg<sub>H<sub>2</sub>O</sub>·K]

$P_s$  = Uraren asetze-presioa [kPa]

$\theta$ (°C)	$x_s$ (kg/kg)	$v_a$	$\Delta v$ (m <sup>3</sup> /kg)	$v_s$	$h_a$	$\Delta h$ (kJ/kg)	$h_s$	$s_a$	$\Delta s$ (kJ/kg.K)	$s_s$	$h_f$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg.K)	$P_s$ (kPa)
60	0,15354	0,9438	0,2315	1,1752	60,405	400,458	460,863	0,1999	1,2769	1,4768	251,25	0,8313	19,9439
61	0,16269	0,9466	0,2460	1,1926	61,413	424,624	486,036	0,2029	1,3500	1,05530	255,44	0,8438	20,8858
62	0,17244	0,9494	0,2614	1,2109	62,421	450,377	512,798	0,2059	1,4278	1,6337	259,62	0,8563	21,8651
63	0,18284	0,9523	0,2780	1,1303	63,429	477,837	541,266	0,2089	1,5104	1,7194	263,81	0,8688	22,8826
64	0,19393	0,9551	0,2957	1,2508	64,438	507,177	571,615	0,2119	1,5985	1,8105	268,00	0,8812	23,9405
65	0,20579	0,9580	0,3147	1,2726	65,446	538,548	603,995	0,2149	1,6925	1,9074	272,18	0,8936	25,0397
66	0,21848	0,9608	0,3350	1,2958	66,455	572,116	638,571	0,2179	1,7927	2,0106	276,37	0,9060	26,1810
67	0,23207	0,9636	0,3568	1,3204	67,463	608,103	675,566	0,2209	1,8999	2,1208	280,56	0,9183	27,3664
68	0,24664	0,9665	0,3823	1,3467	68,472	646,724	715,196	0,2238	2,0147	2,2385	284,75	0,9306	28,5967
69	0,26231	0,9693	0,4055	1,3749	69,481	688,261	757,742	0,2268	2,1378	2,3646	288,94	0,9429	29,8741
70	0,27916	0,9721	0,4328	1,4049	70,489	732,959	803,448	0,2297	2,2699	2,4996	293,13	0,9551	31,1986
71	0,29734	0,9750	0,4622	1,4372	71,498	781,208	852,706	0,2327	2,4122	2,6448	297,32	0,9673	32,5734
72	0,31698	0,9778	0,4941	1,4719	72,507	833,335	905,842	0,2356	1,5655	2,8010	301,51	0,9794	33,9983
73	0,33824	0,9807	0,5287	1,5093	73,516	889,807	963,323	0,2385	2,7311	2,9696	305,70	0,9916	35,4759
74	0,36130	0,9835	0,5662	1,5497	74,525	951,077	1025,603	0,2414	2,9104	3,1518	309,89	1,0037	37,0063
75	0,38641	0,9863	0,6072	1,5935	75,535	1017,841	1093,375	0,2443	3,1052	3,3496	314,08	1,0157	38,5940
76	0,41377	0,9892	0,6519	1,6411	76,543	1090,628	1167,172	0,2472	3,3171	3,5644	318,28	1,0278	40,2369
77	0,44372	0,9920	0,7010	1,6430	77,553	1170,328	1247,881	0,2501	3,5486	3,7987	322,47	1,0398	41,9388
78	0,47663	0,9948	0,7550	1,7498	78,562	1257,921	1336,483	0,2530	3,8023	4,0553	326,67	1,0517	43,7020
79	0,51284	0,9977	0,8145	1,8121	79,572	1354,347	1433,918	0,2559	4,0810	4,3368	330,86	1,0636	45,5248
80	0,55295	1,0005	0,8805	1,8810	80,581	1461,200	1541,781	0,2587	4,3890	4,6477	335,06	1,0755	47,4135
81	0,59751	1,0034	0,9539	1,9572	81,591	1579,961	1661,552	0,2616	4,7305	4,9921	339,25	1,0874	49,3670
82	0,64724	1,0062	1,0360	2,0422	82,600	1712,547	1795,148	0,2644	5,1108	5,3753	343,45	1,0993	51,3860
83	0,70311	1,0090	1,1283	2,1373	83,610	1861,548	1945,158	0,2673	5,5372	5,8045	347,65	1,1111	53,4746
84	0,76624	1,0119	1,2328	2,2446	84,620	2029,983	2114,603	0,2701	6,0181	6,2882	351,85	1,1228	55,6337
85	0,83812	1,0147	1,3518	2,3666	85,630	2221,806	2307,436	0,2729	6,5644	6,8373	356,05	1,1346	57,8658
86	0,92062	1,0175	1,4887	2,5062	86,640	2442,036	2528,677	0,2757	7,1901	7,4658	360,25	1,1463	60,1727
87	1,01611	1,0204	1,6473	2,6676	87,650	2697,016	2784,666	0,2785	7,9128	8,1914	364,45	1,1580	62,5544
88	1,12800	1,0232	1,8333	2,8565	88,661	2995,890	3084,551	0,2813	8,7580	9,0393	368,65	1,1696	65,0166
89	1,26064	1,0261	2,0540	3,0800	89,671	3350,254	3439,925	0,2841	9,7577	10,0419	372,86	1,1812	67,5581
90	1,42031	1,0289	2,3199	3,3488	90,681	3776,918	3867,599	0,2869	10,9586	11,2455	377,06	1,1928	70,1817

- Balio haek kalkulatu dira *Thermophysical Properties of Refrigerants*, New York, ASHRAE, 1976 lanak gomendatutako ekuazioen bidez.





## 6. HOZTE-MAKINAK

---



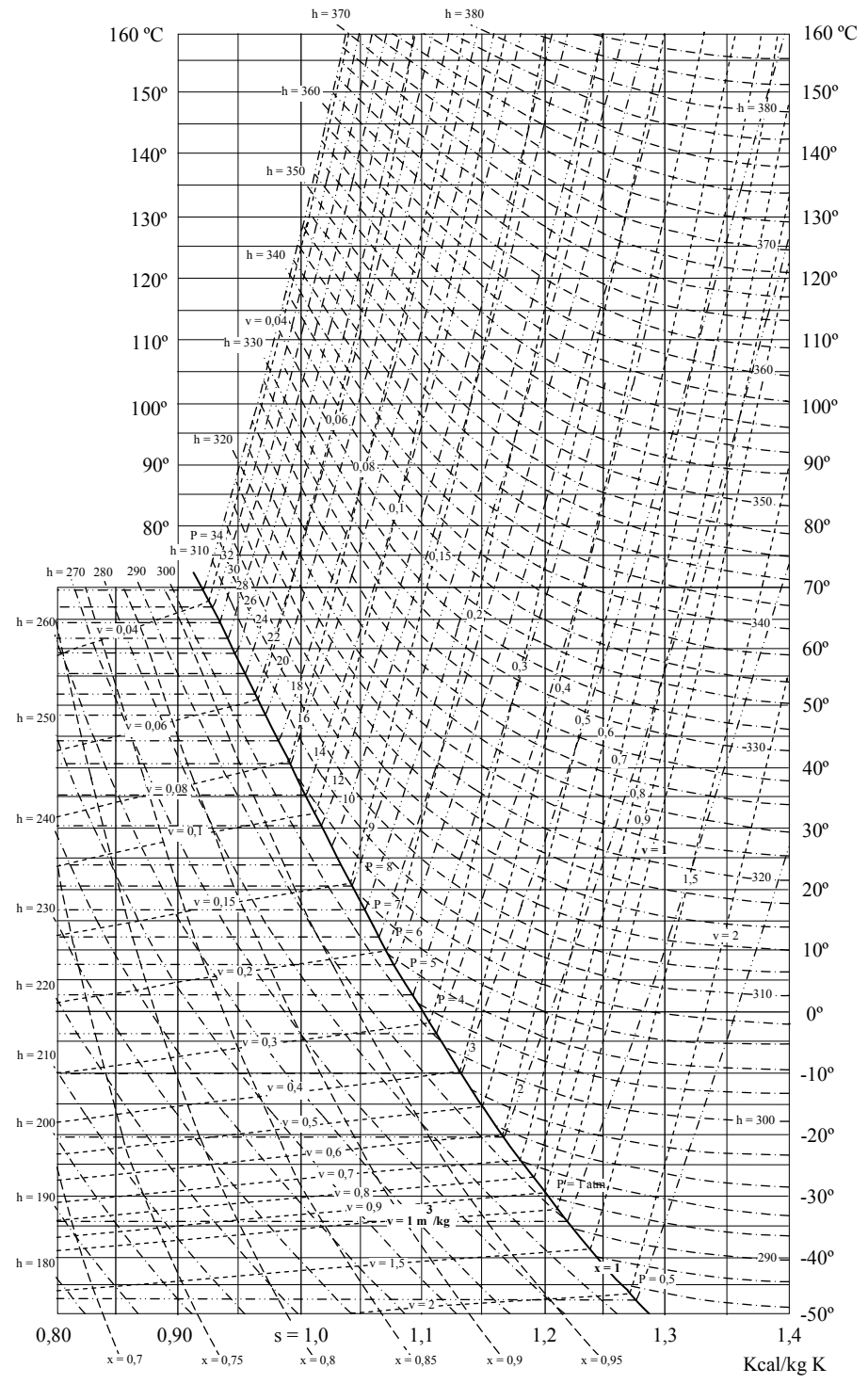
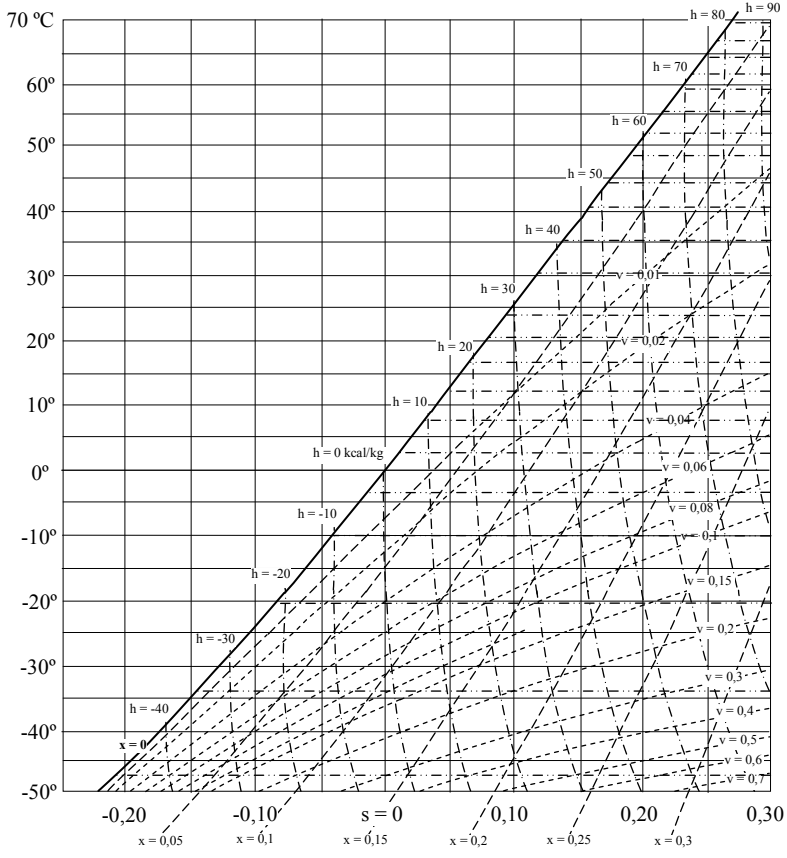
## 6.1. HOZGARRIEN SAILKAPENA (MI.IF-002)

IZENA	IZEN OSOA	FORMULAZIO KIMIKOA	PISU MOLEKULARRA (gr/mol)	IRAKITE-PUNTUA (°C)
<b>I. TALDEA: Segurtasun handiko hozgarriak</b>				
R-11	Triklorofluorometanoa	$C Cl_3 F$	137,4	23,8
R-12	Diklorodifluorometanoa	$C Cl_2 F_2$	120,9	-29,8
R-13	Klorotrifluorometanoa	$C Cl F_3$	104,5	-81,5
R-13B1	Bromotrifluorometanoa	$C Br F_3$	148,9	-58
R-14	Karbono tetrafluoruroa	$C F_4$	88	-128
R-21	Diklorofluorometanoa	$C H Cl_2 F$	102,9	-8,2
R-22	Klorodifluorometanoa	$C H Cl F_2$	86,5	-40,8
R-113	1,1,2-Triklorotrifluoretanoa	$C Cl_2 F C Cl F_2$	187,4	-47,7
R-114	1,2-Dikloroteirafluoretano	$C Cl_2 F C Cl F_2$	170,9	-3,5
R-115	Kloropentafluoretanoa	$C Cl F_2 C Cl F_2$	154,5	-38,7
R-C318	Oktofluorziklobutanoa	$C_4 F_8$	200	-5,9
R-744	Anhidrido karbonikoa	$C O_2$	44	-78,5
<b>II. TALDEA: Segurtasun ertaineko hozgarriak</b>				
R-30	Metileno kloruroa	$C H_2 Cl_2$	84,9	40,1
R-40	Metilo kloruroa	$C H_3 Cl$	50,5	-24
R-160	Etilo kloruroa	$C H_3 C H_2 Cl$	64,5	-12,5
R-611	Metilo formiatoa	$H C O O C H_3$	60	-31,2
R-717	Amoniakoa	$N H_3$	17	-33
R-764	Anhidrido sulfurosoa	$S O_2$	64	-10
R-1130	1,2- Dikloroetilenoa	$C H Cl = C H Cl$	96,9	-48,5
<b>III. TALDEA: Segurtasun txikiko hozgarriak</b>				
R-170	Etanoa	$C H_3 C H_3$	30	-88,6
R-290	Propanoa	$C H_3 C H_2 C H_3$	44	-42,8
R-600	Butanoa	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	58,1	-0,5
R-600a	Isobutanoa	$C H (C H_3)_3$	58,1	-10,2
R-1150	Etilenoa	$C H_2 = C H_2$	28	-103,7

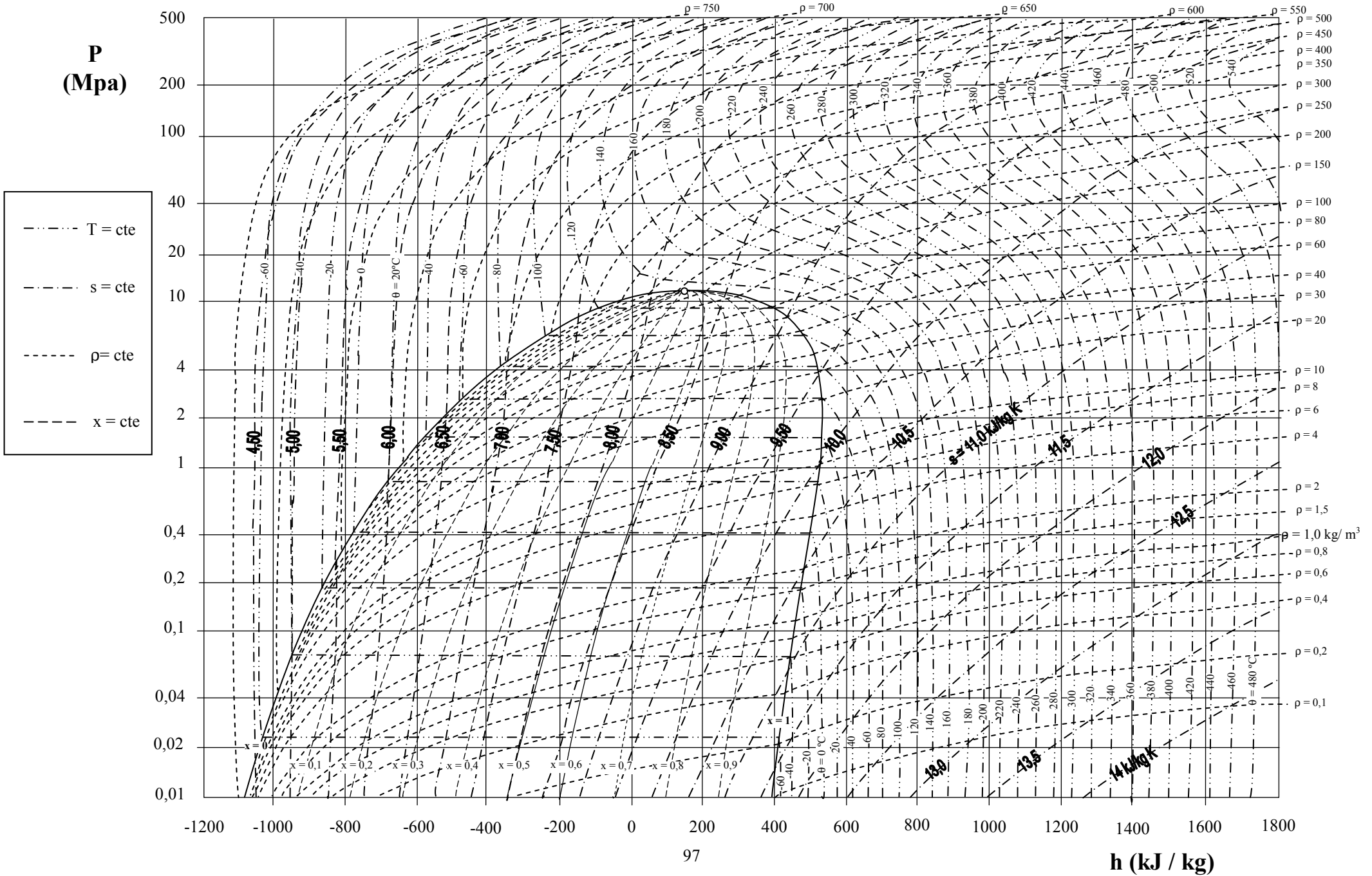
- Iturria: Rodríguez-Pomatta, J.A.: *Calor y frío Industrial I*, UNED, 1987.

## 6.2. R-717-ren T – s DIAGRAMA

- P = kte
- h = kte
- v = kte
- x = kte



### 6.3. R-717-ren p – h DIAGRAMA



## 6.4. R-717-ren PROPIETATEAK (amoniakoa)

### Oharra:

Taulako eta grafikoetako balioak ez datoz bat, entalpien erreferentzia-sistema desberdina delako; entalpien arteko aldeak, berriz, berdinak dira bi puntu jakinen artean.

$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
-77,66a	0,00604	733,9	15,732	-147,36	1342,85	-0,4930	7,1329
-70,00	0,01089	725,3	9,0520	-111,74	1357,04	-0,3143	6,9179
-60,00	0,02185	713,9	4,7166	-67,67	1375,00	-0,1025	6,6669
-50,00	0,04081	702,0	2,6300	-24,17	1392,17	0,0968	6,4444
-40,00	0,07168	689,9	1,5535	19,60	1408,41	0,2885	6,2455
-38,00	0,07970	687,4	1,4068	28,41	1411,54	0,3260	6,2082
-36,00	0,08844	684,9	1,2765	37,24	1414,62	0,3634	6,1717
-34,00	0,09795	682,5	1,1603	46,09	1417,66	0,4005	6,1359
-33,33b	0,10133	681,6	1,1241	49,08	1418,67	0,4129	6,1240
-32,00	0,10826	680,0	1,0566	54,97	1420,65	0,4374	6,1008
-30,00	0,11944	677,5	0,96377	63,86	1423,60	0,4741	6,0664
-28,00	0,13153	675,0	0,88062	72,78	1426,51	0,5105	6,0327
-26,00	0,14459	672,5	0,80595	81,72	1429,36	0,5467	5,9997
-24,00	0,15866	670,0	0,73877	90,68	1432,17	0,5828	5,9672
-22,00	0,17382	667,4	0,67822	99,66	1434,93	0,6186	5,9354
-20,00	0,19011	664,9	0,62356	108,67	1437,64	0,6542	5,9041
-18,00	0,20760	662,3	0,57413	117,69	1440,30	0,6896	5,8734
-16,00	0,22634	659,3	0,52936	126,74	1442,91	0,7248	5,8433
-14,00	0,24640	657,2	0,48874	135,82	1445,47	0,7599	5,8137
-12,00	0,26785	654,6	0,45182	144,91	1447,97	0,7947	5,7846
-10,00	0,29075	652,0	0,41823	154,03	1450,42	0,8294	5,7559
-8,00	0,31517	649,3	0,38761	163,18	1452,81	0,8638	5,7278
-6,00	0,34117	646,7	0,3596	172,35	1455,15	0,8981	5,7001
-4,00	0,36882	644,0	0,33411	181,54	1457,43	0,9323	5,6728
-2,00	0,39821	641,3	0,31073	190,76	1459,65	0,9662	5,6460
0,00	0,42941	638,6	0,28929	200,00	1461,81	1,0000	5,6196
2,00	0,46248	635,9	0,26962	209,27	1463,91	1,0336	5,5936
4,00	0,49749	633,2	0,25154	218,57	1465,94	1,0671	5,5679
6,00	0,53454	630,4	0,23491	227,89	1467,91	1,1004	5,5426
8,00	0,57370	627,6	0,21959	237,24	1469,82	1,1335	5,5177
10,00	0,61504	624,8	0,20545	246,62	1471,66	1,1666	5,4931
12,00	0,65865	622,0	0,19240	256,03	1473,43	1,1994	5,4688
14,00	0,70461	619,1	0,18034	265,46	1475,13	1,2321	5,4448
16,00	0,75301	616,2	0,16917	274,93	1476,75	1,2647	5,4212
18,00	0,80392	613,3	0,15882	284,43	1478,30	1,2972	5,3977

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
20,00	0,85744	610,4	0,14923	293,96	1479,78	1,3295	5,3746
22,00	0,91364	607,5	0,14032	303,52	1481,18	1,3617	5,3517
24,00	0,97262	604,5	0,13204	313,11	1482,49	1,3937	5,3290
26,00	1,0345	601,5	0,12434	322,73	1483,72	1,4257	5,3066
28,00	1,0993	598,4	0,11717	332,39	1484,87	1,4575	5,2844
30,00	1,1671	595,4	0,11048	342,08	1485,93	1,4892	5,2623
32,00	1,2381	592,3	0,10424	351,81	1486,90	1,5208	5,2405
34,00	1,3123	589,1	0,09842	361,58	1487,78	1,5523	5,2188
36,00	1,3898	586,0	0,09297	371,38	1488,56	1,5837	5,1972
38,00	1,4708	582,8	0,08788	381,23	1489,24	1,6149	5,1759
40,00	1,5553	579,5	0,08311	391,11	1489,82	1,6461	5,1546
42,00	1,6434	576,3	0,07864	401,03	1490,30	1,6772	5,1334
44,00	1,7352	573,0	0,07445	411,00	1490,67	1,7083	5,1124
46,00	1,8308	569,7	0,07051	421,01	1490,92	1,7392	5,0914
48,00	1,9303	566,3	0,06682	431,07	1491,07	1,7701	5,0705
50,00	2,0339	562,9	0,06334	441,18	1491,09	1,8009	5,0497
52,00	2,1415	559,4	0,06007	451,33	1491,00	1,8316	5,0289
54,00	2,2534	555,9	0,05699	461,54	1490,78	1,8623	5,0082
56,00	2,3696	552,4	0,05409	471,80	1490,43	1,8929	4,9875
58,00	2,4903	548,8	0,05136	482,12	1489,94	1,9235	4,9667
60,00	2,6154	545,2	0,04878	492,50	1489,32	1,9541	4,9460
62,00	2,7452	541,5	0,04634	502,94	1488,55	1,9846	4,9252
64,00	2,8798	537,7	0,04404	513,45	1487,63	2,0151	4,9044
66,00	3,0193	534,0	0,04186	524,03	1486,56	2,0456	4,8836
68,00	3,1637	530,1	0,03980	534,68	1485,33	2,0762	4,8626
70,00	3,3133	526,2	0,03785	545,41	1483,94	2,1067	4,8416
75,00	3,7103	516,1	0,03340	572,62	1479,67	2,1832	4,7884
80,00	4,1418	505,6	0,02949	600,44	1474,20	2,2601	4,7342
85,00	4,6099	494,5	0,02605	628,97	1467,38	2,3377	4,6785
90,00	5,1167	482,8	0,02299	658,36	1459,01	2,4163	4,6209
95,00	5,6643	470,3	0,02027	688,77	1448,84	2,4963	4,5608
100,00	6,2553	456,9	0,01783	720,44	1436,53	2,5783	4,4973
105,00	6,8922	442,2	0,01563	753,69	1421,60	2,6630	4,4292
110,00	7,5782	426,0	0,01362	788,98	1403,31	2,7516	4,3549
115,00	8,3166	407,6	0,01177	827,07	1380,49	2,8457	4,2715
120,00	9,1115	386,1	0,01002	869,25	1351,08	2,9486	4,1740
125,00	9,9682	359,1	0,00832	918,38	1310,71	3,0669	4,0522
130,00	10,8948	319,8	0,00650	983,69	1246,92	3,2231	3,8760
132,22c	11,333	235,0	0,00426	1105,47	1105,47	3,5006	3,5006

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

- a: Puntu hirukoitza  
b: Irakite-puntu normala  
c: Puntu kritikoa

- Balio hauek kalkulatu dira *Thermophysical Properties of Refrigerants*, New York, ASHRAE, 1976 liburuak proposaturiko ekuazioen bidez.



### 6.5. R-134a-ren p-h DIAGRAMA

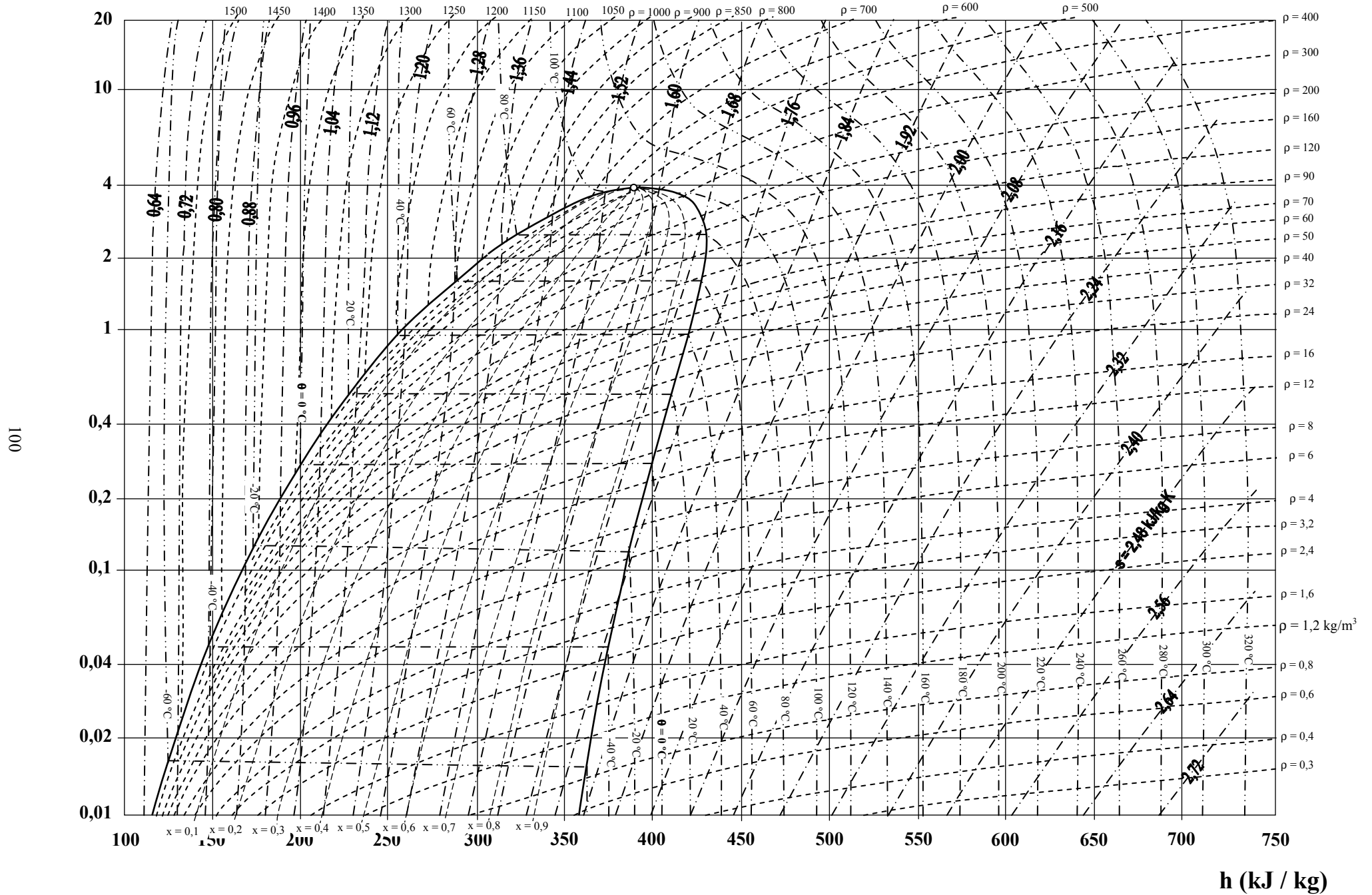
P (MPa)

----- T = kte

----- s = kte

----- ρ = kte

----- x = kte



## 6.6. R- 134a-ren PROPIETATEAK

### Oharra:

Taulako eta grafikoetako balioak ez datoz bat, entalpien erreferentzia-sistema desberdina delako; entalpien arteko aldeak, berriz, berdinak dira bi puntu jakinen artean.

$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
-103,30a	0,00039	1591,2	35,263	71,89	335,07	0,4143	1,9638
-100,00	0,00056	1581,9	25,039	75,71	337,00	0,4366	1,9456
-90,00	0,00153	1553,9	9,7191	87,59	342,94	0,5032	1,8975
-80,00	0,00369	1526,2	4,2504	99,65	349,03	0,5674	1,8585
-70,00	0,00801	1498,0	2,0528	111,78	355,23	0,6286	1,8269
-60,00	0,01594	1471,0	1,0770	123,96	361,51	0,6871	1,8016
-50,00	0,02948	1443,1	0,60560	136,21	367,83	0,7432	1,7812
-40,00	0,05122	1414,8	0,36095	148,57	374,16	0,7973	1,7649
-30,00	0,08436	1385,9	0,22596	161,10	380,45	0,8498	1,7519
-28,00	0,09268	1380,0	0,20682	163,62	381,70	0,8601	1,7497
-26,07b	0,10132	1374,3	0,19016	166,07	382,90	0,8701	1,7476
-26,00	0,10164	1374,1	0,18961	166,16	382,94	0,8704	1,7476
-24,00	0,11127	1368,2	0,17410	168,70	384,19	0,8806	1,7455
-22,00	0,12160	1362,2	0,16010	171,26	385,43	0,8908	1,7436
-20,00	0,13268	1356,2	0,14744	173,82	386,66	0,9009	1,7417
-18,00	0,14454	1350,2	0,13597	176,39	387,89	0,9110	1,7399
-16,00	0,15721	1344,1	0,12556	178,97	389,11	0,9211	1,7383
-14,00	0,17074	1338,0	0,11610	181,56	390,33	0,9311	1,7367
-12,00	0,18516	1331,8	0,10749	184,16	391,55	0,9410	1,7351
-10,00	0,20052	1325,6	0,09963	186,78	392,72	0,9509	1,7337
-8,00	0,21684	1319,3	0,09246	189,40	393,95	0,9608	1,7323
-6,00	0,23418	1313,0	0,08591	192,03	395,15	0,9707	1,7310
-4,00	0,25257	1306,6	0,07991	194,68	396,33	0,9805	1,7297
-2,00	0,27206	1300,2	0,07440	197,33	397,51	0,9903	1,7285
0,00	0,29269	1293,7	0,06935	200,00	398,68	1,0000	1,7274
2,00	0,31450	1287,1	0,06470	202,68	399,84	1,0097	1,7263
4,00	0,33755	1280,5	0,06042	205,37	401,00	1,0194	1,7252
6,00	0,36186	1273,8	0,05648	208,08	402,14	1,0291	1,7242
8,00	0,38749	1267,0	0,05284	210,80	403,27	1,0387	1,7233
10,00	0,41449	1260,2	0,04948	213,53	404,40	1,0483	1,7224
12,00	0,44289	1253,3	0,04636	216,27	405,51	1,0579	1,7215
14,00	0,47276	1246,3	0,04348	219,03	406,61	1,0674	1,7207
16,00	0,50413	1239,3	0,04081	221,80	407,70	1,0770	1,7199
18,00	0,5376	1232,1	0,03833	224,59	408,78	1,0865	1,7191

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
20,00	0,57159	1224,9	0,03603	227,40	409,84	1,0960	1,7183
22,00	0,60777	1217,5	0,03388	230,21	410,89	1,1055	1,7176
24,00	0,64566	1210,1	0,03189	233,05	411,93	1,1149	1,7169
26,00	0,68531	1202,6	0,03003	235,90	412,95	1,1244	1,7162
28,00	0,72676	1194,9	0,02829	238,77	413,95	1,1338	1,7155
30,00	0,77008	1187,2	0,02667	241,65	414,94	1,1432	1,7149
32,00	0,81530	1179,3	0,02516	244,55	415,90	1,1527	1,7142
34,00	0,86250	1171,3	0,02374	247,47	416,85	1,1621	1,7135
36,00	0,91172	1163,2	0,02241	250,41	417,78	1,1715	1,7129
38,00	0,96301	1154,9	0,02116	253,37	418,69	1,1809	1,7122
40,00	1,0165	1146,5	0,01999	256,35	419,58	1,1903	1,7115
42,00	1,0721	1137,9	0,01890	259,35	420,44	1,1997	1,7108
44,00	1,1300	1129,2	0,01786	262,38	421,28	1,2091	1,7101
46,00	1,1901	1120,3	0,01689	265,42	422,09	1,2185	1,7094
48,00	1,2527	1111,3	0,01598	268,49	422,88	1,2279	1,7086
50,00	1,3177	1102,0	0,01511	271,59	423,63	1,2373	1,7078
52,00	1,3852	1092,6	0,01430	274,71	424,35	1,2468	1,7070
54,00	1,4553	1082,9	0,01353	277,86	425,03	1,2562	1,7061
56,00	1,5280	1073,0	0,01280	281,04	425,68	1,2657	1,7051
58,00	1,6033	1062,8	0,01212	284,25	426,29	1,2752	1,7041
60,00	1,6815	1052,4	0,01146	287,49	426,86	1,2847	1,7031
62,00	1,7625	1041,7	0,01085	290,77	427,37	1,2943	1,7019
64,00	1,8464	1030,7	0,01026	294,08	427,84	1,3039	1,7007
66,00	1,9334	1019,4	0,00970	297,44	428,25	1,3136	1,6993
68,00	2,0234	1007,7	0,00917	300,84	428,61	1,3234	1,6979
70,00	2,1165	995,6	0,00867	304,29	428,89	1,3332	1,6963
72,00	2,2130	983,1	0,00818	307,79	429,10	1,3430	1,6945
74,00	2,3127	970,0	0,00772	311,34	429,23	1,3530	1,6926
76,00	2,4159	956,5	0,00728	314,96	429,27	1,3631	1,6905
78,00	2,5227	942,3	0,00686	318,65	429,20	1,3733	1,6881
80,00	2,6331	927,4	0,00646	322,41	429,02	1,3837	1,6855
85,00	2,9259	886,2	0,00550	332,27	427,91	1,4105	1,6775
90,00	3,2445	836,9	0,00461	343,01	425,48	1,4392	1,6663
95,00	3,5961	771,6	0,00374	355,43	420,60	1,4720	1,3490
100,00	3,9721	646,7	0,00265	374,02	407,08	1,5207	1,6093
101,03c	4,0560	513,3	0,00195	389,79	389,79	1,5593	1,5593

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

- a: Puntu hirukoitza
- b: Irakite-puntu normala
- c: Puntu kritikoa

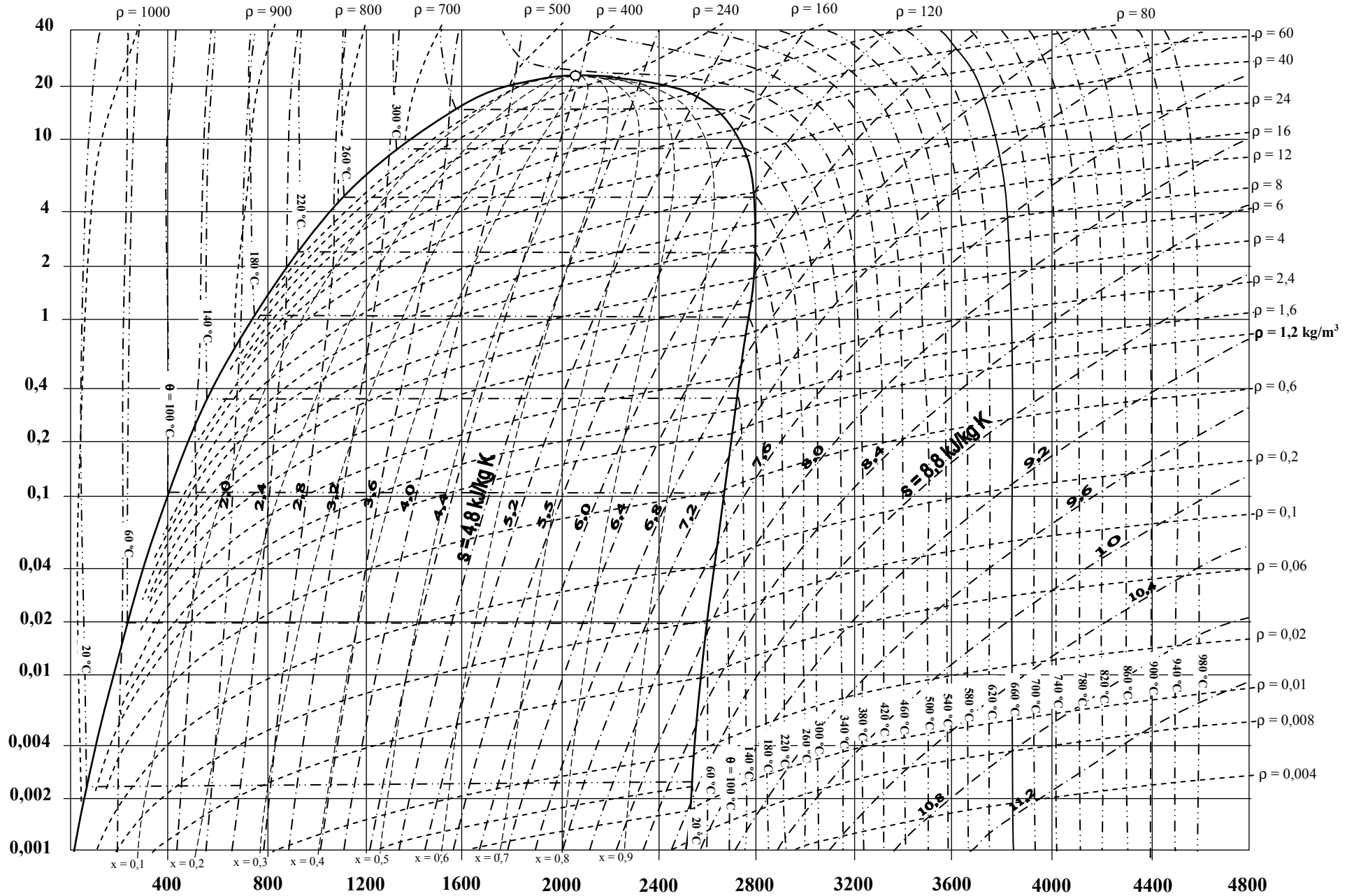
- Balio hauek kalkulatuak dira *Thermophysical Properties of Refrigerants*, New York, ASHRAE, 1976 lanak proposaturiko ekuazioen bidez.

### 6.7. R-718-ren p-h DIAGRAMA

P (MPa)

----- T = kte      - - - - - s = kte      - - - - - ρ = kte      - - - - - x = kte

103



h (kJ / kg)

## 6.8. R- 718-ren PROPIETATEAK

### Oharra:

Taulako eta grafikoetako balioak ez datoz bat, entalpien erreferentzia-sistema desberdina delako; entalpien arteko aldeak, berriz, berdinak dira bi puntu jakinen artean.

$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
0,01a	0,00061	999,8	205,98	0,0	2500,5	0,0000	9,1541
5,00	0,00087	999,9	147,02	21,0	2509,7	0,0763	9,0236
10,00	0,00123	999,7	106,32	42,0	2518,9	0,1510	8,8986
15,00	0,00171	999,1	77,900	62,9	2528,0	0,2242	8,7792
20,00	0,00234	998,2	57,777	83,8	2537,2	0,2962	8,6651
25,00	0,00317	997,0	43,356	104,8	2546,3	0,3670	8,5558
30,00	0,00425	995,6	32,896	125,7	2555,3	0,4365	8,4513
35,00	0,00563	994,0	25,221	146,6	2564,4	0,5050	8,3511
40,00	0,00738	992,2	19,528	167,5	2573,4	0,5723	8,2550
45,00	0,00959	990,2	15,263	188,4	2582,3	0,6385	8,1629
50,00	0,01234	988,0	12,037	209,3	2591,2	0,7037	8,0745
55,00	0,01575	985,6	9,5730	230,2	2600,0	0,7680	7,9896
60,00	0,01993	983,2	7,6746	251,2	2608,8	0,8312	7,9080
65,00	0,02502	980,5	6,1996	272,1	2617,5	0,8935	7,8295
70,00	0,03118	977,8	5,0447	293,0	2626,1	0,9549	7,7540
75,00	0,03856	974,8	4,1333	314,0	2634,6	1,0155	7,6813
80,00	0,04737	971,8	3,4088	334,9	2643,1	1,0753	7,6112
85,00	0,05781	968,6	2,8289	355,9	2651,4	1,1343	7,5436
90,00	0,07012	965,3	2,3617	376,9	2659,6	1,1925	7,4784
95,00	0,08453	961,9	1,9828	398,0	2667,7	1,2501	7,4154
100,00b	0,10132	958,4	1,6736	419,1	2675,7	1,3069	7,3545
105,00	0,12079	954,8	1,4200	440,2	2683,6	1,3630	7,2956
110,00	0,14324	951,0	1,2106	461,3	2691,3	1,4186	7,2386
115,00	0,16902	947,1	1,0370	482,5	2698,8	1,4735	7,1833
120,00	0,19848	943,2	0,89222	503,8	2706,2	1,5278	7,1297
125,00	0,23201	939,1	0,77089	525,1	2713,4	1,5815	7,0777
130,00	0,27002	934,9	0,66872	546,4	2720,4	1,6346	7,0272
135,00	0,31293	930,6	0,58234	567,8	2727,2	1,6873	6,9780
140,00	0,36119	926,2	0,50898	589,2	2733,8	1,7394	6,9302
145,00	0,41529	921,7	0,44643	610,8	2740,2	1,7910	6,8836
150,00	0,47572	917,1	0,39287	632,3	2746,4	1,8421	6,8381
155,00	0,54299	912,3	0,34681	654,0	2752,3	1,8927	6,7937
160,00	0,61766	907,5	0,30709	675,6	2758,0	1,9429	6,7503
165,00	0,70029	902,6	0,27270	697,4	2763,3	1,9927	6,7078
170,00	0,79147	897,5	0,24283	719,3	2768,5	2,0421	6,6662

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
175,00	0,89180	892,3	0,21679	741,2	2773,3	2,0910	6,6254
180,00	1,0019	887,1	0,19403	763,2	2777,8	2,1397	6,5853
185,00	1,1225	881,7	0,17406	785,4	2782,0	2,1879	6,5459
190,00	1,2542	876,1	0,15650	807,6	2785,8	2,2358	6,5071
195,00	1,3976	870,5	0,14102	829,9	2789,4	2,2834	6,4689
200,00	1,5536	864,7	0,12732	852,4	2792,5	2,3308	6,4312
205,00	1,7229	858,9	0,11517	875,0	2795,3	2,3778	6,3940
210,00	1,9062	852,8	0,10438	897,7	2797,7	2,4246	6,3572
215,00	2,1042	846,6	0,09475	920,5	2799,7	2,4712	6,3208
220,00	2,3178	840,3	0,08615	943,5	2801,3	2,5175	6,2847
225,00	2,5479	833,9	0,07846	966,7	2802,4	2,5637	6,2488
230,00	2,7951	827,2	0,07155	990,0	2803,1	2,6097	6,2131
235,00	3,0604	820,5	0,06534	1013,5	2803,3	2,6556	6,1777
240,00	3,3447	813,5	0,05974	1037,2	2803,0	2,7013	6,1423
245,00	3,6488	806,4	0,05469	1061,2	2802,1	2,7470	6,1070
250,00	3,9736	799,1	0,05011	1085,3	2800,7	2,7926	6,0717
255,00	4,3202	791,5	0,04596	1109,7	2798,8	2,8382	6,0363
260,00	4,6894	783,8	0,04219	1134,4	2796,2	2,8838	6,0009
265,00	5,0823	775,9	0,03876	1159,3	2793,0	2,9294	5,9652
270,00	5,4999	767,7	0,03564	1184,6	2789,1	2,9751	5,9293
275,00	5,9431	759,2	0,03278	1210,1	2784,5	3,0209	5,8931
280,00	6,4132	750,5	0,03016	1236,1	2779,2	3,0669	5,8565
285,00	6,9111	741,5	0,02777	1262,4	2773,0	3,1131	5,8195
290,00	7,4380	732,2	0,02556	1289,1	2765,9	3,1595	5,7818
295,00	7,9952	722,5	0,02354	1316,3	2757,8	3,2062	5,7434
300,00	8,5838	712,4	0,02167	1344,1	2748,7	3,2534	5,7042
310,00	9,8605	691,0	0,01834	1401,2	2727,0	3,3491	5,6226
320,00	11,279	667,4	0,01548	1461,3	2699,7	3,4476	5,5356
330,00	12,852	641,0	0,01298	1525,0	2665,3	3,5501	5,4407
340,00	14,594	610,8	0,01079	1593,8	2621,3	3,6587	5,3345
350,00	16,521	574,7	0,00881	1670,4	2563,5	3,7774	5,2105
360,00	18,655	528,1	0,00696	1761,0	2482,0	3,9153	5,0542
370,00	21,030	453,1	0,00499	1889,7	2340,2	4,1094	4,8098
373,99c	22,064	322,0	0,00311	2085,9	2085,9	4,4092	4,4092

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

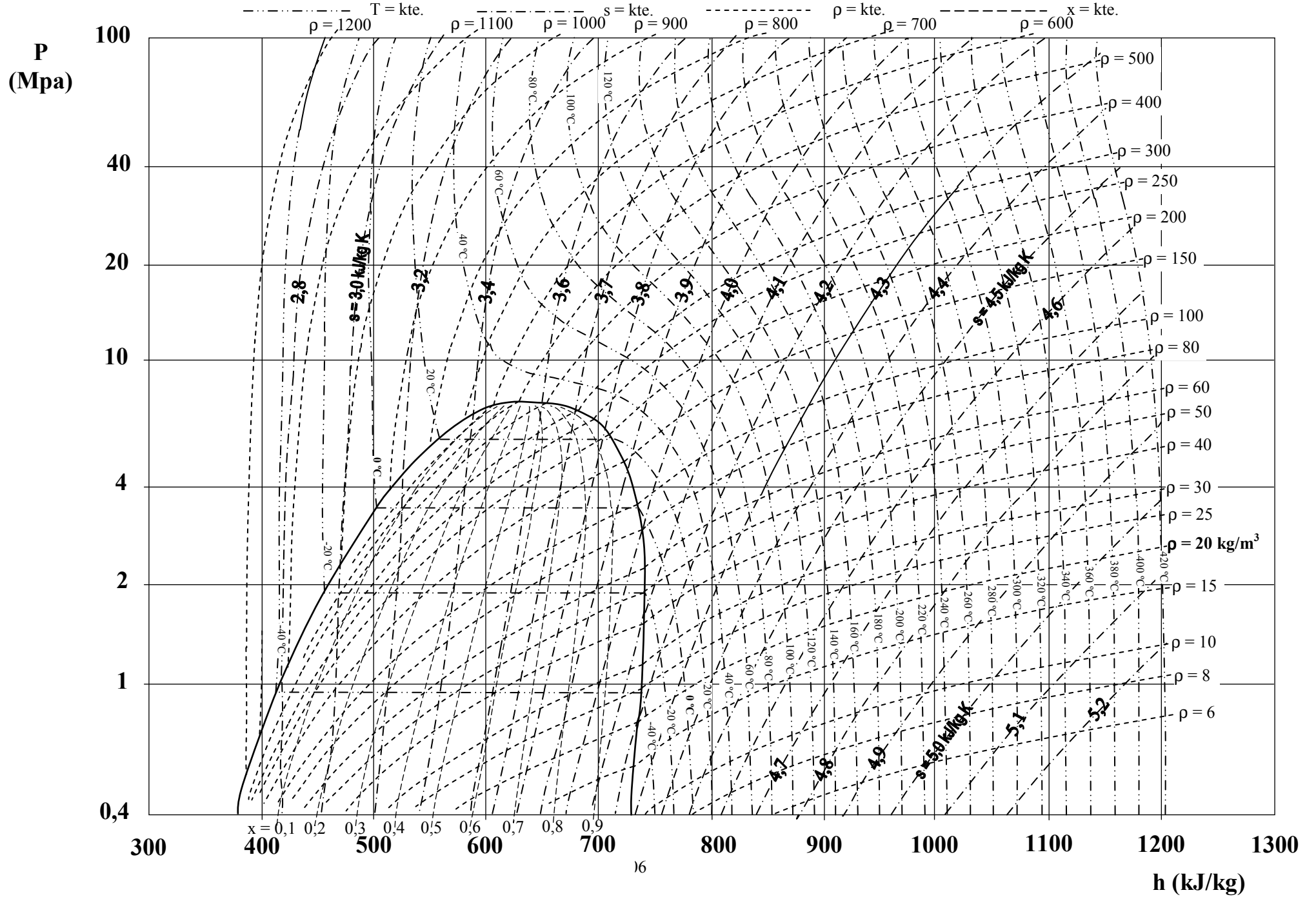
$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

- a: Puntu hirukoitza
- b: Irakite-puntu normala
- c: Puntu kritikoa

- Balio hauek kalkulatu dira *Thermophysical Properties of Refrigerants*, New York, ASHRAE, 1976 liburuak proposaturiko ekuazioen bidez.

# 6.9. R-744-ren p-h DIAGRAMA



## 6.10. R- 744-ren PROPIETATEAK

### Oharra:

Taulako eta grafikoetako balioak ez datoz bat, entalpien erreferentzia-sistema desberdina delako; entalpien arteko aldeak, berriz, berdinak dira bi puntu jakinen artean.

$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
-56,57a	0,51806	1178,3	0,07267	80,48	431,10	0,5229	2,1419
-56,00	0,53103	1176,3	0,07097	81,62	431,30	0,5282	2,1385
-54,00	0,57847	1168,9	0,06538	85,61	431,97	0,5463	2,1267
-52,00	0,62904	1161,5	0,06033	89,60	432,60	0,5642	2,1152
-50,00	0,68284	1154,0	0,05574	93,58	433,20	0,5819	2,1038
-48,00	0,74002	1146,5	0,05157	97,57	433,76	0,5995	2,0926
-46,00	0,80069	1138,9	0,04777	101,56	434,28	0,6169	2,0816
-44,00	0,86500	1131,3	0,04431	105,55	434,76	0,6341	2,0708
-42,00	0,93307	1123,6	0,04114	109,55	435,20	0,6513	2,0600
-40,00	1,0051	1115,8	0,03824	113,56	435,59	0,6683	2,0495
-38,00	1,0811	1107,9	0,03558	117,59	435,94	0,6852	2,0390
-36,00	1,1612	1099,9	0,03315	121,63	435,25	0,7020	2,0286
-34,00	1,2457	1091,8	0,03090	125,69	436,51	0,7187	2,0184
-32,00	1,3347	1083,6	0,02883	129,76	436,72	0,7353	2,0082
-30,00	1,4282	1075,3	0,02693	133,85	436,87	0,7519	1,9980
-29,00	1,4767	1071,1	0,02603	135,91	436,93	0,7601	1,9930
-28,00	1,5265	1066,9	0,02516	137,97	436,97	0,7684	1,9880
-27,00	1,5774	1062,6	0,02433	140,05	437,00	0,7766	1,9830
-26,00	1,6296	1058,3	0,02353	142,12	437,01	0,7848	1,9780
-25,00	1,6831	1054,0	0,02277	144,22	437,01	0,7930	1,9730
-24,00	1,7378	1049,6	0,02202	146,30	437,00	0,8012	1,9680
-23,00	1,7938	1045,2	0,02131	148,41	436,96	0,8094	1,9630
-22,00	1,8511	1040,7	0,02062	150,51	436,91	0,8176	1,9580
-21,00	1,9098	1036,2	0,01996	152,63	436,85	0,8258	1,9530
-20,00	1,9698	1031,7	0,01932	154,76	436,77	0,8340	1,9480
-19,00	2,0312	1027,1	0,01871	156,89	436,67	0,8422	1,9430
-18,00	2,0940	1022,4	0,01811	159,04	436,55	0,8504	1,9380
-17,00	2,1582	1017,8	0,01754	161,20	436,41	0,8586	1,9330
-16,00	2,2238	1013,0	0,01698	163,38	436,25	0,8668	1,9280
-15,00	2,2909	1008,2	0,01645	165,55	436,08	0,8750	1,9229
-14,00	2,3594	1003,4	0,01593	167,74	435,88	0,8832	1,9179
-13,00	2,4294	998,5	0,01543	169,94	435,66	0,8914	1,9128
-12,00	2,5010	993,5	0,01495	172,16	435,42	0,8997	1,9077
-11,00	2,5740	988,5	0,01448	174,39	435,16	0,9079	1,9026

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]



$\theta$ (°C)	$P_s$ (MPa)	$\rho_f$ (kg/m <sup>3</sup> )	$v_g$ (m <sup>3</sup> /kg)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
-10,00	2,6486	983,4	0,01403	176,63	434,88	0,9162	1,8975
-9,00	2,7248	978,2	0,04359	178,89	434,57	0,9244	1,8923
-8,00	2,8026	973,0	0,01317	181,17	434,23	0,9327	1,8871
-7,00	2,8820	967,6	0,01276	183,46	433,88	0,9410	1,8819
-6,00	2,9630	962,3	0,01237	185,76	433,49	0,9494	1,8766
-5,00	3,0457	956,8	0,01198	188,09	433,07	0,9577	1,8713
-4,00	3,1301	951,2	0,01161	190,43	432,63	0,9661	1,8660
-3,00	3,2162	945,6	0,01125	192,79	432,16	0,9745	1,8606
-2,00	3,3040	939,8	0,01090	195,18	431,65	0,9830	1,8551
-1,00	3,3936	934,0	0,01056	197,58	431,11	0,9915	1,8496
0,00	3,4849	928,1	0,01023	200,00	430,54	1,0000	1,8440
1,00	3,5781	922,0	0,00991	202,45	429,93	1,0086	1,8383
2,00	3,6730	915,8	0,00960	204,92	429,28	1,0172	1,8326
3,00	3,7699	909,6	0,00929	207,41	428,60	1,0259	1,8268
4,00	3,8686	903,1	0,00900	209,94	427,87	1,0346	1,8209
5,00	3,9692	896,6	0,00871	212,49	427,10	1,0434	1,8149
6,00	4,0717	889,9	0,00843	215,07	426,28	1,0522	1,8089
7,00	4,1762	883,0	0,00816	217,68	425,41	1,0612	1,8026
8,00	4,2827	876,0	0,00790	220,33	424,49	1,0701	1,7963
9,00	4,3912	868,8	0,00764	223,01	423,52	1,0792	1,7899
10,00	4,5017	861,5	0,00739	225,73	422,48	1,0884	1,7833
11,00	4,6144	853,9	0,00714	228,50	421,38	1,0977	1,7765
12,00	4,7291	846,1	0,00690	231,30	420,22	1,1071	1,7696
13,00	4,8460	838,1	0,00667	234,16	418,98	1,1166	1,7625
14,00	4,9651	829,8	0,00644	237,07	417,66	1,1262	1,7551
15,00	5,0864	821,3	0,00621	240,03	416,25	1,1360	1,7476
16,00	5,2100	812,4	0,00599	243,05	414,75	1,1460	1,7398
17,00	5,3358	803,3	0,00578	246,14	413,14	1,1561	1,7317
18,00	5,4641	793,7	0,00556	249,31	411,42	1,1665	1,7232
19,00	5,5947	783,7	0,00535	252,56	409,57	1,1770	1,7144
20,00	5,7278	773,3	0,00514	255,91	407,57	1,1879	1,7052
22,00	6,0015	750,7	0,00474	262,95	403,03	1,2106	1,6852
24,00	6,2858	725,0	0,00433	270,60	397,57	1,2351	1,6624
26,00	6,5813	694,7	0,00391	279,18	390,71	1,2625	1,6353
28,00	6,8892	656,0	0,00347	289,45	381,37	1,2952	1,6004
30,00	7,2111	594,1	0,00290	304,37	365,44	1,3429	1,5443
30,98c	7,3748	467,8	0,00214	332,76	332,76	1,4353	1,4353

$P_s$  = Asetze-presioa [MPa]

$\rho_f$  = Likido asearen dentsitatea [kg/m<sup>3</sup>]

$v_g$  = Lurrun asearen bolumen espezifikoa [m<sup>3</sup>/kg]

$h_f$  = Likido asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$h_g$  = Lurrun asearen entalpia espezifikoa [kJ/kg]

$s_f$  = Likido asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

$s_g$  = Lurrun asearen entropia espezifikoa [kJ/kg·K]

- a: Puntu hirukoitza
- b: Irakite-puntu normala
- c: Puntu kritikoa

- Balio hauek kalkulatu dira *Thermophysical Properties of Refrigerants*, New York, ASHRAE, 1976 lanak proposaturiko ekuazioen bidez.

# NOMENKLATURA

---



$A$	Azalera	$\theta$	Tenperatura (°C)
$c_p$	Presio konstantepeko bero espezifikoa	$T$	Tenperatura (K)
$c_v$	Bolumen konstatepeko bero espezifikoa	$\rho$	Dentsitatea
$\varepsilon$	Emisibitatea	$\eta$	Errendimendua
$E_\lambda$	Emisio-ahalmen espektrala	$\mu$	Biskositate dinamikoa
$E$	Guztizko emisio-ahalmena	$V$	Abiadura
$\lambda$	Eroankortasun termikoa / Uhin-luzera	$X$	Lurrunaren titulua / Hezetasun absolutua
$g$	Grabitatearen azelerazioa	$H_r$	Hezetasun erlatiboa
$\alpha$	Konbekzio-koefizientea	$S$	Entropia
$\sigma$	Stefan-Boltzman-en konstantea	$F_{ij}$	Ikuspen-faktorea
$k$	Boltzman-en konstantea	$\bar{F}_{ij}$	Trukaketa-faktorea
$h$	Entalpia espezifikoa	$\mathcal{G}_{ij}$	Pseudoikuspen-faktorea
$L$	Luzera	$t$	Denbora
$m$	Masa	$\gamma$	Pisu espezifikoa
$\dot{m}$	Fluxu masikoa	$NTU$	Transferentzia-unitatearen zenbakia
$p_{atm}$	Presio atmosferikoa	$Pr$	Prandtl zenbaki adimentsionala
$BBA$	Beheko bero-ahalmena	$Fo$	Fourier zenbaki adimentsionala
$GBA$	Goiko bero-ahalmena	$Bi$	Biot zenbaki adimentsionala
$Q$	Beroa	$\beta$	Tenperatura erlatiboa
$\dot{Q}$	Bero fluxua	$\beta$	Dilatazio kubikoko koefizientea
$q$	Bero-dentsitatea	$G(u)$	Probabilitate integrala
$\dot{q}$	Bero-fluxuaren dentsitatea	$D$	Difusibitate masikoa
$\Delta$	Gehikuntza	$Grad$	Gradientea



## **I. ERANSKINA:**

### ***OSO ERABILIAK DIREN HAINBAT KONBEKZIO-KORRELAZIO***



## I. ERANSKINAREN AURKIBIDEA

<b>0.- ZENBAKI ADIMENTSIONALAK ETA INTERPRETAZIO FISIKOAK</b>	<b>117</b>
<b>1.- KONBEKZIO BEHARTUA</b>	<b>118</b>
1.1.- BARNE-ISURKETA	118
1.1.1.- Erregimen laminarra	118
1.1.2.- Erregimen zurrunbilotsua	118
1.2.- KANPO-ISURKETA	120
1.2.1.- Horma horizontal lau batekiko fluxu paraleloa	120
1.2.2.- Zeharkako fluxua	121
<b>2.- KONBEKZIO NATURALA</b>	<b>124</b>
2.1.- Horma lau bertikala	124
2.2.- Horma lau horizontala	125
2.3.- Zilindro bertikala	125
2.4.- Zilindro horizontala	126
2.5.- Esfera	126
<b>3.- IRAKITE-KORRELAZIOAK</b>	<b>127</b>
3.1.- IRAKITE NUKLEATUA	127
3.2.- PELIKULA-IRAKITEA	128
<b>4.- KONBEKZIOA KONDENTSAZIOAN</b>	<b>129</b>
4.1.- PELIKULA-KONDENTSAZIOA	129
4.1.1.- Horma lau bertikala	129
4.1.2.- Zilindro horizontala	130
4.1.3.- Hodi sortak	131
4.2.- UR-TANTEN KONDENTSAZIOA	131

**Adierazpen guztien iturria (besterik adierazi ezean):** Çengel, Y.A.: *Heat and Mass Transfer: A Practical Approach*, 3. argit., McGraw-Hill, 2007.





## 0.- ZENBAKI ADIMENTSIONALAK ETA INTERPRETAZIO FISIKOA

<i>Taldea</i>	<i>Adierazpena</i>	<i>Interpretazio fisikoa</i>
<i>BOND</i>	$Bo = \frac{g \cdot (\rho_l - \rho_v) \cdot l_0^2}{\sigma^2}$	<u>Bultzada - indarrak</u> Gainazaleko tentsio - indarrak
<i>ECKERT</i>	$Ec = \frac{u_0^2}{c_p (T_s - T_\infty)}$	<u>Energia zinetikoa</u> Energia termikoa
<i>EULER</i>	$Eu = \frac{P}{\rho \cdot u_0^2}$	<u>Presio - indarrak</u> Inertzia - indarrak
<i>FROUDE</i>	$Fr = \frac{u_0^2}{g \cdot l_0}$	<u>Inertzia - indarrak</u> Grabitate - indarrak
<i>GRASHOF</i>	$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot t_0^3}{\nu^2}$	<u>Dentsitate - desberdintasunak eragindako bultzada - indarrak</u> Biskositate - indarrak
<i>JAKOB</i>	$Ja = \frac{c_p (T_s - T_\infty)}{h_{fg}}$	<u>Bero sentikorra</u> Bero sorra
<i>LEWIS</i>	$Le = \frac{a}{D_{AB}}$	<u>Difusibitate termikoa</u> Masa - difusibitatea
<i>NUSSELT</i>	$Nu = \frac{\alpha \cdot x_0}{\lambda_f}$	Gainazaleko temperatura-gradiente adimentsionala
<i>PECLET</i>	$Pe = \frac{u_0 \cdot l_0}{a} = Re \cdot Pr$	<u>Konbekzioz transmititutako beroa</u> Eroapenez transmititutako beroa
<i>PRANDTL</i>	$Pr = \frac{\nu}{a}$	<u>Mugimendu - kantitatearen difusibitatea</u> Difusibitate termikoa
<i>RAYLEIGH</i>	$Ra = Gr \times Pr$	<u>Inertzia eta goranzko indarrak</u> Difusio termiko eta biskositate - indarrak
<i>REYNOLDS</i>	$Re = \frac{u_0 \cdot l_0}{\nu}$	<u>Inertzia - indarrak</u> Biskositate - indarrak
<i>SCHMIDT</i>	$Sc = \frac{\nu}{D_{AB}}$	<u>Mugimendu - kantitatearen difusibitatea</u> Masaren difusibitatea
<i>SHERWOOD</i>	$Sh = \frac{\alpha_m \cdot l_0}{D_{AB}}$	Gainazalean dagoen masaren gradiente adimentsionala
<i>WEBER</i>	$We = \frac{\rho \cdot u_0^2 \cdot l_0}{\sigma}$	<u>Inertzia - indarrak</u> Gainazaleko tentsio - indarrak
<i>STANTON</i>	$St = \frac{Nu}{Re \cdot Pr}$	<u>Gainazalean transmititutako indarrak</u> Jariakinak transmititutako beroa

## 1.- KONBEKZIO BEHARTUA

### 1.1.- BARNE-ISURKETA:

$d$  diametro dun eta  $L$  luzeradun hodia kontsidera dezagun.

#### 1.1.1.- Erregimen laminarra ( $Re_d < 2300$ )

Abiadura eta temperatura, geruza limiteak guztiz garatuta:

$$T_S = kte \rightarrow \overline{Nu}_d = 3,66$$

$$\dot{q}_S = kte \rightarrow \overline{Nu}_d = 4,36$$

Temperatura karakteristikoa:

$$T_c = \frac{T_0 + T_L}{2}$$

#### 1.1.2.- Erregimen zurrunbilotsua ( $Re_d > 2300$ )

$$\overline{Nu}_d = 0,037 \cdot (Re_d^{0,75} - 180) \cdot Pr^{0,42} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{d}{L} \right)^{2/3} \right] \cdot \left( \frac{\mu_c}{\mu_s} \right)^{0,14}$$

Honako baldintza hauetan baliozkoa:

$$\frac{L}{d} > 50$$

$$Re_d > 2 \cdot 10^5$$

$$0,6 < Pr < 500$$

Temperatura karakteristikoa:

$$T_c = \frac{T_0 + T_L}{2}$$

DITTUS-BOELTER-en korrelazioa:

$$\overline{Nu}_d = 0,023 \cdot Re_d^{0,8} \cdot Pr^n$$

$T_s - T_0$  balio txikietarako baliozkoa da, eta honako baldintza hauek bete behar dira:

$$0,7 \leq Pr \leq 160$$

$$Re_d > 10000$$

$$\frac{L}{d} \geq 10$$

Non  $n = 0,3$ , jariakina hozten bada, eta  $n = 0,4$ , jariakina berotzen bada.

**SIEDER ETA TATE**-ren korrelazioa:

$$\overline{Nu}_d = 0,027 \cdot Re_d^{0,8} \cdot Pr^{1/3} \cdot \left( \frac{\mu_C}{\mu_S} \right)^{0,14}$$

Erabili aurreko bi korrelazioetan erabilitako temperatura karakteristiko bera. Baliozko eremua honako hau da:

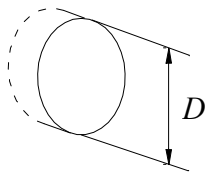
$$0,7 \leq Pr \leq 16700$$

$$Re_d \geq 1000$$

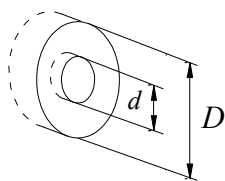
$$\frac{L}{d} \geq 10$$

**Biribilak ez diren hodietan aplikatzea**

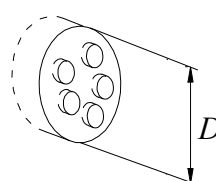
$D_H$  diametro hidraulikoa erabiliz, aurreko korrelazio guztiak baliozkoak dira biribilak ez diren hodietan. Diametro hidraulikoaren kalkulua kasu batzuetarako:



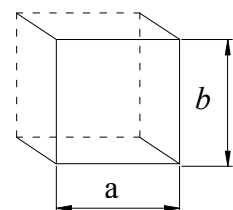
$$D_H = D$$



$$D_H = D - d$$



$$D_H = \frac{D^2 - N \cdot d^2}{D + N \cdot d}$$



$$D_H = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

## 1.2.- KANPO-ISURKETA

### 1.2.1.- HORMA HORIZONTAL LAU BATEKIKO FLUXU PARALELOA

#### a) Erregimen laminarra

$$\boxed{Nu_x = 0,332 \cdot Re_x^{1/2} \cdot Pr^{1/3}} \text{ (balio lokala)}$$

Baliozko eremua:

$$\left. \begin{array}{l} 0,6 < Pr \\ Re_x < 5 \cdot 10^5 \end{array} \right\}$$

$Nu_x$  balio lokalak integratuz, **BLASIUS**-en korrelazioa lortzen da:

$$\boxed{\bar{Nu}_L = 0,664 \cdot Re^{1/2} \cdot Pr^{1/3}}$$

#### b) Erregimen zurrunbilotsua

SCHLICHTING-en korrelazioak Nusselt-en balio lokalak kalkulatzeko balio du:

$$\boxed{Nu_x = 0,0296 \cdot Re_x^{0,8} \cdot Pr^{1/3}} \text{ (balio lokala)}$$

Balio lokalak integratuz:

$$\boxed{\bar{Nu}_L = (0,037 \cdot Re_L^{0,8}) \cdot Pr^{1/3}}$$

Baliozko eremua:

$$\left. \begin{array}{l} 0,6 < Pr < 60 \\ 10^7 > Re_x > 5 \cdot 10^5 \end{array} \right\}$$

#### c) Erregimen mistoa

Nusselt balio lokala erregimen zurrunbilotsuan eta laminarrean integratuz, erregimen mistorako adierazpena lortzen da:

$$\boxed{\bar{Nu}_L = (0,037 \cdot Re_L^{0,8} - 871) \cdot Pr^{1/3}}$$

Baliozko eremua:

$$\left. \begin{array}{l} 0,6 < Pr < 60 \\ 10^8 > Re_x > 5 \cdot 10^5 \end{array} \right\}$$

Jariakinaren propietate fisikoak kalkulatzeko erabiliko dugun temperatura karakteristikoa honela kalkulatu da:

$$T_C = \frac{1}{2} \cdot \left( T_s + \frac{T_0 + T_L}{2} \right)$$

## 1.2.2.- ZEHARKAKO FLUXUA

### a) Zilindro bakarra

$D$  diametroadun eta  $L$  luzeradun zilindro bat kontsidera dezagun.

$$\overline{Nu}_D = C \cdot Re_D^m \cdot Pr^{1/3}$$

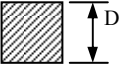
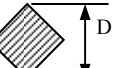


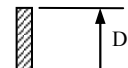
$C$  eta  $m$  balioak sekzio zirkularrerako taula honetan daude:

SEKZIO ZIRKULARRA	$C$	$m$
$0,4 < Re < 4$	0,989	0,33
$4 < Re < 40$	0,911	0,385
$40 < Re < 4 \cdot 10^3$	0,683	0,466
$4 \cdot 10^3 < Re < 4 \cdot 10^4$	0,193	0,618
$4 \cdot 10^4 < Re < 4 \cdot 10^5$	0,027	0,805

Tenperatura karakteristikoa:

$$T_c = \frac{T_0 + T_s}{2}$$

Aurreko korrelazio horiek taula honetan dauden balioekin aplika daitezke, geometriaren eta fluxuaren norabidearen arabera:

Geometria	$Re_D$	$C$	$m$
	$5 \cdot 10^3 \div 10^5$	0,102	0,675
	$5 \cdot 10^3 \div 10^5$	0,246	0,588
	$5 \cdot 10^3 \div 1,95 \cdot 10^4$ $1,95 \cdot 10^4 \div 10^5$	0,160 0,038	0,638 0,782
	$5 \cdot 10^3 \div 10^5$	0,153	0,638
	$4 \cdot 10^3 \div 1,5 \cdot 10^4$	0,228	0,731

### ZHUKAUSKAS-en korrelazioa

$$\overline{Nu}_D = C \cdot Re_D^m \cdot Pr^n \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{1/4}$$

Baliozko eremua:

$$\left. \begin{array}{l} 0,7 < Pr < 500 \\ 1 < Re_D < 10^6 \end{array} \right\} \begin{array}{l} n = 0,37 \text{ erabili } Pr \leq 10 \text{ denean} \\ n = 0,36 \text{ erabili } Pr > 10 \text{ denean} \end{array}$$

Jariakinaren propietateak  $\theta_\sigma$ -an kalkulatu dira.  $C$ -ren eta  $m$ -ren balioak taula honetatik lortzen dira.

$Re_D$ -ren tartea	$C$	$m$
$1 \div 40$	0,75	0,4
$40 \div 1000$	0,51	0,5
$10^3 \div 2 \cdot 10^5$	0,26	0,6
$2 \cdot 10^5 \div 10^6$	0,076	0,7

### HILPERT-en korrelazioa:

$$\overline{Nu}_D = C \cdot Re_D^m \cdot Pr^{1/3}$$

$C$  eta  $m$  balioak:

$Re_D$ -ren tartea	$C$	$m$
$1 \div 4$	0,989	0,330
$4 \div 40$	0,911	0,385
$40 \div 4000$	0,683	0,466
$4000 \div 40000$	0,193	0,618
$40000 \div 250000$	0,027	0,805

Temperatura karakteristikoa:

$$T_C = \frac{T_0 + T_s}{2}$$

### CHURCHILL-BERNSTEIN-en korrelazioa

- Iturria: Incropera, F.P.: *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 4. argit., John Wiley, 1996.

$$\overline{Nu}_D = 0,3 + \frac{0,62 \cdot Re_D^{1/2} \cdot Pr^{1/3}}{\left[ 1 + \left( \frac{0,4}{Pr} \right)^{2/3} \right]^{1/4}} \left[ 1 + \left( \frac{Re_D}{2,82 \cdot 10^4} \right)^{5/8} \right]^{4/5}$$

Edozein Reynolds baliotarako baliozkoa. Temperatura karakteristikoa da Hilpert korrelaziorako erabiltzen den berdina.

**b)  $D$  diametroan esfera batekiko zeharkako fluxua**

**WHITAKER-en korrelazioa:**

$$\overline{Nu}_D = 2 + \left(0,4 \cdot Re_D^{0,5} + 0,06 \cdot Re_D^{2/3}\right) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left(\frac{\mu_\infty}{\mu_s}\right)^{1/4}$$

Baliozko eremua:

$$\left. \begin{array}{l} 0,71 < Pr < 380 \\ 3,5 < Re_D < 7,6 \cdot 10^4 \\ 1 < \frac{\mu_0}{\mu_s} < 3,2 \end{array} \right\}$$

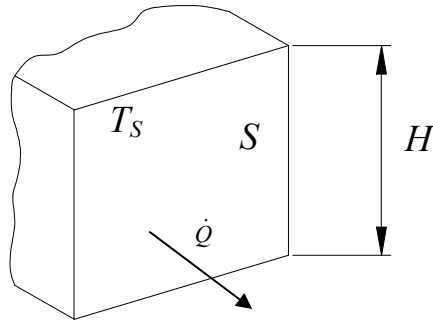
Temperatura karakteristikoa:

$$T_C = T_0$$



## 2.- KONBEKZIO NATURALA

### 2.1.- Horma lau bertikala



Tenperatura karakteristikoa:

$$T_c = \frac{T_0 + T_s}{2}$$

$H$  luzera karakteristikoa izango da.

Horma lau bertikalerako eta edozein  $Ra_H$  baliotarako erabil daitekeen korrelazioa **CHURCHILL eta CHU**-rena da:

$$\overline{Nu}_H = \left\{ 0,825 + 0,387 \cdot Ra_H^{1/6} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{0,492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{-8/27} \right\}^2$$

## 2.2.- Horma lau horizontala

A) Plaka bero baten goiko gainazala edo plaka hotz baten azpiko gainazala.

### ERREGIMEN LAMINARRA:

$$10^4 \leq Ra_L \leq 10^7 \Rightarrow \overline{Nu}_L = 0,54 \cdot Ra_L^{1/4}$$

### ERREGIMEN ZURRUNBILOTSUA:

$$10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11} \Rightarrow \overline{Nu}_L = 0,15 \cdot Ra_L^{1/3}$$

B) Plaka hotz baten goiko gainazala edo plaka bero baten azpiko gainazala.

### ERREGIMEN LAMINAR EDO ZURRUNBILOTSUA:

$$10^5 \leq Ra_L \leq 10^{11} \Rightarrow \overline{Nu}_L = 0,27 \cdot Ra_L^{1/4}$$

Luzera karakteristiko moduan kasu guztietarako:

$$L = \frac{\text{Plakaren azalera}}{\text{Perimetroa}} = \frac{A}{P}$$

Tenperatura karakteristikoa:

$$T_c = \frac{T_0 + T_s}{2}$$

## 2.3.- Zilindro bertikala

Jo dezagun  $D$  diametroan eta  $H$  altueran zilindro bertikal bat dugula. Horma lau bertikalerako erabili ditugun korrelazio berberak erabiliko ditugu. Tenperatura karakteristikoa horma lau bertikalean kontsideratu duguna izango da, eta  $H$  luzera karakteristikoa izango da.

$\delta$  lodiera duen zilindro bertikal huts baterako, non  $\delta \ll D$  egiaztatu eta hurrengo erlazio betetzen baita:

$$\frac{D}{H} > \frac{35}{Gr_H^{1/4}}$$

Orduan, horma lau bertikalaren korrelazioak ere aplika daitezke.

## 2.4.- Zilindro horizontala

$D$  diametroan zilindro horizontal bat kontsidera dezagun. Temperatura karakteristikoak aurreko kasuko berdina da, baina luzera karakteristikoak  $D$  diametroa izango da kasu honetan. Erregimen motaren arabera erabiliko ditugun korrelazioak honako hauek izango dira:

$$1700 < Gr \cdot Pr < 10^8 \quad \text{Laminarra} \quad \overline{Nu}_D = 0,41 \cdot (Gr \cdot Pr)^{1/4}$$

$$10^8 < Gr \cdot Pr < 10^{10} \quad \text{Iragankorra} \quad \overline{Nu}_D = 0,13 \cdot (Gr \cdot Pr)^{1/3}$$

$$10^{10} < Gr \cdot Pr \quad \text{Zurrunbilotsua} \quad \overline{Nu}_D = 0,0246 \cdot Gr^{2/5} \cdot Pr^{7/15} \cdot (1 + 0,494 \cdot Pr^{2/3})^{-1/5}$$

Beste adierazpen hau ere erabil daiteke:

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0,60 + 0,387 \cdot Ra_D^{1/6} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{-8/27} \right\}^2$$

Baliozko eremu honetan:

$$Ra_D < 10^{12}$$

Temperatura karakteristikoak korrelazio bientzat:

$$T_C = \frac{T_0 + T_s}{2}$$

## 2.5.- Esfera

**CHURCHILL-en korrelazioa** erabil daiteke.

$$\overline{Nu}_D = 2 + 0,589 \cdot Ra_L^{1/4} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{0,469}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{-4/9}$$

Baliozko eremua:

$$Ra_D < 10^{11}$$

$$Pr \geq 0,7$$

Temperatura karakteristikoak:

$$T_C = \frac{T_0 + T_s}{2}$$

Luzera karakteristikoak:

$$L = \frac{\pi \cdot D}{2}$$

### 3.- IRAKITE-KORRELAZIOAK

#### 3.1.- IRAKITE NUKLEATUA

ROHSENOW-ren korrelazioa da erabiliena:

$$q_S'' = \mu_l \cdot h_{fg} \cdot \left[ \frac{g \cdot (\rho_l - \rho_v)}{\sigma} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \left[ \frac{c_{p,l} \cdot (\theta_S - \theta_{SAT})}{C_{s,f} \cdot h_{fg} \cdot Pr_l^n} \right]^3$$

Non:

- $l$ : likidoa
- $v$ : lurruna (propietateak asetze-tenperaturan kalkulatu dira)
- $h_{fg}$ : lurrunte-bero sorra
- $\sigma$ : likidoaren gainazaleko tentsioa:

$$\sigma(N/m) = 0,2358 \cdot \left( 1 - \frac{\theta_{SAT}}{647,15} \right)^{1,256} \cdot \left[ 1 - 0,625 \cdot \left( 1 - \frac{\theta_{SAT}}{647,15} \right) \right]$$

- $n \begin{cases} 1 & \text{Urarentzat} \\ 1,7 & \text{Beste likidoentzat} \end{cases}$
- $C_{s,f}$ : gainazal motarekiko menpekotasuna duen koefizientea

<b>Gainazala</b>	<b><math>C_{s,f}</math></b>
<i>Letoia</i>	0,0060
<i>Kobre leundua</i>	0,0130
<i>Kobre ildaxkatua</i>	0,0068
<i>Platinoa</i>	0,0130
<i>Kimikoki erasotako altzairu herdoilgaitza</i>	0,0133
<i>Arteztua eta leundua</i>	0,0080
<i>Mekanikoki leundua</i>	0,0132
<i>Tefloi zulatua</i>	0,0058

- **Bero-fluxu maximoa** (fluxu kritikoa)

Gehien erabiltzen den adierazpena:

$$q_{m\acute{a}x}'' = 0,149 \cdot h_{fg} \cdot \rho_v \cdot \left[ \frac{\sigma \cdot g \cdot (\rho_l - \rho_v)}{\rho_v^2} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Ikusten denez, ez dauka geometriarekiko eta gainazaleko materialarekiko menpekotasunik. Fluxu kritikoak presioarekiko menpekotasun handia dauka, horrek zuzeneko eragina baitu gainazaleko tentsioan eta lurruntze-bero sorrean.

- **Bero-fluxu minimoa**

Erregimen iragankorra interes praktiko txikikoa da. Erregimen horren goiko limiteak badu garrantzia, lurrun-pelikula egonkor bat sortzen baita (gertaera hori bero-fluxu minimoarekin bat dator). Bero-fluxua minimoa baino txikiagoa bada, irakite nukleatua berrezarriko da, lurrun-geruza kolapsatu egiten baita.

Plaka lau zabal eta horizontal batean:

$$q''_{min} = C \cdot h_{fg} \cdot \rho_v \cdot \left[ \frac{\sigma \cdot g \cdot (\rho_l - \rho_v)}{(\rho_l + \rho_v)^2} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Non  $C$  enpirikoki lortutako konstante bat baita:  $C = 0,09$ .

### **3.2.- PELIKULA-IRAKITEA**

$D$  diametroan zilindro edo esfera baten gaineko bero-fluxuaren dentsitatea kalkulatzeko adierazpena honako hau da:

$$q_{film} = C_{film} \cdot \left[ \frac{g \cdot \lambda_v^3 \cdot \rho_v \cdot (\rho_l - \rho_v) \cdot (h_{fg} + 0,4 \cdot c_{pv} \cdot (\theta_s - \theta_{SAT}))}{\mu_v \cdot D \cdot (\theta_s - \theta_{SAT})} \right] \cdot (\theta_s - \theta_{SAT})$$

$h_{fg}$  eta ur likidoaren propietateak  $\theta_{sat}$  temperaturan hartuko dira, eta gainerako propietateak  $\theta_c = \frac{\theta_s + \theta_{sat}}{2}$  temperaturan.

$$C_{film} \begin{cases} 0,62 \text{ zilindro horizontalak} \\ 0,67 \text{ esferak} \end{cases}$$

## 4.- KONBEKZIOA KONDENTSAZIOAN

### 4.1.- PELIKULA-KONDENTSAZIOA

#### 4.1.1.- Plaka lau bertikala

Har dezagun  $L$  altuera eta  $b$  zabalera dituen plaka bat  $\theta_s$  temperaturan.

$$\begin{cases} 0 < Re < 30 \Rightarrow \text{erregimen laminarra (uhin gabe)} \\ 30 < Re < 1800 \Rightarrow \text{erregimen laminarra (uhinduna)} \\ 0 < Re < 30 \Rightarrow \text{erregimen zurrunbilotsua} \end{cases}$$

a) Erregimen laminarra (uhin gabe)  $0 < Re < 30$

$$Re = \frac{D_H \cdot \rho_l \cdot u_l}{\mu_l} = \frac{4 \cdot A_C \cdot \rho_l \cdot u_l}{p \cdot \mu_l} = \frac{4 \cdot \rho_l \cdot u_l \cdot \delta}{\mu_l} = \frac{4 \cdot \dot{m}}{p \cdot \mu_l} = \frac{4 \cdot Q_{KONDENTSATU}}{p \cdot \mu_l \cdot h_{fg}^*} = \frac{4 \cdot A_C \cdot \alpha \cdot (\theta_{SAT} - \theta_s)}{p \cdot \mu_l \cdot h_{fg}^*}$$

Non:

- $l$ : likidua (propietateak temperatura karakteristikoan:  $\theta_c = \frac{\theta_s + \theta_{sat}}{2}$ )
- $v$ : lurruna (propietateak asetze-temperaturan kalkulatu dira)
- $D_H = \frac{4 \cdot A_C}{p} = 4 \cdot \delta$ : kondentsatuaren fluxuaren diametro hidraulikoa (m)
- $p$ : kondentsatuaren perimetro bustia (m)
- $A_C = p \cdot \delta$ : kondentsatuaren sekzioa fluxuaren beheko partean (m<sup>2</sup>)
- $u_l$ : kondentsatuaren abiadura fluxuaren beheko partean (m/s)
- $\dot{m} = \rho_l \cdot A_C \cdot u_l$ : kondentsatuaren masa-fluxua beheko partean (kg/s)
- $h_{fg}^* = h_{fg} + 0,68 \cdot C_p \cdot (\theta_{SAT} - \theta_s)$ : bero sor eraldatua

$$\overline{Nu}_L = \frac{\overline{\alpha}_L \cdot L}{\lambda_l} = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{g \cdot \rho_l \cdot (\rho_l - \rho_v) \cdot h_{fg}^* \cdot L^3}{\mu_l \cdot \lambda_l \cdot (\theta_{SAT} - \theta_s)}}$$

b) Erregimen laminarra (uhinduna):  $30 < Re < 1800$

$$Re = \left[ 4,81 + \frac{3,70 \cdot L \cdot \lambda_l \cdot (\theta_{SAT} - \theta_s)}{\mu_l \cdot h_{fg}^*} \left( \frac{g}{v_l^2} \right)^{1/3} \right]^{0,82}$$

$$\bar{\alpha}_L = \frac{Re \cdot \lambda_l}{1,08 \cdot Re^{1,22} - 5,2} \left( \frac{g}{v_l^2} \right)^{1/3}$$

-  $v_l$ : kondentsatuaren biskositate erlatiboa  $\theta_c = \frac{\theta_s + \theta_{sat}}{2}$  tenperaturan.

c) Erregimen zurrunbilotsua:  $Re > 1800$

$$Re = \left[ \frac{0,069 \cdot L \cdot \lambda_l \cdot Pr^{0,5} \cdot (\theta_{SAT} - \theta_s)}{\mu_l \cdot h_{fg}^*} \left( \frac{g}{v_l^2} \right)^{1/3} - 151 \cdot Pr^{0,5} + 253 \right]^{4/3}$$

$$\bar{\alpha}_L = \frac{Re \cdot \lambda_l}{8750 + 58 \cdot Pr^{0,5} \cdot (Re^{0,75} - 253)} \left( \frac{g}{v_l^2} \right)^{1/3}$$

-  $Pr$ : kondentsatuaren propietateekin  $\theta_c = \frac{\theta_s + \theta_{sat}}{2}$  tenperaturan kalkulatu.

#### 4.1.2.- Zilindro horizontala

Kontsidera dezagun  $D$  diametrodun hodi horizontal bat  $\theta_s$  tenperaturan.

##### a) Kanpo-isurketa

Batez besteko konbekzio-koefizientea kalkulatzeko erabili adierazpen hau:

$$\bar{\alpha}_{HORIZONTALA} = 0,729 \cdot \sqrt[4]{\frac{g \cdot \rho_l \cdot (\rho_l - \rho_v) \cdot h_{fg}^* \cdot \lambda_l^3}{\mu_l \cdot (\theta_{SAT} - \theta_s) \cdot D}}$$

$\bar{\alpha}_{HORIZONTALA}$  kalkulatzeko beste era bat badago. Lehenik, hodiaren ( $\alpha_{BERTIKALA}$ ) kalkulatu da, hodia bertikal dagoela jota, eta gero honako zuzenketa-faktore hau aplikatzen diogu:

$$\bar{\alpha}_{HORIZONTALA} = \bar{\alpha}_{BERTIKALA} \cdot 0,77 \cdot \sqrt[4]{\frac{L}{D}}$$

## b) Barne-isurketa

Lurrunaren abiadura baxuetarako eta Reynolds-en zenbakia hodiaren sarrerako lurrunaren propietateekin kalkulatu, non:

$$Re_i = \frac{\rho_v \cdot u_v \cdot D}{\mu_v} < 35000$$

$\bar{\alpha}_D$  kalkulatzeko adierazpena esperimentalki lortu da:

$$\bar{\alpha}_D = 0,555 \cdot \sqrt[4]{\frac{g \cdot \rho_l \cdot (\rho_l - \rho_v) \cdot \lambda_l^3}{\mu_l \cdot (\theta_{SAT} - \theta_S)} \cdot \left( h_{fg} + \frac{3}{8} \cdot C_{p_l} \cdot (\theta_{SAT} - \theta_S) \right)}$$

### 4.1.3.- Hodi sortak

$N$  hodi dituen hodi sorta bat kontsideratuz, non hodi horizontalen kanpoaldetik jariakin kondentsagarria baitoa, konbekzio-koefizientea adierazpen hauekin kalkula daiteke:

$$\bar{\alpha}_{HORIZONTALA,N} = \frac{\bar{\alpha}_{HORIZONTALA}}{\sqrt[4]{N}}$$

## 4.2.- UR-TANTEN KONDENTSAZIOA

Ikerketak egin dira kobrezko gainazalen gainean agente katalizatzaileen presentzian kondentsatzen diren ur-tantei buruz. Presio atmosferikoaren inguruko presioentzat honako adierazpen enpiriko hauek lortu dira:

$$\bar{\alpha} = 51104 + 2044 \cdot \theta_{Sat} \quad 22^\circ C < \theta_{Sat} < 100^\circ C$$

$$\bar{\alpha} = 255310 \quad \frac{W}{m^2 K} \quad 100^\circ C \leq \theta_{Sat}$$

Kontuan izan behar da jariakin ez-kondentsagarriek (adibidez, aireak) tanten kondentsazioa oztopatzen dutela. Jariakin ez-konprimagarriek  $\alpha$ -ren balioa asko gutxitu dezakete.





## **II. ERANSKINA:**

### ***ARIKETAK ETA EMAITZAK***



## II. ERANSKINAREN AURKIBIDEA

<b>1.- ARIKETAK</b>	<b>137</b>
1.1. EROANKORTASUN TERMIKOA	139
1.2. KONBEKZIOA	151
1.3. ERRADIAZIOA + ERREKUNTZA	161
1.4. AIRE HEZEA + HOZTE-MAKINAK	171
<b>2.- EMAITZAK</b>	<b>183</b>



# ***1.- ARIKETAK***



# **EROANKORTASUN TERMIKOA**

---

---





### **Eroankortasun termikoa 1**

Bi geruzako labe bat eraiki da. **A** barne-geruzak 100 mm-ko lodiera du, eta **B** kanpo-geruzak 200 mm-koa. Erregimen egonkorrean kanpoko gainazalaren tenperatura 110 °C da.

Kanpoaldean **C** isolatzailea jartzen da, 0,08 W/m°C-ko eroankortasun termikoa eta 50 mm-ko lodiera dituen. Horren ondorioz, hormetan zehar galtzen den bero-fluxua erdira jaisten da. Erregimen egonkorrean neurtutako tenperatura berriak honako hauek dira:

Labearen barne-gainazala	720 °C
A-ren eta B-ren arteko gainazala	630 °C
B-ren eta BC-ren arteko gainazala	480 °C
Kanpoko gainazala	75 °C

Geruzen arteko kontaktua perfektua izanik, honako hauek eskatzen dira:

1. Kalkulatu zein den bero-fluxuaren dentsitatea **C** geruza jarrita.
2. Eroankortasun termikoak tenperaturarekiko independenteak direla kontuan hartuta, lortu **A** eta **B** geruzen eroankortasunak.
3. Kalkulatu isolatzailea ipini ez balitz, horman lortuko litzatekeen tenperatura maximoa.
4. Azkeneko kasu horretan, kalkula itzazu kanpoko eta barruko konbektzio-koefizienteak, kanpoko tenperatura 25 °C balitz eta labearen barrukoa 850 °C.

## **Eroankortasun termikoa 2**

Dimentsio handiko horma lau batek 0,2 m-ko geruza bat eta 0,6 m-ko beste bat ditu, A eta B. A-ren eroankortasun termikoa 16 W/mK da, eta B-rena 20 W/mK. A geruza guztiz isolatua dago ezkerraldetik, eta barruan energia-iturri aldakorak ditu:  $1,6 \cdot 10^5 \cdot e^{-20x}$  W/m<sup>3</sup>.

B geruzak energia-hustubidearena egiten du,  $-1,2 \cdot 10^5 \cdot x^2$  W/m<sup>3</sup>, kontuan izanik bi kasuetan jatorria horma isolatua dela eta noranzko positiboa hormena.

Erregimen egonkorrean horma isolatuaren tenperatura 520 °C da. Ertz-efektuak baztertuz, kalkulatu:

1. Plano esanguratsuenetako tenperaturak, tenperatura minimoa barne.
2. A-ren eta B-ren arteko planoan, baita aurpegi librean, irteten edo sartzen den beroa.

### **Eroankortasun termikoa 3**

Plaka lau baten tenperatura 20 °C da. Plakak 6 cm-ko lodiera du eta oso azalera handia. Materialaren propietateak hauexek dira:

Dentsitatea	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
Eroankortasun termikoa	$\lambda = 31,5 \text{ W/mK}$
Bero espezifikoa ( $P = kte$ )	$c_p = 430 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

Tratamendu termiko batean 800 °C-an dagoen inguru batera sartzen da, eta prozesu osoan zehar lortzen den konbektzio-koefizientea 1500 W/m<sup>2</sup>K da. Kalkula itzazu hauek:

1. Plakaren erdiko planoak 737,6 °C-an egon dadin zenbat denbora behar den.
2. Plakaren gainazalaren tenperatura une horretan.

#### **Eroankortasun termikoa 4**

Industria-pabilioi baten horma luzera handiko plaka lautzat har daiteke; 2 m-ko lodiera du, eta barruan  $e = 25 \cdot x + 125$  W/m<sup>3</sup>-ko energia-iturria dauka, eroankortasun termikoa 10 W/m°C dela.

Ezkerraldean (kanpoaldetik) guztiz isolatua dago, eta, bestaldetik,  $\lambda$  2 W/mK-ko material batez estaltzea erabaki da. Material horrek jasan dezakeen temperaturarik beroena 70 °C-koa da. Plakaren eta isolatzailearen arteko kontaktua perfektua bada, eta kanpoko tenperatura, 20 °C, erregimen egonkorrean eskatzen da:

1. Demagun pabilioi barrurako konbekzio-koefizientea 8,571 W/m<sup>2</sup>°C dela, kalkulatu orduan behar den isolatzailearen lodiera.
2. Marraztu temperaturen bi eremuak, eta zehaztu aurpegi guztietako temperaturak, koordenatuen jatorria isolatzailearekin kontaktuan dagoen hormaren ezkerrekoa harturik.

### **Eroankortasun termikoa 5**

10 cm-ko lodiera duen altzairuzko plaka bati gainazaleko tratamendua eman nahi diogu. Plakaren hasierako tenperatura 20 °C da. Horretarako, lortu behar da plakaren kanpoko gainazaleetatik 1 cm-ra dauden bi planoak 500 °C-an egotea. Bi aukera daude:

- A) Plaka 1000 °C-an dauden bi gainazalen artean ipini.
- B) 1000 °C-an dagoen oliotan sartu.

Bi kasuetarako zera eskatzen da:

1. Tratamendurako beharrezkoa den denbora (s).
2. Plakaren erdia zer tenperaturatan dagoen (°C).

Altzairuaren datuak:

Dentsitatea  
Eroankortasun termikoa  
Bero espezifikoa ( $P = kte$ )

$\rho = 8137 \text{ kg/m}^3$   
 $\lambda = 9 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}$   
 $c_p = 0,11 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$

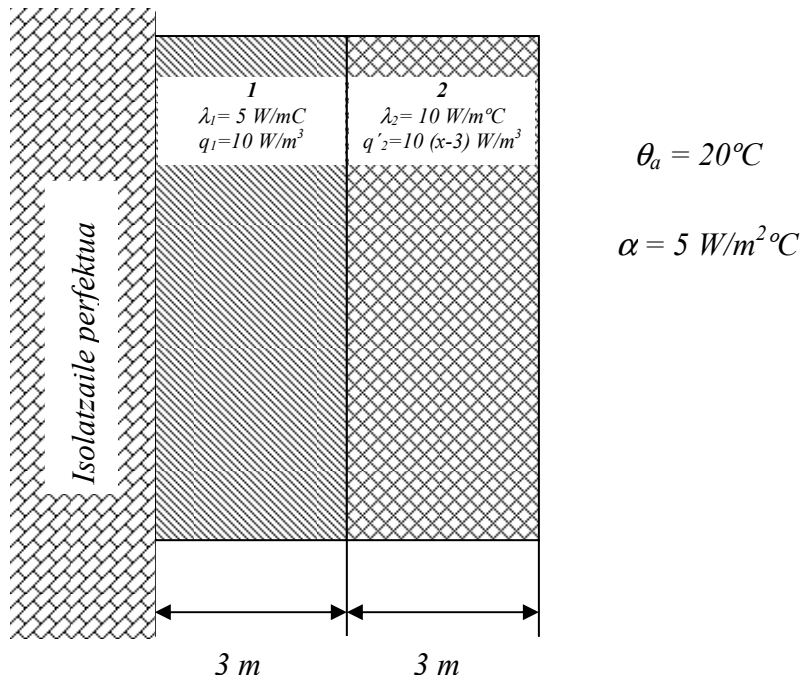
$\alpha_{\text{olioa-plaka}} = 400 \text{ kcal/hm}^2\text{ }^\circ\text{C}$

**Eroankortasun termikoa 6**

Irudian agertzen diren bi plaka infinituak ditugu. Ezkerraldea guztiz isolatua dago, eta eskuinaldean inguruko temperatura  $20\text{ }^\circ\text{C}$  da. Erreferentzia-sistemak 1 plakaren eta isolatzailearen arteko kontaktuan du  $x = 0$  puntua, eta plaketarantz du noranzko positiboa.

1 plakan  $10\text{ W/m}^3$ -ko energia-iturria dago, eta 2 plakan  $10(x-3)\text{ W/m}^3$ -koa. Loritzazu hauek:

1. Erregimen egonkorreko bi plaketako temperatura-eremuak.
2. Galtzen den beroa  $\text{m}^2$ -ko.



### Eroankortasun termikoa 7

A.- 0,20 m-ko altuera eta 0,02 m-ko lodiera dituen material erregorrezko plaka baten tenperatura uniforme 120 °C da, eta airearekin (65 °C eta 1,013 bar) kontaktuan dago. Airearen geldirik dagoela kontuan izanda, kalkula ezazu airearen eta materialaren gainazal bertikalaren arteko konbektzio-koefizientea. Halaber, lortu plakaren alde bakoitzetik irteten den bero-fluxuaren dentsitatea (kcal/m<sup>2</sup>h-tan adierazita). Bi kasuetan, baztertu ertz-efektuak.

B.- Plakaren inguruaren tenperatura bat-batean 4 °C-ra jaisten da. Kalkula itzazu bi ordu igaro ostean plakaren kanpoaldeko gainazalek izango dituzten tenperaturak, eta denbora horretan zehar bi gainazal horiek inguruarekin trukatu duten energia-dentsitatea (kcal/m<sup>2</sup>-tan adierazita). Hori egiteko plaka infinitua hartuko dugu, eta A atalean kalkulatuak konbektzio-koefizientea erabiliko.

Datuak:

Material erregorrezko plaka:

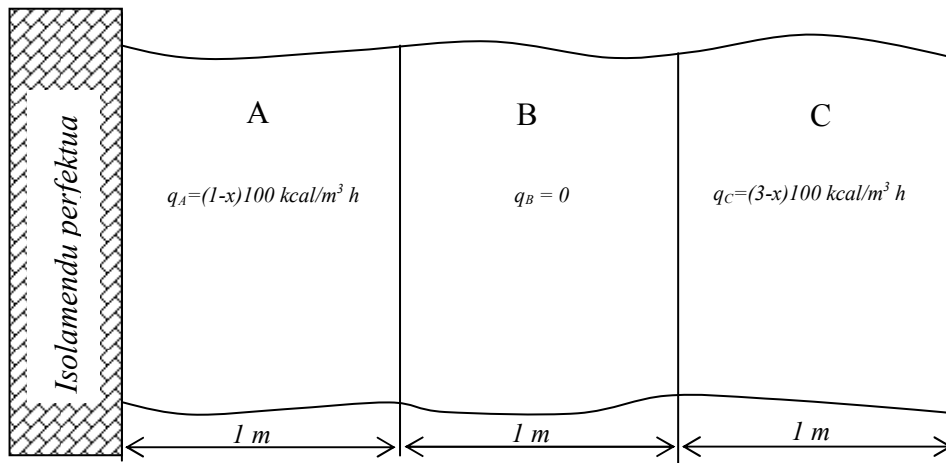
Dentsitatea	$\rho = 2050 \text{ kg/m}^3$
Eroankortasun termikoa	$\lambda = 0,8 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}$
Bero espezifikoa (P = kte)	$c_p = 0,23 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$

Airea:

T(°C)	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\mu(\text{kg/hm})$	$\lambda(\text{kcal/hm}^\circ\text{C})$	$c_p(\text{kcal/kg}^\circ\text{C})$
4	1,27	0,062	0,021	0,240
65	1,04	0,073	0,025	0,241
120	0,89	0,081	0,028	0,242



**Eroankortasun termikoa 8**



Izan bedi irudian agertzen den egoera. Behin egoera egonkorrera heldu garela, eskuinaldean  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (inguruko tenperatura) eta  $4,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ -ko konbektzio-koefizientea egonda, kalkula itzazu hauek:

1. Eremu termikoak (eta marraztu).
2. Bero-fluxua  $x = 3 \text{ m}$  gainazalean.

Hiru plaken ezaugarriak hauexek dira:

$$\begin{aligned} \lambda_A &= 80 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C} \\ \lambda_B &= 40 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C} \\ \lambda_C &= 40 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Erreferentzia-sistemak A plakaren eta isolatzailearen arteko kontaktuan du  $x = 0$  puntua eta plaketarantz dauka noranzko positiboa.

**Eroankortasun termikoa 9**

A.- Solido infinitu baten lodiera 0,35 m da. Hasieran, 322 °C-an dago, eta bat-batean 10 °C-an dagoen inguru batera sartzen da. 20 ordu igaro ostean gainazal bakoitzak ingururarekin trukatu duen energia 15050 kcal/m<sup>2</sup> izan bada, kalkula itzazu gainazalen tenperatura eta kobekzio-koefizientea.

B.- Ordu horiek igarota erregimen egonkorra dago, eta gainazalen eta inguruaren arteko konbekzio-koefizientea kalkulatu da. Energia termikoa konbekzioz soilik transmititzen da, eta jariakina solidoaren gainazalekiko paralelo mugitzen da, norabide horretan luzera 0,5 m izanik. Kalkula ezazu jariakinaren abiadurak zenbatekoa izan behar duen, esandako guztia bete dadin, eta zer dentsitate duen ingururantz solidoaren gainazal bakoitzetik doan potentzia termikoak (kcal/m<sup>2</sup> h-tan).

DATUAK:

- Solidoa:

$$c_p = 0,38 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho = 1270 \text{ kg/m}_3$$

$$\lambda = 0,20 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$$

- Ingurua:

$\theta$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (kg/h m)	$\lambda$ (kcal/h m °C)	$c_p$ (kcal/kg °C)
10	1,25	0,063	0,021	0,24
25	1,17	0,066	0,022	0,24
60	1,05	0,072	0,024	0,24
204	0,73	0,093	0,033	0,24
322	0,58	0,108	0,040	0,25

### **Eroankortasun termikoa 10**

Labe baten hormak bi geruza ditu, eta ezaugarriak hauek ditu:

A horma: 1 m-ko lodiera, kanpoarekiko kontaktuan, eta  $\lambda = 40 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ .

B horma: A-ren eskuinaldean, 2 m-ko lodiera, eta  $\lambda = 20 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Bestalde, guztiz isolatua dago eta barruan energia-iturria dauka:

$$\dot{q} = 4 - 2 \cdot x \text{ kW/m}^3$$

Non  $x$  bi hormen artekoan hasten baita eta positiboa baita B-rentzat.

Erregimen egonkorrean A hormaren gainazaleko tenperatura kanpo-azalean  $45^\circ\text{C}$  da.

1. Osa itzazu bi hormen eremu termikoen ekuazioak.
2. Marraztu eremu horiek, muturreko tenperaturak zehaztuz.
3. Kalkulatu A hormatik irteten den bero-fluxua ( $\text{W/m}^2$ ).

# **KONBEKZIOA**

---

---



## Konbekzioa 1

20 cm-ko diametroan probeta esferiko batek barruan erresistentzia elektrikoak ditu, uniformeki sakabanatuak. Probeta hori dimentsio handiko haize-tunel batean sartzen da, eta probetaren kontra jotzen duen haize-korrontea 20 °C-an dago. Probetaren hormen tenperatura konstantea da, 600 °C-koa, eta, erregimen egonkorra lortuta, esferatik ihes egiten duen potentzia 2 kW dela ikusten da. Erradiazioz transmititzen den beroa horren % 25 dela kontuan hartuz, kalkulatu itzazu hauek:

1. Saioen bidez lortzen den konbekziozko bero-transmisioaren batez besteko koefizientea ( $W/m^2\text{°C-tan}$ ).
2. Koefiziente horri eusteko beharrezkoa den airearen abiadura (m/s).
3. Emaniko tenperaturei eutsita, abiadura hirukoiztuz gero konbekzioz aterako litzatekeen potentzia.

Orain lehengo probeta esferikoa beste batez ordeztzen dugu. Azkeneko hori laua da, eta haren zabalera lehengoaren diametroaren bestekoa da, oso luzea. Bai gainazaleko tenperatura bai airearena lehengoak dira. Probeta berria tunelean ipintzen dugu, airea probetaren luzerarekiko paralelo joateko moduan eta airearen abiadura 2. atalekoa izanik. Kalkulatu hauek:

4. Distantzia kritikoaren bikoitzari dagokion batez besteko koefizientea ( $W/m^2\text{°C}$ ).
5. Luzera horretan konbekzioz erauzten den potentzia termikoa (W).

**OHARRA:** Emaniko adierazpenak eta datuak **SOILIK** erabili.

Airearen propietateak

T(°C)	$\nu \cdot 10^6 (\text{m}^2/\text{s})$	$\lambda \cdot 10^3 (\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C})$	Pr
20	15,09	25,64	0,713
310	49,12	44,61	0,698
600	95,33	60,94	0,705

**OHARRAK**

- Probeta lauan ertz-efektuak guztiz baztergarriak dira.

$$\overline{Nu}_L = 0,664 \cdot Re_L^{0,5} \cdot Pr^{1/3} ; \text{ erregimen laminarrerako } Re_{cr} = 500000$$

$$\overline{Nu}_L = (0,337 \cdot Re_L^{0,8} - 871) \cdot Pr^{1/3} ; \text{ erregimen mistorako}$$

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

- Probeta esferikorako adierazpena:

$$\overline{Nu}_D = 2 + (0,4 \cdot Re_D^{1/2} + 0,06 \cdot Re_D^{2/3}) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left(\frac{\mu_\infty}{\mu_s}\right)^{1/4}$$

$$\theta_{\text{karakteristikoa}} = \theta_{\text{airea}} \text{ hartuz}$$

## **Konbekzioa 2**

A) 1 m x 1 m-ko plaka baten lodiera 5,1 mm da, eta bertikal jarrita dago. Ezkerreko aldea guztiz isolatua dago, eta eskuinaldean paraleloan aire beroa 140 °C-an doa, airearen abiadura 15 m/s dela.

Airearen propietate termikoak temperatura karakteristikoan hauexek dira:

$$\rho = 0,796 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 24,63 \times 10^{-6} \text{ kg/m s} \quad \lambda = 35,89 \times 10^{-3} \text{ W/m}^\circ\text{C} \quad \text{Pr} = 0,7$$

Erregimen egonkorra lortuta eta ertz-efektuak baztertuz gero, kalkula itzazu hauek:

1. Konbekziozko beroaren transmisiorako koefizientea.
2. Plakak  $1,7 \times 10^5 \text{ W/m}^3$ -ko energia-iturri uniformeak daukala jakinik, airearekin kontaktuan dagoen plakaren gainazalaren tenperatura.

B) Plaka osoa 2. atalean eskatzen den tenperaturan dagoenean, ezkerreko isolatzailea kentzen zaio. Energia-iturria desagertu egiten da, eta plaka bera ur hotzetan, 20 °C-an eta 3 bar-ean, sartzen da. Kalkulatu:

3. Konbekziozko koefiziente berria, kontuan izanda filmeko tenperatura plakaren eta uraren tenperatura berrien baturaren erdia dela.

OHARRA: Kasu bakoitzean adierazpenik egokiena erabili:

$$\text{Airerako: } \overline{Nu}_D = \frac{0,6774 \cdot Re_L^{1/2} \cdot Pr^{1/3}}{\left[ 1 + \left( \frac{0,468}{Pr} \right)^{2/3} \right]^{1/4}} ; Re_D \leq 5 \cdot 10^5 \text{ denean}$$

$$\text{Uretarako: } \overline{Nu}_L = C \cdot (Gr \cdot Pr)^m ; Gr \cdot Pr \leq 1 \cdot 10^{10} \Rightarrow C = 0,20; m = 1/4$$

$$Gr \cdot Pr \geq 1 \cdot 10^{10} \Rightarrow C = 0,13; m = 1/3$$

Ur asearen propietate termikoak tauletan begiratu. ( $\beta = 209 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )

### **Konbekzioa 3**

Korrontearen kontra lan egiten duen bero-trukagailu batean, 2988 kg olio/h hoztu egiten dira 170 °C-tik 110 °C-ra. Horretarako, 14 °C-tik 80 °C-ra berotzen da ura. Trukagailua bi tutu zentrokidez osatua dago: barrukoa kobrezkoa da, eta ura dauka barruan. Barruko tutu horren diametroa 30 mm da, eta lodiera baztergarria. Olioaren eta barruko tutu horren arteko konbekzio-koefizientea 40 kW/m<sup>2</sup>°C bada, kalkula itzazu hauek:

1. Uraren eta barruko hodiaren hormaren arteko konbekzio-koefizientea.
2. Trukagailuaren luzera, kanpoaldetik guztiz isolatua badago.
2. ataleko luzera finkatuta, orain lan-baldintzak aldatuko ditugu. Uraren sarrera-tenperatura eta emaria berdina dira, baita olioaren sarrera-tenperatura. Olioaren emaria orain erdia da, eta bi jariakinen propietate fisikoak eta konbekzio-koefizienteak lehengo berberak dira. Kalkulatu olioaren irteera-tenperatura berria.

OHARRA: Olioaren bero espezifikoa 2350 J/kgK da.

### **Konbekzioa 4**

Bero-trukagailu batetik irteten den airea 0,12 m-ko diametroko hodi batera (lodiera baztergarria) doa. Airea 127 °C-an sartzen da, eta 27 °C-an irteten, abiadura 2,66 m/s izanik. Tutuaren kanpoaldeak hegala ditu, eta, horren ondorioz, kanpoko azalera barrukoa baino hiru aldiz handiagoa da. Kanpoko inguruan airea 0 °C-an badago eta barruko zein kanpoko presioa 101325 Pa badira, erantzun honako galdera hauei (emaitzak Nazioarteko Sistemako unitateetan adierazi):

1. Hodiaren eta kanpoko inguruaren artean trukutzen den bero-fluxua.
2. Irteera-sekzioa aztertutik, termikoki egonkor dagoela konturatzen gara, eta kanpoko gainazalaren eta airearen arteko konbekzio-koefizientea 4 W/m<sup>2</sup>K da. Hala, kalkula ezazu sekzio horretan hodiaren barruko gainazalaren tenperatura. Kasu honetan, kanpoko azalak hegala ez duela joko dugu.
3. Lor ezazu barrutik doan jariakinaren eta kanpoko inguruaren artean trukaturako bero-fluxua baldintza hauetan: hodiaren diametroa berdina da; hodiaren luzera, 15 m; posizioa horizontala da; eta kanpoko gainazalak ez du hegala. Tutuaren gainazalaren tenperatura uniforme da, 20 °C, eta kanpoan airea 0 °C-an dago.

OHARRA: Beharrezko den kasu guztietan hodia oso luzea dela joko da.



### **Konbekzioa 5**

Tutuz eginiko bero-trukagailu baten jariakinak ura eta olio dira. Olio tutuen barruan zehar doa, eta tutuetan lau igaroaldi eta karkasetan bi egiten ditu. 4540 kg olio/h 15 °C-tik 65 °C-ra berotzen da, eta ura 95 °C-an sartzen da. Uraren emaria 3600 kg/h da. Olioaren bero espezifikoa 1,7 kJ/kg·K bada eta bero-transmisorako koefiziente orokorra 540 W/m<sup>2</sup>K bada, kalkula ezazu beharrezko den azalera.

### **Konbekzioa 6**

Korrante gurutzatuak dituen bero-trukagailu bat erabiltzen da ura hozteko 99 °C-tik 60 °C-ra. Horretarako airea 25 °C-an erabiltzen da. Uraren eta airearen masa-emariak 140 kg/h eta 840 kg/h badira, hurrenez hurren, eta bero-transmisorako koefiziente orokorra 80 W/m<sup>2</sup>K bada, kalkula itzazu:

1. Beharrezko azalera
2. Trukagailuaren efikazia

## **Konbekzioa 7**

Zilindro horizontal bat dugu, 1 m-ko luzera eta 50 mm-ko diametrodun muturrak dituena, tenperatura konstantean egonik. Materialaren eroankortasun termikoa 400 W/mK da, eta bero-iturria 480 kW/m<sup>3</sup>-koa da.

Zilindroarekiko perpendikular doan airea 20 °C-an dugu, eta konbekziozko bero-transmisiorako koefizientea 30 W/m<sup>2</sup>K da.

Erregimen egonkorrean egindako neurketen arabera erdiko sekzioan (x=0) lortutako tenperatura maximoa 120 °C da.

Hauek eskatzen dira:

1. Planteatu eta ebatzi zilindroaren tenperatura-eremuaren ekuazio diferentziala. Tenperatura  $x$ -rekiko funtzioa baino ez da, eta jatorria zilindroaren erdian dago.
2. Kalkulatu zilindroaren muturren tenperaturak.
3. Lortu zilindroan zeharreko tenperaturaren batez bestekoa.
4. Zein izan behar du haizearen abiadurak?
5. Zer gertatzen da zilindroaren muturretan?

**OHARRA:** Zeharkako konbekzio behartua honako adierazpen hau erabilia kalkula daiteke:

$$\overline{Nu}_D = 0,193 \cdot Re_D^{0,618} \cdot Pr^{1/3}$$

4000 < Re < 40000 tartean egon behar. Filmeko tenperatura gainazalarenaren eta jariakinarenaren arteko batezbestekoa da.

## **Konbekzioa 8**

Dimentsio handiko lantegi baten erdian wolframiozko hari bat bertikal jarri da. Lantegiaren hormak beltzak dira. Hariaren luzera 1 m-koa da; diametroa 0,5 mm-koa, eta argindarrari konektatuta dago.

Haizagailu batek airea perpendikular pasarazten du, 25 °C-an eta 30 m/s-an. Erregimen egonkorrean hariaren gainazalaren temperatura 1200 °C da. Erradiazioz erazten den bero-potentzia osoaren % 45 bada:

1. Kalkulatu hariak ematen duen potentzia termiko osoa (W-tan).

Haizagailua gelditzen dugu, eta haria horizontal jartzen da. Berrero erregimen egonkorra lortu arte itxaroten dugu, alegia, hariaren gainazaleko temperatura lehengo bera izan arte. Erradiazioaren ehunekoa lehengoa dela kontuan hartuz, eta lantegiko temperatura 25 °C bada:

2. Lortu baldintza berrietan hariak erazten duen potentzia termikoa (W-tan).

Amaitzeko, altzairuzko zilindro bat jartzen da horizontal (1 m-ko luzera duena). Kanpoko diametroa 40 cm da, eta lodiera 1 cm. Barruan hari zentrokidea sartzen da, beti argindarrari konektatuta. Zilindroen bi muturrak ondo ixten dira eta hutsa egiten da.

Erregimen egonkorrean hornidura elektrikoa 2 kW-koa dela dakigu, eta altzairuzko zilindroaren kanpoko gainazaleraren temperatura 201 °C. Lantegiko airearen temperatura betikoa da.

3. Lortu lantegiari konbekzioz eta erradiazioz emaniko bero-potentzia.

## **Konbekzioa 9**

Lantegi bat 120 °C-an dagoen ur gainsez hornitzeko asmoz, galdaratik ateratzen da altzairuzko hodi bat. Hodiaren kanpoko diametroa 102 mm da, lodiera 3,5 mm, eta eroankortasun termikoa 42,8 W/mK. Hodiaren barruko uraren abiadura 1 m/s-koa da.

Galerak txikitzeko beirazko zuntzez babestu da hodia, zeinak 20 mm-ko lodiera eta 0,0468 W/mK-ko eroankortasun termikoa baititu.

Kanpoan haizeak 10 km/h-ko abiaduran jotzen du, -10 °C-an eta hodiarekiko perpendikular. Zenbatekoak dira bero-galerak metro linealeko?

OHARRA: Emaniko adierazpenak eta datuak **SOILIK** erabili.

Uraren propietateak, 120 °C-an:

$$\rho = 942,8 \text{ kg/m}^3 \quad \lambda = 0,6833 \text{ W/m}^\circ\text{C} \quad \mu = 0,2321 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m s} \quad \text{Pr} = 1,44$$

Airearen propietateak:

T(°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m°C)	$\mu$ (kg/m s)	Pr
-10	1,3414	23,29 10 <sup>-3</sup>	16,71 10 <sup>-6</sup>	0,7210
-3,875	1,3113	23,77 10 <sup>-3</sup>	17,0110 <sup>-6</sup>	0,7192
2,25	1,2923	24,08 10 <sup>-3</sup>	17,20 10 <sup>-6</sup>	0,7175

Barrurako konbekziorako adierazpena:

- Konbekzio behartua  $\overline{Nu}_D = 0,023 \cdot Re_D^{0,8} \cdot Pr^{0,3}$ ;  $Re_D > 10000$  eta  $0,7 < Pr < 160$  direnean

Kanporako konbekziorako adierazpenak:

- Konbekzio behartua  $\overline{Nu}_D = 0,26 \cdot Re_D^{0,6} \cdot Pr^{0,37} \cdot \left(\frac{Pr_0}{Pr_s}\right)^{1/4}$ ;  $1 < Re_D < 10^6$  eta  $0,7 < Pr < 500$

- Konbekzio naturala  $\overline{Nu}_D = 0,41 \cdot (Gr \cdot Pr)^{1/4}$ ;  $1700 < Gr \cdot Pr < 10^8$

Tenperatura hau hartu propietateak kalkulatzeko:  $T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$

### Konbekzioa 10

Gela baten kanpoko tenperatura 46 °C da. Erregimen egonkorrean barruko tenperatura 20 °C da. Horma bertikala irudian ikusten dena da; hau da, hiru geruzakoa da, eta material bakoitzak eroankortasun termiko hauek ditu:

$$\lambda_1 = 0,50 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad \lambda_2 = 0,045 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad \lambda_3 = 1,20 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$$

Gelaren barruko airea geldirik dagoela joko dugu, eta kanpokoaren abiadura 2,8 m/s dela. Hormaren altuera 3 m da, eta ertz-efektuak baztergarriak. Kalkula itzazu hauek:

1. Barruko eta kanpoko konbekzio-koefizienteak
2. Horman zeharreko konbekziozko bero-fluxuaren dentsitatea ( $\text{W/m}^2$ )
3. Hormaren barruko tenperatura (sakonera: 0,20 m)

Konbekziorako adierazpenak:

Konbekzio behartua  $Nu = 0,029 \cdot Re^{0,8}$

Konbekzio naturala  $Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$

	<b>Gr · Pr</b>	<b>C</b>	<b>n</b>
laminarra	$10^4 - 10^9$	0,59	1/4
turbulentua	$10^9 - 10^{13}$	0,10	1/3

Bi adierazpenetarako:

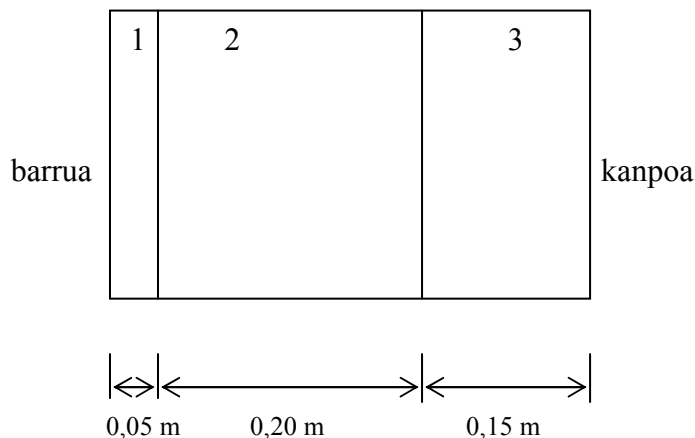
Luzera karakteristikoa = Altuera

Erreferentzia-tenperatura = Airearen eta hormaren baturaren erdia

Airearen propietateak:

<b>T(°C)</b>	<b>Y (m<sup>2</sup>/h)</b>	<b>λ (kcal/m°C)</b>	<b>Pr</b>
15,6	$52,81 \times 10^{-3}$	$21,84 \times 10^{-3}$	0,712
26,7	$56,81 \times 10^{-3}$	$22,59 \times 10^{-3}$	0,709
37,8	$60,22 \times 10^{-3}$	$23,33 \times 10^{-3}$	0,706
48,9	$64,05 \times 10^{-3}$	$24,06 \times 10^{-3}$	0,703

Irudia:



# **ERRADIAZIOA + ERREKUNTZA**

---

---

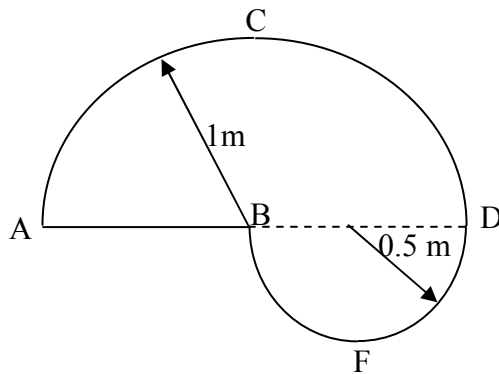


### Erradiazioa + Errekuntza 1

1 m-ko diametroa eta 10 m-ko luzera dituen zilindroa horizontal ipinita daukagu eta barruan hutsa dago. Mutur bat beltza da eta  $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an dago; bestearen emisibitatea  $0,9$  da eta  $527\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an dago. Alboko gainazala erregaitza da. Kalkula ezazu gainazal beltzaren eta grisaren arteko bero-trukaketa.

### Erradiazioa + Errekuntza 2

Infinitutzat har daitekeen hodia daukagu, eta sekzioa irudiaren itxurakoa da:



ACD azala grisa da ( $\varepsilon = 0,8$ ) eta  $1277\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an dago.

AB azala erregaitza da.

BFD azala grisa da ( $\varepsilon = 0,7$ ) eta  $927\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an dago.

Barruan dagoena diatermanoa dela kontuan hartuz, kalkulatu bi gainazal grisaren arteko bero-fluxua (metro linealeko).



### **Erradiazioa + Errekuntza 3**

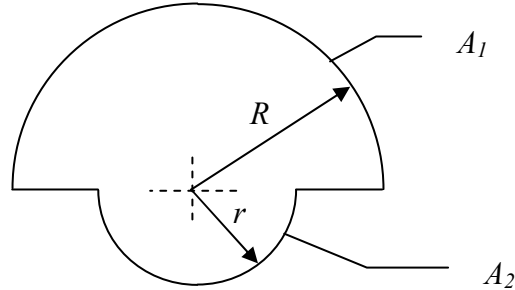
Dimentsio handiko bi plaka gris paraleloren,  $A_1$ -en eta  $A_2$ -ren, artean pantaila mehe bat dago. Plaken emisibitateak 0,7 eta 0,5 dira, hurrenez hurren, eta pantaila babeslearena 0,1 da bi aurpegietan. Erregimen egonkorrean plaken temperaturak  $327\text{ }^\circ\text{C}$  eta  $1127\text{ }^\circ\text{C}$  dira.

Sistema osoa hutsean badago, hauek eskatzen dira:

1. Pantailaren tenperatura
2. Plaken arteko bero-transferentzia
3. Pantaila ipini aurreko eta ondoko beroen arteko erlazioa

### Erradiazioa + Errekuntza 4

Hauxe da luzera handiko bero-trukagailu baten zeharkako sekzioa:



$A_1$  azalaren erradioa 1 m da eta  $1550\text{ }^\circ\text{C}$ -an dago;  $A_2$ -ren erradioa  $0,5\text{ m}$  da eta osorik  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ -an dago.

Hiru kasu daude:

A kasua: bi azalak beltzak dira.

B kasua:  $A_1$  grisa ( $\varepsilon_1 = 0,5$ ) da eta  $A_2$  beltza.

C kasua:  $A_1$  grisa ( $\varepsilon_1 = 0,5$ ) da eta  $A_2$  grisa ( $\varepsilon_2 = 0,7$ ).

Kasu guztietan trukaturako beroak kalkulatzeko eskatzen da. Kalkulatu, baita, A eta B kasuen arteko erlazioa eta A-ren eta C-ren artekoa. Erdian dagoena diatermanoa da.

### **Erradiazioa + Errekuntza 5**

Hodi baten sekzioak triangelu aldekidetaren itxura dauka. Barruan airea dago eta azalen tenperaturak uniformeak dira: 40 °C **(1)**, 1400 °C **(2)** eta 1000 °C **(3)**. Bai konbektzioa bai ertz-efektuak baztergarriak dira. Nazioarteko Sisteman lan eginez, eskatzen da:

1. Hiru aurpegiak beltzak badira, **(2)** aurpegiak ematen duen bero-fluxua.
2. Hurrengo aldaketa eginda, kalkulatu ikuspen-faktore berriak. Orain **(1)** azala erdizilindrikoa da (1 m diametroa) eta **(2)** eta **(3)** lehengo berdinak. Zilindroerdia ipintzerakoan, sekziarik handiena ahalbidetzen duena aukeratu da.
3. Bigarren atalean hiru azalak beltzak izanik, **(2)** gainazalak ematen duen bero-fluxua. Tenperaturak lehengoak dira.

### **Erradiazioa + Errekuntza 6**

Erregai baten osagaiak  $C_2H_6$ -a eta  $C_3H_8$ -a dira, erdi bana bolumenean. Erabiltzen den airearen soberakina 1,1 da. Errekuntza ez da osoa, eta erregabeak agertzen dira:

$$V_{CO} = 0,01 \cdot V_{kl}$$

$$V_{H_2} = V_{CO}$$

$$V_{CH_4} = 0,5 \cdot V_{CO}$$

1. Kalkulatu kearen konposizioa.

### **Erradiazioa + Errekuntza 7**

Erregai likido baten konposizioan karbonoa eta hidrogenoa baino ez dira agertzen, eta 1,2 bar-ean erre egiten da. Ondoren, kea hoztu eta  $50\text{ }^\circ\text{C}$ -an kearen ur-lurruna urtzen hasten da.

Jarraian, Orsat aparatua erabiliz, kearen analisi bolumetrikoa egiten da, emaitzak hauexek direla: % 9,3  $CO_2$ , % 30,3  $O_2$  eta % 60,4  $N_2$ .

Kalkula itzazu kearen osagaien presio partzialak.

Zein da C/H erlazioa erregaian?

**Erradiazioa + Errekuntza 8**

A) Bi plaka paralelo (1 eta 2) infinitu ditugu (ikus irudia) eta ezaugarri hauek dituzte:

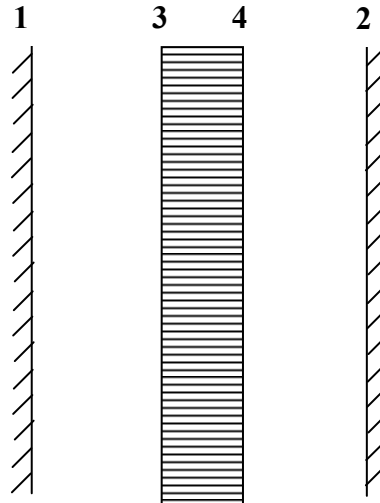
1 Grisa,  $\varepsilon = 0,5$ ,  $T_1 = 1000$  K

2 Grisa,  $\varepsilon = 0,5$ ,  $T_2 = 300$  K

Kalkulatu erradiazioz trukaturako beroa (bi plaken artean hutsa dago).

B) Bero hori gutxitzeko asmoz, eta  $T_1$  eta  $T_2$  temperaturak berdinak izanik, infinitua den pantaila bat jartzen dugu. Pantaila horren lodiera  $0,1$  m da eta  $\lambda = 10$  W/m °C egiaztatzen da. 3 eta 4 gainazalak grisak dira eta bien emisibitateak  $\varepsilon = 0,1$ .

Planteatu  $T_3$  eta  $T_4$  kalkulatzeko beharrezko diren ekuazioak. Zein da orain haien artean trukaturako beroa?



C) Etanoa airea erabiliz erretzen da eta errekuntza osoa da. Kearen CO<sub>2</sub>-aren proportzioa % 6 izan dadin, zenbat izan behar du airearen soberakin-koefizienteak?

## Erradiazioa + Errekuntza 9

Fuel-olioaren konposizioa pisutan hauxe da: c % 85,9, h % 13,3, o % 0,25; n % 0,25 %; s % 0,3. Presio atmosferikoan sorturiko kean dagoen ur-lurrunaren presioa 0,0861 atm da. Kea hoztu eta gero, oinarri lehorreko azterketa egiten da, eta bi erregabe agertzen dira: % 5 karbono monoxido eta % 2,5 metano.

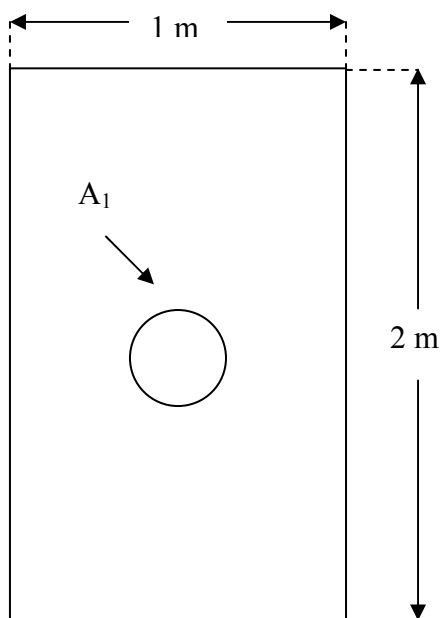
1. Errekuntza horretan gehiegizko zer aire-koefiziente erabiltzen ari da?

Errekuntza osoa izan dadin, aire estekiometrikoa baino % 10 gehiago erabiltzea erabakitzen da. Kea 1400 °C-an sartzen da irudiko hodian,  $A_R$  gainazal erregogorraren eta  $A_1$  gainazalaren artean, hain zuzen ere. Zirkulua 0,9ko emisibitate duen arrabola da, eta ezin du 800 °C baino tenperatura altuagorik jasan. Arrabolaren diametroa 25 cm da, eta  $A_R$ -en guztiz zentratua dago.  $A_R$  hain handia izanik  $A_1$ -ekiko, gainazal baliokidea ( $A_e$ ) kalkulatzeko behar den  $f$  faktorea 0 dela jotzen dugu. Esferaerdiaren erradio baliokidea  $L = 3,66 \cdot (V/A_1)$  da, non  $V$  keak betetzen duen bolumena baita.

2. Kalkulatu zer potentzia atera behar duen arrabolaren hozte-urak.

Orain kea atera, eta goiko eta beheko gainazalak ( $A_2$ ) 0,8ko emisibitateko gainazal aktibo bihurtzen dira.

3. Zer tenperaturatan egon behar dute goiko eta beheko gainazalek ( $A_2$  gainazala), arrabolari potentzia berdina irits dakion eta tenperaturak 800 °C izaten jarrai dezan? Ez duzue nahitaez ekuazio-sistema ebatzi behar.



Datuak:

Pisu atomikoak:

$$c = 12; h = 1; o = 16; n = 14; s = 32$$

Hottel kurbak:

$$\alpha_{CO_2} = \alpha_C C \left( \frac{T_G}{T_1} \right)^{0.65}$$

$$\alpha_{H_2O} = \alpha_W C' \left( \frac{T_G}{T_1} \right)^{0.45} \quad \Delta \varepsilon = \Delta \alpha = 0.055$$

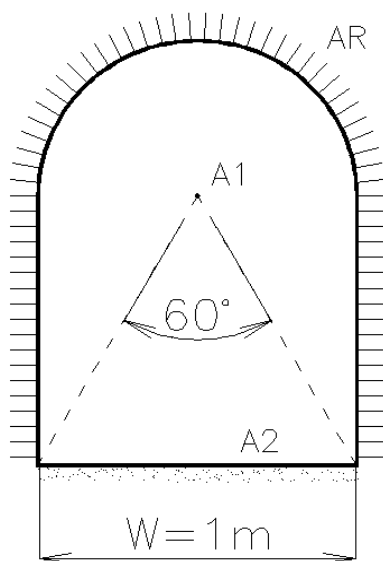
$$F_{22} = 0.2$$

### **Erradiazioa + Errekuntza 10**

Irudian hodi luze baten sekzioa dugu.  $A_1$  gainazal berotzailea dugu, eta 10 mm-ko diametroa duen hariak da. Gainazal horren emisibitatea 1 da eta 1500 K-ean dago. Gainazal hartzailea  $A_2$  grisa eta 0,6 emisibitadeduna da. Beste horma guztiak erregogorrez eginda daude.

Kalkulatu:

1. Ikuspen-faktore guztiak
2. Beheko azalera ( $A_2$ ) 500 K-ean egon behar badu, hariak ( $A_1$ ) zer potentzia eman behar dion.
3. Erregogorrek daukan tenperatura. Horretarako, joko dugu erregogorrez egindako horma beltza dela eta guztiz isolatua dagoela.



# **AIRE HEZEA + HOZTE-MAKINAK**

---

---





### **Aire hezea + Hozte-makinak 1**

Hasieran 6 °C-an dagoen eta % 30eko hezetasun erlatiboa duen airea girotu nahi dugu. Helburua 20 °C-ko tenperatura eta % 54ko hezetasun erlatiboa lortzea da.

Horretarako lehenengo berotu egiten da, ondoren ur likidoarekin (5 °C-an) nahasi egiten da ase arte, eta, sobera dagoen ur likidoa banandu eta gero, berriro berotzen da.

Sistemara sartzen den aire hezearen kantitatea 0,73 kg/h dela eta presioa 1 atm dela kontuan izanda:

1. Osatu instalazioaren oinarrizko eskema, puntu garrantzitsuenak zehaztuz.
2. Irudikatu gertatzen diren prozesuak Carrier eta Mollier diagrametan, puntu garrantzitsuenak jarritz.
3. Lortu aire lehorraren emaria eta gehitutako ura (kg/h-tan).
4. Kalkulatu berotze-prozesu bakoitzean aireari emandako potentzia (kcal/h-tan).

## **Aire hezea + Hozte-makinak 2**

Hasieran 36 °C-an dagoen eta % 30eko hezetasun erlatiboa duen aire hezea 22 °C-raino hoztu nahi dugu, hezetasun erlatiboari eutsiz. Horretarako hauxe egiten da:

Lehenengo hoztu, ondoren hezetasuna murriztu (entalpia espezifiko konstante dela) 44 °C lortu arte. Berrir hoztu, 14 °C-ko tenperatura eta % 20ko hezetasun erlatiboa lortu arte. Amaitzeko isobaroki beste aire heze batekin nahasi egiten da, lortu nahi dugun airea lortzeko. Aire lehorraren masak bi aireetan berdinak dira.

Guztizko presioa 1 atm dela eta sartzen den aire hezearen kantitatea 0,9 kg/h dela kontuan izanik:

1. Marraztu instalazioaren eskema, eta irudika itzazu Mollier diagrama batean puntu garrantzitsuenak.
2. Lortu nahasketarako erabilitako aire hezearen egoera (h, X) eta bi hozte-prozesuetan ateratako beroa (kcal/kg<sub>Aire Lehor</sub>).
3. Kalkulatu hasieran sartzen den aire lehorraren emaria (kg<sub>Aire Lehor</sub>/h) eta lehortzean kenduriko ur-masa orduko (g<sub>H<sub>2</sub>O</sub>/h)

### **Aire hezea + Hozte-makinak 3**

30 °C-an dagoen 3 kg/s aire heze dugu. Horren ihintz-puntua 23°C-koa da, eta nahi dugu amaieran tenperatura bera (30 °C) izatea baina ihintz-puntua 10 °C izan dadin. Hori lortzeko hau egin behar da: lehenengo hoztu, ondoren lehortu (azkenengo hori prozesu isotermikotzat har daiteke, eta ura ontzi baten batzen da) eta amaitzeko berotu. Prozesu guztia presio atmosferikoan gertatzen dela kontuan harturik:

1. Marraztu instalazioaren eskema eta Mollier irudian puntuak.
2. Lortu airea berotzeko erabiltzen den potentzia (kW-tan) eta lehortze-prozesuan kendutako ura (g/s-tan).

Hozte-instalazio batek R-717 jariakina erabiltzen du hozgarri gisa, eta bi hozte-efektu lortzen ditu: -10 °C eta 0 °C. Lehenengoan 30 kW lortzen da, eta bestean, berriz, 10 kW. Instalazioaren kondentsagailua urez hozten da 1,2 MPa-ean, eta kondentsagailuaren irteeran fluido hozgarria 5 °C azpihoztu egiten da. Ondoren, korrontea banandu egiten da; zati bat espansio-balbula batera doa eta beste zatia beste batera. Balbuletatik korrontek dagozkien lurrungailuetara doaz. Lurrungailu bakoitzetik lurruna lehor ase irteten da, bakoitzari dagokion tenperaturari. Tenperatura txikiko lurrungailutik irteten den jariakina beste lurrungailua dagoen presioraino konprimitzen da. Bi korrontek nahasi egiten dira, eta bero-galerarik gabe, nahastea kondentsagailuak duen presioraino konprimitzen da. Bi konprimagailuen errendimendu adierazia eta mekanikoa, hurrenez hurren, 0,9 eta 0,93 direla kontuan izanda:

3. Marraz itzazu instalazioaren eskema eta P-h irudiko puntu esanguratsuak.
4. Lortu bi bero-trukagailuetako jariakin hozgarriaren emariak, kg/s-tan adierazita.
5. Kalkulatu jariakinaren konpresioan erabiltzen den potentzia (kW-tan) eta kondentsazio-potentzia (kW-tan).

### **Aire hezea + Hozte-makinak 4**

6°C-an dagoen eta % 80 hezetasun erlatiboa duen aire hezea girotu egin behar da. Azkenean, 28°C-an egon behar du. Prozesu guztia 1 atm-n gertatzen da. Irteeran beste baldintza bat bete behar du aire hezeak: ur-lurrun kantitateak 30 kg/h izan behar du. Hori prozesu isobariko batzuen bidez lortzen da:

- A. Erresistentzia elektrikoak erabiliz 36 °C-raino berotu eta ondoren adiabatikoki ase.
- B. Bigarrenez erresistentzien bidez berotu.
- C. Ur likido beroarekin, 50 °C-an, nahasi egiten da eta jarraian ur-lurrunarekin, 220 °C-an. Nahaste horien baldintza bakarra hauxe da: bai nahaste batean bai bestean gehitzen den ura berdina izatea.

Instalazio osoan zehar doan aire lehorra 2000 kg/h-koa dela kontuan izanik:

1. Irudikatu instalazioaren eskema eta prozesu guztiak Mollier diagraman, puntuak zehatz-mehatz adieraziz.
2. Lortu aireari eman behar zaion potentzia (kcal/h) eta gehitu behar zaion ura (kg/h).
3. Lurruna erabiltzerik ez balego, lehengo ur likidoa (50 °C-an) baino ezin izango genuke erabili. Zehaztu prozesu berria Mollier diagraman eta kalkulatu bigarren puntuan eskatzen dena.

Klimatizazio-instalazio horren berokuntza-betebeharrak asetzeko, hozte-makina bat erabiltzen da. Hozte-makina horrek termoponpa-lana egiten du, eta lortu behar duen potentziak airea berotzeko kalkulatu duzuen potentziaren adinakoa behar du izan.

Hozte-zikloko jariakin hozgarria amoniakoa da; konpresio bikoitza du, tartean hozten dela, eta 2 atm-tik 20 atm-ra tartean lan egiten du.

Lurrungailuko irteeran amoniakoa lurrun ase da, eta konpresore alternatibo batera doa (errendimendu adierazia, 0,95); lurruna 6 atm-raino konprimitzen da, eta berriro lurrun ase izan arte hozten. Gero, errendimendu isoentropiko 0,95 duen konpresore zentrifugo batera doa kondentsagailuaren presioraino. Kondentsagailutik presio horri dagokion tenperatura baino 5 °C hotzago irteten da, eta zikloa ixteko ijezketa-balbulara eta -lurrungailura.

Bi konpresoreen errendimendu mekanikoa 0,98 dela kontuan harturik:

4. Irudikatu instalazioaren eskema eta adierazi P-h diagraman puntuak eta prozesua.
5. Kalkulatu jariakin hozgarriaren emaria (kg/h) eta instalazioaren efikazia.

### **Aire hezea + Hozte-makinak 5**

Hozte-instalazio bat diseinatu behar da  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an  $1000\text{ Frig/h}$  produzitzeko. Horretarako lurrungailuan zehar karbono dioxidoa  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an lurruntzen da. Jariakin hori konpresio bakarreko ziklo baten barruan dago, etekin isoentropikoa  $0,95$  izanik. Kondentsazioa  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an gertatzen da, jariakin hozgarri gisa amoniakoa erabiliz, zeina  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an lurruntzen baita. Amoniakoa beste hozte-ziklo baten barruan dago, konpresio bakarrekoa hori ere, etekin isoentropikoa  $0,9$  izanik, eta kondentsazioa  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an gertatzen da kasu horretan. Bi zikloetan kondentsazioak osoak dira, baina azpihozketarik gabe, eta instalazio osoa airez hoztu nahi dugu.

Eskatzen da:

1. Egin instalazio osoaren irudia.
2. Marraztu zikloen puntuak (P,h) irudietan.
3. Irudikatu (P,h) eta (T,S), ziklo bata bestearen gainean adierazita.
4. Lortu bi jariakinen emari masikoen arteko erlazioa.
5. Kalkulatu aireak atera behar duen potentzia termikoa.

Airea  $30^{\circ}\text{C}$ -an dago eta % 25eko hezetasun erlatiboa du. Lehenengo  $-6^{\circ}\text{C}$ -an hozten da, eta behin izotza kenduta dagokion bero-trukagailuan sartzen da, amoniakorekin izan behar duen jauzi termikorik txikiena  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -koa dela.

6. Kalkulatu instalazioa hozteko zenbat aire heze behar den (Irudian airearen eraldaketak marraztu).

### **Aire hezea + Hozte-makinak 6**

Hozte-instalazio batek 2000 Frig/h produzitu behar ditu lehenengo ganberan. Ganbera horretan produktuak  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an daude. Jariakin hozgarri  $\text{NH}_3$ -a erabiltzen da. Badago beste ganbera bat, izotza gordetzekoa,  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an. Eta bi lurrungailuetan dagoen jauzi termikorik txikiena  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  da.

Bigarren ganberatik irteten den jariakina lurrun ase da; zikloa bakuna da, eta konprimagailuaren errendimendu isoentropikoa, 0,95. Konprimagailutik 10 atm-n irten, kondentsagailuan sartu eta hortik  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  azpihozturik irteten da. Ijezketa-balbulara doa, lehenengo hozte-efektua sortzen du, eta lurrunak 0,3 titulua lortzen du; eta amaitzeko bigarren balbulatik bigarren ganberara sartzen da.

Honako hau eskatzen da:

1. Egin instalazioaren eskema, eta irudikatu zikloa P-h diagraman. Defini itzazu zikloaren puntu garrantzitsuenak diagrametan.
2. Lortu hozte-jariakinaren emaria kg/h-tan eta hozte-makinaren efikazia, kontuan izanda konpresorearen errendimendu mekanikoa 0,9 dela.

### **Aire hezea + Hozte-makinak 7**

Konpresio bikoitzeko eta espantsio bakarreko hozte-makina batek 50000 Frig/h-ko potentzia dauka, eta  $\text{NH}_3$ -a erabiltzen du jariakin hozgarri gisa. Hozgarriak  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ -tik  $40\text{ }^\circ\text{C}$ -ra bitartean egiten du lan.

Lurruna lurrungailutik  $5\text{ }^\circ\text{C}$  gainberotua irteten da, eta lehenengo konprimagailura sartzen da. Konprimagailu horren errendimendu isoentropiko eta mekanikoak 0,87 eta 0,9 dira, hurrenez hurren, eta 6,1 atm-raino konprimitzen du. Ondoren, jariakina korrontearen kontra lan egiten duen bero-trukagailu batera sartzen da. Trukagailu horren efektu erabilgarria ura berotzea da, eta urak hartzen duen potentzia 5860 kcal/h da. Lurrunak, gero, beste konprimagailura sartu (errendimendu isoentropikoa eta mekanikoak 0,85 eta 0,9 dira, hurrenez hurren), urez hoztutako kondentsagailuaren presioraino konprimitu, eta  $5\text{ }^\circ\text{C}$  gainasea irteten da kondentsagailutik.

Egin beharrekoak:

1. Egin ezazu instalazioaren eskema.
2. Irudikatu zikloa T-s eta P-h diagrametan. Defini itzazu zikloaren puntu garrantzitsuenak diagrametan.
3. Lortu amoniakoaren emaria (kg/h).
4. Kalkulatu instalazioaren hozte-efikazia.



### **Aire hezea + Hozte-makinak 8**

Hozte-instalazio bat diseinatzean kontuan hartu dira tenperatura bitan lan egiten duten bi ganberaren hozte-beharrei aurre egiteko potentziak. Jariakin hozgarri gisa amoniakoa erabiltzea erabaki da.

Amoniako guztia  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  azpihozturik irteten da kondentsagailutik; ijezketa-balbulara doa, eta handik zati bat  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an dagoen lurrungailura igarotzen da. Lurrungailu horretatik amoniakoa lurrun ase bihurturik irteten eta konprimagailu alternatiboan  $15\text{ atm}$ -raino konprimitzen da. Beste zatia berriro ijeksi egiten da, eta  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ko lurrungailura sartzen da. Lurrun ase bihurturik irteten, eta beste konprimagailuan sartzen da —hori ere alternatiboa—. Bi konprimagailuetatik irteten diren lurrunak nahasi egiten dira kondentsagailuan sartu bezain laster.

Beheko lurrungailuaren potentzia  $25000\text{ Frig/h}$  da, alegia, goiko lurrungailuaren potentziaren  $2/3$ . Konprimagailuen errendimendu adierazia eta mekanikoa  $0,89$  eta  $0,95$  direla kontuan izanda:

1. Egin hozte-instalazioaren eskema eta irudikatu amoniakoaren P-h diagraman.
2. Lortu amoniako-emariak bi lurrungailuetan (kg/h).
3. Kalkulatu potentzia mekaniko osoa (kW).
4. Lortu kondentsagailuan ateratako potentzia termikoa (kW).
5. Kalkulatu hozte-makinaren efikazia.

### **Aire hezea + Hozte-makinak 9**

Jo dezagun konpresioa eta espantsioa bikoitzak dituen hozte-makina bat dugula, jariakin hozgarri gisa amoniakoa erabiltzen duena eta 220000 Frig/h-ko potentzia  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ -an produzitzeko ahalmena duena.

Jariakina kondentsagailutik  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  azpihozturik irteten da, ijetzi, eta trukagailu-burbuilagailu batera doa, presioa 7,5 atm izanik. Burbuilagailutik amoniakoak likido ase bihurturik irten eta berriro ijetzi egiten da, lurrungailuaren presioa lortu arte. Lurrungailutik  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  gainberotua irten eta lehenengo konprimagailura doa, aipatutako burbuilagailuaren presioraino eramaten duena. Konprimagailuaren errendimendu isoentropikoa eta mekanikoa 0,97 eta 0,86 dira, hurrenez hurren.

Bestalde, burbuilagailutik amoniakoak lurrun ase bihurturik irten eta beste konprimagailura (errendimendu adierazia: 0,95; eta mekanikoa: 0,87) igarotzen da. Azken horretan 18 atm-ra konprimitzen da.

Egin beharrekoak:

1. Egin instalazioaren eskema, eta irudikatu zikloa T-s diagraman.
2. Lortu beheko eta goiko konprimagailuetako amoniako-emariak (kg/h).
3. Kalkulatu bi konprimagailuen potentzia mekanikoa (kW) eta kondentsagailuaren potentzia termikoa (kcal/h).
4. Kalkulatu efikaziak, bai hozte-makinarena bai termoponparena.

### **Aire hezea + Hozte-makinak 10**

Konpresio bikoitza duen hozte-makina batek R-12 hozgarria erabiltzen du, eta lurrungailu bi ditu, nagusia eta laguntzailea. Hozkarriak betetzen duen zikloa hauxe da:

Lurrungailu nagusitik 1 atm-n irteten da,  $X = 1$  tituluarekin, eta 2 °C gainberotu egiten da bero-trukagailu batean; ondoren, behe-konprimagailura doa. Konprimagailu horren errendimendu isoentropikoa eta mekanikoa 0,9 eta 0,95 dira, hurrenez hurren, eta 3 atm-ra konprimatzen du hozgarria.

Bigarren bero-trukagailuan lurrun asean lortu arte hoztu, eta goi-konprimagailura doa 10 atm-raino, errendimendu isoentropikoa eta mekanikoa 0,85 eta 0,9 direla, hurrenez hurren.

Kondentsagailutik irten eta, lehenengo bero-trukagailuan lortzen duen azpihozketa gain, 3 °C-ko azpihozketa lortzen da.

Lehenengo ijezketa-balbulatik tarteko presioan irteten da, eta lurrungailu laguntzailean sartzen; han,  $x = 0,6$  titulua lortu arte berotzen da, eta lehenengo hozte-efektua sortzen du.

Bigarren ijezketaren ondoren lurrungailu nagusian sartzen da, eta 10000 Frig/h-ko potentzia lortzen da.

Egin beharrekoak:

1. Egin ezazu instalazioaren eskema.
2. Irudikatu zikloa P-h eta T-S diagrametan.
3. Kalkulatu bi bero-trukagailuen potentziak.
4. Lortu bi lurrungailuen potentziak.
5. Kalkulatu potentzia mekaniko osoa.
6. Lortu kondentsagailuan utzitako potentzia.
7. Adierazi COPak, hozte-makinarena eta termoponparena.

## **2.- EMAITZAK**



### **Eroankortasun termikoa 1**

1.  $q = 648 \text{ W/m}^2$
2.  $\lambda_A = 0,72 \text{ W/m K}$  ;  $\lambda_B = 0,86 \text{ W/m K}$
3.  $T_{\max} = T_1 = 589,5^\circ\text{C}$
4.  $\alpha_i = 4,97 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  ;  $\alpha_o = 14,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

### **Eroankortasun termikoa 2**

1.  $\theta_{x=0,2} = 444,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
 $\theta_{x=0,8} = 403,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
 $\theta_{x=0,59} = 344,9 \text{ }^\circ\text{C}$ .
2.  $\dot{q}_{x=0,2} = 7,853 \text{ W/m}^2$   
 $\dot{q}_{x=0,8} = -12,306 \text{ W/m}^2$

### **Eroankortasun termikoa 3**

1.  $t = 4,5 \text{ min}$ .
2.  $\theta_s = 764 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **Eroankortasun termikoa 4**

1.  $e = 10 \text{ cm}$ .
2.  $\theta_1 = -0,1 \cdot \left( \frac{25 \cdot x^3}{6} + \frac{125 \cdot x^2}{2} \right) + 98,33$  *x metrotan sartuta*  
 $\theta_2 = -150 \cdot x + 370$   
 $\theta_{x=0} = 98,33 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
 $\theta_{x=2} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
 $\theta_{x=2,1} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Eroankortasun termikoa 5**

1. A)  $t = 39,6 \text{ s}$   
B)  $t = 315 \text{ s}$
2. A)  $\theta_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
B)  $\theta_0 = 206,35^\circ\text{C}$ .

**Eroankortasun termikoa 6**

- $$\theta_1 = -x^2 + 57,5$$
1. *x metroan sartuta*  
$$\theta_2 = -\frac{x^3}{6} + \frac{3 \cdot x^2}{2} - 7,5 \cdot x + 62$$
  2.  $\dot{q} = 75 \text{ W/m}^2$

**Eroankortasun termikoa 7**

1. A)  $\bar{\alpha} = 26,25 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$   
B)  $\dot{q} = 1443,75 \text{ kcal/h m}^2$
2. A)  $\theta_s \cong \theta_a = 4^\circ\text{C}$   
B)  $q_p \cong q_i \cong 546,94 \text{ kcal/m}^2 \text{ hormako alde bakoitzetik}$

**Eroankortasun termikoa 8**

- $$\theta_A = 1,25 \left( \frac{x^3}{6} - \frac{x^2}{2} \right) + 51,03$$
1. *x metroan sartuta*  
$$\theta_B = -1,25x + 51,87$$
  
$$\theta_C = 2,5 \left( \frac{x^3}{6} - \frac{3 \cdot x^2}{2} \right) + 8,75x + 43,5$$
  2.  $\dot{q} = 116 \text{ W/m}^2$

**Eroankortasun termikoa 9**

A. -  $\bar{\alpha} = 4,57 \text{ kcal} / \text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $\theta_p = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$

B. -  $v = 27 \text{ m/s}$   
 $\dot{q} = 276,36 \text{ kcal} / \text{h m}^2$

**Eroankortasun termikoa 10**

1.  $\theta_A = 100 \cdot x + 145$   $x$  metroan sartuta

$\theta_B = 50/3 x^3 - 100 \cdot x^2 + 200 \cdot x + 145$   $x$  metroan sartuta

2.  $\theta_{x=-1} = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\theta_{x=0} = 145 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\theta_{x=2} = 278,33 \text{ } ^\circ\text{C}$

3.  $\dot{q} = 4000 \text{ W/m}^2$



### **Konbekzioa 1**

1.  $\bar{\alpha} = 20,7 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
2.  $v = 2,96 \text{ m/s}$
3.  $\dot{Q}_{\text{Konbekzio}} = 2894,5 \text{ W}$
4.  $\bar{\alpha}' = 3,5 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
5.  $\dot{Q}'' = 6716 \text{ W}$

### **Konbekzioa 2**

1.  $\bar{\alpha} = 14,5 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$
2.  $\theta_s = 200 \text{ }^\circ\text{C}$
3.  $\bar{\alpha}' = 1773 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

### **Konbekzioa 3**

1.  $\bar{\alpha}_i = 3285 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
2.  $L = 4,44 \text{ m}$
3.  $\theta_{Is} = 70,3 \text{ }^\circ\text{C}$

### **Konbekzioa 4**

1.  $\dot{Q} = 3,02 \text{ kW}$
2.  $\theta_{si} = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$
3.  $\dot{Q}' = 508,3 \text{ W}$

### **Konbekzioa 5**

$$S = 4,81 \text{ m}^2$$

### **Konbekzioa 6**

1.  $S = 2,84 \text{ m}^2$

2.  $\varepsilon = 0,52$

### **Konbekzioa 7**

1.  $\frac{d^2\theta}{dx^2} - \frac{4\alpha}{\lambda D}(\theta - \theta_a) + \frac{\dot{q}}{\lambda} = 0 \Rightarrow \theta = 220 - 50[e^{\sqrt{6}\cdot x} + e^{-\sqrt{6}\cdot x}]$

2.  $\theta_{(x=-0,5)} = \theta_{(x=0,5)} = 35,1 \text{ }^\circ\text{C}$

3.  $\bar{\theta} = 93,05 \text{ }^\circ\text{C}$

4.  $v = 3,8 \text{ m/s}$

5.  $\dot{Q}_x = 299,1 \text{ W}$

### **Konbekzioa 8**

1.  $Q_T = 2356,4 \text{ W}$

2.  $Q_T = 1255 \text{ W}$

3.  $Q_{\text{konbekzioz}} = 1644,7 \text{ W}$

$Q_{\text{erradiazioz}} = 355,3 \text{ W}$

### **Konbekzioa 9**

$Q = 104,4 \text{ W/m}$

### **Konbekzioa 10**

1.  $\alpha_i = 1,96 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

$\alpha_o = 3,71 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$

2.  $q_{\text{konb}} = 5,4 \text{ W/m}^2$

3.  $T = 103,7 \cdot x + 18,04 \quad T_{x=0,2} = 38,8^\circ\text{C}$

**Erradiazioa + Errekuntza 1**

$$\dot{Q}_{1\leftrightarrow 2} = 12370 \text{ W}$$

**Erradiazioa + Errekuntza 2**

$$\dot{q}_{1\leftrightarrow 2} = 125 \text{ kW/m}$$

**Erradiazioa + Errekuntza 3**

1.  $T_3 = 1160 \text{ K}$
2.  $\dot{q}_{1\leftrightarrow 2} = -9825 \text{ W/m}^2$
3.  $R = \frac{\dot{q}_{1\leftrightarrow 2}}{\dot{q}'_{1\leftrightarrow 2}} = 0,112$

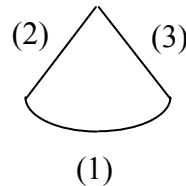
**Erradiazioa + Errekuntza 4**

$$\frac{Q_{1\leftrightarrow 2A}}{Q_{1\leftrightarrow 2B}} = 1,639$$

$$\frac{Q_{1\leftrightarrow 2A}}{Q_{1\leftrightarrow 2C}} = 1,977$$

**Erradiazioa + Errekuntza 5**

1.  $\dot{q}_2 = 369,5 \text{ kW} / m$
2.  $F_{11} = 0,36$      $F_{12} = 0,32$      $F_{13} = 0,32$   
 $F_{21} = 0,5$      $F_{22} = 0$      $F_{23} = 0,5$   
 $F_{31} = 0,5$      $F_{32} = 0,5$      $F_{33} = 0$
3.  $\dot{q}'_2 = 369465 \text{ kW} / m$



### Erradiazioa + Errekuntza 6

$$V_{CO_2} = 2,185 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Erregai}$$

$$V_{CO} = 0,209 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Erregai}$$

$$V_{H_2} = 0,209 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Erregai}$$

$$V_{CH_4} = 0,104 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Erregai}$$

$$V_{H_2O} = 3,08 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Erregai}$$

$$V_{O_2} = 0,655 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Erregai}$$

$$V_{N_2} = 17,586 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Erregai}$$

### Erradiazioa + Errekuntza 7

$$P_{CO_2} = \frac{N_{CO_2}}{N_{KeTotalak}} \cdot P = \frac{N_{CO_2}}{N_{KeLehorrak}} \cdot \frac{N_{KeLehorrak}}{N_{KeTotalak}} \cdot P = \frac{0,093}{1,115} \cdot 112 \cdot 10^3 = \boxed{100,1 \text{ mbar}}$$

$$P_{N_2} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot (100,1 + 326 + 123,3) = \boxed{650,6 \text{ mbar}}$$

edota

$$P_{N_2} = \frac{N_{N_2}}{N_{KeLehorrak}} \cdot \frac{N_{KeLehorrak}}{N_{KeTotalak}} \cdot P = \frac{0,604}{1,115} \cdot 1,2 \cdot 10^3 = 650,6 \text{ mbar}$$

### Erradiazioa + Errekuntza 8

- A.  $18780 \text{ W/m}^2$
- B.  $T_3 = 851,2 \text{ K}$  ;  $T_4 = 826,7 \text{ K}$  ;  $q_{1 \leftrightarrow 2} = 2446,7 \text{ W/m}^2$
- C.  $m = 1,91$

**Erradiazioa + Errekuntza 9**

1.  $m = 0,92$
2.  $\dot{Q} = 106,4 \text{ kW/m}$
3.  $\theta = 1217 \text{ }^\circ\text{C}$

**Erradiazioa + Errekuntza 10**

1.  $F_{11} = 0$                        $F_{12} = 0,167$                        $F_{1R} = 0,833$   
 $F_{21} = 0,005$                        $F_{22} = 0$                                $F_{2R} = 0,995$   
 $F_{R1} = 0,0079$                        $F_{R2} = 0,301$                        $F_{RR} = 0,691$
2.  $\dot{Q}_{1\leftrightarrow 2} \approx 8550 \text{ [W/m]}$
3.  $T_R = 732,2 \text{ K}$

**Aire hezea + Hozte-makinak 1**

3.  $\dot{m}_a = 0,72 \text{ kg}_{\text{Aire Lehor}}/\text{h}$   
 $\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}_{\text{lurrun}}/\text{h}$
4.  $\dot{Q}_1 = 3,40 \text{ kcal/h}$   
 $\dot{Q}_2 = 1,66 \text{ kcal/h}$

**Aire hezea + Hozte-makinak 2**

2.  $x_5 = 8,2 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\text{Aire Lehor}}$      $h_5 = 12,4 \text{ kcal}/\text{kg}_{\text{Aire Lehor}}$      $q = 11,4 \text{ kcal}/\text{kg}_{\text{Aire Lehor}}$
3.  $\dot{m}_a = 0,89 \text{ kg}_{\text{Aire Lehor}}/\text{h}$      $\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = 8,54 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{h}$

**Aire hezea + Hozte-makinak 3**

2.  $\text{Pot} = 60,4 \text{ kW}$  ;  $\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = 30,4 \text{ g/s}$
4.  $G_I = 0,0268 \text{ kg/s}$  ;  $G_{II} = 0,0088 \text{ kg/s}$
5.  $\text{Pot}_{\text{Konpresioa}} = 9,4 \text{ kW}$  ;  $\text{Pot}_{\text{Kondentsazioa}} = 47,3 \text{ kW}$

**Aire hezea + Hozte-makinak 4**

2.  $\text{Pot} = 21740 \text{ kcal/h}$  ;  $\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = 20 \text{ kg/h}$
3.  $\text{Pot} = 23350 \text{ kcal/h}$
5.  $G = 77,95 \text{ kg/h}$  ;  $\varepsilon = 3,47$

**Aire hezea + Hozte-makinak 5**

4.  $G_{\text{CO}_2} / G_{\text{NH}_3} = 3,96 [-]$
5.  $\text{Pot}_{\text{NH}_3 \text{ kondentsadorea}} = 1,713 \text{ kW}$

**Aire hezea + Hozte-makinak 6**

2.  $\dot{m}_{\text{NH}_3} = 38 \text{ kg/h}$      $\varepsilon_F = 2,47$

**Aire hezea + Hozte-makinak 7**

3.  $\dot{m}_{NH_3} = 193 \text{ kg / h}$

4.  $\varepsilon_F = 2,44$

**Aire hezea + Hozte-makinak 8**

2.  $\dot{m}_A = 139,33 \text{ kg / h}$   
 $\dot{m}_B = 95 \text{ kg / h}$

3.  $\dot{W}_{TOTALA} = 18,5 \text{ kW}$

4.  $\dot{W}_{KOND} = 88,2 \text{ kW}$

5.  $\varepsilon_F = 3,92$

**Aire hezea + Hozte-makinak 9**

2.  $\dot{m}_B = 791,36 \text{ kg / h}$

3.  $\dot{W}_{KONP\_A} = 48,91 \text{ kW}$   
 $\dot{W}_{KONP\_B} = 73,72 \text{ kW}$   
 $\dot{W}_{KOND} = 309455 \text{ kcal / h}$

4.  $\varepsilon_F = 2,08$   
 $\varepsilon_T = 2,92$

**Aire hezea + Hozte-makinak 10**

3.  $\dot{Q}_1 = 464 \text{ W}$  ;  $\dot{Q}_2 = 1365 \text{ W}$

4.  $\dot{Q}_{nagusia} = 11600 \text{ W}$  ;  $\dot{Q}_{laguntzailea} = 10914 \text{ W}$

5.  $\dot{W}_{OSOA} = 12797 \text{ W}$

6.  $\dot{Q}_{kond} = 32782 \text{ W}$

7.  $\varepsilon_F = 1,76$   
 $\varepsilon_T = 2,56$