

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona
ETSEIB
Laboratori de Termotècnia

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament de Màquines i Motors Tèrmics

Climatització

Conceptos básicos y condiciones de diseño

R. Ruiz

Climatització: Condicions de Disseny

Índice

- 1.- Conceptos básicos de climatización**
- 2.- Instalaciones de climatización residencial y comercial**
 - 2.1.- Normativa de referencia
 - 2.2.- Condiciones interiores de diseño
 - 2.3.- Ventilación
 - 2.4.- Condiciones exteriores de diseño
- 3.- Instalaciones de climatización industrial**

rafael.ruiz@upc.edu

Volver 3

Climatització: Condicions de Disseny

Conceptos básicos en climatización

Variable o parámetro de control	Tecnología utilizada
Temperatura del aire	Calefacción / Refrigeración
Humedad del aire (contenido vapor de agua)	Humidificación / Deshumidificación
Calidad o pureza del aire (presencia partículas o gases)	Ventilación / Filtrado
Velocidad del aire (zonas ocupadas)	Difusión del aire
Nivel acústico interior (generado por la propia instalación)	Adecuada selección / insonorización de equipos

Sistemas básicos de climatización de locales

Inglés	Español	Finalidad
Heating (H)	Calefacción (C)	Calentar aire
Ventilating (V)	Ventilación (V)	Renovar aire
Air-Conditioning (AC)	Refrigeración (R)	Enfriar aire (Aire Acondicionado)
HVAC	Climatización (CVR)	1) Control temperatura aire (calentar, enfriar) 2) Control humedad aire (humidificar, deshumidificar) 3) Control calidad aire (ventilación / filtrado) 4) Control velocidad aire en local 5) Control acústico en local

rafael.ruiz@upc.edu

Volver 4

Climatització: Condicions de Disseny

Instalaciones de climatización

Instalaciones según actividad del local

1. Climatización residencial y comercial (climatización de confort):
Viviendas, oficinas, edificios comerciales y públicos, hoteles, hospitales, transporte (vehículos, barcos, aviones), ...
2. Climatización industrial
Laboratorios, naves industriales, salas blancas, instalaciones nucleares, ...

Instalaciones según fluido transmisor

1. Sistemas por agua
2. Sistemas por aire
3. Sistemas aire-agua
4. Sistemas por refrigerante

rafael.ruiz@upc.edu

Volver 5

Climatización: Condiciones de Diseño

Climatiz. Residencial y comercial

Normativa de referencia

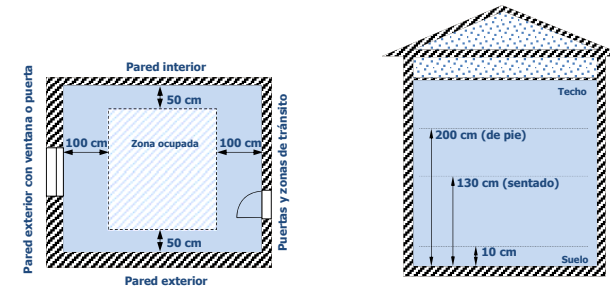
Parámetro	Normativa	Valor de diseño según normativa
Temperatura interior	RITE / ISO 7730	Tabla 'Condiciones interiores'
Temperatura exterior	-	Tabla 'Condiciones exteriores'
Ventilación	CTE DB-HS / RITE	Tabla 'Ventilación'
Nivel sonoro	CTE DB-HR / Ordenanzas	Tabla 'Ruido y vibraciones'

- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y sus Documentos Básicos asociados y sus posteriores revisiones.
- Normas UNE relacionadas en el CTE o los Documentos Básicos anteriores o, si fuera el caso, normas UNE posteriores que deroguen, actualicen o modifiquen las citadas normas.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (IT), según Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio y sus posteriores revisiones.
- ISO 7730 (2005): Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices PMV y PPD y especificaciones de las condiciones para el bienestar térmico.

Climatización: Condiciones de Diseño

Zona ocupada

Las condiciones de diseño deben ser mantenidas dentro de la zona ocupada del recinto, según la figura adjunta (fuera de la zona de ocupación, los criterios de bienestar no pueden garantizarse)



Climatización: Condiciones de Diseño

Condiciones interiores de diseño

Ref : RITE / Real decreto 1027/2007 de 20 julio (actualizado a 2016)

Tipo edificio	Estación	Temperatura	HR	Ref RITE
General	Verano	23 – 25 °C	45 – 60 %	IT 1.1.4.1.2
	Invierno	21 – 23 °C	40 – 50 %*	
Piscinas cubiertas climatizadas		Agua : 24 – 30 °C Aire : $T_{agua} + 1 \square 2$ °C Aire : $T_{max} = 30$ °C	< 65 %	IT 1.1.4.1.2 IT 1.1.4.3.2

* Si se realiza control de HR en invierno, puede requerirse la utilización de humidificadores para mantener este nivel de HR

Climatización: Condiciones de Diseño

Valores usuales de cálculo

Tipo edificio	Estación	Temperatura	HR
General	Verano	24 °C	50 %
	Invierno	20 °C	50 % *
Piscinas cubiertas climatizadas		Agua : 26 °C Aire : 28 °C	65 %

* Si se realiza control de HR en invierno, puede requerirse la utilización de humidificadores para mantener este nivel de HR

Climatización: Condiciones de Diseño

Ahorro energético en Inst. de Clim.

Limitación de temperatura interior

Ref.: Real decreto 1826/2009 de 27 noviembre (modificación del RITE)

Tipo edificio (*)	Estación	Temperatura	HR
Administrativo Comercial Pública concurrencia	Verano	$T_{min} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$	30 - 70 %
	Invierno	$T_{max} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$	30 - 70 %

(*) Comercial

Tiendas, supermercados, grandes almacenes, centros comerciales y similares

Pública concurrencia

Culturales : teatros, cines, auditorios, centros de congresos, salas de exposiciones y similares

Establecimientos de espectáculos públicos y actividades recreativas

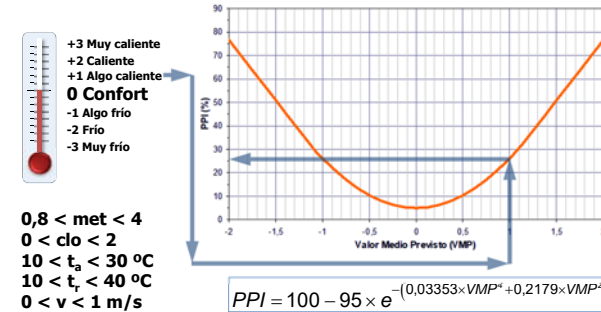
Restauración : bares, restaurantes y cafeterías

Transporte de personas : estaciones y aeropuertos

Climatización: Condiciones de Diseño

Parámetros ambientales

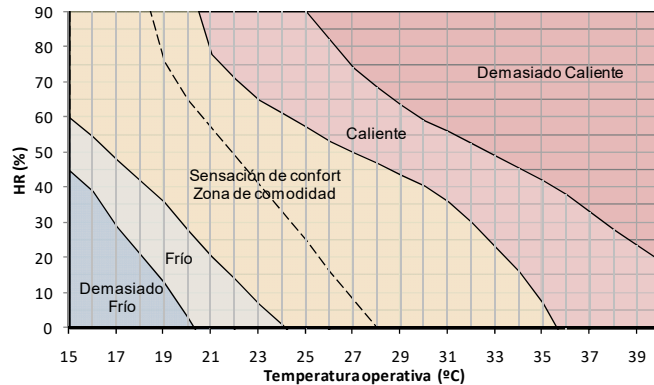
- o Escala VMP (PMV): Valor Medio Previsto
- o Escala PPI (PPD): Porcentaje de Personas Insatisfechas



Climatización: Condiciones de Diseño

Parámetros ambientales: T y HR

ZONA de CONFORT



Climatización: Condiciones de Diseño

Ruido y vibraciones

Equipo	$L_w \text{ max [dB]}$
Calderas	$70,28125 + 10 \cdot \log(V) - 10 \cdot \log(T)$
Bombas	$70,125 + 10 \cdot \log(V) - 10 \cdot \log(T)$
Rejillas y difusores	$L_w(\text{tabla A}) + 10 \cdot \log(V) - 10 \cdot \log(T) - 14$

L_w Nivel potencia acústica [dB]
 V Volumen del recinto [m^3]
 $T = 0,16 \cdot V/A$ Tiempo reverberación recinto [s]
 A Absorción acústica total del recinto [m^2]

Uso	Tipo recinto	$L_w \text{ max [dB]}$
Sanitario	Estancias	35
	Dormitorios y quirófanos	30
	Zonas comunes	40
Residencial	Dormitorios y estancias	30
	Zonas comunes y servicios	50
	Despachos profesionales	40
Administrativo	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
	Aulas	40
Docente	Sala lectura y conferencias	35
	Zonas comunes	50
	Cines y teatros	30
Cultural	Cines y teatros	30
	Salas de exposiciones	45
Comercial	Salas de exposiciones	50

Climatización: Condiciones de Diseño

Ruido y vibraciones

Tabla 2.1 (DB-HR) Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{n,w,er}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d .

Índice de ruido día L_d (dBA)	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario, docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

El valor del índice de ruido día, L_d , puede obtenerse en las administraciones o mapas acústicos

Climatización: Condiciones de Diseño

Ventilación

El caudal de aire exterior a introducir de un local viene fijado por normativa, en función de la actividad de local:

- Tabla 2A: Viviendas, almacenes de residuos, trasteros, aparcamientos y garajes (CTE-HSE)

Viviendas, almacenes de residuos, trasteros, aparcamientos y garajes (HS-3, tabla 2.1 y 2.2)					
Tipo de vivienda	Caudal mínimo(q_v , en l/s)				
	Locales secos (1) (2)			Locales húmedos (2)	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 ó más dormitorios	8	4	10	33	8

Locales	Caudal mínimo(q_v en l/s)	
	Por m ² útil	Otros parám.
Trasteros y zonas comunes	0,7	
Aparcamientos y garajes		120 por plaza
Almacenes de residuos	10	

- (1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte el mayor caudal
 (2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente
 (3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con sus usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Climatización: Condiciones de Diseño

Ventilación

- Tabla 2B : Resto de edificios residenciales y comerciales con actividad humana (RITE)

Categoría	Método de cálculo			
	dm ³ /persona (1)	Decipols (dp) (2)	Conc CO ₂ (ppm) (3)	dm ³ /s/m ² (4)
IDA 1	20	0,8	350	-
IDA 2	12,5	1,2	500	0,83
IDA 3	8	2	800	0,55
IDA 4	5	3	1200	0,28

- IDA 1: Aire de calidad óptima (hospitales, laboratorios,...)
 IDA 2: Aire de buena calidad (oficinas, residencias, aulas, ...)
 IDA 3: Aire de media calidad (cines, restaurantes, gimnasios,...)
 IDA 4: Aire de baja calidad
 (1) Para locales donde esté permitido fumar, estos caudales se habrán de multiplicar, como mínimo, por 2
 (2) Calidad del aire percibido, método olfativo, según informe CR-1752
 (3) Concentración de CO₂ (en partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior
 (4) Para locales no dedicados a ocupación humana permanente
 NOTA: En hospitales y clínicas son válidos los valores de la norma UNE-100713

Climatización: Condiciones de Diseño

Criterios para el caudal de ventilación

Además del tipo de actividad del local que marcará la categoría (IDA 1 a IDA 4), existen 4 criterios para definir el caudal de aire:

- Por ocupación: l/s persona
- Por superficie: l/s m²
- Por calidad del aire interior: dp
- Por calidad del aire interior: concentración CO₂

Usualmente se utilizan los dos primeros criterios (ocupación y superficie), adoptando el mayor caudal de los dos valores calculados. Si bien, para la regulación del caudal que si trata, se utiliza el 4º método, en base a la concentración de CO₂.

Climatización: Condiciones de Diseño

Ejemplo 1 : Ventilación Oficina

Un local de oficinas (IDA 2) de 100 m² con 10 personas permite calcular dos caudales de ventilación:

- Ocupación : 12,5 x 3,6 x 10 p = 450 m³/h
- Superficie : 0,83 x 3,6 x 100 m² = 300 m³/h

El caudal de ventilación deberá ser de 450 m³/h.

(usualmente la ocupación es el parámetro que acostumbra a fijar el caudal de aire de ventilación)

Climatización: Condiciones de Diseño

Ejemplo 2 : Ventilación Laboratorio

Para un laboratorio (IDA 1) de 100 m² (altura 3,0 m) con 2 personas, el caudal de ventilación puede calcularse como :

- Volumen del local : 100 x 3,0 = 300 m³
 - Ocupación : 20,0 x 3,6 x 2 p = 144 m³/h
 - Superficie : No se utiliza como criterio de cálculo según RITE
- En este caso solamente la ocupación fija el caudal de aire.*

En locales de baja ocupación, un criterio práctico para verificar si la ventilación asegura el nivel de calidad de aire en toda la superficie, es utilizar el número de renovaciones de aire de ventilación (NR) :

$$NR_{min} = \frac{\text{Caudal aire de ventilación}}{\text{Volumen del local}} = 1,0 \text{ renov/h}$$

El caudal de aire elegido finalmente sería de 300 m³/h.

Climatización: Condiciones de Diseño

Condiciones exteriores de diseño

Datos climatológicos exteriores necesarios de una ciudad

- Calefacción: Datos climáticos de invierno (dic., ene., feb.)
- Refrigeración: Datos climáticos de verano (jun., jul., ago., sept.) (recogidos por estaciones meteorológicas durante mínimo 10 años)

Acostumbran a presentarse como temperaturas exteriores con un determinado *nivel percentil* (frecuencia horaria) mensual, estacional o anual, definido como *el % del número de horas durante las cuales la temperatura exterior medida es igual o superior al valor indicado.*

Formatos usuales de presentación de datos climáticos

Nivel percentil estacional (NPE)

- Invierno: referido a dic., ene. y feb. (90 días = 2160 h.)
- Verano: referido a jun., jul., ago. y sept. (122 días = 2928 h.)

Nivel percentil anual (NPA)

- Referido a los 365 días del año (8760 horas)

La norma UNE 100.014 (2010)

fija las condiciones exteriores de cara al diseño de instalaciones de climatización en los siguientes valores:

- *Invierno (calefacción): NPE 97,5 %*
- *Verano (refrigeración): NPE 2,5 %*

Climatización: Condiciones de Diseño

Normativa sobre datos climáticos

Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) no incluye ninguna especificación de obligado cumplimiento sobre las condiciones climatológicas exteriores de las principales ciudades que deben adoptarse para el cálculo de las instalaciones de climatización.

Normativa oficial publicada sobre datos climáticos

- Norma UNE 24045 (1959): Condiciones exteriores
- Norma UNE 100001 (1985): Climatización. Condiciones climáticas para proyectos
- Norma UNE 100001 (2001): Climatización. Condiciones climáticas para proyectos
- Guía Técnica. Condiciones climáticas exteriores del proyecto. Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2010

Desafortunadamente la casi totalidad de estas normas o guías no son completas, bien debido a su antigüedad (1959), a la ausencia de datos climáticos de gran número de ciudades (1985, 2001) o a la falta de datos climáticos concretos (NPE 97,5 % y NPE 2,5 %) de la mayoría de ciudades (Guía Técnica).

Climatización: Condiciones de Diseño

Tabla de Cond. Ext. de diseño sugerida

Datos proporcionados por la norma UNE 24045:

Verano

- Temperatura seca (DB): Aproximadamente NPE 2,5 % (Meses: junio, julio, agosto, septiembre)
- Humedad relativa (HR): Humedad relativa media coincidente con la temperatura seca de NPE 2,5 %
- Variación diurna (DT): Diferencia entre la temperatura media de las máximas y la temperatura media de las mínimas

Invierno

- Temperatura seca (DB): Aproximadamente NPE 97,5 % (Meses : diciembre, enero, febrero)

Incluye los datos de las principales ciudades españolas, exceptuando algunas localidades de las que sólo se ofrecen datos parciales (Alicante, Bilbao, Guadalajara, Orense, Oviedo y Teruel).

En la [Tabla 3](#) adjunta se incluye un resumen de las principales datos climáticos de verano e invierno de las principales ciudades de España según [norma UNE 24045](#).

Para las ciudades cuyos datos climáticos en la norma UNE 24045 son incompletos, se han incorporado los datos que aparecen en la norma UNE 100001 o en fuentes contrastadas de datos climatológicos.

Climatización: Condiciones de Diseño

Datos climáticos s/fuente: Barcelona

NORMATIVA	VERANO			INVIERNO	DATOS GEOGRÁFICOS	
	T seca DB (°C)	Hum. relativa HR (%)	Variación diurna ΔT (°C)	T seca DB (°C)	Altitud (m)	Latitud
UNE-24045	31	68	8	2	95	41º 24
UNE-10001:1985 (*)	27,8	64,4	8,4	2	8	41º 18
UNE-10001:2001	28,4	71	-	1,2	8	41º 18
GUIA IDAE (**)	30	64,6	9,2	2,7	6	41º 17
Datos CALENER (*)	27,4	100	-	5	6	-
Datos METEOCAT (Obs. FABRA)	27,2	81	-	6,2	411	41º 42

Notas: (*) Percentil del 2,5%

(**) Percentil del 1%

Climatización: Condiciones de Diseño

Datos climáticos complementarios

Día de diseño de verano

Para el cálculo de cargas de refrigeración es conveniente definir el día prototipo o de diseño de verano para una ciudad determinada.

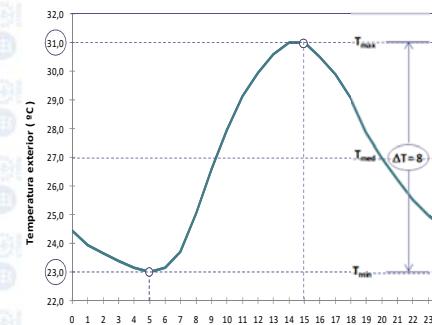
Ejemplo: Barcelona (utilizando los datos de la UNE-24045)

- **Temp. seca:** $T_{max} = 31 \text{ °C}$ (Temp máxima del día diseño)
- **Variación diurna:** $\Delta T = T_{max} - T_{min} = 8 \text{ °C}$
 $T_{min} = 31 - 8 = 23 \text{ °C}$ (Temp mínima del día diseño)
- **Temp. media:** $T_{med} = (T_{max} + T_{min}) / 2 = 27 \text{ °C}$

Adicionalmente puede estimarse la **evolución horaria de la temperatura seca exterior para el día prototipo**, utilizando el algoritmo propuesto por ASHRAE, que relaciona la fracción de la variación diurna ($f = \Delta T / \Delta T_{max}$) con la hora solar ([Tabla 4](#)).

Climatización: Condiciones de Diseño

Tabla 4: Evolución horaria de la Texterior (ASHRAE Fund. 2009)



Correlación ASHRAE (f)		Datos Barcelona : T _{max} = 31 °C / ΔT _{max} = 8 °C	
Hora solar	Fracción f	ΔT = f ΔT _{max}	T = T _{med} + ΔT
1	0,88	7,0	24,0
2	0,92	7,4	23,6
3	0,95	7,6	23,4
4	0,98	7,8	23,2
5	1,00	8,0	23,0
6	0,98	7,8	23,2
7	0,91	7,3	23,7
8	0,74	5,9	25,1
9	0,55	4,4	26,6
10	0,38	3,0	28,0
11	0,23	1,8	29,2
12	0,13	1,0	30,0
13	0,05	0,4	30,6
14	0,00	0,0	31,0
15	0,00	0,0	31,0
16	0,06	0,5	30,5
17	0,14	1,1	29,9
18	0,24	1,9	29,1
19	0,39	3,1	27,9
20	0,50	4,0	27,0
21	0,59	4,7	26,3
22	0,68	5,4	25,6
23	0,75	6,0	25,0
24	0,82	6,6	24,4

Climatización Industrial

Condiciones interiores de cálculo

Las condiciones interiores vienen fijadas por las características y exigencias ambientales del proceso industrial que se desarrolla dentro del espacio a climatizar.

No existe, en la mayoría de casos, normativa específica para cada tipo de local o proceso industrial.

La información que puede utilizarse para fijar las condiciones interiores, de cara al diseño y cálculo de instalaciones de climatización industrial, puede resumirse como:

- 1) *Condiciones ambientales mínimas para personas ocupando espacios con actividad industrial: Tabla 6 (Ref: Real Decreto 486/1997, Anexo III)*
- 2) *Condiciones interiores de diseño para distintas actividades industriales (valores orientativos): Tabla 7 y Tabla 8 (Ref: C.Pizzetti)*
- 3) *Condiciones interiores de diseño para actividades especiales (quirófanos, laboratorios, salas blancas): Normativa específica para cada caso (CEN, ISO)*

Tabla 6: Condiciones ambientales

(locales con actividad industrial)

Parámetro	Especificaciones	Margen de valores por normativa
Temperatura interior	Trabajos sedentarios (oficinas o similar)	17 a 27 °C
	Trabajos ligeros	14 a 25 °C
Humedad relativa	General	30 a 70 %
	Locales con riesgo de electricidad estática	50 a 70 %
Velocidad aire (general)	Trabajos en ambientes no calurosos	<0,25 m/s
	Trabajos sedentarios en ambientes calurosos	<0,50 m/s
	Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos	<0,75 m/s
Velocidad aire (proveniente de instal. de climatización)	Trabajos sedentarios	<0,25 m/s
	Trabajos no sedentarios	<0,35 m/s
Ventilación	Actividades contempladas en DB-HS3 y RITE	Según Norma
	Trabajos sedentarios (ambientes no calurosos, ni contaminantes por el humo del tabaco)	30 m³/h p
	Resto de casos	50 m³/h p

Tabla 7: Condiciones interiores

(instalaciones de acondicionamiento de aire de tipo industrial)

Aplicación	Verano		Invierno	
	T °C	H.R. %	T °C	H.R. %
Alimentación:				
Bicarbonato sódico	27	50	16-21	40-50
Fabricación de mantequilla	16	60		60
Cereales	16-27	38-50	16-27	35-50
Sucedáneos del café	24-27	40-45	24	40
Molinos de harina	R.A.	60	21	60
Pasta	21-27	38	21-27	38
Leche malteada	27	35-40	27	35-40
Mahonesa	24	40-50	24	40
Cultivo de hongos	13-27	75	13-27	75
Establos:				
Cría de pequeños animales	26	50	26	50
Celofanes:				
Fabricación	24-27	65	21-24	65
Enrollado y prensa	24-27	55-65	21-24	55-65
Cerámica:				
Salas de modelación	27	60	27	60
Almacenamiento arcilla	27	35-65	16-24	35-65
Sala decoración	24-27	45-50	24-27	45-50
Textilarias:				

Tabla 8: Condiciones interiores

(instalaciones de acondicionamiento textil (Radaelli))

	Temp. (°C)	Humedad relativa (%)		
		Viscosa	Acetato	Nylon/
Algodón y fibras artificiales				
Almacenamiento	—	65 y más		
	22	50/55		
	22 a 28	45/55		
Batido	22 y más	45/55		
	24	55/65		
Algodón crudo	24	50/60		
	Prep. hilado	26/30	60/65	
	Hilado	22	60/70	
Prep. tejido	20/24	70/80		
	24 y más	60/70		
Mallería	22 o más	60/80		
Algodón blanqueado:				
Cardado (otras elaboraciones con el algodón crudo)	—	Viscosa	Acetato	Nylon/
	22 y más	50 a 60	50	70 y más
	22 o más	50/55	50/60	65/75
	22 o más	50/60	50/60	60/65
	22 a 26	50/55	55/60	60/75
Flecos de corte algodonería	24	55/60	55/60	70/80
	Prep. hilado	25/30	50/65	60/70
	Hilado	20/24	60/70	60/70
Prep. tejido	20/24	60/70	60/70	65/75
	20/24	70/80	60/75	70/80