

AIRE HUMEDO

AIRE HUMEDO

- *El aire húmedo es una mezcla de aire seco y vapor de agua.*

- *El aire seco es una mezcla de gases, cuya composición química es:*
 - Nitrogeno 78,08%
 - Oxigeno 20,95%
 - Argón 0,93%
 - CO₂, CO, SO₂, SO₃, ... 0,03%
 - Otros 0,01%

AIRE HUMEDO

➤ *El Peso Molar del aire húmedo se calcula:*

$$P_{Ma.s.} = 0,78084 \cdot 28 + 0,209476 \cdot 32 + 0,00934 \cdot 39,9 + 0,0003 \cdot 44,01$$

$$P_{ma.s.} = 28.95 \text{ kg/kmol.}$$

➤ *El vapor de agua a presiones muy bajas (<0,1 bar) se comporta prácticamente como un gas ideal. Dichas condiciones se corresponden con las presiones parciales a las que se encuentra el vapor de agua en el aire húmedo, por lo que asumiremos su comportamiento como gas ideal, con un peso molecular de 18 kg/kmol.*

AIRE HUMEDO

Mezcla de aire seco y agua en estado de vapor.

Grados de libertad:

$$Z = C + 2 - F$$

C: Cantidad de componentes = 2

F: n° de fases = 1

$$Z = 3$$

Se deben fijar 3 propiedades para definir el estado de equilibrio.

PRESIONES PARCIALES

➤ **Aire húmedo es una mezcla de 2 gases:**

- Aire: ocupa un volumen ejerce una presión **Pa**
- Vapor de agua: ocupa un volumen ejerce una presión **Pv**

➤ **La presión total a la cual está sometida esa mezcla:**

$$P_{total} = P_a + P_v$$

- **Pa:** presión parcial del aire
- **Pv:** presión parcial del vapor

➤ **La presión total a la cual está sometida el aire húmedo es la Presión Atmosférica.**

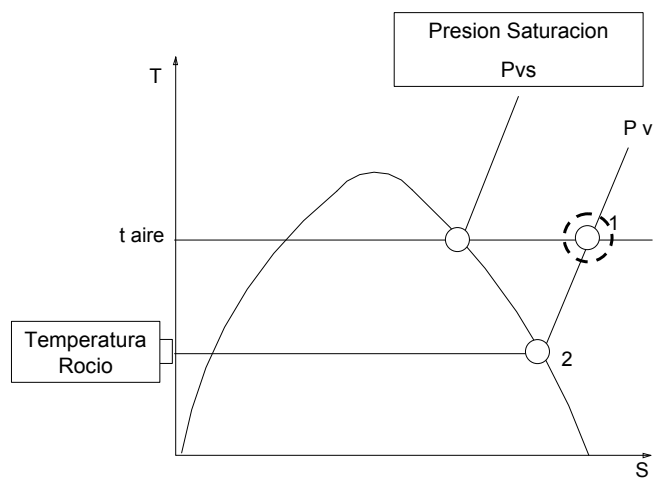
Cada una de esas Presiones Parciales ejercida por cada uno de los componentes es proporcional a la **Masa de aire** y de **Vapor de Agua**.

➤ **Presión de vapor saturado (Pvs)**

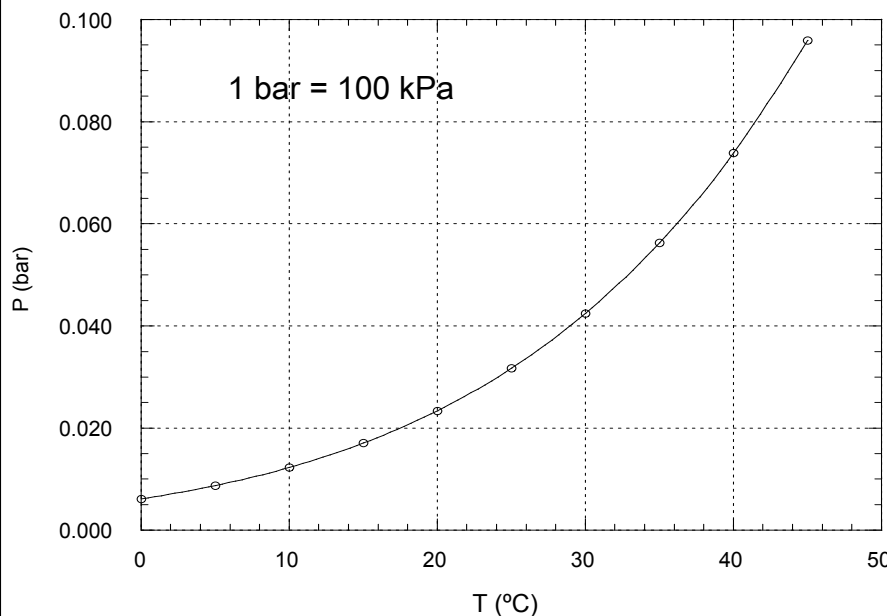
Es la presión que ejerce la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener el Aire Húmedo en determinadas condiciones de Temperatura y Presión Total.

$$P_{total} = P_a + P_v$$

Representación del **estado del vapor de agua** en el aire



PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA EN SATURACIÓN



AIRE HUMEDO

Mezcla de aire seco y agua en estado de vapor.

Grados de libertad:

$$Z = C + 2 - F$$

C: Cantidad de componentes = 2

F: n° de fases = 1

$$Z = 3$$

Se deben fijar 3 propiedades para definir el estado de equilibrio.

ECUACION PARA GASES IDEALES

$$P * V = m * R * T$$

Donde:

V: Volumen

P: Presión

m: Masa

R: Constante Particular de los Gases

T: Temperatura [°K]

➤ Las constantes particulares:

▪R aire seco

R a = 28,40 Kgm /kg °K

▪R aire húmedo

Rah = 29,27 Kgm /kg °K

VOLUMEN ESPECIFICO DEL AIRE HUMEDO

m³ de aire húmedo por masa de aire seco. Se puede calcular aplicando la ecuación de los gases perfectos, calculando el peso molecular medio del aire húmedo.

Aire: $P_{aire} * V = m_{aire} * R_{aire} * T$

Vapor de agua : $P_{vap} * V = m_{vap} * R_{vap} * T$

Sumando:

$$(P_{aire} + P_{vap}) * V = (m_{aire} * R_{aire} + m_{vap} * R_{vap}) * T$$

$$P_{total} = P_{aire} + P_{vapor}$$

$$V_{ah} = (R_{aire} + X * R_{vap}) * T / P \quad \{ m^3 / Kg \text{ as} \}$$

$$V_{aire} = R_{aire} * T / P \quad \{ m^3 / Kg \text{ as} \}$$

DENSIDAD DEL AIRE HUMEDO

$$\text{aire húmedo} \quad V_{ah} = (R_{aire} + X * R_{agua}) * T / P$$

$$\text{aire seco} \quad V_{aire} = R_{aire} * T / P$$



Vol. aire húmedo > Vol. del aire seco

densidad aire húmedo < densidad del aire seco

El aire a medida que se va cargando de humedad asciende

HUMEDAD ABSOLUTA (X)

Humedad absoluta o simplemente humedad, es la masa de agua que existe por cada 1 kg de aire seco. Se representará por X.

$$X = \frac{M_v}{M_{as}} \quad \begin{array}{l} \text{[kg de agua]} \\ \text{[kg de aire seco]} \end{array}$$

- Aire: $\frac{P_{aire} * V}{R_{aire} * T} = M \text{ aire seco}$
- Vapor de agua : $\frac{P_{vap} * V}{R_{vap} * T} = M \text{ vapor agua}$

HUMEDAD ABSOLUTA (X)

$$X = \frac{M_v}{M_{as}} = \frac{P_{vapor} * R_{vap}}{P_{aire} * R_{aire}} = 0.622 \frac{P_{vapor}}{P_{aire}}$$

$$P_{total} = P_{aire} + P_{vapor} \quad P_{aire} = P - P_{vapor}$$

$$X = 0.622 \frac{P_{vapor}}{P - P_{vapor}} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

- Aire: $R_{vapor} = 0.4615 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{K}$
 $R_{aire} = 0.2870 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{K}$
- Peso Molar: $PM_{vap} = 18 \text{ Kg/Kmol}$
 $PM_{aire} = 28.95 \text{ Kg/Kmol}$

HUMEDAD DE SATURACIÓN (Xs)

Un aire está saturado cuando la presión parcial del vapor de agua que contiene es igual a la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura del aire. En otras palabras es la "Máxima cantidad de agua que puede contener el Aire Húmedo en determinadas condiciones de Presión y Temperatura".

La humedad absoluta era:

$$X = 0.622 \frac{P_{vapor}}{P - P_{vapor}} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

Reemplazando la Presión de vapor por la Presión de Saturación, la "**humedad de saturación**" será:

$$X_s = 0.622 \frac{P_{vapor\ sat}}{P - P_{vapor\ sat}} = 0.622 \frac{P_{vs}}{P - P_{vs}}$$

HUMEDAD RELATIVA

Relación entre el vapor de agua contenido en una determinada cantidad de aire y el que éste contendría si estuviese saturado a una determinada temperatura.

$$\text{HR} \text{ o } \Phi = \frac{P_v}{P_{vs}}$$

Pv: Presión parcial del vapor de agua existente en el aire húmedo

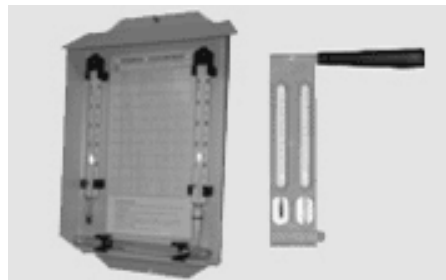
Pvs: Presión de saturación a la misma temperatura

HUMEDAD RELATIVA

La determinación de la humedad relativa de la atmósfera se hace mediante los psicrómetros y los higrómetros.



HIGROMETROS



PSICROMETRICOS

GRADO DE SATURACIÓN

Es la relación existente entre la humedad absoluta del aire X, y la humedad absoluta correspondiente al aire saturado a la misma temperatura.

$$\text{GS} \text{ o } \phi = \frac{X}{X_s}$$

X: humedad absoluta en el aire húmedo

Xs: humedad absoluta de saturación en el aire húmedo

RELACIÓN ENTRE GRADO DE SATURACIÓN Y HUMEDAD RELATIVA

$$\text{GS} = \frac{X}{X_s} = \frac{0.622 * \frac{P_v}{P - P_v}}{0.622 * \frac{P_{vs}}{P - P_{vs}}} = \frac{P_v}{P_{vs}} * \frac{(P - P_{vs})}{(P - P_v)}$$

Por ser P_v y $P_{vs} \ll P$:

$$\text{GS} = \frac{X}{X_s} = \frac{P_v}{P_{vs}} * [\approx 1] = \text{HR}$$

$$\text{GS} \cong \text{HR}$$

La Humedad Relativa es prácticamente igual al Grado de Saturación para las condiciones atmosféricas

PUNTO DE ROCIO

➤ **En el aire húmedo el vapor de agua puede encontrarse en forma de:**

- Vapor Sobrecalentado (fase vapor)
- Vapor en Equilibrio con el Líquido (fase vapor – líquido)

Aire húmedo se encuentra a: T Ambiente P Atmosférica

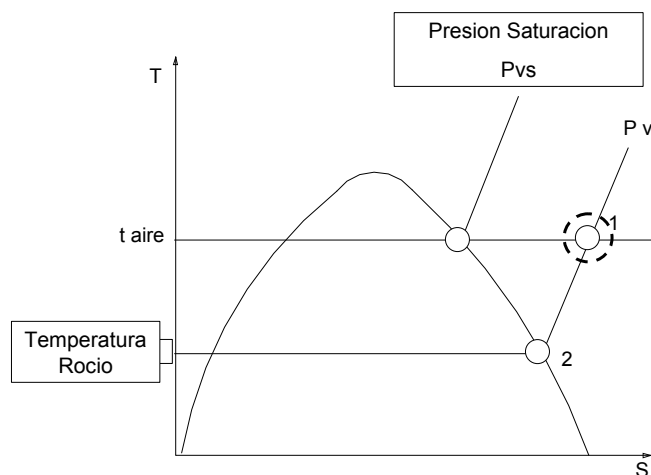
Saturación $\left\{ \begin{array}{l} \text{humidificación a Temperatura constante} \\ \text{enfriamiento a humedad absoluta constante} \end{array} \right.$

➤ **Temperatura de rocío:**

Es la Temperatura a la cual aparecen las primeras gotas de agua líquida cuando disminuye la temperatura del aire húmedo manteniendo la humedad absoluta constante..

Si continúa el enfriamiento, sigue la condensación del vapor de agua, separándose del aire húmedo.

Representación del estado del vapor de agua en el aire



ENTALPÍA DEL AIRE HÚMEDO

La entalpía de una mezcla de aire y vapor de agua es la suma de las entalpías del aire seco y la del vapor de agua.

Se considera como estado de referencia: agua líquida y aire seco a 0 °C y 1 atm

Una mezcla de aire-vapor, con x kg de agua, a una temperatura de t °C y 1 atm, la entalpía puede calcularse como:

$$H_{ah} = H_{aire} + H_{vapor} \quad [kJ]$$

$$h_{ah} = C_p \text{ aire} * T + X * (r_o + C_p \text{ vapor} * T) \quad [kJ / \text{kg de aire seco}]$$

Pueden aceptarse como valores medios constantes:

Cp aire : calor específico del aire = 0.24 kcal/(kg°C) o 1 kJ/(kg°C)

Cp vapor: calor específico del vapor = 0.46 kcal/(kg°C) o 1.92 kJ/(kg°C),

ro: calor latente de vaporización en condiciones estándar = 2479 kJ/kg o 595 kcal/kg

ENTALPÍA DEL AIRE HÚMEDO SATURADO

$$h_{ah} = C_p \text{ aire} * T_s + X_s * (r_o + C_p \text{ vapor} * T_s)$$

[kJ / kg de aire seco]

donde:

Ts : Temperatura de saturación

Xs: humedad absoluta de saturación

ENTALPÍA DEL AIRE HÚMEDO EN ESTADO DE NIEBLA

$$h_{ah} = C_{pa} * T + X * (r_o + C_{pv} * T) + (X - X_s) * C_{pliq} * T$$

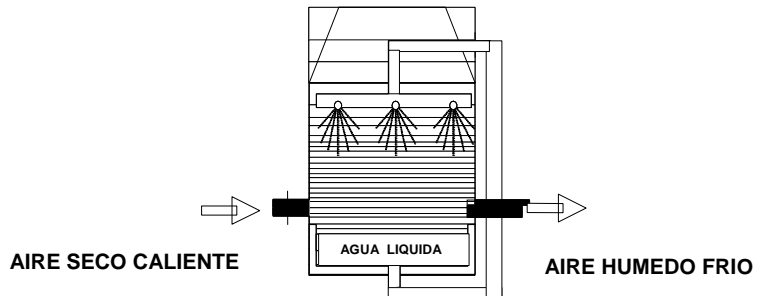
donde:

Cp liq : Calor específico del agua en estado líquido

X - Xs : cantidad de agua en estado líquido

SATURACIÓN ADIABÁTICA

Se supone un proceso en el que, por ejemplo, se aumenta la humedad del aire, haciéndole atravesar una cámara aislada térmicamente en cuyo interior hay agua en forma de lluvia (gran superficie de contacto).

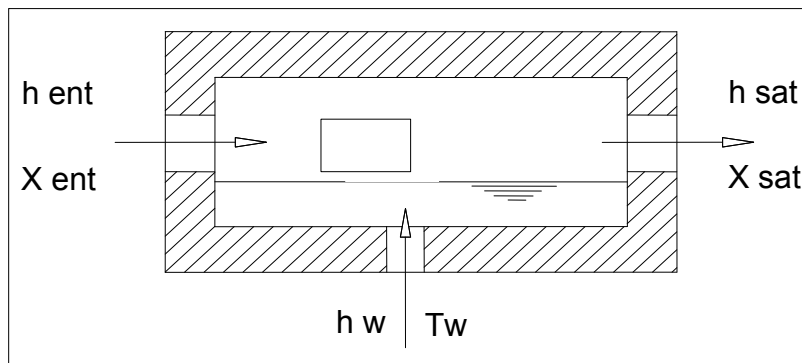


Al pasar el aire sobre la lluvia de agua, parte de ella se *evapora* produciendo una *disminución de la temperatura del aire y un incremento de la humedad*.

Este proceso se considera que es **adiabático** (no hay pérdidas de calor hacia el exterior del sistema).

Cuando la energía térmica cedida por el aire al agua sea igual a la que ésta necesita para vaporizarse, se habrá alcanzado el **equilibrio térmico**.

PROCESO DE SATURACIÓN ADIABÁTICA



SATURACIÓN ADIABÁTICA

$$H_{ent} + H_w = H_{sat}$$

$$\frac{H_e}{m_{as}} + \frac{H_w}{m_{as}} = \frac{H_s}{m_{as}}$$

$$h_e + h_w = h_s \quad \left[\frac{KJ}{Kg \text{ aire seco}} \right]$$

donde:

$$h_e = C_{pa} * T_e + X_e * (r + C_{pv} * T_e) \quad \text{Entalpia de entrada}$$

$$h_s = C_{pa} * T_s + X_s * (r + C_{pv} * T_s) \quad \text{Entalpia de salida}$$

$$h_w = (X_s - X_e) * C_{p \text{ liq.}} * T_s \quad \text{Entalpia del agua}$$

SATURACIÓN ADIABÁTICA

$$h_e + h_w = h_s$$

$$C_{pa} * T_e + X_e * (r + C_{pv} * T_e) + (X_s - X_e) * C_{p \text{ liq.}} * T_s = C_{pa} * T_s + X_s * (r + C_{pv} * T_s)$$

$$T_e * (C_{pa} + X_e * C_{pv}) = T_s * (C_{pa} + X_s * C_{pv}) + (X_s - X_e) * r - (X_s - X_e) * C_{p \text{ liq.}} * T_s$$

$$T_s * [C_{pa} + X_e * C_{pv} + (X_s - X_e) * C_{pv}]$$

$$T_s * (C_{pa} + X_e * C_{pv}) + T_s * (X_s - X_e) * C_{pv}$$

$$T_e * (C_{pa} + X_e * C_{pv}) = T_s * (C_{pa} + X_e * C_{pv}) + (X_s - X_e) * (r + T_s * C_{pv} - T_s * C_{p \text{ liq.}})$$

$$(T_e - T_s) * (C_{pa} + X_e * C_{pv}) = (X_s - X_e) * (r + T_s * C_{pv} - T_s * C_{p \text{ liq.}})$$

SATURACIÓN ADIABÁTICA

$$(T_e - T_s) * (C_{pa} + X_e * C_{pv}) = (X_s - X_e) * (r + T_s * C_{pv} - T_s * C_{p,liq})$$

Entalpia

$$\underbrace{[r + T_s * C_{pv}]}_{\text{vapor}} - \underbrace{[T_s * C_{p,liq}]}_{\text{agua}}$$

$$h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}} = r$$

$$(T_e - T_s) * (C_{pa} + X_e * C_{pv}) = (X_s - X_e) * r$$

$$T_e = T_s + \frac{(X_s - X_e) * r}{(C_{pa} + X_e * C_{pv})}$$

$$C_{pa} \gg X_e * C_{pv} \therefore (C_{pa} + X_e * C_{pv}) \cong C_{pa}$$

$$T_s = T_e - \frac{r}{C_{pa}} * (X_s - X_e)$$

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO

$dQ_{\text{evap}} = r * dW$ Calor requerido por la evaporación del agua

Agua evaporada

$$dW = \sigma * S * (X_s - X) d\tau$$

$$\sigma = \text{constante proporción alidad} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 * \text{h}} \right]$$

$$S = \text{superficie intercambi o paño} \left[\text{m}^2 \right]$$

$$\tau = \text{tiempo} \left[\text{h} \right]$$

$$K = \text{Transmitancia} \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 * \text{°C}} \right]$$

Reemplazando: $dQ_{\text{evap}} = r * \sigma * S * (X_s - X) d\tau$

$$dQ_{\text{cond}} = K * S * (T - T_{bh}) d\tau \quad \text{Calor transferido por conductividad en el paño húmedo}$$

$$dQ_{\text{evap}} = dQ_{\text{cond}} \quad \text{Equilibrio térmico}$$

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO

$$dQ_{\text{evap}} = dQ_{\text{cond}} \quad \text{Equilibrio térmico}$$

$$K * S * (T - T_{\text{bh}}) d\tau = r * \sigma * S * (X_S - X) d\tau$$

despejando:
$$T = T_{\text{bh}} + \frac{r * \sigma}{K} (X_S - X)$$

Para la temperatura t_{bh}

Temperatura de bulbo húmedo
$$T_{\text{bh}} = T - \frac{r * \sigma}{K} * (X_S - X)$$

COMPARACION ENTRE LA T_{bh} Y LA T_{sat} adiab.

Temperatura de bulbo húmedo
$$T_{\text{bh}} = T - \frac{r * \sigma}{K} * (X_S - X)$$

Temperatura de saturación adiabática
$$T_s = T_e - \frac{r}{C_{\text{pa}}} * (X_S - X_e)$$

Lewis demostró la siguiente igualdad para el aire húmedo:

$$\frac{C_{\text{pa}} * \sigma}{K} = 1 \quad \frac{\sigma}{K} = \frac{1}{C_{\text{pa}}}$$

despejando:
$$T_s \cong T_{\text{bh}}$$

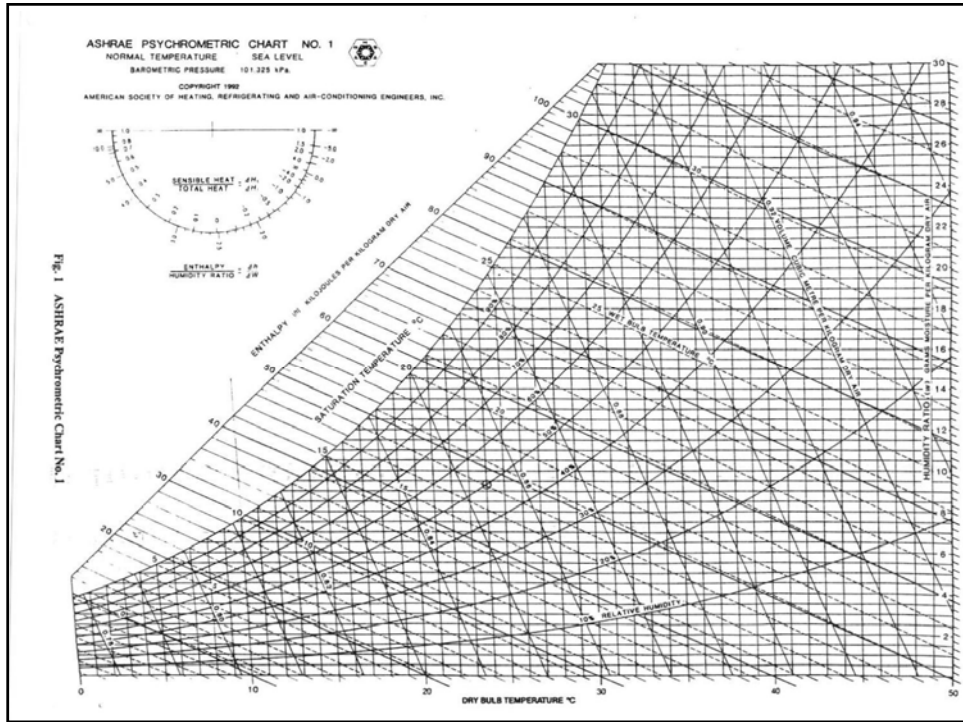
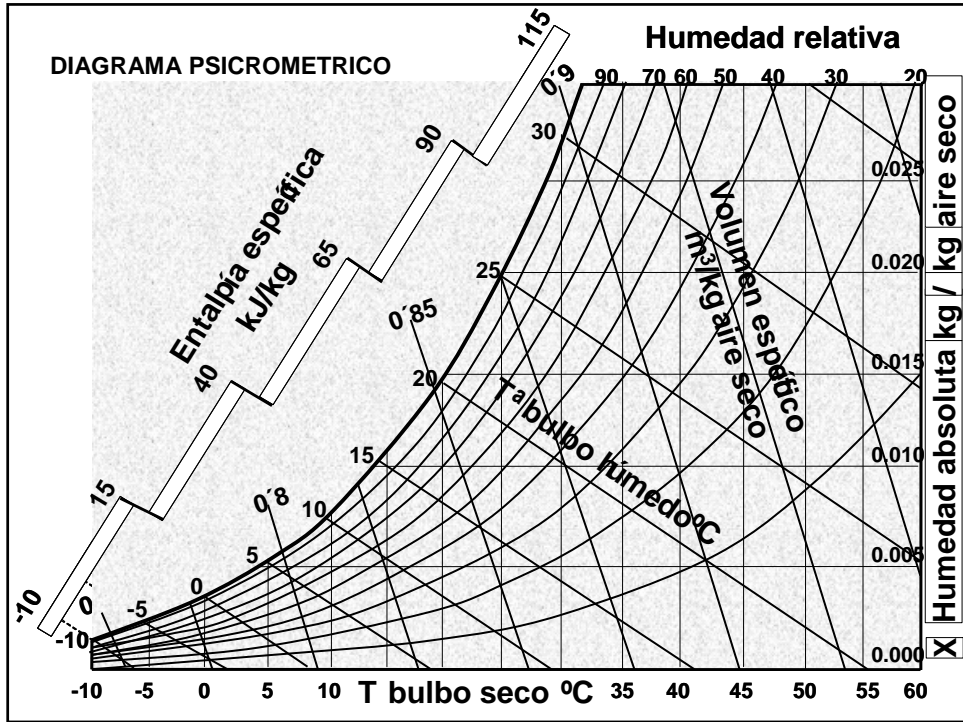
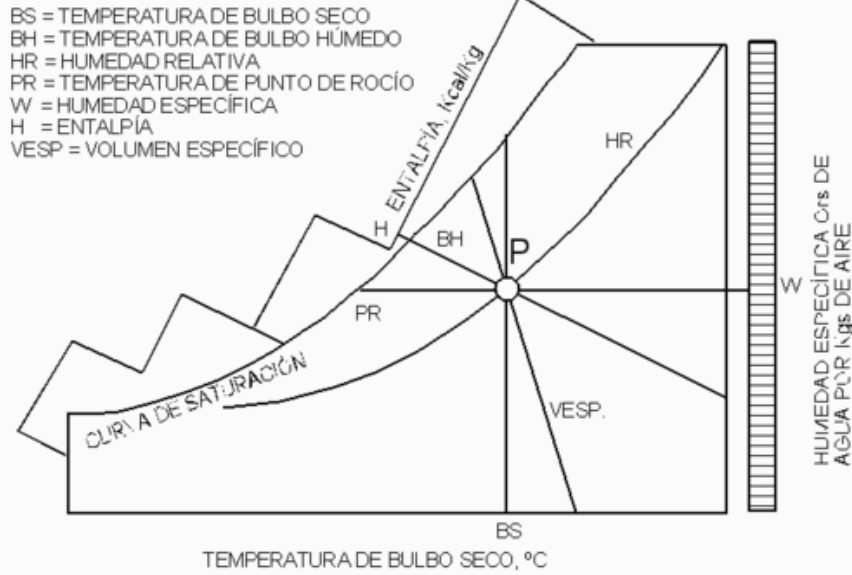


Fig. 1 ASHRAE Psychrometric Chart No. 1

Esquema Diagrama Psicrometrico



PROPIEDADES AIRE HUMEDO A PRESION ATMOSFERICA

Temperatura saturación	Humedad específica	volumen específico			Entalpia del aire			Entalpia vapor saturado			Presión saturación	Temperatura saturación	
		ts	Ws	va	vas	vs	ha	has	hs	hf			hfg
°C	kgv/kgaa	m ³ /kg	m ³ /kg	m ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	kPa	°C
0	0.00378	0.7740	0.0047	0.7787	0.00	9.44	9.44	0.0	2.501.0	2.501.0	0.6112	0	
1	0.00406	0.7768	0.0051	0.7819	1.01	10.16	11.17	4.2	2.499.0	2.503.0	0.6571	1	
2	0.00437	0.7796	0.0055	0.7851	2.01	10.93	12.95	8.4	2.496.0	2.505.0	0.7060	2	
3	0.00469	0.7825	0.0059	0.7884	3.02	11.75	14.77	12.6	2.494.0	2.506.0	0.7581	3	
4	0.00504	0.7853	0.0064	0.7917	4.03	12.63	16.66	16.8	2.491.0	2.508.0	0.8135	4	
5	0.00540	0.7881	0.0068	0.7950	5.03	13.56	18.60	21.0	2.489.0	2.510.0	0.8725	5	
6	0.00580	0.7910	0.0074	0.7983	6.04	14.56	20.80	25.2	2.487.0	2.512.0	0.9353	6	
7	0.00621	0.7938	0.0079	0.8017	7.04	15.62	22.66	29.4	2.484.0	2.514.0	1.0020	7	
8	0.00666	0.7966	0.0085	0.8052	8.05	16.75	24.80	33.6	2.482.0	2.516.0	1.0729	8	
9	0.00713	0.7995	0.0092	0.8086	9.06	17.95	27.01	37.8	2.480.0	2.517.0	1.1482	9	
10	0.00763	0.8023	0.0098	0.8121	10.06	19.23	29.29	42.0	2.477.0	2.519.0	1.2281	10	
11	0.00817	0.8051	0.0106	0.8157	11.07	20.59	31.66	46.2	2.475.0	2.521.0	1.3129	11	
12	0.00873	0.8080	0.0113	0.8193	12.08	22.03	34.11	50.4	2.472.0	2.523.0	1.4027	12	
13	0.00934	0.8108	0.0122	0.8230	13.08	23.57	36.65	54.6	2.470.0	2.525.0	1.4980	13	
14	0.00997	0.8136	0.0130	0.8267	14.09	25.20	39.29	58.8	2.468.0	2.527.0	1.5989	14	
15	0.01065	0.8165	0.0140	0.8304	15.10	26.93	42.03	63.0	2.465.0	2.528.0	1.7057	15	
16	0.01137	0.8193	0.0150	0.8343	16.10	28.77	44.87	67.2	2.463.0	2.530.0	1.8187	16	
17	0.01213	0.8221	0.0160	0.8382	17.11	30.72	47.83	71.4	2.461.0	2.532.0	1.9382	17	
18	0.01294	0.8250	0.0172	0.8421	18.12	32.79	50.90	75.5	2.458.0	2.534.0	2.0646	18	
19	0.01380	0.8278	0.0184	0.8462	19.12	34.98	54.10	79.7	2.456.0	2.536.0	2.1981	19	
20	0.01470	0.8306	0.0196	0.8503	20.13	37.31	57.44	83.9	2.454.0	2.537.0	2.3392	20	
21	0.01566	0.8335	0.0210	0.8545	21.14	39.77	60.90	88.1	2.451.0	2.539.0	2.4881	21	
22	0.01668	0.8363	0.0224	0.8587	22.14	42.38	64.52	92.3	2.449.0	2.541.0	2.6452	22	
23	0.01775	0.8391	0.0239	0.8631	23.15	45.14	68.29	96.5	2.446.0	2.543.0	2.8110	23	
24	0.01889	0.8420	0.0256	0.8675	24.16	48.07	72.22	100.7	2.444.0	2.545.0	2.9857	24	
25	0.02009	0.8448	0.0273	0.8721	25.16	51.16	76.33	104.8	2.442.0	2.547.0	3.1698	25	
26	0.02136	0.8476	0.0291	0.8767	26.17	54.44	80.61	109.0	2.439.0	2.548.0	3.3638	26	
27	0.02271	0.8505	0.0310	0.8815	27.18	57.91	85.08	113.2	2.437.0	2.550.0	3.5680	27	
28	0.02413	0.8533	0.0331	0.8864	28.18	61.57	89.76	117.4	2.435.0	2.552.0	3.7830	28	
29	0.02563	0.8561	0.0353	0.8914	29.19	65.45	94.64	121.6	2.432.0	2.554.0	4.0091	29	
30	0.02722	0.8590	0.0376	0.8966	30.20	69.55	99.75	125.7	2.430.0	2.556.0	4.2469	30	

PROPIEDADES AIRE HUMEDO A PRESION ATMOSFERICA													
Temperatura Saturación ts °C	Humedad específica Ws kgv/kgas	volumen específico			Entalpia del aire			Entalpia vapor saturado			Presión Saturación ps kPa	Temperatura saturación ts °C	
		va m³/kg	vas m³/kg	vs m³/kg	ha kJ/kg	has kJ/kg	hs kJ/kg	hf (kJ/kg)	hfg (kJ/kg)	hg (kJ/kg)			
30	0.02722	0.8690	0.0376	0.8966	30.20	69.55	99.75	125.7	2.430.0	2.556.0	4.2469	30	
31	0.02886	0.8618	0.0400	0.9018	31.20	73.89	105.09	129.9	2.427.0	2.557.0	4.4969	31	
32	0.03066	0.8646	0.0426	0.9073	32.21	78.48	110.89	134.1	2.425.0	2.559.0	4.7596	32	
33	0.03254	0.8675	0.0454	0.9128	33.22	83.32	116.54	138.3	2.423.0	2.561.0	5.0354	33	
34	0.03451	0.8703	0.0483	0.9186	34.22	88.44	122.66	142.5	2.420.0	2.563.0	5.3251	34	
35	0.03660	0.8731	0.0514	0.9245	35.23	93.85	129.08	146.6	2.418.0	2.565.0	5.6291	35	
36	0.03880	0.8760	0.0546	0.9306	36.24	99.57	135.81	150.8	2.416.0	2.566.0	5.9480	36	
37	0.04112	0.8788	0.0581	0.9369	37.24	105.61	142.86	155.0	2.413.0	2.568.0	6.2824	37	
38	0.04358	0.8816	0.0618	0.9434	38.25	112.00	150.25	159.2	2.411.0	2.570.0	6.6330	38	
39	0.04617	0.8845	0.0657	0.9501	39.26	118.74	158.00	163.4	2.408.0	2.572.0	7.0003	39	
40	0.04891	0.8873	0.0698	0.9571	40.26	125.87	166.14	167.5	2.406.0	2.574.0	7.3851	40	
41	0.05180	0.8901	0.0741	0.9643	41.27	133.40	174.68	171.7	2.404.0	2.575.0	7.7880	41	
42	0.05485	0.8930	0.0788	0.9717	42.28	141.36	183.64	175.9	2.401.0	2.577.0	8.2098	42	
43	0.05808	0.8958	0.0836	0.9795	43.28	149.78	193.06	180.1	2.399.0	2.579.0	8.6511	43	
44	0.06148	0.8986	0.0888	0.9875	44.29	158.67	202.96	184.3	2.396.0	2.581.0	9.1127	44	
45	0.06508	0.9015	0.0943	0.9958	45.30	168.07	213.36	188.4	2.394.0	2.582.0	9.5953	45	
46	0.06888	0.9043	0.1001	1.0045	46.31	178.00	224.31	192.6	2.392.0	2.584.0	10.0998	46	
47	0.07290	0.9071	0.1063	1.0135	47.31	188.51	235.82	196.8	2.389.0	2.586.0	10.6269	47	
48	0.07714	0.9100	0.1129	1.0228	48.32	199.63	247.94	201.0	2.387.0	2.588.0	11.1775	48	
49	0.08163	0.9128	0.1198	1.0326	49.33	211.39	260.71	205.2	2.384.0	2.590.0	11.7524	49	
50	0.08638	0.9156	0.1272	1.0428	50.33	223.83	274.16	209.3	2.382.0	2.591.0	12.3525	50	
51	0.09140	0.9185	0.1350	1.0534	51.34	237.01	288.35	213.5	2.380.0	2.593.0	12.9786	51	
52	0.09671	0.9213	0.1433	1.0646	52.35	250.96	303.31	217.7	2.377.0	2.595.0	13.6318	52	
53	0.10234	0.9241	0.1521	1.0762	53.35	265.74	319.09	221.9	2.375.0	2.597.0	14.3129	53	
54	0.10830	0.9270	0.1614	1.0884	54.36	281.41	335.77	226.1	2.372.0	2.598.0	15.0229	54	
55	0.11462	0.9298	0.1713	1.1012	55.37	298.03	353.39	230.3	2.370.0	2.600.0	15.7628	55	
56	0.12132	0.9326	0.1819	1.1146	56.38	315.65	372.03	234.4	2.367.0	2.602.0	16.5337	56	
57	0.12842	0.9355	0.1932	1.1286	57.38	334.37	391.75	238.6	2.365.0	2.604.0	17.3365	57	
58	0.13597	0.9383	0.2051	1.1434	58.39	354.25	412.64	242.8	2.363.0	2.605.0	18.1723	58	
59	0.14399	0.9411	0.2179	1.1590	59.40	375.39	434.79	247.0	2.360.0	2.607.0	19.0422	59	
60	0.15251	0.9440	0.2315	1.1754	60.40	397.87	458.28	251.2	2.358.0	2.609.0	19.9474	60	
61	0.16158	0.9468	0.2460	1.1928	61.41	421.82	483.23	255.4	2.355.0	2.611.0	20.8889	61	
62	0.17123	0.9496	0.2614	1.2111	62.42	447.33	509.74	259.6	2.353.0	2.612.0	21.8680	62	
63	0.18153	0.9525	0.2780	1.2305	63.43	474.54	537.96	263.7	2.350.0	2.614.0	22.8859	63	
64	0.19252	0.9553	0.2957	1.2510	64.43	503.60	568.03	267.9	2.348.0	2.615.0	23.9437	64	
65	0.20426	0.9581	0.3147	1.2728	65.44	534.66	600.10	272.1	2.345.0	2.616.0	25.0427	65	
66	0.21681	0.9610	0.3350	1.2960	66.45	567.90	634.35	276.3	2.343.0	2.619.0	26.1843	66	
67	0.23026	0.9638	0.3568	1.3206	67.45	603.52	670.98	280.5	2.340.0	2.621.0	27.3697	67	

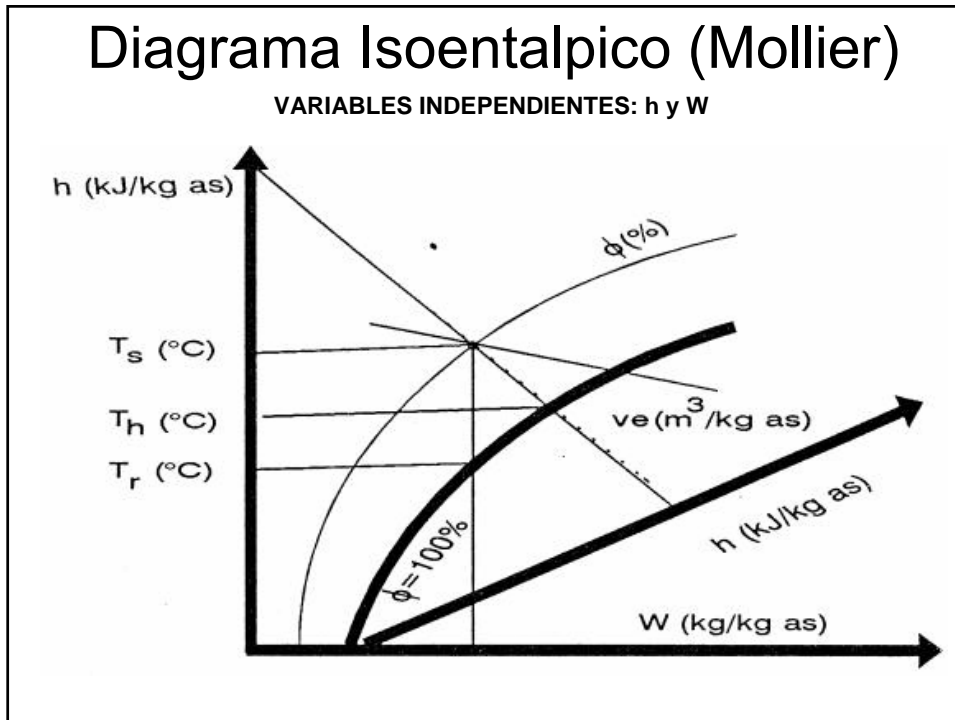
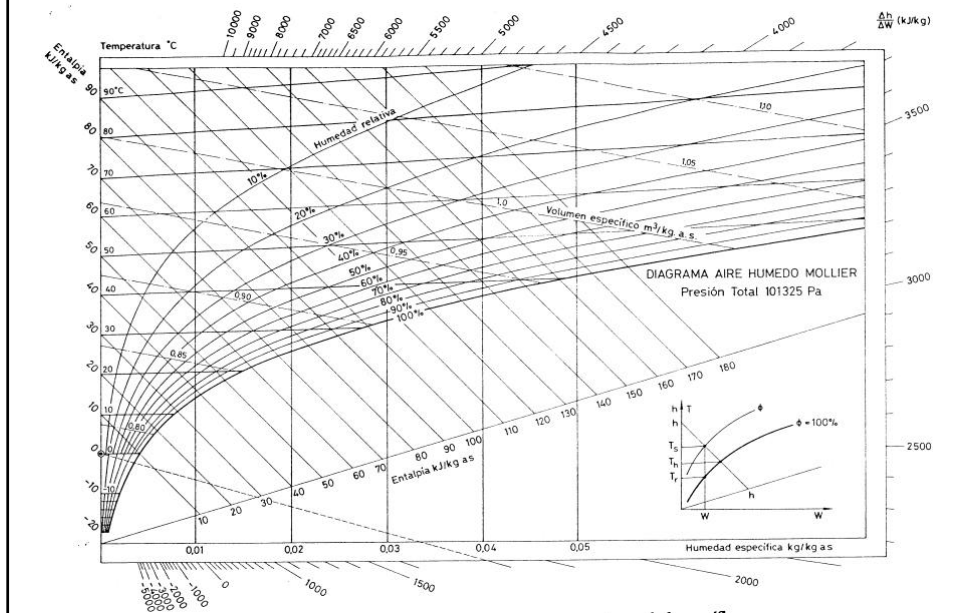
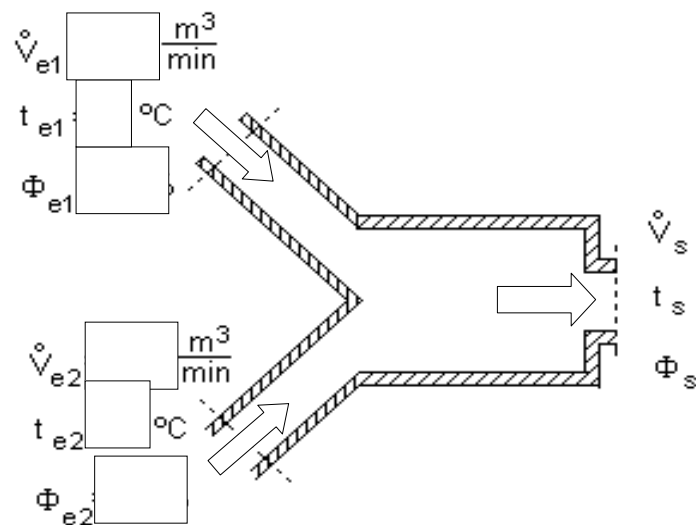


Diagrama Isoentalpico (Mollier)



Mezcla de corrientes



Mezcla de corrientes

Balance de masa

- Por la ley de la conservación de la masa debe cumplirse que la masa de agua contenida en las corrientes de entrada se debe mantener a la salida (mezcla).

$$M_I \cdot x_I + M_{II} \cdot x_{II} = M_m \cdot x_m \quad \left(\text{kg as / hora} \cdot \text{kg agua / kg as} \right)$$

siendo:

- M_I
 - M_{II}
 - M_m
 - x_I
 - x_{II}
 - x_m
- gasto de aire seco en (I), (II) y mezcla
- agua por kg de aire seco en (I), (II) y mezcla

Mezcla de corrientes

Balance de energía

- Por la ley de la conservación de la energía debe cumplirse que la energía en las corrientes de entrada se debe mantener a la salida (mezcla).

$$M_I h_I + M_{II} \cdot h_{II} = M_m \cdot h_m \quad \left(\text{kg as / hora} \cdot \text{KJ / kg as} \right)$$

siendo:

- M_I
 - M_{II}
 - M_m
 - h_I
 - h_{II}
 - h_m
- gasto de aire seco en (I), (II) y mezcla
- KJ por kg de aire seco en (I), (II) y mezcla

Mezcla de corrientes

Balance de masa

$$\frac{M_I \cdot x_I + M_{II} \cdot x_{II}}{M_m} = x_m \quad \left(\text{kg agua / hora} \cdot \text{kg as} \right)$$

Balance de energía

$$\frac{M_I \cdot h_I + M_{II} \cdot h_{II}}{M_m} = h_m \quad \left(\text{KJ / hora} \cdot \text{kg as} \right)$$

Mezcla de corrientes

Entalpía de la mezcla

$$h_m = C_p \cdot T_m + x_m \cdot (C_v \cdot T_m + r) \quad \left(\text{KJ / hora} \cdot \text{kg as} \right)$$

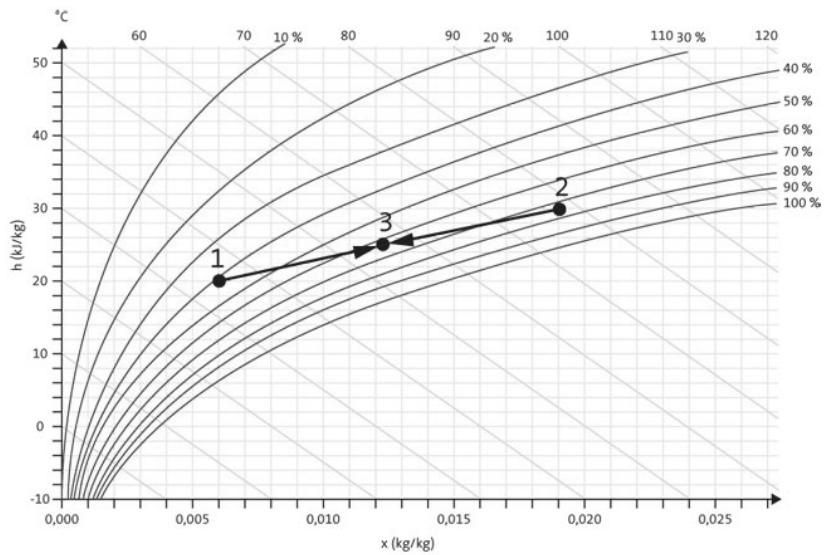
$$\left(\text{Kcal / hora} \cdot \text{kg as} \right)$$

$$h_m = 0.24 \cdot T_m + x_m \cdot (0.47 \cdot T_m + r) \quad \left(\text{Kcal / hora} \cdot \text{kg as} \right)$$

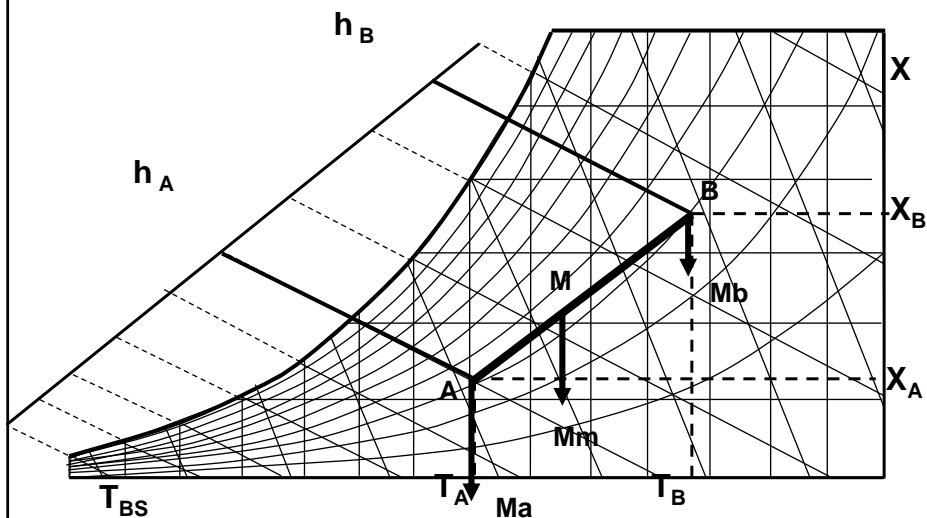
Temperatura de la mezcla

$$T_m = \frac{h_m - r \cdot x_m}{C_p + x_m \cdot C_v} \quad \left(^\circ\text{C} \right)$$

Diagrama Isoentalpico (Mollier) Mezcla de corrientes



Mezcla de 2 caudales de aire humedo



MEZCLAS DE AIRE HUMEDO

- Corriente A: M_a [kg aire] x X_a [kg agua / kg aire seco]
- Corriente B: M_b [kg aire] x X_b [kg agua / kg aire seco]
- Corriente M: Corriente A + Corriente B
 M_m [kg aire] x X_m [kg agua / kg aire seco]

