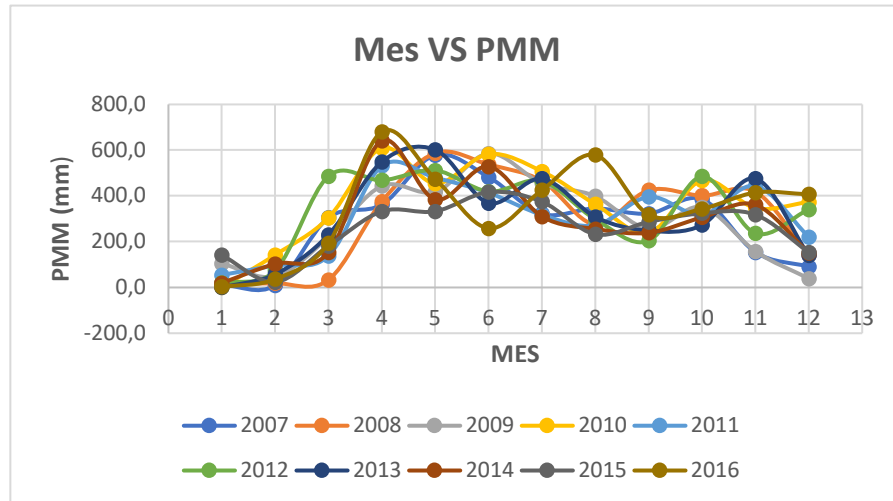


**ANEXO 3**

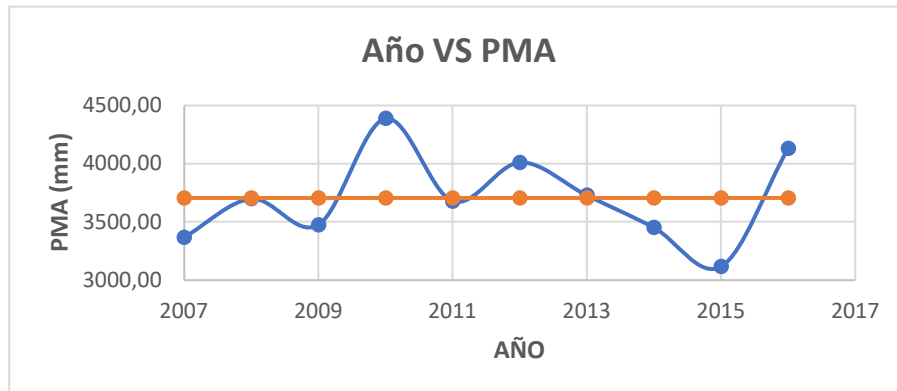
**METODOLOGÍA SHELL**

**PRECIPITACION MEDIA ANUAL**

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
<b>2007</b>	11,7	9,5	305,1	362,7	578,6	481,7	322,0	344,7	322,5	385,2	153,5	90,5
<b>2008</b>	20,8	18,7	33,0	375,8	586,6	536,9	465,7	274,7	425,3	401,5	417,8	141,9
<b>2009</b>	104,7	48,5	219,2	443,3	417,3	585,0	454,7	398,4	256,4	350,8	157,5	39,0
<b>2010</b>	0,1	142,3	304,4	608,9	454,0	582,6	506,9	363,7	238,0	468,0	347,0	372,9
<b>2011</b>	54,2	96,3	138,2	531,4	479,4	413,3	317,7	271,3	396,0	316,6	443,2	220,4
<b>2012</b>	19,7	75,0	486,3	468,6	511,4	419,1	465,3	298,1	204,3	485,2	236,8	340,7
<b>2013</b>	0,6	58,0	230,1	548,7	601,7	368,6	475,4	308,1	248,1	273,1	475,9	140,2
<b>2014</b>	19,2	102,8	152,9	640,9	383,8	527,7	310,2	255,6	239,4	306,8	360,7	150,5
<b>2015</b>	141,7	23,5	181,4	332,3	332,5	416,8	375,2	232,3	286,0	324,6	318,0	153,1
<b>2016</b>	3,0	36,5	193,4	680,4	473,7	257,9	425,3	579,0	317,9	343,4	414,8	406,8



<b>Año</b>	<b>PMA (mm)</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>2007</b>	3367,62	3704,68
<b>2008</b>	3698,76	3704,68
<b>2009</b>	3474,80	3704,68
<b>2010</b>	4388,83	3704,68
<b>2011</b>	3678,06	3704,68
<b>2012</b>	4010,35	3704,68
<b>2013</b>	3728,36	3704,68
<b>2014</b>	3450,47	3704,68
<b>2015</b>	3117,40	3704,68
<b>2016</b>	4132,12	3704,68
<b>PMA</b>	<b>3704,68</b>	



<b>Mayor precipitacion</b>	ABR	2016
	680,4	
<b>Menor precipitacion</b>	ENE	2010
	0,1	
<b>Región Climatica</b>	R5	
	Cálido Húmedo	

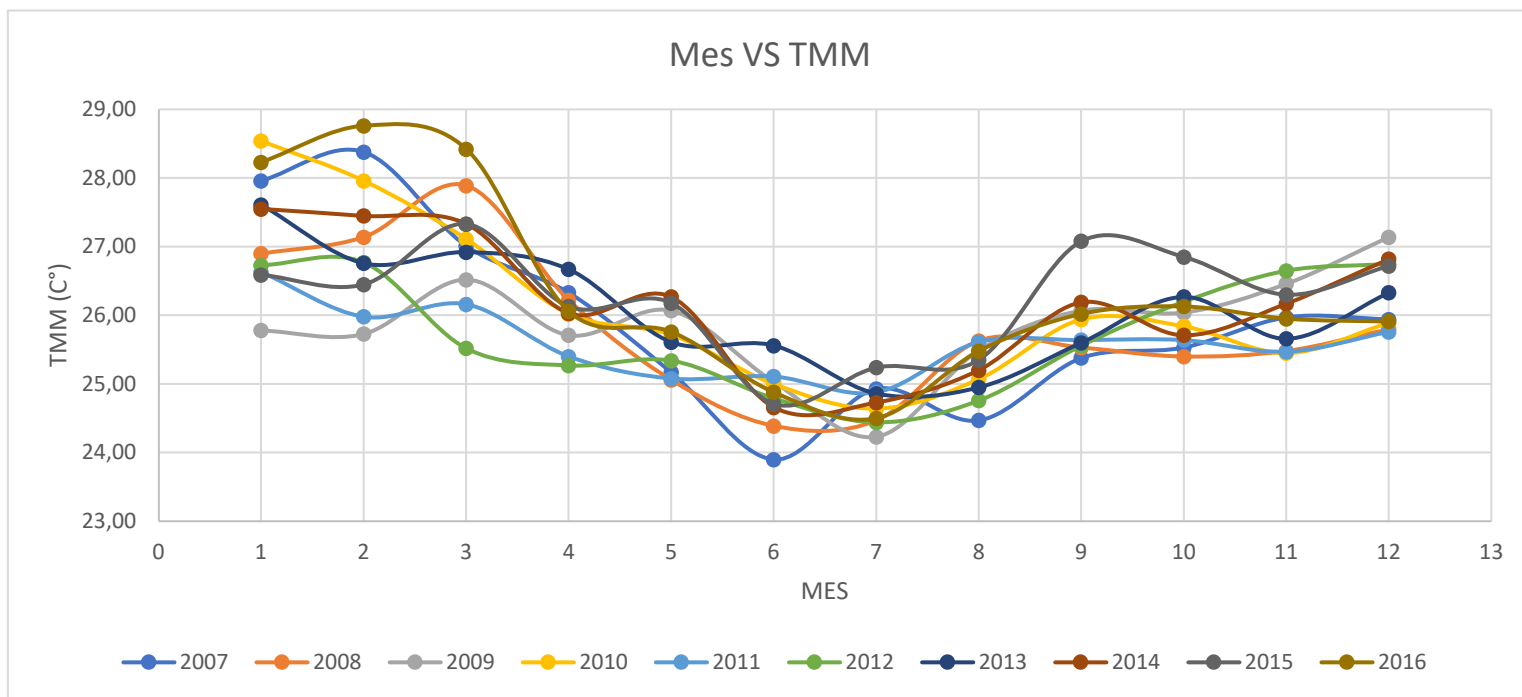
TEMPERATURA MEDIA ANUAL												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2007	27,96	28,38	27,01	26,33	25,17	23,90	24,93	24,47	25,38	25,53	25,97	25,94
2008	26,90	27,14	27,89	26,22	25,06	24,39	24,47	25,63	25,53	25,40	25,48	25,80
2009	25,78	25,73	26,52	25,71	26,07	25,03	24,23	25,49	26,07	26,04	26,46	27,14
2010	28,54	27,96	27,11	26,02	25,72	25,00	24,64	25,07	25,94	25,84	25,45	25,89
2011	26,63	25,98	26,16	25,40	25,08	25,11	24,88	25,61	25,64	25,64	25,47	25,76
2012	26,73	26,77	25,52	25,27	25,34	24,79	24,44	24,76	25,56	26,20	26,65	26,75
2013	27,61	26,76	26,92	26,67	25,61	25,56	24,86	24,95	25,60	26,27	25,66	26,33
2014	27,55	27,45	27,33	26,03	26,27	24,66	24,73	25,20	26,19	25,71	26,17	26,82
2015	26,59	26,45	27,33	26,13	26,18	24,71	25,24	25,35	27,08	26,85	26,30	26,72
2016	28,23	28,76	28,42	26,06	25,76	24,88	24,50	25,48	26,02	26,13	25,95	25,91

**Mayor Temperatura**

feb-16      28,76

**Menor Temperatura**

jun-07      23,90



2007		
MES	TMM °C	F.P
ENE	27,96	2,71
FEB	28,38	2,87
MAR	27,01	2,39
ABR	26,33	2,19
MAY	25,17	1,88
JUN	23,90	1,59
JUL	24,93	1,82
AGO	24,47	1,72
SEP	25,38	1,93
OCT	25,53	1,97
NOV	25,97	2,09
DIC	25,94	2,08
<b>F.P total</b>	<b>25,25</b>	
<b>F.P prom</b>	<b>2,10</b>	
<b>TMA</b>	<b>26,02</b>	

2010		
MES	TMM °C	F.P
ENE	28,54	2,93
FEB	27,96	2,71
MAR	27,11	2,43
ABR	26,02	2,10
MAY	25,72	2,02
JUN	25,00	1,84
JUL	24,64	1,76
AGO	25,07	1,86
SEP	25,94	2,08
OCT	25,84	2,05
NOV	25,45	1,95
DIC	25,89	2,07
<b>FACTOR</b>	<b>25,80</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,15</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>26,19</b>	

2008		
MES	TMM °C	F.P
ENE	26,90	2,36
FEB	27,14	2,44
MAR	27,89	2,69
ABR	26,22	2,16
MAY	25,06	1,85
JUN	24,39	1,70
JUL	24,47	1,72
AGO	25,63	2,00
SEP	25,53	1,97
OCT	25,40	1,94
NOV	25,48	1,96
DIC	25,80	2,04
<b>FACTOR</b>	<b>24,82</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,07</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>25,89</b>	

2011		
MES	TMM °C	F.P
ENE	26,63	2,28
FEB	25,98	2,09
MAR	26,16	2,14
ABR	25,40	1,94
MAY	25,08	1,86
JUN	25,11	1,87
JUL	24,88	1,81
AGO	25,61	1,99
SEP	25,64	2,00
OCT	25,64	2,00
NOV	25,47	1,96
DIC	25,76	2,03
<b>FACTOR</b>	<b>23,97</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,00</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>25,63</b>	

2009		
MES	TMM °C	F.P
ENE	25,78	2,04
FEB	25,73	2,02
MAR	26,52	2,25
ABR	25,71	2,02
MAY	26,07	2,12
JUN	25,03	1,85
JUL	24,23	1,66
AGO	25,49	1,96
SEP	26,07	2,12
OCT	26,04	2,11
NOV	26,46	2,23
DIC	27,14	2,44
<b>FACTOR</b>	<b>24,81</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,07</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>25,89</b>	

2012		
MES	TMM °C	F.P
ENE	26,73	2,31
FEB	26,77	2,32
MAR	25,52	1,97
ABR	25,27	1,91
MAY	25,34	1,92
JUN	24,79	1,79
JUL	24,44	1,71
AGO	24,76	1,78
SEP	25,56	1,98
OCT	26,20	2,15
NOV	26,65	2,28
DIC	26,75	2,31
<b>FACTOR</b>	<b>24,44</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,04</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>25,78</b>	

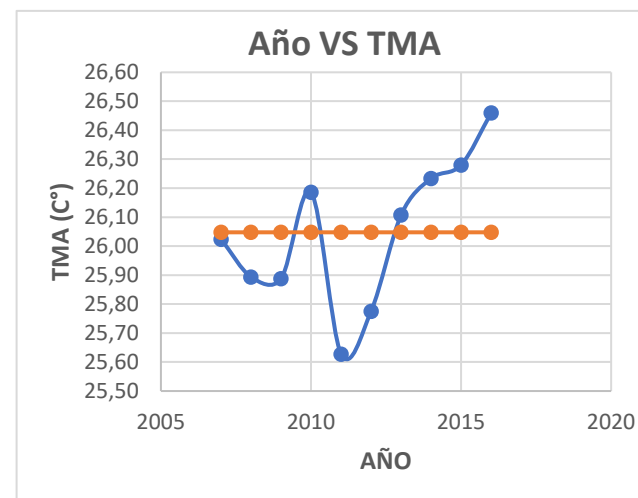
2013		
MES	TMM °C	F.P
ENE	27,61	2,59
FEB	26,76	2,32
MAR	26,92	2,37
ABR	26,67	2,29
MAY	25,61	1,99
JUN	25,56	1,98
JUL	24,86	1,81
AGO	24,95	1,83
SEP	25,60	1,99
OCT	26,27	2,17
NOV	25,66	2,01
DIC	26,33	2,19
<b>FACTOR</b>	<b>25,53</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,13</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>26,11</b>	

2014		
MES	TMM °C	F.P
ENE	27,55	2,57
FEB	27,45	2,54
MAR	27,33	2,50
ABR	26,03	2,11
MAY	26,27	2,17
JUN	24,66	1,76
JUL	24,73	1,78
AGO	25,20	1,89
SEP	26,19	2,15
OCT	25,71	2,02
NOV	26,17	2,14
DIC	26,82	2,34
<b>FACTOR</b>	<b>25,96</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,16</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>26,23</b>	

2015		
MES	TMM °C	F.P
ENE	26,59	2,27
FEB	26,45	2,23
MAR	27,33	2,50
ABR	26,13	2,13
MAY	26,18	2,15
JUN	24,71	1,77
JUL	25,24	1,90
AGO	25,35	1,93
SEP	27,08	2,42
OCT	26,85	2,34
NOV	26,30	2,18
DIC	26,72	2,31
<b>FACTOR</b>	<b>26,11</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,18</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>26,28</b>	

2016		
MES	TMM °C	F.P
ENE	28,23	2,81
FEB	28,76	3,01
MAR	28,42	2,88
ABR	26,06	2,11
MAY	25,76	2,03
JUN	24,88	1,81
JUL	24,50	1,72
AGO	25,48	1,96
SEP	26,02	2,10
OCT	26,13	2,13
NOV	25,95	2,08
DIC	25,91	2,07
<b>FACTOR</b>	<b>26,74</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,23</b>	
<b>TEMPERATUR</b>	<b>26,46</b>	

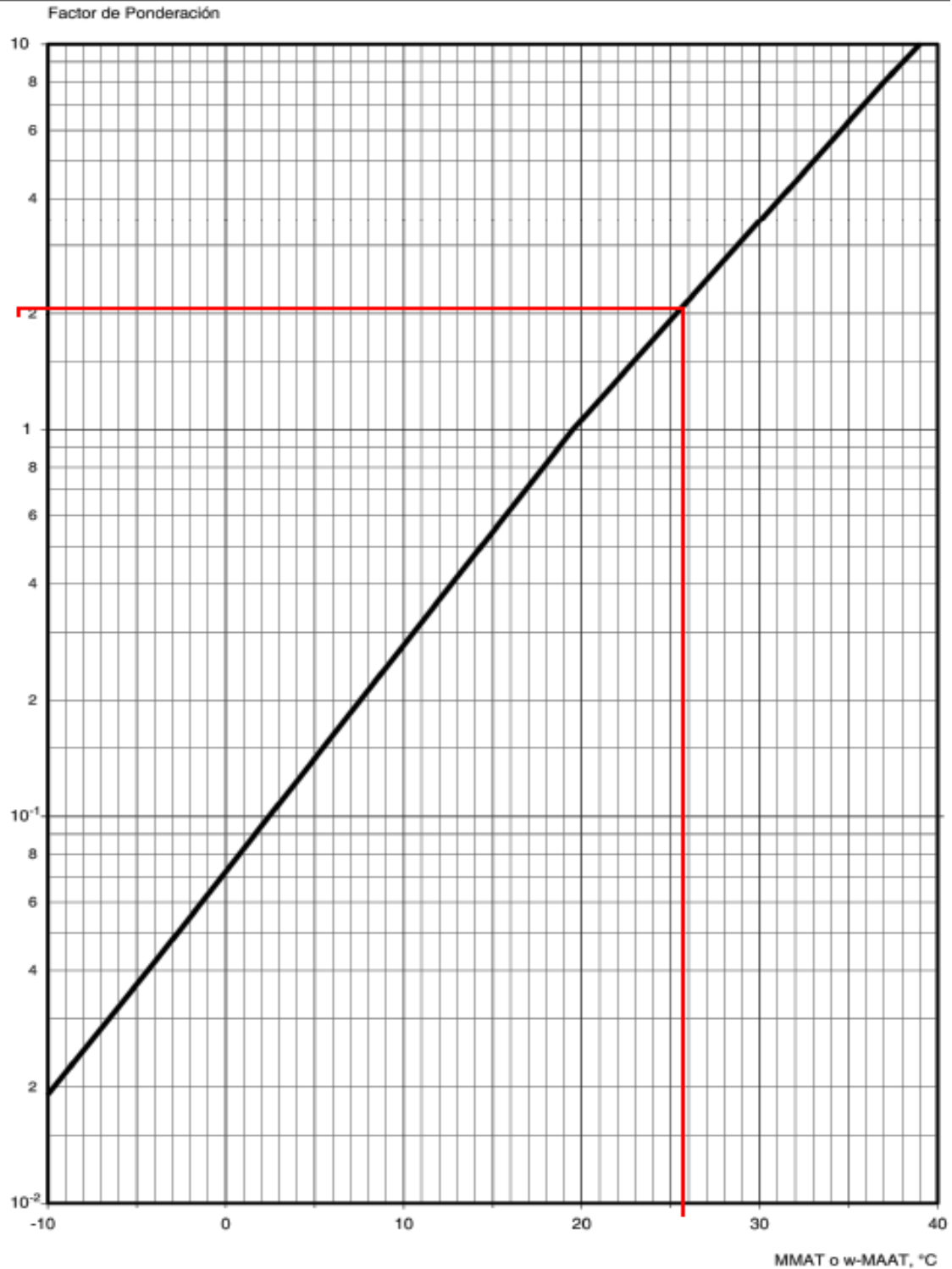
TMAP		
AÑO	TMA	Prom
2007	26,02	26,05
2008	25,89	26,05
2009	25,89	26,05
2010	26,19	26,05
2011	25,63	26,05
2012	25,78	26,05
2013	26,11	26,05
2014	26,23	26,05
2015	26,28	26,05
2016	26,46	26,05
<b>PROM</b>	<b>26,05</b>	
<b>F.P Prom</b>	<b>2,11</b>	



# TEMPERATURA w-MAAT °C

## Datos

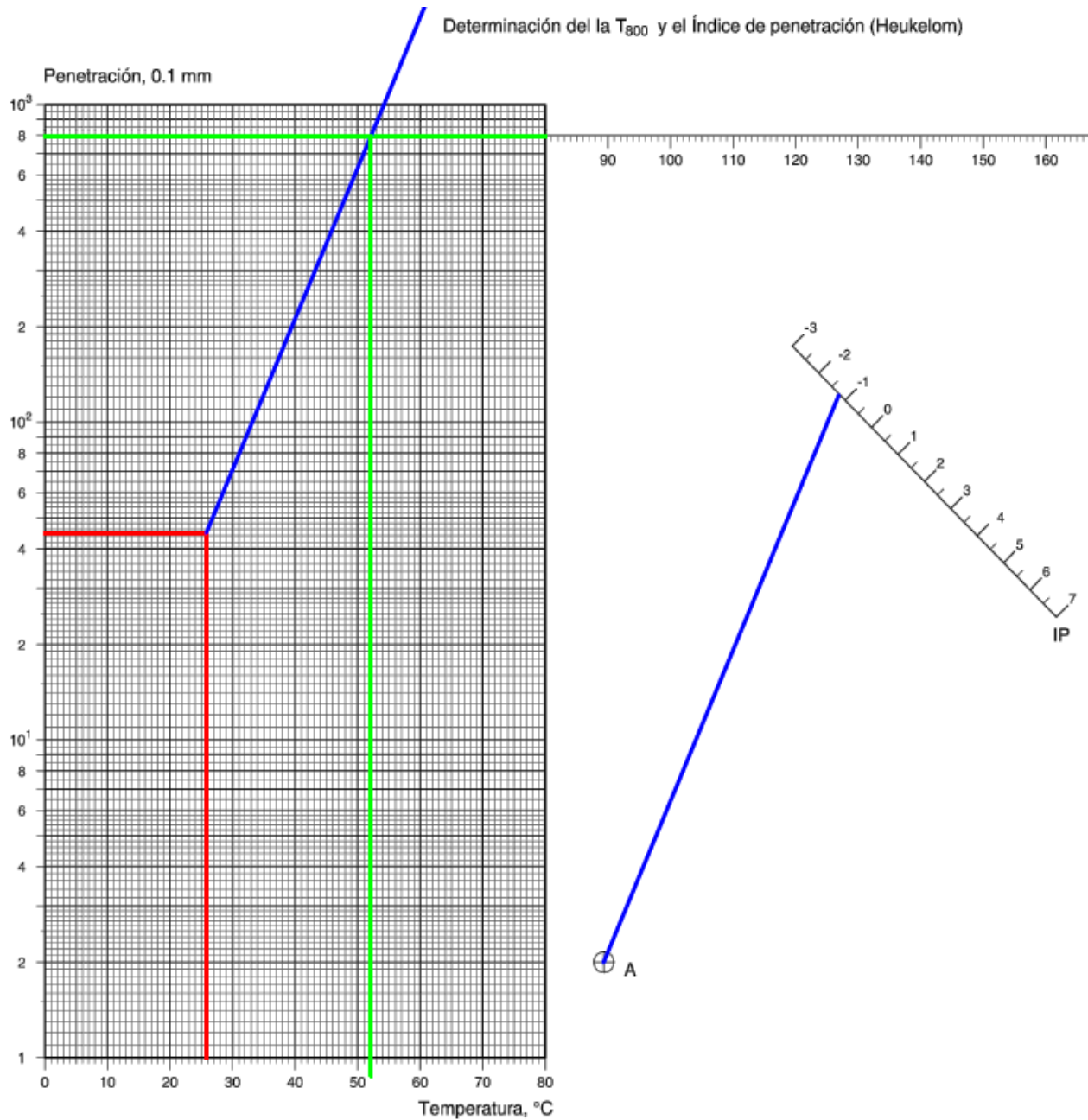
CBR	5	%
N 8,2	1,00E+06	
FP	2,11	
<b>w-MAAT °c</b>	<b>25,7</b>	<b>° C</b>



# INDICE DE PENETRACION DE LA TEMPERATURA T800 DEL ASFALTO (IP)

Temperatura °C	Penetración 1/10 mm
25	44,5

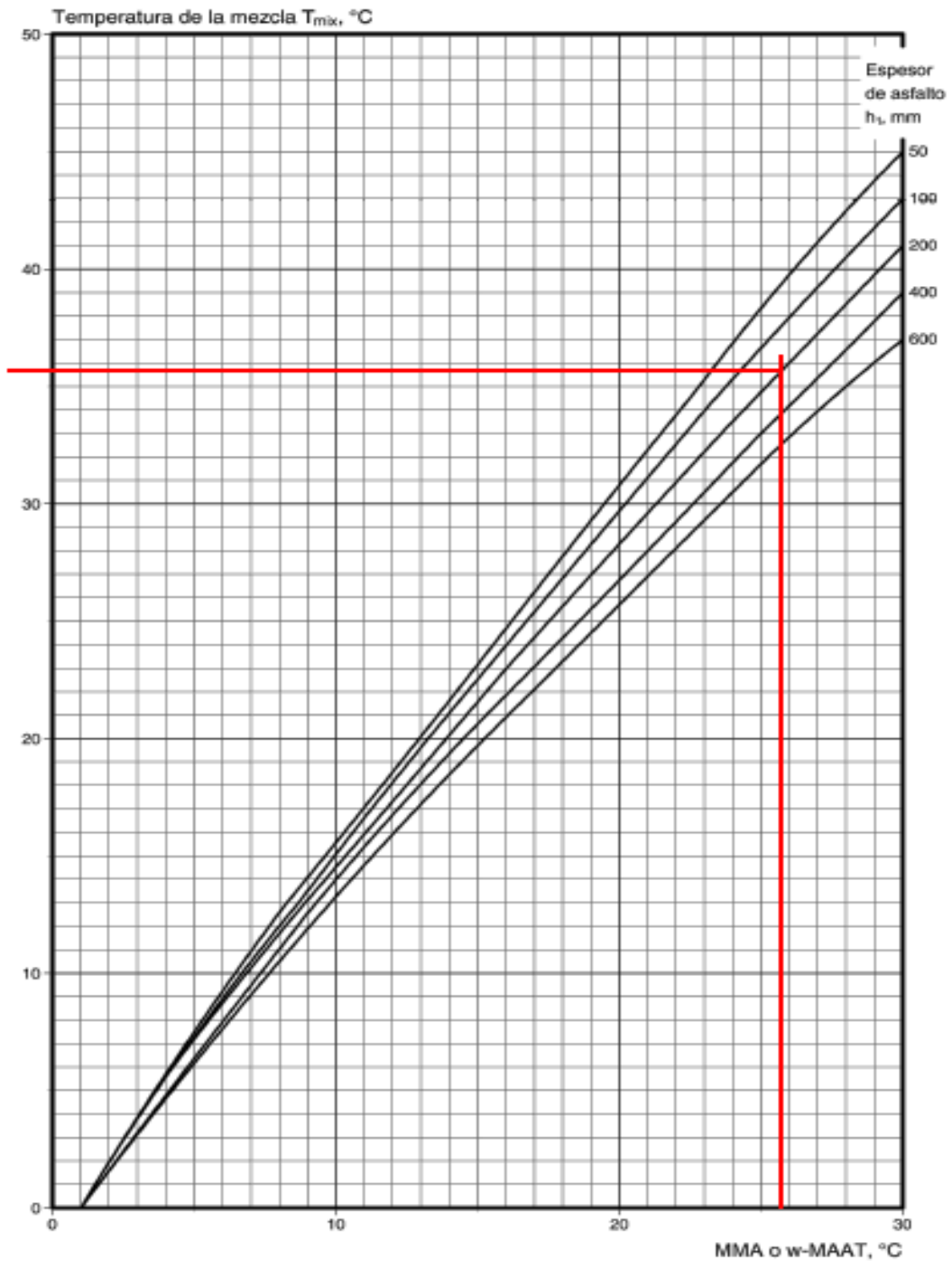
T 800	IP
52	-1,2



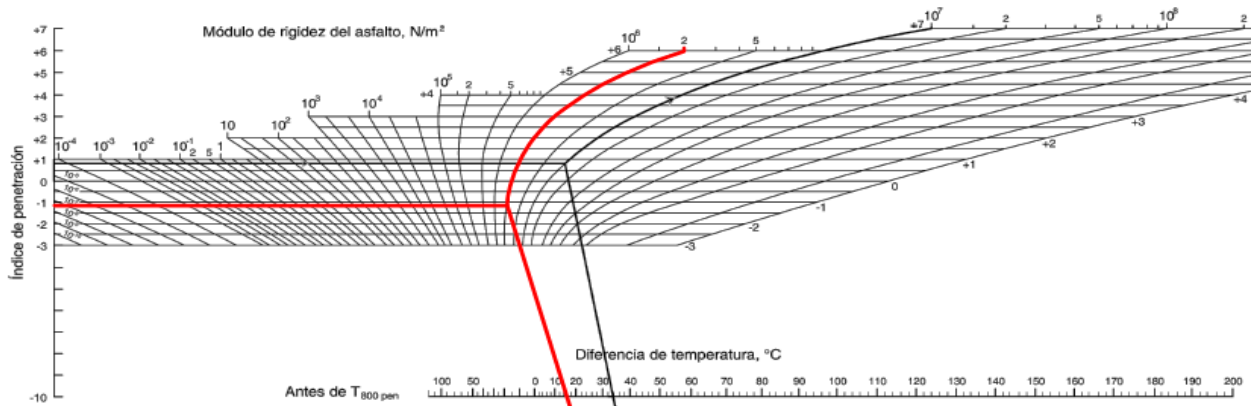
## RIGIDEZ DEL ASFALTO A LA TEMPERATURA DE TRABAJO

### Determinar $\Delta T$

w-MAAT	25,7
H asfalto	200
T800	52
Tmix	35,7
$\Delta T$	<b>16,3</b>



Tiempo aplicación carga	0,02
$\Delta T$	16
IP	-1,2
<b>Modulo de rigidez del asfalto</b>	<b>2,0,E+06</b>



El Índice de Penetración (IP) definido como:

$$\frac{20 - IP}{10 + IP} = 50 \frac{\log \text{pen } T_1 - \log \text{pen } T_2}{T_1 - T_2}$$

Los Módulos de Rigidez, definidos como la relación esfuerzo/deformación, están en función del tiempo de carga (frecuencia), la diferencia de temperatura con  $T_{800 \text{ pen}}$ , y el IP.

$T_{800 \text{ pen}}$  es la temperatura a la que la penetración sería 800. Esta es obtenida extrapolando el logaritmo de la penetración experimental versus la línea de temperatura al valor 800 de penetración.

A temperaturas bajas y/o altas frecuencias los módulos de rigidez de todos los asfaltos se vuelven asintóticos y se limitan aproximadamente a  $3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ .

**Unidades**

- 1 N/m<sup>2</sup> = 10 dina/cm<sup>2</sup> =
- 1.02 × 10<sup>-5</sup> kgf/cm<sup>2</sup> = 1.45 × 10<sup>-4</sup> lb/pul<sup>2</sup>
- 1 N s/m<sup>2</sup> = 10 P

KLSA, Agosto de 1953, 3<sup>ra</sup> edición 1972  
Reproducción Electrónica, 1998

**Ejemplo**

**Condiciones de operación**

- Temperatura 19.0 °C
- Tiempo de carga 0.02 segundos

**Características del asfalto en la mezcla**

$T_{800 \text{ pen}}$  (temperatura a la que la penetración es 800 0.01 mm) es 52.8 °C

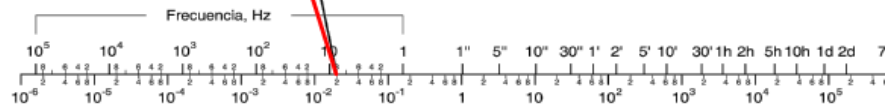
IP (Índice de Penetración) es 0.8

Una 0.02 segundos en la escala de tiempo con la d de temperatura 52.8-19.0 °C en la escala de tiempo

Registre la rigidez en la malla a IP = 0.8

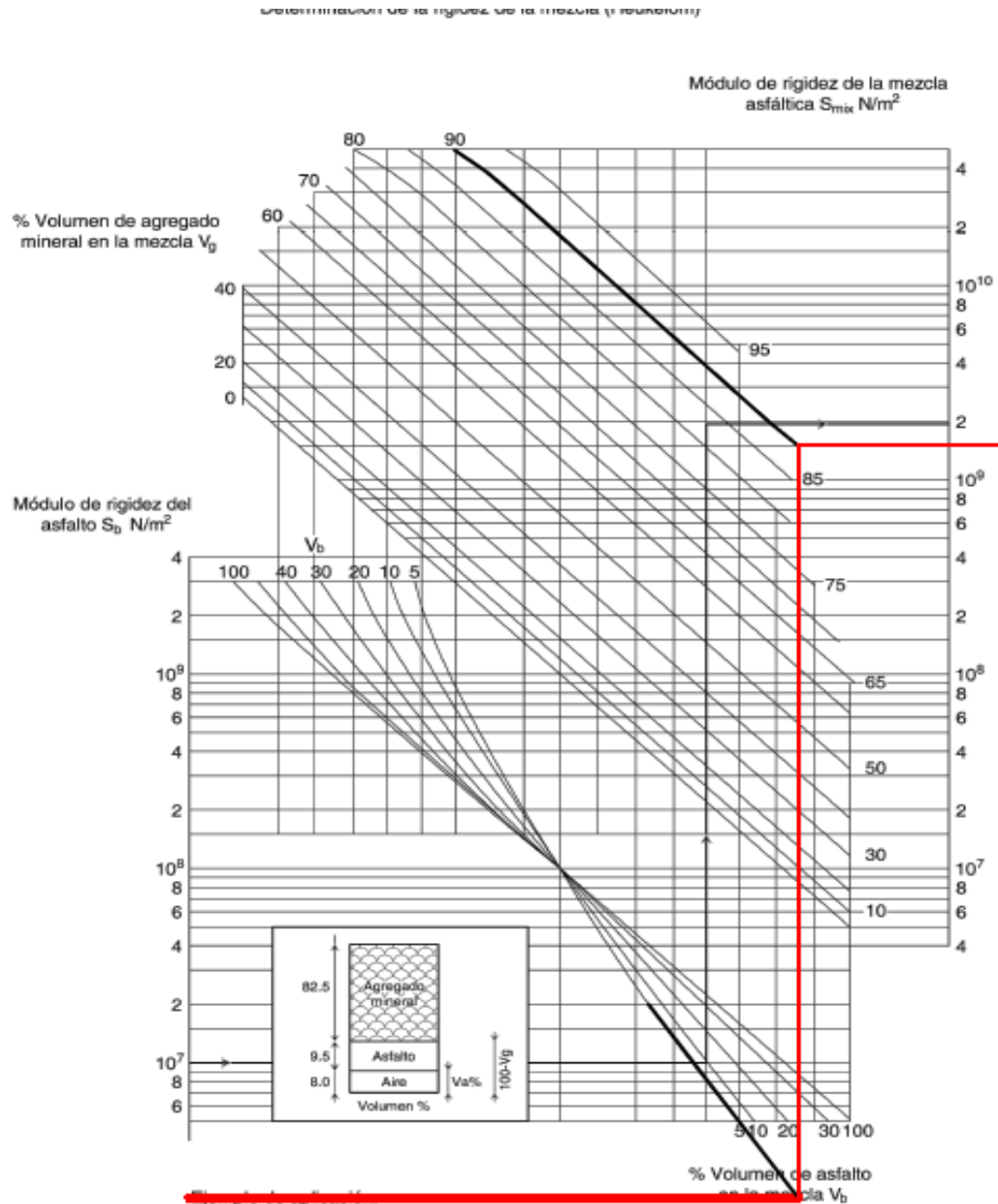
La rigidez del asfalto obtenida con este

Nomograma es  $S_b = 1.0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$



## DETERMINACIÓN DE LA RIGIDEZ DE LA MEZCLA

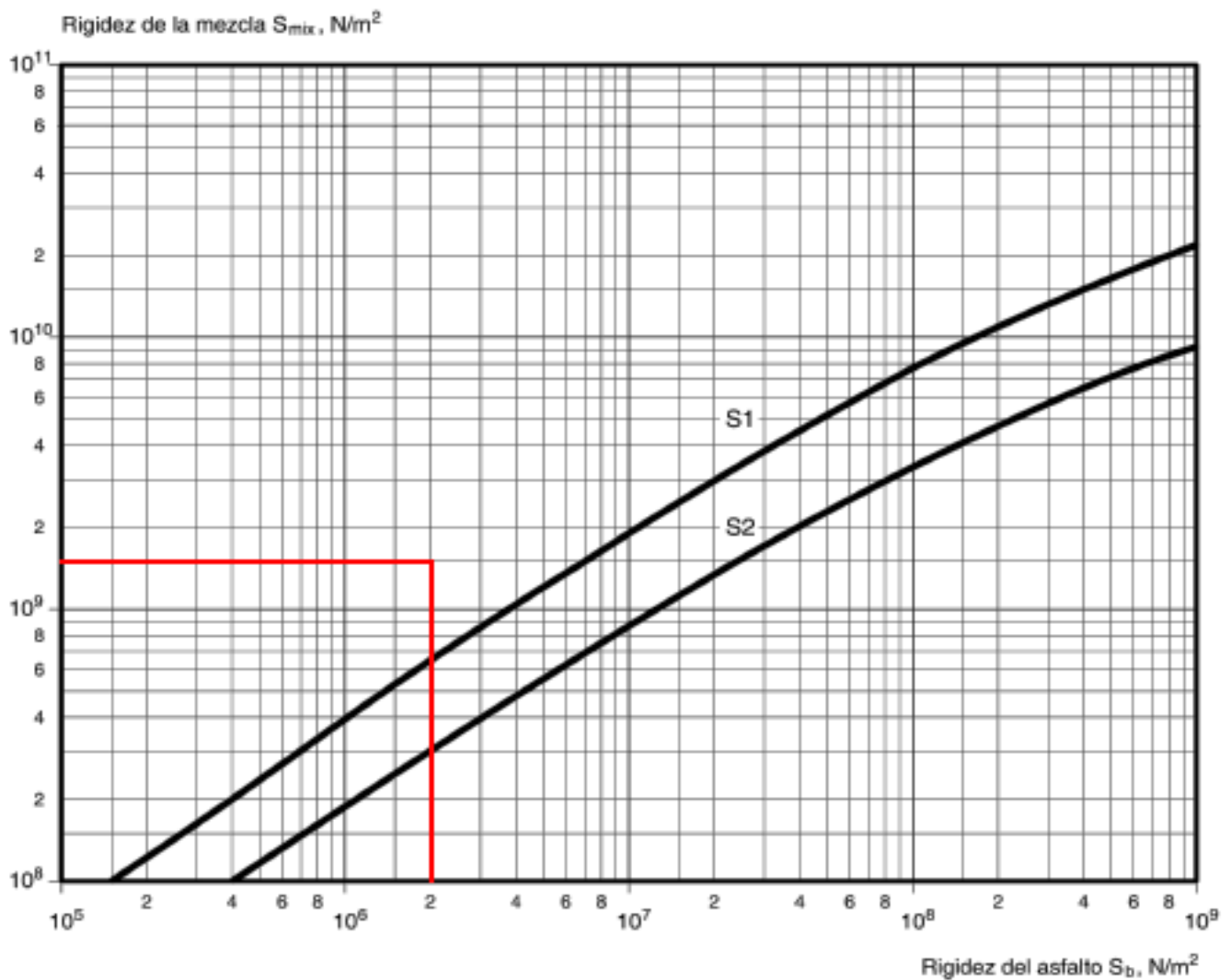
Modulo de rigidez del asfalto	2,0,E+06
Agregados	93%
Asfalto	5,3%
Aire	2%
<b>Smix</b>	<b>1,E+09</b>



$S_a = 1.0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$   
 Vol. %  $V_b = 9.5 \%$   
 Vol. %  $V_g = 82.5 \%$   
  
 $S_{mix} = 2.0 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

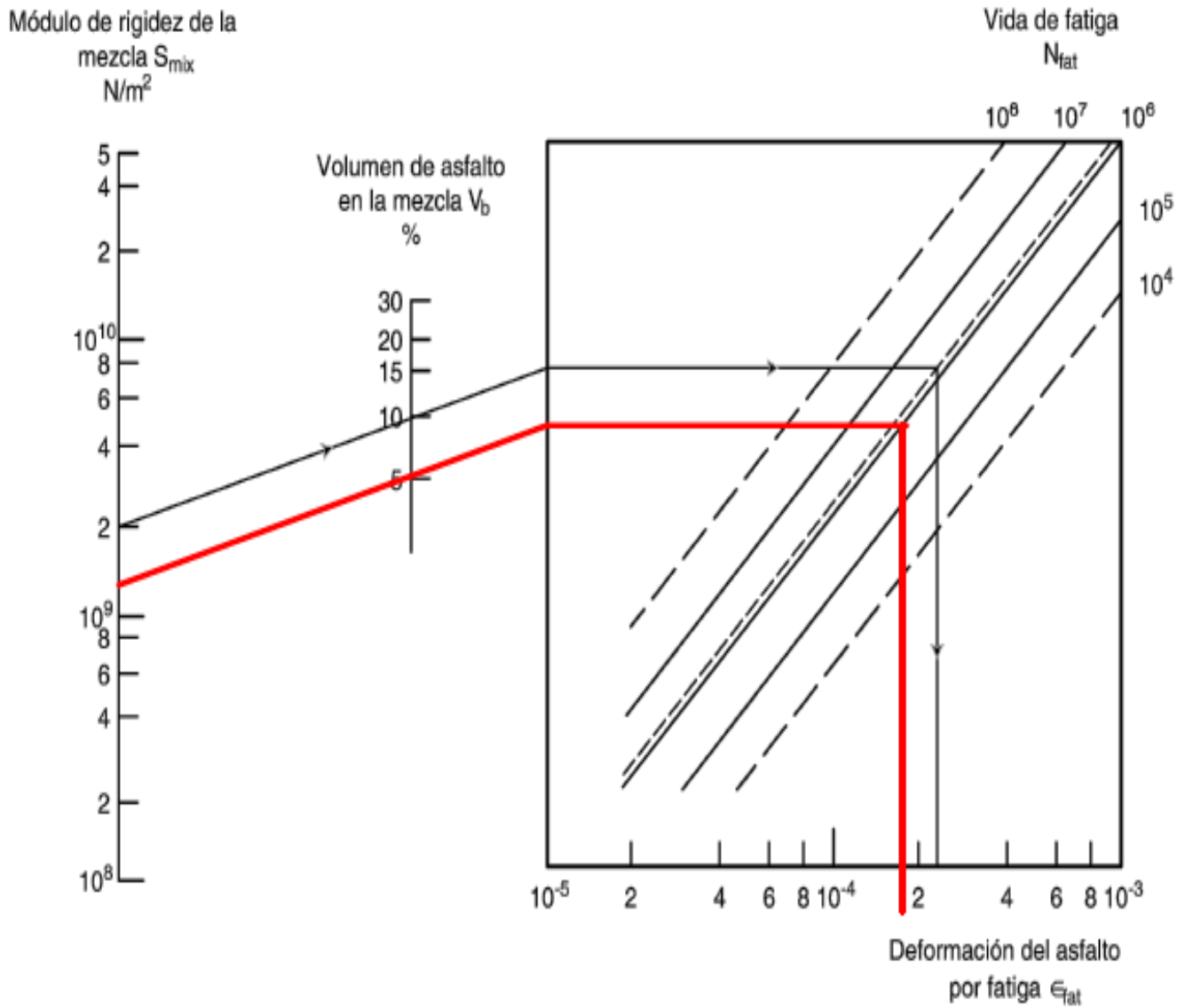
## IDENTIFICACIÓN DEL CODIGO DE RIGIDEZ DE LA MEZCLA

Smix	1,E+09
Modulo de rigidez del asfalto	2,0,E+06
<b>Codigo de rigidez de</b>	<b>S1</b>



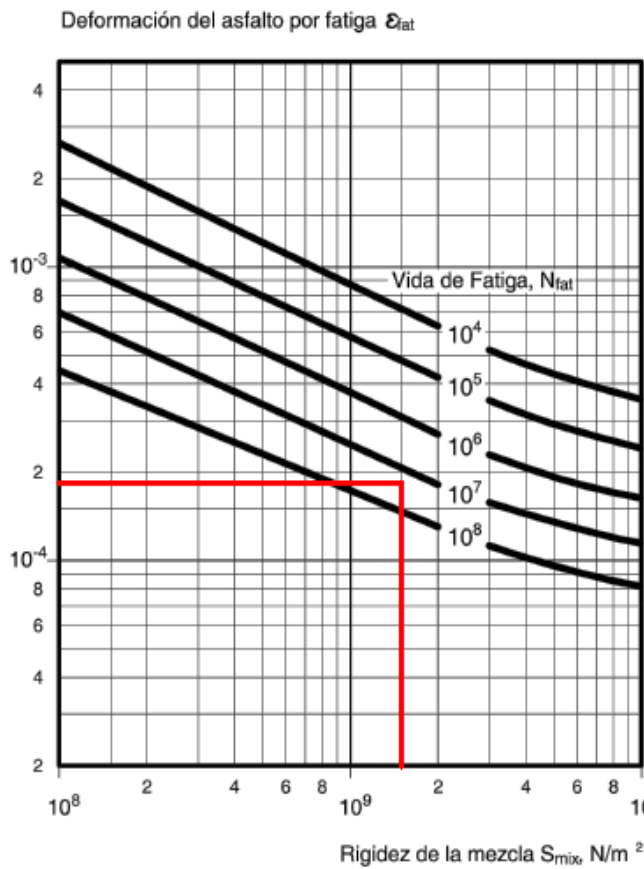
## DEFORMACIÓN DEL ASFALTO POR FATIGA ( $\epsilon_{fat}$ )

$S_{mix}$	1,E+09
% Asfalto	5,3%
N 8,2	1,00,E+06
<b><math>\epsilon_{fat}</math></b>	<b>1,90,E-04</b>

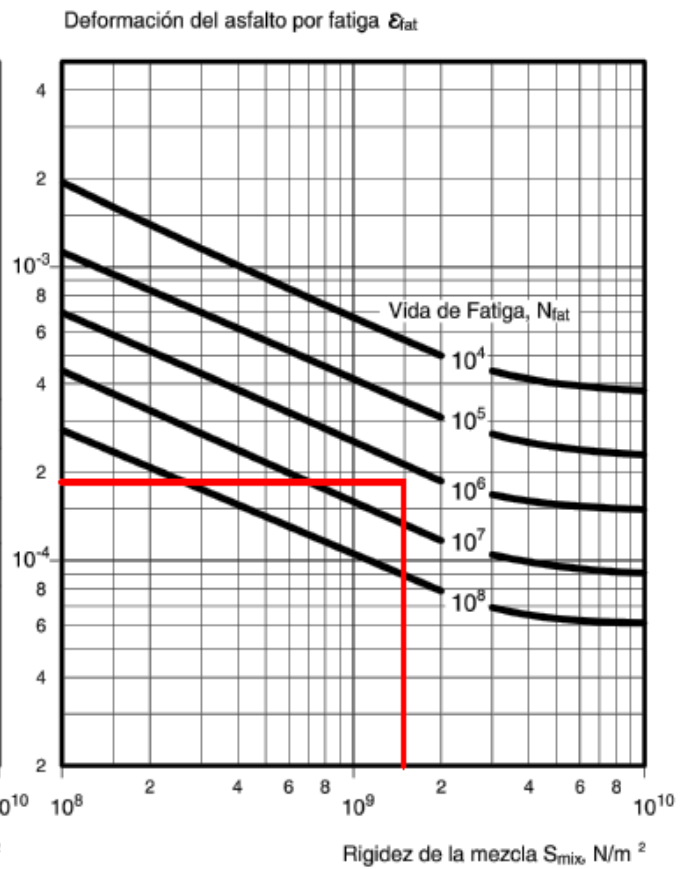


## IDENTIFICACIÓN DEL CODIGO DE FATIGA DE LA MEZCLA

$\epsilon_{fat}$	1,90,E-04
$S_{mix}$	1,E+09
N 8,2	1,00,E+06
<b>Fatiga del asfalto</b>	<b>F2</b>



Características de fatiga del asfalto F1



Características de fatiga del asfalto F2

## IDENTIFICACIÓN DEL CODIGO TOTAL DE LA MEZCLA

w-MAAT	25,7
Codigo de rigidez de la mezcla	S1
Fatiga del asfalto	F2
<b>Codigo total</b>	<b>S1-F2 50</b>

## DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO

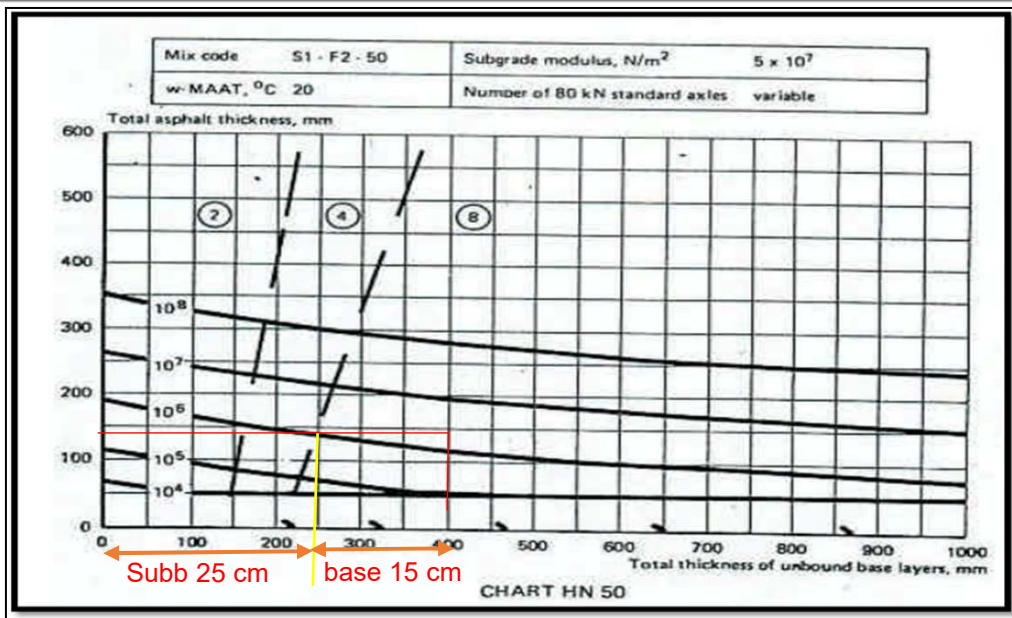
Capacidad de soporte subrasante

Mr	500	Kg/cm <sup>2</sup>
Mr	5,0,E+07	N/m <sup>2</sup>
Mr	7500	Psi
Mr	50	Mpa

Datos

Mr (N/m <sup>2</sup> )	5,0,E+07
N 8,2	1,00,E+06
Codigo total	S1-F2 50
w-MAAT	25,7

Mr N/m <sup>2</sup>	TMAP °C	Código de la Mezcla Asfáltica							
		Penetración = 50 1/10 mm				Penetración = 100 1/10 mm			
		S <sub>1</sub> -F <sub>1</sub> -50	S <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> -50	S <sub>2</sub> -F <sub>1</sub> -50	S <sub>2</sub> -F <sub>2</sub> -50	S <sub>1</sub> -F <sub>1</sub> -100	S <sub>1</sub> -F <sub>2</sub> -100	S <sub>2</sub> -F <sub>1</sub> -100	S <sub>2</sub> -F <sub>2</sub> -100
2.5 * 10 <sup>7</sup>	4	1	2	3	4	5	6	7	8
	12	9	10	11	12	13	14	15	16
	20	17	18	19	20	21	22	23	24
	28	25	26	27	28	29	30	31	32
5 * 10 <sup>7</sup>	4	33	34	35	36	37	38	39	40
	12	41	42	43	44	45	46	47	48
	20	49	50	51	52	53	54	55	56
	28	57	58	59	60	61	62	63	64
1 * 10 <sup>8</sup>	4	65	66	67	68	69	70	71	72
	12	73	74	75	76	77	78	79	80
	20	81	82	83	84	85	86	87	88
	28	89	90	91	92	93	94	95	96
2 * 10 <sup>8</sup>	4	97	98	99	100	101	102	103	104
	12	105	106	107	108	109	110	111	112
	20	113	114	115	116	117	118	119	120
	28	121	122	123	124	125	126	127	128



Distribución	
Espesor de c	12 cm
Espesor de c	40 cm
Base granula	15 cm
Sub-base Gr	25 cm

<p><b>Carpeta Rodadura</b> Modulo Rigidez mezcla = 1,0 x10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup> Espesor = 12 cm</p>
<p><b>Base Granular</b> Modulo = 8,0 x10<sup>8</sup> N/m<sup>2</sup> Espesor = 15 cm</p>
<p><b>Subbase Granular</b> Modulo = 4,0 x10<sup>8</sup> N/m<sup>2</sup> Espesor = 25 cm</p>
<p><b>Subrasante</b> Mr = 5,0 x10<sup>7</sup></p>