

—60°, en nuestra fórmula anterior haremos $T+t=-60$
— $H=0^m,76$ y $h=0,001$ y tendremos

$$X=18595(0,88) \log. \left(\frac{760}{1}\right)=46627^m,68$$

próximamente 40 leguas de á 2280 toesas.

« Cuando los sitios cuyo desnivel quiere medirse, no estan muy lejos unos de otros, deben ser simultaneas las observaciones. Para dar mas precision á los resultados, deberá elejirse un momento, en que el aire esté tranquilo y el cielo sereno, pocos instantes despues del mediodia, porque á esta época es cuando el barómetro está en la media presion del dia; será tambien muy conveniente reunir un cierto número de observaciones y calcular la altura, si es posible, segun las indicaciones medias anuales del barómetro y termómetro en las dos estaciones. Cuando los sitios de las estaciones estan muy distantes, es absolutamente indispensable emplear este último método. Para saber la altura de un parage sobre el nivel del mar, es decir encima de su superficie, suponiendo que con la misma convexidad penetrará por los continentes, se admite que la altura media en este punto es $0^m,76$. Parece sin embargo que esa altura lejos de ser constante aumenta con la latitud. Segun M. Humbold es 20 milímetros mayor en la rosca templada que en los trópicos. » (Péclet).

Tabla para calcular las alturas de las montañas, segun las observaciones barométricas ¹.

« La tabla que vamos á presentar, y que debemos á

¹ *Annuaire pour l'an 1837, présenté au roi par le bureau des longitudes.*

M. Oltmans, nos parece la mas cómoda de todas las que hasta aquí se han publicado, para facilitar el cálculo de las alturas, sobre todo cuando se renuncia al empleo de los logaritmos; he aquí la marcha de las operaciones. Sea h la altura, en milímetros, en la estacion inferior; h' la correspondiente ó la superior; T y T' las temperaturas centígradas de los barómetros; t y t' las del aire.

« Se busca en la *primera tabla* el número que corresponde á h ; llamemosle a ; en la misma se busca el correspondiente á h' ; designémosle por b ; representemos por c el número, generalmente muy pequeño, que en la segunda tabla está enfrente de $T-T'$; la altura aproximada es $a-b-c$ (Si $T-T'$ es cantidad negativa, deberá escribirse $a-b+c$). Para aplicar á esta altura aproximada la correccion que concierne á la temperatura de las capas de aire, habrá que multiplicar la milésima parte de esa altura por la doble suma $2(t+t')$ de los termómetros libres; y la correccion será positiva ó negativa, segun que $t+t'$ sea positiva ó negativa.

« La segunda y última correccion, la de la latitud y la disminucion de pesantez, se obtiene tomando, en la tercera tabla, el número que corresponde verticalmente á la latitud y horizontalmente á la altura aproximada; esta correccion que nunca puede pasar de 28 metros, es siempre positiva.

« En los casos, que son muy raros, en que la estacion inferior se hallase muy elevada sobre el nivel de la mar, habria que hacer otra pequeña correccion, cuyo valor se halla por medio de la tabla cuarta.

« Por lo demas al fin de las tablas hemos puesto un ejemplo.

200	200	200	200	200	200
201	201	201	201	201	201
202	202	202	202	202	202
203	203	203	203	203	203
204	204	204	204	204	204
205	205	205	205	205	205
206	206	206	206	206	206
207	207	207	207	207	207
208	208	208	208	208	208
209	209	209	209	209	209
210	210	210	210	210	210

TABLA I.

Argumento h y h' .

MILIMET.	METROS.	DIFERENC.	MILIMET.	METROS.	DIFERENC.
570	418,5		598	999,5	20,0
571	440,0	21,5	599	1019,5	19,9
572	461,5	21,5	400	1059,4	19,9
573	482,9	21,4	401	1059,5	19,8
574	504,2	21,5	402	1079,1	19,8
575	525,4	21,2	405	1098,9	19,7
576	546,6	21,2	404	1118,6	19,7
577	567,8	21,2	405	1158,5	19,6
578	588,9	21,1	406	1157,9	19,6
579	609,9	21,0	407	1177,5	19,6
580	650,9	21,0	408	1197,1	19,5
581	651,8	20,9	409	1216,6	19,4
582	672,7	20,9	410	1256,0	19,4
585	695,5	20,8	411	1255,4	19,4
584	714,5	20,8	412	1274,8	19,4
585	755,0	20,7	415	1294,1	19,2
586	755,6	20,6	414	1515,5	19,2
587	776,2	20,6	415	1552,5	19,2
588	796,8	20,6	416	1551,7	19,1
589	817,5	20,5	417	1570,8	19,1
590	857,8	20,5	418	1589,9	19,0
591	858,2	20,4	419	1408,9	19,0
592	878,5	20,5	420	1427,9	18,9
595	898,2	20,5	421	1446,8	18,9
594	919,0	20,2	422	1465,7	18,9
595	959,2	20,2	425	1484,6	18,8
596	959,5	20,1	424	1505,4	18,8
597	979,4	20,1	425	1522,2	18,8

MILIMET.	METROS.	DIFERENC.	MILIMET.	METROS.	DIFERENC.
426	1540,8		465	2204,1	17,2
427	1559,5	18,7	464	2221,5	17,1
428	1578,2	18,7	465	2258,4	17,1
429	1596,8	18,6	466	2255,5	17,1
450	1615,5	18,5	467	2272,6	17,0
451	1655,8	18,5	468	2289,6	17,0
452	1652,2	18,4	469	2506,6	17,0
455	1670,6	18,4	470	2525,6	16,9
454	1689,0	18,4	471	2540,5	16,9
455	1707,5	18,5	472	2557,4	16,8
456	1725,6	18,5	475	2574,2	16,9
457	1745,8	18,2	474	2591,1	16,9
458	1762,1	18,5	475	2407,9	16,7
459	1780,5	18,2	476	2424,6	16,7
440	1798,4	18,1	477	2441,5	16,7
441	1816,5	18,1	478	2458,0	16,6
442	1854,5	18,0	479	2474,6	16,7
445	1852,5	18,0	480	2491,5	16,6
444	1870,4	17,9	481	2507,9	16,4
445	1888,5	17,9	482	2524,5	16,5
446	1906,2	17,9	485	2540,8	16,5
447	1924,0	17,8	484	2557,5	16,4
448	1941,8	17,8	485	2575,7	16,5
449	1959,6	17,8	486	2590,2	16,4
450	1977,5	17,7	487	2606,6	16,5
451	1994,9	17,6	488	2622,9	16,5
452	2012,6	17,7	489	2659,2	16,2
455	2050,2	17,6	490	2655,4	16,2
454	2047,8	17,6	491	2671,6	16,5
455	2065,5	17,5	492	2687,9	16,2
456	2082,8	17,5	495	2704,1	16,1
457	2100,2	17,4	494	2720,2	16,1
458	2117,6	17,4	495	2756,5	16,0
459	2155,0	17,4	496	2752,5	16,0
460	2152,5	17,5	497	2768,5	16,1
461	2169,6	17,5	498	2784,4	16,1
462	2186,9	17,5	499	2800,4	16,0

MILIMET.	METROS.	DIFERENC.	MILIMET.	METROS.	DIFERENC.
500	2816,5	15,9	557	5584,8	14,8
504	2852,2	15,9	558	5599,6	14,8
502	2848,1	15,9	559	5444,4	14,8
505	2864,0	15,8	540	5429,2	14,7
504	2879,8	15,8	541	5445,9	14,7
505	2895,6	15,7	542	5458,6	14,7
506	2911,5	15,7	545	5475,5	14,6
507	2927,0	15,7	544	5487,9	14,6
508	2942,7	15,7	545	5502,5	14,7
509	2958,4	15,7	546	5517,2	14,6
510	2974,0	15,6	547	5531,8	14,5
511	2989,6	15,6	548	5546,5	14,5
512	5005,2	15,5	549	5560,8	14,5
515	5020,7	15,5	550	5575,5	14,5
514	5056,2	15,5	551	5589,8	14,4
515	5051,7	15,5	552	5604,2	14,4
516	5067,2	15,4	555	5618,6	14,4
517	5082,6	15,5	554	5655,0	14,4
518	5097,9	15,4	555	5647,4	14,5
519	5115,5	15,5	556	5661,7	14,5
520	5128,6	15,5	557	5676,0	14,5
521	5145,9	15,5	558	5690,5	14,5
522	5159,2	15,2	559	5704,6	14,2
525	5174,4	15,5	560	5718,8	14,2
524	5189,7	15,2	561	5755,0	14,2
525	5204,9	15,1	562	5747,2	14,1
526	5220,0	15,1	565	5761,5	14,1
527	5255,1	15,1	564	5775,4	14,1
528	5250,2	15,1	565	5789,5	14,1
529	5265,5	15,0	566	5805,6	14,1
550	5280,5	15,0	567	5817,7	14,0
551	5295,5	15,0	568	5851,7	14,0
552	5510,5	15,0	569	5845,7	14,0
555	5525,5	14,9	570	5859,7	14,0
554	5540,2	14,9	571	5875,7	15,9
555	5555,1	14,9	572	5887,6	15,9
556	5570,0		575	5901,5	

MILIMET.	METROS.	DIFERENC.	MILIMET.	METROS.	DIFERENC.
574	5915,4	15,9	611	4412,8	15,1
575	5929,5	15,8	612	4425,9	15,0
576	5945,1	15,8	615	4458,9	15,0
577	5956,9	15,8	614	4451,9	15,0
578	5970,7	15,8	615	4464,8	12,9
579	5984,5	15,8	616	4477,7	15,0
580	5998,2	15,7	617	4490,7	12,9
581	4011,9	15,7	618	4505,6	12,8
582	4025,6	15,7	619	4516,4	12,9
585	4059,5	15,6	620	4529,5	12,8
584	4052,9	15,7	621	4542,1	12,8
585	4066,6	15,6	622	4554,9	12,8
586	4080,2	15,6	625	4567,7	12,8
587	4095,8	15,5	624	4580,5	12,7
588	4107,5	15,5	625	4595,2	12,8
589	4120,8	15,5	626	4606,0	12,7
590	4154,5	15,5	627	4618,7	12,7
591	4147,8	15,5	628	4651,4	12,6
592	4161,5	15,4	629	4644,0	12,7
595	4174,7	15,4	650	4656,7	12,6
594	4188,1	15,4	651	4669,5	12,7
595	4201,5	15,4	652	4682,0	12,5
596	4214,9	15,5	655	4694,5	12,6
597	4228,2	15,4	654	4707,1	12,6
598	4241,6	15,5	655	4719,7	12,5
599	4254,9	15,5	656	4752,2	12,5
600	4268,2	15,2	657	4744,7	12,5
601	4281,4	15,5	658	4757,2	12,5
602	4294,7	15,2	659	4769,7	12,4
605	4507,9	15,2	640	4782,1	12,5
604	4521,1	15,2	641	4794,6	12,4
605	4554,5	15,1	642	4807,0	12,4
606	4547,4	15,1	645	4819,4	12,5
607	4560,5	15,2	644	4851,7	12,4
608	4575,7	15,0	645	4844,1	12,5
609	4586,7	15,1	646	4856,4	12,5
610	4599,8		647	4868,7	

MILIMET.	METROS.	DIFERENC.	MILIMET.	METROS.	DIFERENC.
648	4881,0	12,5	685	5525,2	11,6
649	4895,5	12,5	686	5554,8	11,6
650	4905,6	12,2	687	5546,4	11,6
651	4917,8	12,2	688	5558,0	11,6
652	4950,0	12,2	689	5569,6	11,5
655	4942,2	12,2	690	5581,1	11,6
654	4954,4	12,2	691	5592,7	11,5
655	4966,6	12,1	692	5404,2	11,5
656	4978,7	12,2	695	5415,7	11,5
657	4990,9	12,1	694	5427,2	11,5
658	5005,0	12,1	695	5458,7	11,4
659	5015,1	12,1	696	5450,1	11,4
660	5027,2	12,0	697	5461,5	11,4
661	5059,2	12,0	698	5472,9	11,4
662	5051,2	12,1	699	5484,5	11,4
665	5065,5	12,0	700	5495,7	11,4
664	5075,5	11,9	701	5507,1	11,5
665	5087,2	12,0	702	5518,4	11,4
666	5099,2	12,0	705	5529,8	11,5
667	5111,2	11,9	704	5541,1	11,5
668	5125,1	11,9	705	5552,4	11,5
669	5155,0	11,9	706	5565,7	11,5
670	5146,9	11,9	707	5575,0	11,2
671	5158,9	11,8	708	5586,2	11,5
672	5170,6	11,9	709	5597,5	11,2
675	5182,5	11,8	710	5608,7	11,2
674	5194,5	11,8	711	5619,9	11,2
675	5206,1	11,8	712	5651,1	11,1
676	5217,9	11,8	715	5642,2	11,2
677	5229,7	11,7	714	5655,4	11,2
678	5241,4	11,8	715	5664,6	11,1
679	5253,2	11,7	716	5675,7	11,1
680	5264,9	11,7	717	5686,8	11,1
681	5276,6	11,7	718	5697,9	11,1
682	5288,5	11,7	719	5709,0	11,1
685	5500,0	11,6	720	5720,1	11,1
684	5511,6		721	5751,1	11,0

MILIMET.	METROS.	DIFERENC.	MILIMET.	METROS.	DIFERENC.
722	5742,1	11,0	757	6119,1	10,5
725	5755,1	11,1	758	6129,6	10,5
724	5764,2	11,9	759	6140,1	10,5
725	5775,1	11,0	760	6150,6	10,5
726	5786,1	10,0	761	6161,1	10,4
727	5797,1	10,9	762	6171,5	10,5
728	5808,0	10,0	765	6182,0	10,4
729	5819,0	10,9	764	6192,4	10,4
750	5829,9	10,9	765	6202,8	10,4
751	5840,8	10,9	766	6215,2	10,4
752	5851,7	10,9	767	6225,6	10,4
755	5862,5	10,9	768	6254,0	10,4
754	5875,4	10,8	769	6244,1	10,5
755	5884,2	10,9	770	6254,7	10,5
756	5895,1	10,8	771	6265,0	10,4
757	5905,9	10,8	772	6275,4	10,5
758	5916,7	10,8	775	6285,7	10,5
759	5927,5	10,7	774	6296,0	10,2
740	5958,2	10,8	775	6506,2	10,5
741	5949,0	10,7	776	6516,5	10,2
742	5959,7	10,7	777	6526,7	10,5
745	5970,4	10,8	778	6557,0	10,2
744	5981,2	10,7	779	6547,2	10,2
745	5991,9	10,6	780	6557,4	10,2
746	6002,5	10,7	781	6567,6	10,2
747	6015,2	10,6	782	6577,8	10,2
748	6025,8	10,6	785	6588,0	10,2
749	6054,1	10,7	784	6598,2	10,1
750	6045,1	10,6	785	6408,5	10,2
751	6055,7	10,6	786	6418,5	10,1
752	6066,5	10,6	787	6428,6	10,1
755	6076,9	10,6	788	6458,7	10,1
754	6087,5	10,6	789	6448,8	10,1
755	6098,0	10,6	790	6458,9	10,1
756	6108,6				

TABLA II.

Argumento T--T. Termómetro centígrado del barómetro.

O	M	O	M	O	M	O	M
0,2	0,5	5,2	7,6	10,2	15,0	15,2	22,4
0,4	0,6	5,4	7,9	10,4	15,5	15,4	22,7
0,6	0,9	5,6	8,2	10,6	15,6	15,6	22,9
0,8	1,2	5,8	8,5	10,8	15,9	15,8	25,2
1,0	1,5	6,0	8,8	11,0	16,2	16,0	25,5
1,2	1,8	6,2	9,1	11,2	16,5	16,2	25,8
1,4	2,1	6,4	9,4	11,4	16,8	16,4	24,1
1,6	2,5	6,6	9,7	11,6	17,1	16,6	24,4
1,8	2,6	6,8	10,0	11,8	17,4	16,8	24,7
2,0	2,9	7,0	10,5	12,0	17,6	17,0	25,0
2,2	3,2	7,2	10,6	12,2	17,9	17,2	25,5
2,4	3,5	7,4	10,9	12,4	18,2	17,4	25,6
2,6	3,8	7,6	11,2	12,6	18,5	17,6	25,9
2,8	4,1	7,8	11,5	12,8	18,8	17,8	26,2
3,0	4,4	8,0	11,8	13,0	19,1	18,0	26,5
3,2	4,7	8,2	12,1	13,2	19,4	18,2	26,8
3,4	5,0	8,4	12,4	13,4	19,7	18,4	27,1
3,6	5,5	8,6	12,6	13,6	20,0	18,6	27,4
3,8	5,6	8,8	12,9	13,8	20,5	18,8	27,7
4,0	5,9	9,0	13,2	14,0	20,6	19,0	28,0
4,2	6,2	9,2	13,5	14,2	20,9	19,2	28,2
4,4	6,5	9,4	13,8	14,4	21,2	19,4	28,5
4,6	6,8	9,6	14,1	14,6	21,5	19,6	28,8
4,8	7,1	9,8	14,4	14,8	21,8	19,8	29,1
5,0	7,4	10,0	14,7	15,0	22,1		

Para hacer la correccion correspondiente á la temperatura del aire se multiplica la milésima parte de la diferencia de los números correspondientes á h' y h por el duplo de la suma de los termómetros centígrados libras. Esta correccion tiene el mismo signo que la suma de los termómetros.

Se toma la suma ó la diferencia de los números correspondientes á h' y T' , segun que $T'-T$ es positivo ó negativo.

TABLA III.

Argumento. Latitud sexagesimal del parage (correccion positiva.)

ALTURA aproximada.	0°	5°	10°	15°	20°	25°
	m	m	m	m	m	m
200	4,2	4,2	4,2	4,0	4,0	4,0
400	2,4	2,4	2,4	2,2	2,0	2,0
600	5,4	5,4	5,4	5,2	5,0	2,8
800	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	5,8
1000	5,7	5,7	5,7	5,5	5,4	4,8
1200	7,0	7,0	6,8	6,4	6,0	5,8
1400	8,2	8,2	8,0	7,6	7,4	6,7
1600	9,2	9,2	9,0	8,8	8,2	7,6
1800	10,4	10,4	10,2	9,8	9,4	8,6
2000	11,6	11,5	11,5	11,0	10,4	9,6
2200	12,8	12,6	12,6	12,4	11,4	10,6
2400	14,0	14,0	13,8	13,5	12,5	11,6
2600	15,2	15,2	15,0	14,4	13,6	12,6
2800	16,6	16,5	16,4	15,6	14,8	13,6
3000	17,9	17,7	17,6	16,8	15,8	14,6
3200	19,1	18,9	18,7	18,0	17,0	15,7
3400	20,5	20,5	20,4	19,5	18,4	16,9
3600	21,8	21,7	21,4	20,4	19,6	18,0
3800	23,1	22,9	22,6	21,6	20,6	19,4
4000	24,6	24,4	24,0	22,9	21,9	20,5
4200	25,9	25,7	25,5	24,5	23,0	21,6
4400	27,5	27,5	26,8	25,8	24,5	23,0
4600	28,9	28,7	28,2	27,4	25,6	24,5
4800	30,4	30,2	29,6	28,4	27,0	25,5
5000	31,8	31,6	30,9	29,8	28,4	26,7
5200	33,0	32,8	32,4	31,0	29,7	28,0
5400	34,5	34,4	32,5	32,4	30,8	29,2
5600	35,7	35,5	34,8	33,7	32,4	30,2
5800	37,1	36,9	36,4	35,0	33,2	31,5
6000	38,5	38,5	37,5	36,5	34,5	32,5

ALTURA aproximada.	50°	55°	40°	45°	50°	55°
	m	m	m	m	m	m
200	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4
400	1,8	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8
600	2,6	2,4	2,0	1,8	1,6	1,2
800	3,5	3,1	2,8	2,4	2,0	1,7
1000	4,5	3,8	3,4	3,1	2,6	2,2
1200	5,4	4,6	4,2	3,6	3,1	2,6
1400	6,4	5,4	4,8	4,2	3,6	3,0
1600	7,0	6,2	5,6	4,8	4,4	3,4
1800	8,0	7,0	6,5	5,4	4,6	3,8
2000	8,8	7,8	7,0	6,0	5,1	4,2
2200	9,7	8,6	7,6	6,6	5,6	4,6
2400	10,6	9,4	8,4	7,2	6,1	5,1
2600	11,6	10,3	9,2	8,0	6,8	5,6
2800	12,6	11,4	10,0	8,8	7,4	6,2
3000	13,6	12,2	10,8	9,4	8,0	6,6
3200	14,6	13,1	11,5	10,1	8,6	7,0
3400	15,7	14,1	12,4	10,9	9,2	7,7
3600	16,7	15,0	13,4	11,6	9,8	8,2
3800	17,7	16,9	14,5	12,4	10,5	8,7
4000	18,7	17,0	15,1	13,1	11,2	9,4
4200	19,9	18,0	15,9	14,0	12,0	10,1
4400	21,1	19,1	16,9	15,0	12,9	10,8
4600	22,5	20,5	18,0	15,9	13,6	11,5
4800	23,4	21,5	19,0	16,7	14,5	12,1
5000	24,6	22,5	19,9	17,4	15,0	12,7
5200	25,7	23,5	20,8	18,2	15,7	13,5
5400	26,7	24,5	21,7	19,1	16,4	13,9
5600	27,8	25,5	22,6	19,9	17,2	14,5
5800	28,9	26,5	23,6	20,7	17,8	15,1
6000	30,0	27,5	24,6	21,5	18,5	15,7

TABLA IV.

Correccion para 1000^m de altura.

h	METROS.	h	METROS.
400	1,74	600	0,65
450	1,59	650	0,42
500	1,44	700	0,22
550	0,86	750	0,05

Sea, por ejemplo, en la estacion inferior $h=600$ milímetros; la diferencia de nivel $=1500^m$; y tendremos

$$400:0,65=1500:0^m,95$$

y la diferencia de nivel ya corregida será $=1500^m,9$. Esta correccion es siempre positiva.

Tipo del cálculo.

Altura de Guanajuato observada por Humboldt. Latitud $=24^\circ$. En la estacion superior, altura del barómetro $=600^m,95=h'$; termómetro del barómetro $=+21,5=T'$; termómetro libre $+21,5=t'$. A la orilla del mar, altura del barómetro $765^m,15=h$; termómetro del barómetro $+23,5=T$; termómetro libre $+23,5=t$.

Tabla I. { da para 765 ^{mm} , 15	6485 ^m , 5...a
para 600 ,95	4280 ,7...b
Tabla II. da para T-T'=4	5 ,9...c
a-b-c, ó altura aproximada.	4896 ,9
1 ^a correccion = $\frac{4897}{4000}(t \times 2 + t')$	+ 176 ,8
Suma.	2075 ,7
2 ^a cor., tabla III, da para 2075 y 24°	+ 10 ,6
Altura.	2084 ^m , 5

De la máquina neumática.

66. La máquina neumática, que pasa por invención de Otto de Guericke, es un aparato á propósito para enrarecer el aire contenido en un espacio determinado. En su origen estaba muy lejos de ser lo que es en la actualidad. Componiase de un cilindro hueco AC (Fig. 45); llamado cuerpo de bomba, en el cual se movía ludiendo un émbolo *p* adaptado á un vástago ó varilla *t*. Tenía la bomba dos conductos pequeños en uno de los cuales había una llave R, y en el otro además de su correspondiente llave R' se atornillaba el cuello del recipiente, cuyo aire se quería enrarecer. Abriase la llave R y se cerraba la R' al tiempo de bajar el émbolo, repitiendo la operación á la inversa cuando este subía, y de esta alternativa de movimientos resultaba vaciarse el recipiente al cabo de un cierto tiempo.

Ofrecía tanta dificultad el abrir y cerrar las llaves que trató de evitarse este embarazo, acudiendo al remedio con dos válvulas A y A' (Fig. 46) colocadas, una en el émbolo y otra en el cuerpo de bomba y abriéndose ambas á dos de dentro á fuera.

67. La válvula A' ofrece sin embargo un nuevo incon-

veniente, y es que al cabo de cierto tiempo pierde su fuerza y no se levanta, después de que el émbolo ha dado cierto número de golpes; pues que debilitándose la fuerza elástica del aire interior no puede vencer la resistencia de esa válvula, de consiguiente llegando á ese extremo es imposible continuar el vacío. Por esta razón, tampoco se usan ya más válvulas, sino que se tapa el agujero con un cono pequeño truncado y macizo, sujeto á una varilla metálica *tt'*, que atraviesa, ludiendo, al émbolo como se ve en la Fig. 47. De este modo, cuando el émbolo desciende, baja con él la varilla *tt'*, llevando consigo el cono truncado á la embocadura del conducto; mas el émbolo vence el rozamiento de la varilla *tt'* y continua en su descenso; por el contrario, cuando el émbolo sube, se eleva con él la varilla *tt'* y saliendo el cono truncado de su abertura permite pasar al aire del recipiente, por débil que sea su fuerza elástica. Sube sin embargo el émbolo *p* y el cono no puede seguirle, así que la varilla tropieza en la parte superior del cuerpo de bomba. En fin se ha creído muy útil sustituir á la válvula *s* otra metálica, fija en el interior del émbolo y que vuelve á cerrarse sobre sí misma mediante un resortito.

68. En tal estado, ofrece la máquina todavía algunos inconvenientes. Al empezar á hacer el vacío en el recipiente, cuesta poco trabajo levantar el émbolo porque el aire exterior é interior tienen con corta diferencia la misma fuerza elástica. Pero cuando el vacío llega á cierto grado, la elasticidad del aire interior queda tan débil, que para levantar el émbolo es necesario hacer un grande esfuerzo porque toda la atmósfera obra sobre su superficie.

Remediase este inconveniente poniendo en vez de uno dos cuerpos de bomba que comunican por un mismo conducto con el recipiente (Fig. 48); son totalmente iguales é idénticos interiormente al que queda descrito, pero exteriormente hay innovación, pues las dos

varillas son barras dentadas, ó mejor dicho unas cremalleras, cuyos dientes engranan con los de una rueda dentada que se pone en movimiento con la palanca MM' sujeta á su mismo eje; de manera que girando alternativamente hace subir á uno de los émbolos cuando el otro baja, y como la atmósfera pesa lo mismo sobre el que sube que sobre el que baja, resulta que el esfuerzo es siempre el mismo en todos los periodos de la maniobra.

69. Sea sin embargo el que quiera el grado de perfeccion de una máquina pneumática, nunca produce un vacío perfecto en el recipiente, pues seria necesario continuar el movimiento de los émbolos durante un tiempo ilimitado; sin embargo se llega siempre á un punto en que la elasticidad del aire es tan debil que no puede abrir la válvula del émbolo, y el aceite que se pone para suavizar los movimientos se convierte casi totalmente en gas. Por lo cual en las mejores apenas se llega á obtener el vacío correspondiente á 4 milímetros de elasticido.

Antiguamente se construian máquinas de otra especie mediante las cuales se hacia mayor vacío, pero son tan complicadas que se han abandonadas completamente.

Acaba de inventar Babinet una máquina con la que, sin ser muy complicada, se puede hacer un vacío mas completo que el que ordinariamente se obtiene. Cada cuerpo de bomba comunica con el recipiente por medio de un conducto particular, cuando por este medio se llega á dilatar el aire todo lo que posible, se intercepta por medio de una llave la comunicacion entre uno de los cuerpos de bomba y el recipiente, haciendo que los cuerpos de bomba comuniquen entre sí.

Se continua moviendo los émbolos, y el que ya no está en comunicacion con el recipiente agota el aire del otro.

Sea a la masa de aire que queda cuando la máquina ordinaria ya no es eficaz; R la capacidad de cada cuerpo

de bomba y v el espacio que resta debajo del émbolo cuando está en el punto mas bajo de su carrera; $\frac{a}{r}$ es de consiguiente la densidad del aire atmosférico ó del aire antes que haya empezado el movimiento de la máquina; $\frac{a}{R}$ es la del aire enrarecido, y $\frac{r}{R}$, por lo tanto, la medida de la rarefaccion. En la máquina de Babinet, el aire del cuerpo de bomba comunica con el recipiente cuando la llave tiene una cierta posicion, y pasa al otro cuando la llave toma otra posicion distinta; de manera que en la capacidad r , no quedará mas que $\frac{a}{R} \frac{r}{R}$; de manera que la energia ó intension con que la máquina modificada enrarece es á la de la máquina ordinaria $::r:R$, y esta facultad puede espresarse por

$(\frac{r}{R})^2$. pues que es evidente $\frac{r}{R}:x::r:R$, siendo x la cantidad buscada.

70. Para poder juzgar continuamente del grado de dilatacion del aire en el interior del recipiente de la máquina, se hace que este comunique con la parte superior de un barómetro de cubeta AB (Fig. 48.). Este instrumento entra en la mayor parte de las máquinas pneumáticas, pero generalmente es de quita y pon. Antes de que el aparato empiece á funcionar su nivel es el mismo que seria en la parte exterior; pero disminuyendo la fuerza elástica del aire interior del recipiente á medida que empiezan los movimientos del émbolo, sube necesariamente el mercurio del tubo. Llamemos h la altura del mercurio en el barómetro adaptado á la máquina y p á la presion de la atmósfera; la elasticidad del aire interior será $p-h$; mas como antes de que el aire se hubiere enrarecido, el aire del recipiente ocupaba el mismo volumen bajo la pre-



sion p , y los pesos de un mismo volumen de aire son proporcionales á las presiones, tendremos que

$$1 \times \frac{p-h}{p},$$

será el peso del aire que ha quedado en el globo, siendo 1 el peso primitivo del aire.

Hay tambien algunas máquinas neumáticas en las que se juzga del grado del vacío por medio de un instrumento llamado probeta ó *barómetro acortado*, que regularmente se halla debajo de una campanita de cristal, herméticamente aplicada sobre una peana hueca que comunica con el recipiente y los cuerpos de bomba: compónese ese instrumento de un tubo BCA (Fig. 49) encorvado en forma de sifon y de 8 á 10 pulgadas de altura. El brazo CB está cerrado y el CA abierto, aunque hay bastante mercurio para que el primero esté completamente lleno. Y cuando el aire del interior de la máquina se halle bastante enrarecido para no poder sostener hasta lo mas alto del brazo cerrado, bajará el metal en ese brazo, aunque siempre su altura será mayor que en el opuesto. En fin ya no hay mas que medir con una escala la diferencia de los dos niveles, y esa diferencia dará á conocer la elasticidad del aire en el recipiente. El instrumento, que acabamos de describir, no sirve sino cuando el enrarecimiento del aire es muy considerable.

70 a. Propongámonos ahora calcular en que proporcion se agota el aire en una máquina de dos cuerpos de bomba. Este problema es sencillísimo cuando se conoce la relacion entre la capacidad del recipiente, comprendiendo en ella la de los tubos de comunicacion, y la de uno de los cuerpos de bomba. Y digo solamente uno porque siendo ambos á dos totalmente iguales y estando dispuestos de modo que cuando uno se halla en el punto mas alto de su curso el otro está en el mas bajo, es evidente que el vo-

lumen de aire que sale en cada vuelta del manubrio es igual á la capacidad de uno solo de ellos.

Llamemos, por consiguiente, F á la capacidad de recipiente, P á la de cada uno de los cuerpos de bomba y A á la masa de aire contenido en ese recipiente. Supongamos, para mayor sencillez, que uno de los émbolos está en el punto mas bajo, y el otro de consiguiente en el mas alto, el cual llegará al mas bajo cuando se le haga dar una vuelta completa al manubrio; y como el volumen de aire es F+P, pues que el émbolo tiene debajo de sí un volumen de aire igual á P, es claro que cuando llegue al punto mas bajo habrá espulsado ese volumen P, y mediante la proporcion $A:x::F+P:P$, tendremos $x = \frac{AP}{F+P}$ cantidad de aire estraido; de manera que debajo del recipiente quedará $A - \frac{AP}{F+P}$ ó bien $\frac{AF}{F+P}$. El resto se halla tambien por la proporcion $A:x::F+P:F$. Dando segunda vuelta al manubrio baja el otro émbolo y despide un volumen de aire igual á P, cuyo peso, calculado por medio de la proporcion

$\frac{AF}{F+P}:x'::F+P:P$, es $x' = \frac{AFP}{(F+P)^2}$ con otra vuelta se quitaría $\frac{AF^2P}{(F+P)^3}$ y con m vueltas $\frac{AF^m - AP}{(F+P)^m}$. El primer residuo de aire es $\frac{AF}{F+P}$; el segundo $\frac{AF^2}{(F+P)^2}$; el tercero $\frac{AF^3}{(F+P)^3}$; y por fin el m , $\frac{AF^m}{(F+P)^m}$.

Ejemplo. Se sabe que la relacion entre la capacidad de uno de los cuerpos de bomba de una máquina neumática y un globo en que se quiere hacer el vacío, es como 5:12 contiene el globo 5 lit. 53 de aire, y se pregunta qué can-

tividad de aire quedará despues de dar 8 vueltas al émbolo.

He aqui la tabla de los resultados correspondientes á cada ascension del émbolo.

	CANTIDADES	RESTOS.
	estraidas.	
	LITROS.	LITROS.
1 ^a ascension del émbolo.	4,557	5,776
2 ^a id.	1,111	2,666
3 ^a id.	0,784	1,882
4 ^a id.	0,555	1,528
5 ^a id.	0,591	0,958
6 ^a id.	0,276	0,662
7 ^a id.	0,195	0,467
8 ^a id.	0,157	0,550

Despues de 8 ascensiones quedan 0 lit. 550.

Hemos calculado los resultados parciales con ánimo de poner á vista del lector la progresion descendente de las cantidades estraidas y de las restantes, pero hubieramos podido calcular inmediatamente el último resto. Para cerciorarse de la exactitud de los cálculos, no hay mas que sumar las cantidades estraidas con los restos correspondientes y en todas las sumas debe aparecer de nuevo la cantidad de aire primitiva.

71. Se emplean con mucha frecuencia en Física los aparatos que acabamos de describir.

Pueden ejecutarse con las maquinas neumáticas una porcion de esperimentos muy instructivos. ¿Quiere demostrarse, por ejemplo, lo indispensable de la presencia del aire para la respiracion de los animales? No hay mas

que colocar debajo del recipiente, un pájaro ó un conejo de Indias, etc., y hacer funcionar la máquina, en cuyo caso los animales empiezan á jadear y mueren á los pocos instantes.

¿Quiere probarse la existencia del aire en el agua y demas líquidos? Colóquese debajo del recipiente una cantidad cualquiera de uno de ellos, hágase funcionar la máquina y las burbujas de aire empiezan á desprenderse á poco rato.

Podrá el lector convencerse, mediante la máquina neumática, de que la presion de la atmósfera retarda la ebullicion de los líquidos, y que de consiguiente esa ebullicion ha de verificarse á una temperatura mas baja en la cumbre que en el pie de las montañas. Colocando efectivamente un poco de agua tibia debajo del recipiente de la máquina y enrareciendo el aire, se llega á hacerla hervir á pesar de ser su temperatura muy inferior á la de su punto de ebullicion en circunstancias ordinarias, y si despues se deja entrar el aire cesa repentinamente la ebullicion.

Se concebirá pues que si, en vez del agua pura, se la emplea mezclada con otra sustancia fija, podrá desalojarse el líquido á una temperatura muy baja. Por este método se suelen obtener en los laboratorios de química ciertas sustancias cuando el aire ó el calor las altera.

Tambien se ha empleado en grande, como en la concentracion de los jarabes, de la cola fuerte, etc.

« El carbon, las lámparas, las bujías y en general todos los combustibles, se apagan en el vacío; pero sin embargo puede inflamarse la pólvora ó con un hierro enrojecido ó concentrando los rayos solares con un lente. Es mucho mas difícil la inflamacion que en el aire, y segun parece, es el azufre el que comienza á arder. El eslabon y el pedernal no producen chispas brillantes en el vacío, y las partículas de hierro destacadas se enrojecen sin inflamarse. Se ejecuta el esperimento, colocando en la parte interior del reci-

piente una rueda que girando por medio de un movimiento de relojería choca contra un pedernal. » (Person.)

De las máquinas de compresion.

72. El objeto de las máquinas de compresion es inverso del de la pneumática, en esta nos propusimos enrarecer el aire; tratamos ahora de condensarle. La mas sencilla de todas, se compone de un cuerpo de bomba AB (Fig. 50), en el cual se mueve ludiendo un émbolo p completamente macizo, y á cuya parte inferior se atornilla el gollote del recipiente en que se quiere condensar el aire. A la entrada de este conducto hay una válvula s que se abre de arriba abajo, y cerca de la parte superior del cuerpo de bomba se halla una abertura t por donde puede pasar el aire exterior. Mediante esta disposicion, si el émbolo p descende, todo el aire que está debajo se encuentra tan comprimido que abre la válvula S y penetra en el recipiente B. Cuando, por la inversa, el émbolo sube, se forma un vacío en el cuerpo de bomba, y entonces la válvula S se cierra en virtud de la fuerza con que la comprime el aire del recipiente, y de consiguiente no puede escaparse de ningun modo. Luego que el émbolo salva la abertura t , es decir, que se coloca á mayor altura, el aire exterior se precipita en el vacío que aquel ha formado durante su ascension y lo llena completamente. Vuelve á bajarse el émbolo, introdúcese de nuevo el aire en el recipiente B, y de este modo se continua hasta que se juzgue oportuno suspender la operacion.

73. Los cuerpos de bomba que se construyen, en el dia, para la condensacion del aire, difieren poco del anterior; en vez de la válvula S se pone una válvula mecánica que abriéndose de fuera á dentro y cerrándose con un resorte que la comprime convenientemente, deja pasar á todo

el aire que trabaja por entrar en B é impide la salida á todo el que quiere escaparse de la misma vasija. La abertura practicada en el cuerpo de bomba está tambien cubierta con una válvula que se abre del exterior al interior, con el fin de dejar entrar el aire, y vuelve á cerrarse sobre sí misma cuando el aire del cuerpo de bomba adquiere cierta elasticidad. Esta válvula esta representada en la Fig. 51.

Para hacer, en fin, mas continuado el juego de la máquina, en vez de uno se emplean dos cuerpos de bomba uniéndolos, como se ha dicho al tratar de la máquina pneumática, con una rueda dentada; sin embargo de que aquí no hacen el mismo oficio que en la pneumática, porque hay que hacer mucha mas fuerza para condensar el aire; con todo reduciendo el diámetro de los cilindros se disminuye la fuerza necesaria para la condensacion.

Como pueden ocurrir accidentes desagradables al operador, pues que á veces revienta la vasija en que el aire se condensa, es muy prudente rodearla con una fuerte regilla metálica sujetándola debidamente entre dos placas de cobre apretadas con sus tuercas correspondientes, segun se ve en la Fig. 52. En fin la construccion de la máquina es tal, que en cada subida ó bajada de los émbolos se introduce la misma cantidad de aire.

Para juzgar del grado de condensacion del aire, el medio mas sencillo que puede emplearse, es poner en comunicacion con el recipiente una cuveta V llena de mercurio, y sumergir en ella un tubo de vidrio que esté en contacto con la atmósfera por su parte superior, pues la diferencia de niveles representa exactamente el exceso de la presion interior sobre la exterior, y si, por ejemplo, la altura del mercurio, en el tubo, fuera 28 pulgadas, concluiríamos que la elasticidad interior era de una atmósfera, ó de dos si dicha altura llegara á 56 pulgadas.

Mas como esto exigiria un tubo barométrico de mucha longitud, ha sido impracticable y necesario acudir á otros métodos menos complicados. Generalmente se emplea un instrumento, que consiste en una cuveta llena de mercurio y en un tubo cerrado por la parte superior, sumergido en dicha cuveta y lleno de aire á la presión ordinaria, análogo, en una palabra, al aparato que representa la Fig. 55. Se atornilla este aparato al conducto CD por donde comunican los cuerpos de bomba con el recipiente, y de modo que la cuveta solo comunique con este último. Antes de que la máquina empiece á funcionar, el aire interior y el de la probeta tienen la misma elasticidad, y los niveles son iguales en el tubo y en la probeta. Mas así que el aire del recipiente comienza á condensarse, sube el mercurio en el tubo y midiendo la diferencia de niveles se puede valuar fácilmente el grado de condensación.

Llamemos h á esa diferencia. Sabemos ya que la fuerza elástica del aire interior del recipiente equilibra á la del aire del tubo y á la columna h ; si representamos de consiguiente por p la fuerza elástica del aire correspondiente al volumen primitivo V , y llamamos V' al volumen actual, tendremos que $\frac{Vp}{V'}$, segun la ley de Mariotte, representará

la fuerza del aire contenido en la probeta, y $\frac{Vp}{V} + h$ la del aire interior del recipiente; mas como los pesos de un mismo gas, tomados bajo un mismo volumen son proporcionales á las fuerzas elásticas, llamando A al peso del aire contenido en el recipiente antes del experimento, y x al peso al fin de la operación, tendremos la proporción

$$A : x :: P : \frac{Vp}{V} + h, \text{ de donde } x = \frac{A \left(\frac{Vp}{V} + h \right)}{P} = A \frac{Vp + V'h}{Vp'}; \text{ ó}$$

en otros términos, el aire se ha condensado en la relación

$$\text{de } 1 \text{ á } \frac{Vp + V'h}{Vp}.$$

Escopeta de viento.

74. La parte principal de esta arma es una culata hueca de hierro en que hay una válvula elástica que se abre de afuera adentro. Para cargarla se atornilla á su entrada un cuerpo de bomba análogo al de las máquinas de compresión. Cuando está suficientemente cargada, se quita la bomba y en su lugar se pone un cañon de hierro de 4 á 5 pies de longitud, en el cual se introduce una bala de su calibre atacandola á la manera ordinaria. Para dispararla se tira con el dedo de un resorte pequeño, que abre la válvula, deja salir el aire y este á su vez lanza la bala con mas ó menos fuerza segun su compresión; mas como la válvula vuelve á cerrarse por su propia virtud, así que el resorte vuelve á su primitiva posición, resulta que solo se escapa una corta porción del aire, y con el resto pueden tirarse todavía algunos tiros, sin necesidad de volverla á cargar.

Cuando en el taco hay cuerpos duros, como arena ó madera se perciben algunos destellos de luz en la boca del cañon.

De la fuente de compresión.

75. En una vasija de la forma AB (Fig. 54) se introduce un tubo pequeño ajustándole á la abertura o que se abre y cierra por medio de la llave R, segun conviene al operador; suele hacerse el tubo de cobre, y entonces se le atornilla al gollote, haciéndole que penetre casi hasta el fondo.