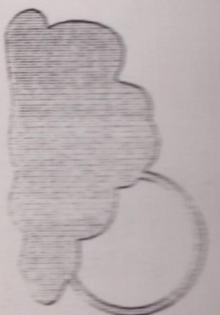
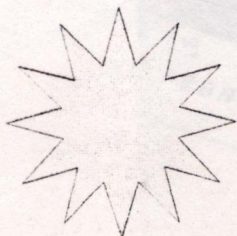
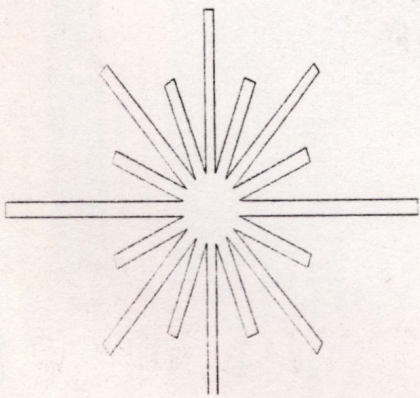
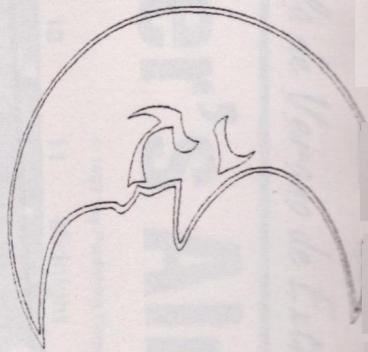
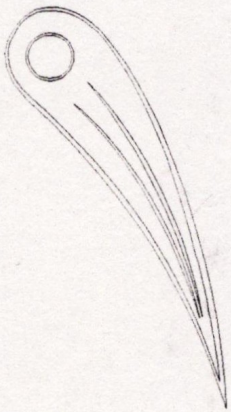
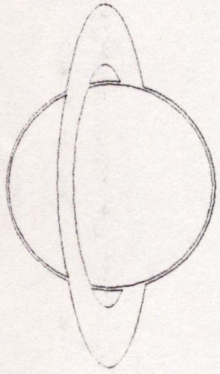


DE ASTRONOMIA



Sky-Gazer
Minnac 1994

EVENING

MORNING

Almanac

JANUARY



Sky-Gazer's Almanac 1994

Color reprints of the 1994 Sky Gazer's Almanac are available from Sky Publishing Corp., P.O. Box 9111, Belmont, MA 02178 9111. Price: \$1 per reprint. Bulk discounts are available; call 800-253-0245.

© 1993 Sky Publishing Corporation

EVENING

MORNING



Evening Events

- Jan 16 - Venus passes superior conjunction and enters the evening sky
- Feb 1 - Mercury lies about 1 1/2° north of Saturn
- Feb 4 - Mercury reaches greatest elongation, 18° east of the Sun
- Mar 20 - Spring begins today at 3:28 p.m. EST
- Apr 29 - Jupiter is at opposition tonight
- May 24 - Partial eclipse of the Moon for the Americas and the western parts of Europe and Africa, the partial phase starting at 10:37 p.m. EDT and ending at 12:23 a.m. EDT on May 25th
- May 29 - Mercury is at greatest elongation, 23° east of the Sun
- Jun 21 - Longest day of the year (15^h 01^m)
- Jun 27 - Latest evening twilight
- Jul 5 - Earth is 94,510,400 miles from the Sun (aphelion) at 3 p.m. EDT
- Jul 10 - Venus is 1° from Regulus this evening
- Jul 14 - Neptune is at opposition tonight
- Jul 16 - Uranus is at opposition tonight
- Aug 24 - Venus reaches greatest elongation, 46° east of the Sun
- Aug 31 - Venus is 3/4° from Spica this evening
- Sep 1 - Saturn at opposition
- Sep 26 - Mercury is at greatest elongation, 26° east of the Sun
- Sep 28 - Venus reaches greatest brilliancy, magnitude -4.6
- Oct 2 - Uranus lies 2° 07' from Neptune
- Nov 2 - At 6 p.m. EST, Venus reaches inferior conjunction 5° south of the Sun and enters the morning sky
- Dec 4 - Earliest end of evening twilight
- Dec 7 - Earliest sunset
- Dec 21 - Shortest day of the year (9^h 20^m); winter begins at 9:23 p.m. EST

Morning Events

- Jan 2 - Earth is 91,403,600 miles from the Sun (perihelion) at 1 a.m. EST
- Jan 4 - Latest sunrise of the year
- Jan 8 - Latest onset of twilight
- Feb 28 - Mercury passes within 4' north of Mars
- Mar 14 - Mars is 1/2° from Saturn
- Mar 19 - Mercury is at greatest elongation, 28° west of the Sun
- Mar 24 - Mercury and Saturn are just 1/4° apart
- Apr 4 - Mercury passes within 1 1/2° of Mars, Mars reaches perihelion today, 128,410,400 miles from the Sun
- May 10 - Annular eclipse of the Sun in a path across the United States
- Jun 14 - Earliest sunrise
- Jun 17 - Earliest morning twilight
- Jun 21 - Summer begins today at 10:48 a.m. EDT
- Jul 17 - Mercury reaches greatest elongation, 21° west of the Sun
- Sep 23 - Fall begins at 2:19 a.m. EDT
- Nov 3 - Total eclipse of the Sun in a path across parts of Peru, Bolivia, Paraguay, and Brazil
- Nov 6 - Mercury is at greatest elongation, 19° west of the Sun
- Nov 18 - Weak penumbral eclipse of the Moon for North and South America, with maximum shading at 1:44 a.m. EST
- Dec 9 - Venus at greatest brilliancy, shining at magnitude -4.7

Compiled by Roger W. Sinnott

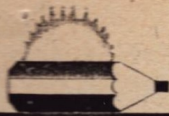
☉ Conjunction (appulse) ☽ Greatest elongation ✦ Greatest brilliancy ☿ Opposition ● New Moon ☾ First Quarter ☽ Full Moon ☾ Last Quarter A Apogee P Perigee ☾ Waxing (moonset) ☾ Waning (moonrise)

Drafted by Steven Sampson

XIX Escuela de Verano de Extremadura

SOL

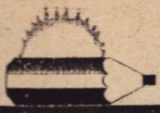
Fecha 0 ^h TDT			Paso meridiano efemérides			Declinación Aparente			Fecha 0 ^h TDT			Paso meridiano efemérides			Declinación Aparente												
h m s			o ' "			o ' "			h m s			o ' "			o ' "												
Ene.	0	12	3	3.95	-	23	6	41.1	Feb.	15	12	14	9.64	-	12	49	37.7	Abr.	1	12	3	55.03	+	4	21	58.0	
	1	12	3	32.32		23	2	10.5		16	12	14	6.36		12	29	0.5		2	12	3	37.18		4	45	6.8	
	2	12	4	0.39		22	57	12.3		17	12	14	2.35		12	8	11.3		3	12	3	19.47		5	8	10.6	
	3	12	4	28.13		22	51	46.6		18	12	13	57.63		11	47	10.6		4	12	3	1.93		5	31	9.1	
	4	12	4	55.51		22	45	53.5		19	12	13	52.21		11	25	58.8		5	12	2	44.57		5	54	1.8	
	5	12	5	22.50	-	22	39	33.3		20	12	13	46.10	-	11	4	36.3		6	12	2	27.42	+	6	16	48.5	
	6	12	5	49.07		22	32	46.0		21	12	13	39.32		10	43	3.6		7	12	2	10.48		6	39	28.7	
	7	12	6	15.20		22	25	32.0		22	12	13	31.88		10	21	21.0		8	12	1	53.77		7	2	2.1	
	8	12	6	40.86		22	17	51.3		23	12	13	23.80		9	59	28.9		9	12	1	37.30		7	24	28.3	
	9	12	7	6.01		22	9	44.4		24	12	13	15.10		9	37	27.7		10	12	1	21.10		7	46	47.1	
	10	12	7	30.63	-	22	1	11.3		25	12	13	5.80	-	9	15	17.9		11	12	1	5.17	+	8	8	58.0	
	11	12	7	54.68		21	52	12.5		26	12	12	55.93		8	52	59.7		12	12	0	49.53		8	31	0.6	
	12	12	8	18.15		21	42	48.1		27	12	12	45.49		8	30	33.6		13	12	0	34.20		8	52	54.7	
	13	12	8	41.00		21	32	58.5		28	12	12	34.52		8	7	59.9		14	12	0	19.18		9	14	39.9	
	14	12	9	3.20		21	22	43.9	Mar.	1	12	12	23.03		7	45	19.0		15	12	0	4.48		9	36	15.9	
	15	12	9	24.75	-	21	12	4.6		2	12	12	11.05	-	7	22	31.3		16	11	59	50.13	+	9	57	42.2	
	16	12	9	45.60		21	1	1.0		3	12	11	58.61		6	59	37.1		17	11	59	36.13		10	18	58.6	
	17	12	10	5.75		20	49	33.2		4	12	11	45.71		6	36	36.8		18	11	59	22.49		10	40	4.7	
	18	12	10	25.18		20	37	41.8		5	12	11	32.39		6	13	30.9		19	11	59	9.24		11	1	0.2	
	19	12	10	43.87		20	25	27.0		6	12	11	18.65		5	50	19.7		20	11	58	56.37		11	21	44.7	
	20	12	11	1.80	-	20	12	49.1		7	12	11	4.52	-	5	27	3.6		21	11	58	43.91	+	11	42	17.9	
	21	12	11	18.97		19	59	48.5		8	12	10	50.00		5	3	43.2		22	11	58	31.87		12	2	39.4	
	22	12	11	35.36		19	46	25.5		9	12	10	35.13		4	40	18.6		23	11	58	20.26		12	22	49.0	
	23	12	11	50.96		19	32	40.5		10	12	10	19.92		4	16	50.5		24	11	58	9.10		12	42	46.4	
	24	12	12	5.76		19	18	33.9		11	12	10	4.38		3	53	19.0		25	11	57	58.41		13	2	31.2	
	25	12	12	19.76	-	19	4	6.0		12	12	9	48.53	-	3	29	44.8		26	11	57	48.20	+	13	22	3.1	
	26	12	12	32.96		18	49	17.2		13	12	9	32.38		3	6	8.1		27	11	57	38.48		13	41	21.8	
	27	12	12	45.35		18	34	7.8		14	12	9	15.96		2	42	29.3		28	11	57	29.28		14	0	27.2	
	28	12	12	56.93		18	18	38.2		15	12	8	59.28		2	18	48.8		29	11	57	20.60		14	19	18.7	
	29	12	13	7.70		18	2	48.8		16	12	8	42.36		1	55	7.1		30	11	57	12.47		14	37	56.2	
	30	12	13	17.67	-	17	46	40.0		17	12	8	25.22	-	1	31	24.4		May.	1	11	57	4.87	+	14	56	19.2
	31	12	13	26.83		17	30	12.0		18	12	8	7.87		1	7	41.2		2	11	56	57.84		15	14	27.5	
Feb.	1	12	13	35.19		17	13	25.3		19	12	7	50.34		0	43	57.8		3	11	56	51.37		15	32	20.8	
	2	12	13	42.76		16	56	20.3		20	12	7	32.64	-	0	20	14.7		4	11	56	45.46		15	49	58.6	
	3	12	13	49.53		16	38	57.3		21	12	7	14.79	+	0	3	27.9		5	11	56	40.13		16	7	20.8	
	4	12	13	55.50	-	16	21	16.8		22	12	6	56.81	+	0	27	9.5		6	11	56	35.37	+	16	24	26.9	
	5	12	14	0.69		16	3	19.2		23	12	6	38.73		0	50	49.8		7	11	56	31.19		16	41	16.7	
	6	12	14	5.08		15	45	5.0		24	12	6	20.56		1	14	28.5		8	11	56	27.59		16	57	49.8	
	7	12	14	8.69		15	26	34.4		25	12	6	2.34		1	38	5.1		9	11	56	24.57		17	14	5.9	
	8	12	14	11.52		15	7	48.1		26	12	5	44.07		2	1	39.4		10	11	56	22.12		17	30	4.8	
	9	12	14	13.56	-	14	48	46.4		27	12	5	25.79	+	2	25	11.0		11	11	56	20.25	+	17	45	46.1	
	10	12	14	14.82		14	29	29.8		28	12	5	7.51		2	48	39.7		12	11	56	18.95		18	1	9.6	
	11	12	14	15.31		14	9	58.7		29	12	4	49.28		3	12	5.0		13	11	56	18.21		18	16	14.9	
	12	12	14	15.03		13	50	13.5		30	12	4	31.11		3	35	26.7		14	11	56	18.04		18	31	1.7	
	13	12	14	13.99		13	30	14.6		31	12	4	13.02		3	58	44.5		15	11	56	18.43		18	45	29.8	
	14	12	14	12.19	-	13	10	2.6	Abr.	1	12	3	55.03	+	4	21	58.0		16	11	56	19.36	+	18	59	38.8	
	15	12	14	9.64		12	49	37.7		2	12	3	37.18		4	45	6.8		17	11	56	20.84		19	13	28.5	



XIX Escuela de Verano de Extremadura

SOL

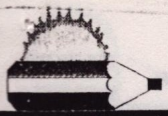
Paso meridiano efemérides		Declinación Aparente	Fecha 0 ^h TDT	Paso meridiano efemérides	Declinación Aparente	Fecha 0 ^h TDT	Paso meridiano efemérides	Declinación Aparente																		
h	m	s		h	m	s	h	m	s																	
17	11	56	20.84	+	19	13	28.5	Jul.	1	12	3	45.83	+	23	8	11.3	Agt.	16	12	4	17.42	+	13	52	40.0	
18	11	56	22.86		19	26	58.6		2	12	3	57.32		23	4	8.2		17	12	4	4.83		13	33	42.9	
19	11	56	25.41		19	40	8.9		3	12	4	8.54		22	59	40.8		18	12	3	51.71		13	14	33.0	
20	11	56	28.49		19	52	59.0		4	12	4	19.49		22	54	49.3		19	12	3	38.09		12	55	10.6	
21	11	56	32.09		20	5	28.7		5	12	4	30.13		22	49	33.8		20	12	3	23.96		12	35	36.0	
22	11	56	36.20	+	20	17	37.8		6	12	4	40.44	+	22	43	54.5		21	12	3	9.36	+	12	15	49.4	
23	11	56	40.83		20	29	26.0		7	12	4	50.40		22	37	51.5		22	12	2	54.30		11	55	51.2	
24	11	56	45.96		20	40	53.2		8	12	4	59.99		22	31	24.9		23	12	2	38.79		11	35	41.6	
25	11	56	51.59		20	51	59.1		9	12	5	9.18		22	24	35.0		24	12	2	22.86		11	15	21.0	
26	11	56	57.72		21	2	43.4		10	12	5	17.96		22	17	21.9		25	12	2	6.51		10	54	40.6	
27	11	57	4.34	+	21	13	6.0		11	12	5	26.30	+	22	9	45.8		26	12	1	49.77	+	10	34	7.7	
28	11	57	11.44		21	23	6.6		12	12	5	34.18		22	1	46.8		27	12	1	32.65		10	13	15.8	
29	11	57	19.01		21	32	45.1		13	12	5	41.59		21	53	25.2		28	12	1	15.16		9	52	14.0	
30	11	57	27.04		21	42	1.2		14	12	5	48.50		21	44	41.2		29	12	0	57.33		9	31	2.6	
31	11	57	35.52		21	50	54.7		15	12	5	54.90		21	35	34.9		30	12	0	39.17		9	9	42.1	
1	11	57	44.43	+	21	59	25.4		16	12	6	0.77	+	21	26	6.6		31	12	0	20.70	+	8	48	12.8	
2	11	57	53.76		22	7	33.2		17	12	6	6.11		21	16	16.4		Sep.	1	12	0	1.93		8	26	34.9
3	11	58	3.49		22	15	17.8		18	12	6	10.90		21	6	4.7		2	11	59	42.88		8	4	48.8	
4	11	58	13.60		22	22	39.0		19	12	6	15.13		20	55	31.6		3	11	59	23.56		7	42	54.9	
5	11	58	24.07		22	29	36.8		20	12	6	18.80		20	44	37.4		4	11	59	3.99		7	20	53.5	
6	11	58	34.88	+	22	36	10.9		21	12	6	21.90	+	20	33	22.3		5	11	58	44.18	+	6	58	45.0	
7	11	58	46.00		22	42	21.3		22	12	6	24.42		20	21	46.4		6	11	58	24.14		6	36	29.6	
8	11	58	57.42		22	48	7.8		23	12	6	26.38		20	9	50.2		7	11	58	3.89		6	14	7.7	
9	11	59	9.11		22	53	30.3		24	12	6	27.75		19	57	33.7		8	11	57	43.45		5	51	39.7	
10	11	59	21.04		22	58	28.6		25	12	6	28.54		19	44	57.3		9	11	57	22.82		5	29	5.9	
11	11	59	33.20	+	23	3	2.7		26	12	6	28.75	+	19	32	1.1		10	11	57	2.02	+	5	6	26.7	
12	11	59	45.55		23	7	12.4		27	12	6	28.38		19	18	45.4		11	11	56	41.07		4	43	42.3	
13	11	59	58.06		23	10	57.7		28	12	6	27.42		19	5	10.4		12	11	56	19.98		4	20	53.1	
14	12	0	10.72		23	14	18.5		29	12	6	25.87		18	51	16.5		13	11	55	58.79		3	57	59.6	
15	12	0	23.50		23	17	14.7		30	12	6	23.74		18	37	3.9		14	11	55	37.49	+	3	35	1.9	
16	12	0	36.37	+	23	19	46.2		31	12	6	21.02	+	18	22	32.9		15	11	55	16.12	+	3	12	0.4	
17	12	0	49.31		23	21	53.1		1	12	6	17.70		18	7	43.8		16	11	54	54.71		2	48	55.5	
18	12	1	2.28		23	23	35.2	Agt.	2	12	6	13.80		17	52	36.8		17	11	54	33.26		2	25	47.4	
19	12	1	15.29		23	24	52.6		3	12	6	9.31		17	37	12.2		18	11	54	11.80		2	2	36.5	
20	12	1	28.29		23	25	45.1		4	12	6	4.22		17	21	30.5		19	11	54	50.37	+	1	39	23.0	
21	12	1	41.27	+	23	26	12.9		5	12	5	58.55	+	17	5	31.8		20	11	53	28.98	+	1	16	7.3	
22	12	1	54.21		23	26	15.9		6	12	5	52.28		16	49	16.5		21	11	53	7.65		0	52	49.8	
23	12	2	7.10		23	25	54.1		7	12	5	45.42		16	32	45.0		22	11	52	46.41	+	0	29	30.6	
24	12	2	19.91		23	25	7.6		8	12	5	37.97		16	15	57.4		23	11	52	25.28	+	0	6	10.1	
25	12	2	32.62		23	23	56.3		9	12	5	29.93		15	58	54.2		24	11	52	4.29	-	0	17	11.3	
26	12	2	45.23	+	23	22	20.4		10	12	5	21.30	+	15	41	35.6		25	11	51	43.46	-	0	40	33.3	
27	12	2	57.69		23	20	19.7		11	12	5	12.09		15	24	2.1		26	11	51	22.81		1	3	55.6	
28	12	3	10.01		23	17	54.4		12	12	5	2.29		15	6	13.8		27	11	51	2.36		1	27	17.9	
29	12	3	22.15		23	15	4.5		13	12	4	51.92		14	48	11.1		28	11	50	42.14		1	50	39.7	
30	12	3	34.10		23	11	50.1		14	12	4	40.98		14	29	54.4		29	11	50	22.15	-	2	14	0.8	
1	12	3	45.83	+	23	8	11.3		15	12	4	29.67	+	14	11	23.9		30	11	50	2.44	-	2	37	20.8	
2	12	3	57.32		23	4	8.2		16	12	4	17.42		13	52	40.0		Oct.	1	11	49	43.01		3	0	39.3



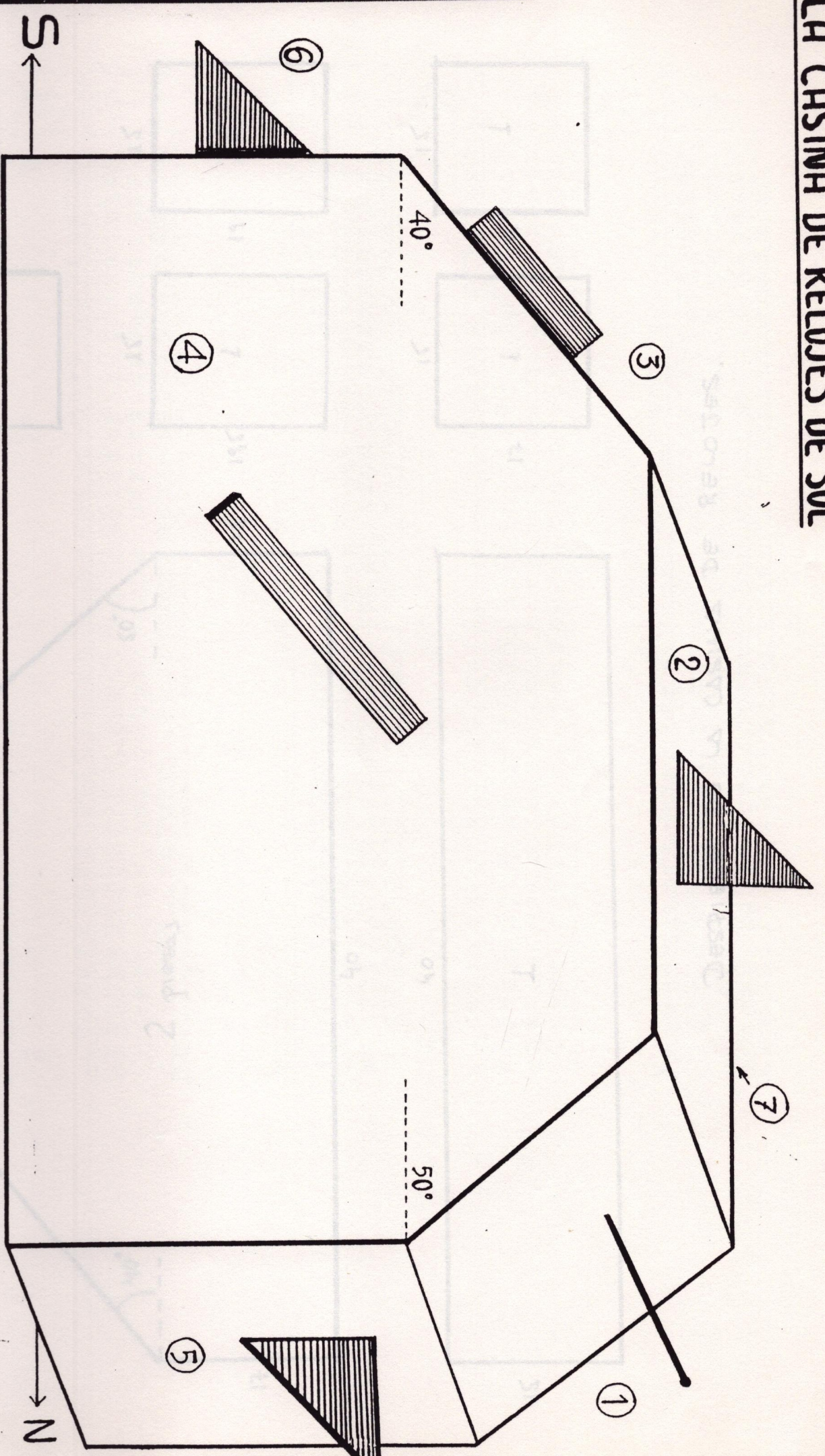
XIX Escuela de Verano de Extremadura

SOL

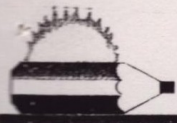
Fecha 0 ^h TDT	Paso meridiano efemérides	Declinación Aparente	Fecha 0 ^h TDT	Paso meridiano efemérides	Declinación Aparente
	h m s	° / ' "		h m s	° / ' "
Oct. 1	11 49 43.01	- 3 0 39.3	Nov. 16	11 44 45.80	- 18 37 16.3
2	11 49 23.88	3 23 55.9	17	11 44 57.06	18 52 14.0
3	11 49 5.07	3 47 10.3	18	11 45 9.15	19 6 51.6
4	11 48 46.61	4 10 22.2	19	11 45 22.07	19 21 8.7
5	11 48 28.49	4 33 31.0	20	11 45 35.82	19 35 4.9
6	11 48 10.75	- 4 56 36.6	21	11 45 50.38	- 19 48 39.9
7	11 47 53.38	5 19 38.4	22	11 46 5.76	20 1 53.3
8	11 47 36.42	5 42 36.2	23	11 46 21.95	20 14 44.8
9	11 47 19.97	6 5 29.4	24	11 46 38.93	20 27 13.9
10	11 47 3.74	6 28 17.8	25	11 46 56.70	20 39 20.4
11	11 46 48.07	- 6 51 1.0	26	11 47 15.24	- 20 51 3.9
12	11 46 32.86	7 13 38.5	27	11 47 34.54	21 2 24.1
13	11 46 18.14	7 36 10.1	28	11 47 54.59	21 13 20.6
14	11 46 3.92	7 58 35.3	29	11 48 15.36	21 23 53.0
15	11 45 50.22	8 20 53.7	30	11 48 36.84	21 34 1.2
16	11 45 37.08	- 8 43 5.1	Dic. 1	11 48 59.00	- 21 43 44.8
17	11 45 24.49	9 5 9.0	2	11 49 21.82	21 53 3.5
18	11 45 12.50	9 27 5.1	3	11 49 45.26	22 1 57.0
19	11 45 1.11	9 48 53.0	4	11 50 9.30	22 10 25.0
20	11 44 50.35	10 10 32.4	5	11 50 33.91	22 18 27.4
21	11 44 40.24	- 10 32 2.9	6	11 50 59.06	- 22 26 3.8
22	11 44 30.79	10 53 24.0	7	11 51 24.72	22 33 14.0
23	11 44 22.02	11 14 35.5	8	11 51 50.85	22 39 57.7
24	11 44 13.96	11 35 36.9	9	11 52 17.44	22 46 14.7
25	11 44 6.61	11 56 27.8	10	11 52 44.45	22 52 4.9
26	11 44 0.00	- 12 17 7.9	11	11 53 11.85	- 22 57 28.0
27	11 43 54.13	12 37 36.8	12	11 53 39.62	23 2 23.9
28	11 43 49.03	12 57 54.0	13	11 54 7.72	23 6 52.4
29	11 43 44.71	13 17 59.1	14	11 54 36.13	23 10 53.4
30	11 43 41.16	13 37 51.7	15	11 55 4.82	23 14 26.6
31	11 43 38.42	- 13 57 31.5	16	11 55 33.76	- 23 17 32.1
Nov. 1	11 43 36.48	14 16 57.9	17	11 56 2.92	23 20 9.7
2	11 43 35.35	14 36 10.6	18	11 56 32.27	23 22 19.3
3	11 43 35.04	14 55 9.2	19	11 57 1.78	23 24 0.9
4	11 43 35.54	15 13 53.2	20	11 57 31.41	23 25 14.3
5	11 43 36.86	- 15 32 22.3	21	11 58 1.14	- 23 25 59.5
6	11 43 39.00	15 50 36.0	22	11 58 30.94	23 26 16.5
7	11 43 41.96	16 8 33.9	23	11 59 0.78	23 26 5.2
8	11 43 45.74	16 26 15.6	24	11 59 30.62	23 25 25.6
9	11 43 50.34	16 43 40.6	25	12 0 0.43	23 24 17.7
10	11 43 55.77	- 17 0 48.6	26	12 0 30.19	- 23 22 41.6
11	11 44 2.03	17 17 39.1	27	12 0 59.85	23 20 37.2
12	11 44 9.12	17 34 11.8	28	12 1 29.38	23 18 4.7
13	11 44 17.04	17 50 26.2	29	12 1 58.75	23 15 4.0
14	11 44 25.79	18 6 22.1	30	12 2 27.92	23 11 35.4
15	11 44 35.38	- 18 21 58.9	31	12 2 56.86	- 23 7 38.9
16	11 44 45.80	18 37 16.3	32	12 3 25.51	23 3 14.6



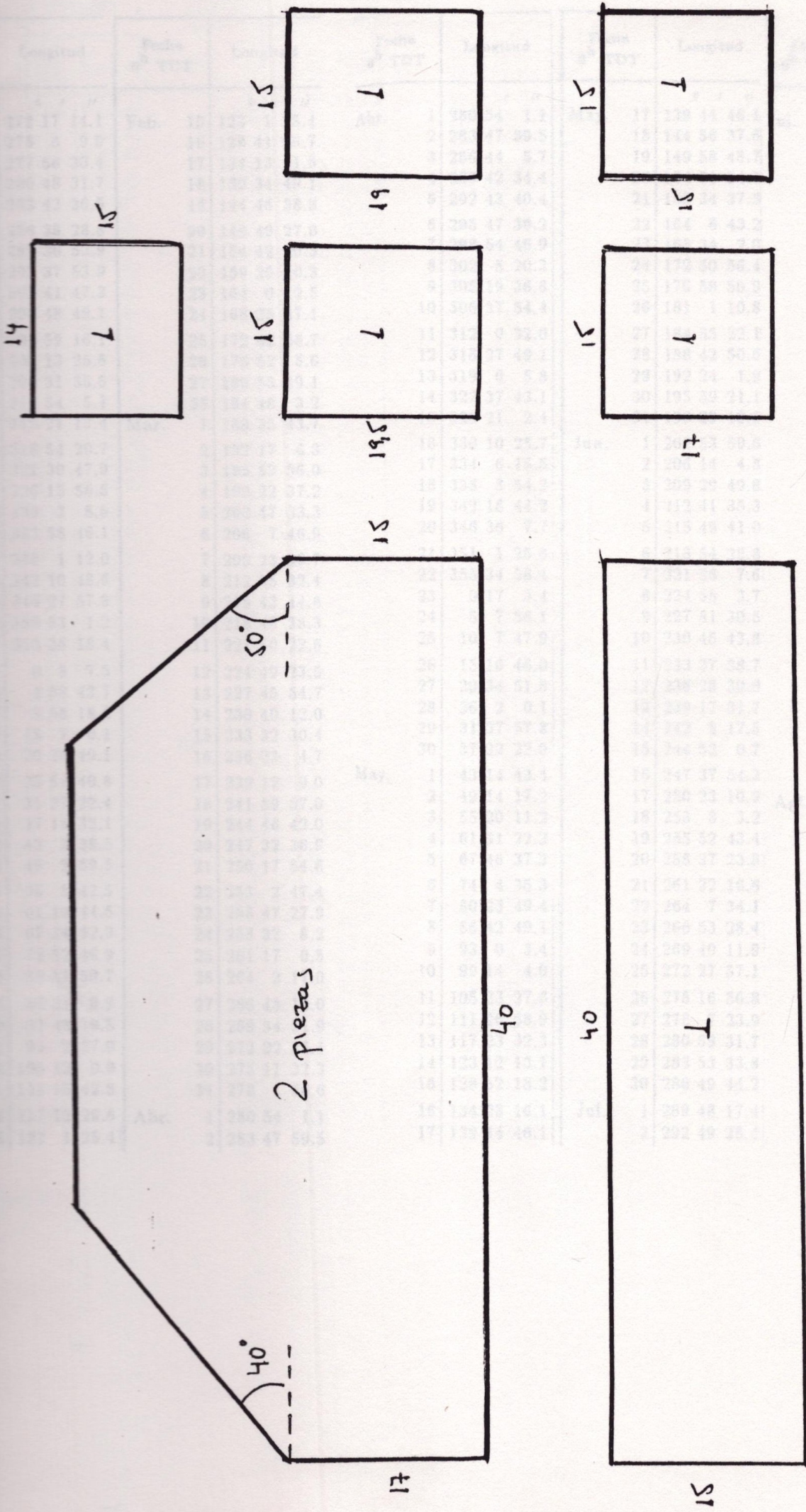
LA CASINA DE RELOJES DE SOL



- ① ECUATORIAL
- ② HORIZONTAL
- ③ POLAR
- ④ ORIENTAL
- ⑤ VERTICAL AL N
- ⑥ VERTICAL AL S
- ⑦ OCCIDENTAL



XIX Escuela de Verano de Extremadura



DESPIECE DE LA CASINA DE RELOJES.

MERCURIO

Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Fecha 0 ^h TDT	Longitud
	° ' "		° ' "		° ' "		° ' "		° ' "
0	272 17 14.1	Feb. 15	123 1 25.4	Abr. 1	280 54 1.1	May. 17	139 44 46.1	Jul. 1	289 48 17.4
1	275 6 9.0	16	128 41 46.7	2	283 47 59.5	18	144 56 37.6	2	292 49 28.4
2	277 56 30.4	17	134 13 1.6	3	286 44 5.7	19	149 58 48.7	3	295 53 32.8
3	280 48 31.7	18	139 34 49.1	4	289 42 34.4	20	154 51 24.7	4	299 0 46.6
4	283 42 26.5	19	144 46 58.3	5	292 43 40.4	21	159 34 37.5	5	302 11 26.6
5	286 38 28.8	20	149 49 27.0	6	295 47 39.2	22	164 8 43.2	6	305 25 50.2
6	289 36 52.9	21	154 42 20.5	7	298 54 46.9	23	168 34 2.0	7	308 44 15.5
7	292 37 53.9	22	159 25 50.3	8	302 5 20.3	24	172 50 56.4	8	312 7 1.4
8	295 41 47.3	23	164 0 12.5	9	305 19 36.8	25	176 59 50.9	9	315 34 27.3
9	298 48 49.1	24	168 25 47.1	10	308 37 54.4	26	181 1 10.8	10	319 6 53.5
10	301 59 16.1	25	172 42 56.7	11	312 0 32.0	27	184 55 22.1	11	322 44 41.0
11	305 13 25.6	26	176 52 5.6	12	315 27 49.1	28	188 42 50.6	12	326 28 11.2
12	308 31 35.6	27	180 53 39.1	13	319 0 5.8	29	192 24 1.9	13	330 17 46.1
13	311 54 5.1	28	184 48 3.2	14	322 37 43.1	30	195 59 21.1	14	334 13 48.1
14	315 21 13.4	Mar. 1	188 35 43.7	15	326 21 2.4	31	199 29 12.5	15	338 16 39.7
15	318 53 20.7	2	192 17 6.3	16	330 10 25.7	Jun. 1	202 53 59.6	16	342 26 43.3
16	322 30 47.9	3	195 52 36.0	17	334 6 15.5	2	206 14 4.8	17	346 44 21.1
17	326 13 56.5	4	199 22 37.2	18	338 8 54.2	3	209 29 49.8	18	351 9 54.1
18	330 3 8.5	5	202 47 33.3	19	342 18 44.2	4	212 41 35.3	19	355 43 42.3
19	333 58 46.1	6	206 7 46.9	20	346 36 7.7	5	215 49 41.0	20	0 26 3.4
20	338 1 12.0	7	209 23 39.7	21	351 1 25.8	6	218 54 25.8	21	5 17 12.4
21	342 10 48.6	8	212 35 32.4	22	355 34 58.4	7	221 56 7.6	22	10 17 21.0
22	346 27 57.9	9	215 43 44.6	23	0 17 3.4	8	224 55 3.7	23	15 26 36.0
23	350 53 1.2	10	218 48 35.3	24	5 7 56.1	9	227 51 30.5	24	20 44 58.7
24	355 26 18.4	11	221 50 22.6	25	10 7 47.9	10	230 45 43.8	25	26 12 23.6
25	0 8 7.5	12	224 49 23.5	26	15 16 46.0	11	233 37 58.7	26	31 48 37.4
26	4 58 43.7	13	227 45 54.7	27	20 34 51.8	12	236 28 30.0	27	37 33 17.7
27	9 58 18.8	14	230 40 12.0	28	26 2 0.1	13	239 17 31.7	28	43 25 52.3
28	15 7 0.1	15	233 32 30.4	29	31 37 57.8	14	242 5 17.5	29	49 25 38.7
29	20 24 49.1	16	236 23 4.7	30	37 22 22.9	15	244 52 0.7	30	55 31 43.6
30	25 51 40.8	17	239 12 9.0	May. 1	43 14 43.4	16	247 37 54.3	31	61 43 3.4
31	31 27 22.4	18	241 59 57.0	2	49 14 17.2	17	250 23 10.9	Agt. 1	67 58 24.8
1	37 11 32.1	19	244 46 42.0	3	55 20 11.2	18	253 8 3.2	2	74 16 26.6
2	43 3 38.5	20	247 32 36.9	4	61 31 22.2	19	255 52 43.4	3	80 35 41.7
3	49 2 59.5	21	250 17 54.6	5	67 46 37.2	20	258 37 23.8	4	86 54 39.6
4	55 8 42.5	22	253 2 47.4	6	74 4 35.3	21	261 22 16.6	5	93 11 49.4
5	61 19 44.5	23	255 47 27.9	7	80 23 49.4	22	264 7 34.1	6	99 25 42.7
6	67 34 52.9	24	258 32 8.2	8	86 42 49.1	23	266 53 28.4	7	105 34 56.7
7	73 52 46.9	25	261 17 0.5	9	93 0 3.4	24	269 40 11.9	8	111 38 16.1
8	80 11 59.7	26	264 2 17.0	10	99 14 4.0	25	272 27 57.1	9	117 34 35.8
9	86 31 0.9	27	266 48 10.0	11	105 23 27.6	26	275 16 56.8	10	123 23 1.3
10	92 48 19.5	28	269 34 51.9	12	111 26 58.9	27	278 7 23.9	11	129 2 50.0
11	99 2 27.0	29	272 22 35.1	13	117 23 32.3	28	280 59 31.7	12	134 33 30.7
12	105 12 0.0	30	275 11 32.3	14	123 12 13.1	29	283 53 33.8	13	139 54 43.1
13	111 15 42.8	31	278 1 56.6	15	128 52 18.2	30	286 49 44.2	14	145 6 16.7
14	117 12 29.6	Abr. 1	280 54 1.1	16	134 23 16.1	Jul. 1	289 48 17.4	15	150 8 10.0
15	123 1 25.4	2	283 47 59.5	17	139 44 46.1	2	292 49 28.4	16	155 0 28.5

MERCURIO

Fecha TDT	Longitud		
	°	'	"
16	155	0	28.5
17	159	43	24.1
18	164	17	13.4
19	168	42	16.3
20	172	58	55.6
21	177	7	35.7
22	181	8	42.0
23	185	2	40.5
24	188	49	57.0
25	192	30	57.1
26	196	6	5.8
27	199	35	47.5
28	203	0	25.5
29	206	20	22.4
30	209	35	59.8
31	212	47	38.2
1	215	55	37.5
2	219	0	16.3
3	222	1	52.8
4	225	0	44.0
5	227	57	6.4
6	230	51	15.8
7	233	43	27.4
8	236	33	55.7
9	239	22	54.8
10	242	10	38.5
11	244	57	19.9
12	247	43	12.1
13	250	28	27.8
14	253	13	19.5
15	255	57	59.6
16	258	42	40.2
17	261	27	33.6
18	264	12	51.9
19	266	58	47.5
20	269	45	32.8
21	272	33	20.1
22	275	22	22.3
23	278	12	52.3
24	281	5	3.3
25	283	59	9.2
26	286	55	23.8
27	289	54	1.6
28	292	45	17.7
29	295	59	27.7
30	299	6	47.6
Oct. 1	302	17	34.2

Fecha 0 ^h TDT	Longitud		
	°	'	"
Oct. 1	302	17	34.2
2	305	32	5.0
3	308	50	38.1
4	312	13	32.3
5	315	41	7.3
6	319	13	43.2
7	322	51	40.9
8	326	35	22.0
9	330	25	8.6
10	334	21	22.9
11	338	24	27.6
12	342	34	45.1
13	346	52	37.3
14	351	18	25.4
15	355	52	29.2
16	0	35	6.5
17	5	26	32.1
18	10	26	57.6
19	15	36	29.7
20	20	55	9.3
21	26	22	50.9
22	31	59	20.7
23	37	44	16.3
24	43	37	5.0
25	49	37	4.0
26	55	43	19.6
27	61	54	47.9
28	68	10	15.5
29	74	28	20.8
30	80	47	36.7
31	87	6	32.5
Nov. 1	93	23	37.4
2	99	37	23.2
3	105	46	27.1
4	111	49	34.3
5	117	45	39.9
6	123	33	49.9
7	129	13	22.0
8	134	43	45.2
9	140	4	39.6
10	145	15	55.2
11	150	17	30.4
12	155	9	31.2
13	159	52	9.6
14	164	25	42.2
15	168	50	29.1
16	173	6	53.1

Fecha 0 ^h TDT	Longitud		
	°	'	"
Nov. 16	173	6	53.1
17	177	15	18.7
18	181	16	11.4
19	185	9	57.0
20	188	57	1.4
21	192	37	50.3
22	196	12	48.6
23	199	42	20.5
24	203	6	49.5
25	206	26	38.1
26	209	42	7.7
27	212	53	39.1
28	216	1	31.9
29	219	6	4.8
30	222	7	35.9
Dic. 1	225	6	22.3
2	228	2	40.4
3	230	56	46.0
4	233	48	54.1
5	236	39	19.5
6	239	28	16.1
7	242	15	57.6
8	245	2	37.4
9	247	48	28.3
10	250	33	43.1
11	253	18	34.3
12	256	3	14.1
13	258	47	55.0
14	261	32	48.9
15	264	18	8.3
16	267	4	5.3
17	269	50	52.2
18	272	38	41.7
19	275	27	46.3
20	278	18	19.2
21	281	10	33.6
22	284	4	43.2
23	287	1	2.0
24	289	59	44.4
25	293	1	5.7
26	296	5	21.2
27	299	12	47.1
28	302	23	40.3
29	305	38	18.3
30	308	56	59.0
31	312	20	1.5
32	315	47	45.3

Fecha TDT	Longitud		
	°	'	"
Oct. 1	302	17	34.2
2	305	32	5.0
3	308	50	38.1
4	312	13	32.3
5	315	41	7.3
6	319	13	43.2
7	322	51	40.9
8	326	35	22.0
9	330	25	8.6
10	334	21	22.9
11	338	24	27.6
12	342	34	45.1
13	346	52	37.3
14	351	18	25.4
15	355	52	29.2
16	0	35	6.5
17	5	26	32.1
18	10	26	57.6
19	15	36	29.7
20	20	55	9.3
21	26	22	50.9
22	31	59	20.7
23	37	44	16.3
24	43	37	5.0
25	49	37	4.0
26	55	43	19.6
27	61	54	47.9
28	68	10	15.5
29	74	28	20.8
30	80	47	36.7
31	87	6	32.5
Nov. 1	93	23	37.4
2	99	37	23.2
3	105	46	27.1
4	111	49	34.3
5	117	45	39.9
6	123	33	49.9
7	129	13	22.0
8	134	43	45.2
9	140	4	39.6
10	145	15	55.2
11	150	17	30.4
12	155	9	31.2
13	159	52	9.6
14	164	25	42.2
15	168	50	29.1
16	173	6	53.1
17	177	15	18.7
18	181	16	11.4
19	185	9	57.0
20	188	57	1.4
21	192	37	50.3
22	196	12	48.6
23	199	42	20.5
24	203	6	49.5
25	206	26	38.1
26	209	42	7.7
27	212	53	39.1
28	216	1	31.9
29	219	6	4.8
30	222	7	35.9
Dic. 1	225	6	22.3
2	228	2	40.4
3	230	56	46.0
4	233	48	54.1
5	236	39	19.5
6	239	28	16.1
7	242	15	57.6
8	245	2	37.4
9	247	48	28.3
10	250	33	43.1
11	253	18	34.3
12	256	3	14.1
13	258	47	55.0
14	261	32	48.9
15	264	18	8.3
16	267	4	5.3
17	269	50	52.2
18	272	38	41.7
19	275	27	46.3
20	278	18	19.2
21	281	10	33.6
22	284	4	43.2
23	287	1	2.0
24	289	59	44.4
25	293	1	5.7
26	296	5	21.2
27	299	12	47.1
28	302	23	40.3
29	305	38	18.3
30	308	56	59.0
31	312	20	1.5
32	315	47	45.3

VENUS

Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Fecha 0 ^h TDT	Longitud
	° ' "		° ' "		° ' "		° ' "
Jan. 0	269 43 22.4	Abr. 2	55 54 11.1	Jul. 1	201 35 58.4	Oct. 1	347 45 31.5
2	272 53 21.4	4	59 6 55.3	3	204 49 10.1	3	350 56 4.4
4	276 3 16.2	6	62 19 46.5	5	208 2 11.1	5	354 6 42.6
6	279 13 7.4	8	65 32 44.8	7	211 15 1.3	7	357 17 26.0
8	282 22 55.6	10	68 45 50.4	9	214 27 40.5	9	0 28 14.8
10	285 32 41.3	12	71 59 3.2	11	217 40 8.7	11	3 39 9.2
12	288 42 25.1	14	75 12 23.2	13	220 52 26.0	13	6 50 9.2
14	291 52 7.6	16	78 25 50.5	15	224 4 32.3	15	10 1 14.9
16	295 1 49.4	18	81 39 25.0	17	227 16 27.8	17	13 12 26.4
18	298 11 30.8	20	84 53 6.7	19	230 28 12.7	19	16 23 43.8
20	301 21 12.5	22	88 6 55.5	21	233 39 47.1	21	19 35 7.1
22	304 30 54.9	24	91 20 51.3	23	236 51 11.5	23	22 46 36.4
24	307 40 38.5	26	94 34 53.9	25	240 2 25.9	25	25 58 11.9
26	310 50 23.7	28	97 49 3.2	27	243 13 30.9	27	29 9 53.5
28	314 0 10.9	30	101 3 19.0	29	246 24 26.8	29	32 21 41.5
30	317 10 0.5	May. 2	104 17 41.1	31	249 35 14.0	31	35 33 35.8
Feb. 1	320 19 52.9	4	107 32 9.1	Agt. 2	252 45 53.1	Nov. 2	38 45 36.5
3	323 29 48.4	6	110 46 42.7	4	255 56 24.4	4	41 57 43.8
5	326 39 47.3	8	114 1 21.7	6	259 6 48.5	6	45 9 57.8
7	329 49 49.9	10	117 16 5.6	8	262 17 5.9	8	48 22 18.4
9	332 59 56.4	12	120 30 53.9	10	265 27 17.3	10	51 34 45.8
11	336 10 7.2	14	123 45 46.2	12	268 37 23.1	12	54 47 20.1
13	339 20 22.4	16	127 0 42.0	14	271 47 23.9	14	58 0 1.4
15	342 30 42.2	18	130 15 40.8	16	274 57 20.3	16	61 12 49.6
17	345 41 6.8	20	133 30 42.0	18	278 7 13.0	18	64 25 45.0
19	348 51 36.4	22	136 45 45.0	20	281 17 2.4	20	67 38 47.5
21	352 2 11.0	24	140 0 49.1	22	284 26 49.1	22	70 51 57.1
23	355 12 50.9	26	143 15 53.8	24	287 36 33.8	24	74 5 14.0
25	358 23 36.2	28	146 30 58.3	26	290 46 16.9	26	77 18 38.1
27	1 34 26.9	30	149 46 2.0	28	293 55 59.1	28	80 32 9.3
Mar. 1	4 45 23.1	Jun. 1	153 1 4.1	30	297 5 40.8	30	83 45 47.7
3	7 56 25.1	3	156 16 4.0	Sep. 1	300 15 22.6	Dic. 2	86 59 33.2
5	11 7 32.8	5	159 31 1.0	3	303 25 4.9	4	90 13 25.6
7	14 18 46.3	7	162 45 54.3	5	306 34 48.2	6	93 27 24.9
9	17 30 5.7	9	166 0 43.3	7	309 44 32.9	8	96 41 30.9
11	20 41 31.1	11	169 15 27.2	9	312 54 19.6	10	99 55 43.5
13	23 53 2.6	13	172 30 5.5	11	316 4 8.5	12	103 10 2.3
15	27 4 40.3	15	175 44 37.5	13	319 14 0.0	14	106 24 27.1
17	30 16 24.2	17	178 59 2.4	15	322 23 54.5	16	109 38 57.7
19	33 28 14.5	19	182 13 19.9	17	325 33 52.4	18	112 53 33.7
21	36 40 11.2	21	185 27 29.3	19	328 43 53.8	20	116 8 14.7
23	39 52 14.4	23	188 41 30.0	21	331 53 59.1	22	119 23 0.3
25	43 4 24.2	25	191 55 21.7	23	335 4 8.5	24	122 37 50.0
27	46 16 40.7	27	195 9 3.9	25	338 14 22.2	26	125 52 43.4
29	49 29 3.9	29	198 22 36.3	27	341 24 40.5	28	129 7 40.0
31	52 41 34.1	Jul. 1	201 35 58.4	29	344 35 3.5	30	132 22 39.2
Abr. 2	55 54 11.1	3	204 49 10.1	Oct. 1	347 45 31.5	32	135 37 40.3

MARTE

Coordenadas heliocéntricas
Equinoccio medio y eclíptica de la fecha

1994

Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Latitud	Radio vector	Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Latitud	Radio vector
	° / ' / "	° / ' / "			° / ' / "	° / ' / "	
Ene. 0	277 37 41.4	- 1 22 38.7	1.4398844	Jul. 3	31 18 19.8	- 0 34 41.9	1.4341026
4	279 58 21.5	1 25 36.3	1.4354925	7	33 39 12.2	0 30 21.0	1.4384592
8	282 19 53.0	1 28 26.4	1.4312203	11	35 59 12.7	0 25 58.6	1.4429303
12	284 42 14.9	1 31 8.4	1.4270758	15	38 18 20.6	0 21 35.3	1.4475077
16	287 5 26.2	1 33 41.9	1.4230668	19	40 36 35.1	0 17 11.5	1.4521835
20	289 29 25.4	- 1 36 6.4	1.4192012	23	42 53 55.8	- 0 12 47.9	1.4569493
24	291 54 11.2	1 38 21.5	1.4154864	27	45 10 22.2	0 8 24.7	1.4617970
28	294 19 42.1	1 40 26.7	1.4119300	31	47 25 54.0	- 0 4 2.5	1.4667184
Feb. 1	296 45 56.4	1 42 21.7	1.4085389	Agt. 4	49 40 31.0	+ 0 0 18.3	1.4717055
5	299 12 52.2	1 44 6.1	1.4053203	8	51 54 13.2	0 4 37.3	1.4767502
9	301 40 27.6	- 1 45 39.4	1.4022808	12	54 7 0.5	+ 0 8 54.1	1.4818443
13	304 8 40.6	1 47 1.4	1.3994267	16	56 18 53.0	0 13 8.3	1.4869802
17	306 37 28.8	1 48 11.7	1.3967642	20	58 29 51.0	0 17 19.7	1.4921498
21	309 6 50.1	1 49 10.1	1.3942989	24	60 39 54.7	0 21 27.8	1.4973456
25	311 36 42.0	1 49 56.2	1.3920363	28	62 49 4.4	0 25 32.4	1.5025598
Mar. 1	314 7 2.0	- 1 50 29.9	1.3899813	Sep. 1	64 57 20.6	+ 0 29 33.1	1.5077851
5	316 37 47.3	1 50 50.9	1.3881384	5	67 4 43.7	0 33 29.7	1.5130140
9	319 8 55.4	1 50 59.2	1.3865118	9	69 11 14.4	0 37 22.0	1.5182395
13	321 40 23.3	1 50 54.7	1.3851051	13	71 16 53.3	0 41 9.7	1.5234545
17	324 12 8.2	1 50 37.1	1.3839215	17	73 21 41.0	0 44 52.6	1.5286520
21	326 44 7.1	- 1 50 6.6	1.3829637	21	75 25 38.3	+ 0 48 30.4	1.5338255
25	329 16 17.0	1 49 23.1	1.3822338	25	77 28 45.9	0 52 3.1	1.5389682
29	331 48 35.0	1 48 26.7	1.3817337	29	79 31 4.8	0 55 30.3	1.5440740
Abr. 2	334 20 57.9	1 47 17.6	1.3814643	Oct. 3	81 32 35.7	0 58 52.1	1.5491365
6	336 53 22.6	1 45 55.7	1.3814263	7	83 33 19.5	1 2 8.1	1.5541497
10	339 25 46.0	- 1 44 21.4	1.3816199	11	85 33 17.3	+ 1 5 18.4	1.5591078
14	341 58 5.1	1 42 34.9	1.3820446	15	87 32 30.0	1 8 22.7	1.5640051
18	344 30 16.8	1 40 36.3	1.3826994	19	89 30 58.5	1 11 21.0	1.5688361
22	347 2 18.0	1 38 26.1	1.3835828	23	91 28 44.0	1 14 13.2	1.5735955
26	349 34 5.7	1 36 4.6	1.3846929	27	93 25 47.5	1 16 59.2	1.5782781
30	352 5 37.0	- 1 33 32.1	1.3860271	31	95 22 10.0	+ 1 19 38.9	1.5828790
May. 4	354 36 49.0	1 30 49.1	1.3875823	Nov. 4	97 17 52.7	1 22 12.3	1.5873934
8	357 7 38.8	1 27 56.0	1.3893552	8	99 12 56.6	1 24 39.2	1.5918167
12	359 38 3.9	1 24 53.2	1.3913417	12	101 7 22.9	1 26 59.7	1.5961443
16	2 8 1.4	1 21 41.3	1.3935375	16	103 1 12.7	1 29 13.7	1.6003722
20	4 37 28.9	- 1 18 20.8	1.3959377	20	104 54 27.2	+ 1 31 21.3	1.6044961
24	7 6 23.9	1 14 52.1	1.3985372	24	106 47 7.5	1 33 22.2	1.6085122
28	9 34 44.2	1 11 15.8	1.4013303	28	108 39 14.8	1 35 16.6	1.6124166
Jun. 1	12 2 27.5	1 7 32.6	1.4043110	Dic. 2	110 30 50.3	1 37 4.4	1.6162058
5	14 29 31.7	1 3 42.9	1.4074731	6	112 21 55.1	1 38 45.7	1.6198762
9	16 55 54.8	- 0 59 47.3	1.4108100	10	114 12 30.5	+ 1 40 20.3	1.6234247
13	19 21 35.2	0 55 46.3	1.4143149	14	116 2 37.6	1 41 48.4	1.6268481
17	21 46 31.0	0 51 40.7	1.4179806	18	117 52 17.6	1 43 9.8	1.6301433
21	24 10 40.7	0 47 30.8	1.4217999	22	119 41 31.7	1 44 24.7	1.6333076
25	26 34 2.9	0 43 17.4	1.4257651	26	121 30 21.2	1 45 33.0	1.6363383
29	28 56 36.3	- 0 39 0.9	1.4298686	30	123 18 47.2	+ 1 46 34.8	1.6392328
Jul. 3	31 18 19.8	0 34 41.9	1.4341026	34	125 6 50.9	1 47 30.0	1.6419888

JUPITER Y SATURNO

e-l-c

Coordenadas heliocéntricas

Equinoccio medio y eclíptica de la fecha

94

JUPITER				SATURNO			
Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Latitud	Radio vector	Longitud	Latitud	Radio vector	
	° ' "	° ' "		° ' "	° ' "		
ie.	-2	210 28 46.4	+ 1 13 32.6	5.445006	331 6 8.9	- 1 30 52.4	9.779233
	8	211 14 16.7	1 13 10.8	5.444045	331 25 14.4	1 31 31.7	9.776710
	18	211 59 47.9	1 12 48.4	5.443038	331 44 20.6	1 32 10.8	9.774179
	28	212 45 20.2	1 12 25.1	5.441984	332 3 27.3	1 32 49.8	9.771640
ib.	7	213 30 53.5	1 12 1.1	5.440884	332 22 34.7	1 33 28.7	9.769093
	17	214 16 28.0	+ 1 11 36.3	5.439739	332 41 42.7	- 1 34 7.4	9.766538
	27	215 2 3.6	1 11 10.7	5.438547	333 0 51.4	1 34 46.0	9.763974
iar.	9	215 47 40.4	1 10 44.4	5.437310	333 20 0.7	1 35 24.3	9.761403
	19	216 33 18.5	1 10 17.3	5.436027	333 39 10.6	1 36 2.6	9.758825
	29	217 18 57.8	1 9 49.5	5.434699	333 58 21.1	1 36 40.7	9.756238
ibr.	8	218 4 38.6	+ 1 9 20.9	5.433326	334 17 32.3	- 1 37 18.6	9.753644
	18	218 50 20.7	1 8 51.6	5.431909	334 36 44.1	1 37 56.3	9.751042
	28	219 36 4.2	1 8 21.5	5.430446	334 55 56.6	1 38 33.9	9.748433
iday.	8	220 21 49.2	1 7 50.6	5.428940	335 15 9.7	1 39 11.4	9.745817
	18	221 7 35.8	1 7 19.1	5.427389	335 34 23.4	1 39 48.6	9.743194
	28	221 53 23.9	+ 1 6 46.8	5.425794	335 53 37.8	- 1 40 25.7	9.740563
jun.	7	222 39 13.7	1 6 13.8	5.424156	336 12 52.9	1 41 2.7	9.737926
	17	223 25 5.1	1 5 40.0	5.422474	336 32 8.6	1 41 39.4	9.735281
	27	224 10 58.3	1 5 5.5	5.420749	336 51 25.0	1 42 16.0	9.732630
Jul.	7	224 56 53.1	1 4 30.3	5.418980	337 10 42.0	1 42 52.4	9.729972
	17	225 42 49.8	+ 1 3 54.4	5.417169	337 29 59.7	- 1 43 28.7	9.727307
	27	226 28 48.4	1 3 17.8	5.415316	337 49 18.1	1 44 4.8	9.724635
Agt.	6	227 14 48.8	1 2 40.5	5.413421	338 8 37.2	1 44 40.7	9.721957
	16	228 0 51.1	1 2 2.4	5.411484	338 27 56.9	1 45 16.4	9.719272
	26	228 46 55.4	1 1 23.7	5.409505	338 47 17.3	1 45 51.9	9.716580
Sep.	5	229 33 1.8	+ 1 0 44.3	5.407486	339 6 38.3	- 1 46 27.3	9.713882
	15	230 19 10.2	1 0 4.2	5.405426	339 26 0.1	1 47 2.4	9.711178
	25	231 5 20.7	0 59 23.4	5.403325	339 45 22.5	1 47 37.4	9.708467
Oct.	5	231 51 33.3	0 58 42.0	5.401185	340 4 45.6	1 48 12.2	9.705749
	15	232 37 48.1	0 57 59.9	5.399005	340 24 9.4	1 48 46.8	9.703025
	25	233 24 5.2	+ 0 57 17.1	5.396786	340 43 33.8	- 1 49 21.3	9.700295
Nov.	4	234 10 24.5	0 56 33.6	5.394528	341 2 59.0	1 49 55.5	9.697559
	14	234 56 46.2	0 55 49.5	5.392232	341 22 24.8	1 50 29.6	9.694818
	24	235 43 10.2	0 55 4.8	5.389899	341 41 51.3	1 51 3.4	9.692070
Dic.	4	236 29 36.7	0 54 19.4	5.387527	342 1 18.5	1 51 37.1	9.689317
	14	237 16 5.5	+ 0 53 33.4	5.385118	342 20 46.4	- 1 52 10.6	9.686558
	24	238 2 36.9	0 52 46.8	5.382673	342 40 15.0	1 52 43.8	9.683794
	34	238 49 10.9	0 51 59.5	5.380191	342 59 44.2	1 53 16.9	9.681025

URANO, NEPTUNO Y PLUTON

Coordenadas heliocéntricas

Equinoccio medio y eclíptica de la fecha

1994

Fecha 0 ^h TDT	Longitud	Latitud	Radio vector
--------------------------	----------	---------	--------------

URANO

		° ' "	° ' "	
Enero	-2	291 46 13.5	- 0 28 22.8	19.62770
Enero	8	292 13 12.9	0 28 40.0	19.63425
Febrero	17	292 40 11.5	0 28 57.1	19.64076
Marzo	29	293 7 9.0	0 29 14.1	19.64724
Mayo	8	293 34 5.7	0 29 30.9	19.65368
Junio	17	294 1 1.5	- 0 29 47.7	19.66009
Julio	27	294 27 56.4	0 30 4.3	19.66647
Septiembre	5	294 54 50.4	0 30 20.8	19.67281
Octubre	15	295 21 43.4	0 30 37.2	19.67911
Noviembre	24	295 48 35.6	0 30 53.4	19.68537
Diciembre	34	296 15 26.9	0 31 9.6	19.69159

NEPTUNO

		° ' "	° ' "	
Enero	-2	290 35 37.2	+ 0 38 17.1	30.18153
Enero	8	290 49 58.2	0 37 52.3	30.18076
Febrero	17	291 4 19.3	0 37 27.5	30.17998
Marzo	29	291 18 40.5	0 37 2.7	30.17920
Mayo	8	291 33 1.8	0 36 37.8	30.17841
Junio	17	291 47 23.3	+ 0 36 12.9	30.17761
Julio	27	292 1 45.0	0 35 47.9	30.17681
Septiembre	5	292 16 6.7	0 35 22.9	30.17600
Octubre	15	292 30 28.6	0 34 57.9	30.17518
Noviembre	24	292 44 50.6	0 34 32.8	30.17435
Diciembre	34	292 59 12.8	0 34 7.7	30.17351

PLUTON

		° ' "	° ' "	
Enero	-2	235 30 28.7	+ 14 7 42.4	29.75753
Enero	8	235 47 7.7	14 4 55.5	29.76268
Febrero	17	236 3 46.0	14 2 7.6	29.76795
Marzo	29	236 20 23.5	13 59 18.6	29.77334
Mayo	8	236 37 0.2	13 56 28.5	29.77886
Junio	17	236 53 36.3	+ 13 53 37.5	29.78449
Julio	27	237 10 11.5	13 50 45.4	29.79023
Septiembre	5	237 26 46.0	13 47 52.3	29.79610
Octubre	15	237 43 19.6	13 44 58.2	29.80208
Noviembre	24	237 59 52.5	13 42 3.1	29.80818
Diciembre	34	238 16 24.5	13 39 7.0	29.81440

METODO DE FERNEL

Tras Eratóstenes, otros sabios de la antigüedad pretendieron comprobar sus resultados.

Posidonio, basándose en la elevación de la estrella Canopus, alfa de la Quilla, estableció la circunferencia terrestre en 240.000 estadios (37.800 km). Ptolomeo posteriormente establecería en 180.000 estadios (33.000 Km) esta longitud.

Ya en el siglo IX Al Mammud quiso comprobar por sí mismo el cálculo de Ptolomeo. Mandó dos expediciones en direcciones opuestas, una hacia el E y otra al W hasta que recorriesen una distancia tal que la diferencia de la elevación de la estrella Polar fuese exactamente de 1° . Sumando más tarde las distancias recorridas por ambos grupos, y mediante una sencilla proporción, concluyó que la Tierra tenía una circunferencia aproximada de 20.279 millas árabes, o sea, 42.500 km. Este dato hizo cometer a Colón el " más fecundo error de la Historia " - en palabras del matemático Rey Pastor-, ya que la milla árabe es aproximadamente medio kilómetro mayor que la latina. Así el descubridor creyó que la Tierra era más pequeña, y estaba convencido de haber llegado a Zipango (Japón) circunnavegando en sentido contrario a las rutas de Marco Polo, cuando en realidad había desembarcado en un nuevo mundo desconocido hasta entonces.

Por último en 1550, el médico francés Juan Fernel, adaptando un contador de revoluciones a la rueda de su coche, recorrió lo más recto que pudo la distancia París-Amiens (1° de meridiano), y dedujo que la circunferencia terrestre debería ser de 39.858 km.

Un método similar al de Fernel es el que ahora proponemos y que se puede realizar en la misma clase.

Necesitaremos para ello un mapa cartográfico, puede servir un mapa de carreteras, en el que estén representados los meridianos y paralelos. Tomaremos dos poblaciones situadas en la misma latitud, o latitudes muy próximas, y que sean atravesadas por meridianos distintos, uno o dos grados de diferencia servirán, mediremos la distancia en línea recta entre ambas poblaciones con la ayuda de una regla graduada, y haciendo uso de la escala correspondiente del mapa. Así calcularíamos el arco que abarcan uno o dos grados de meridiano, una simple proporción nos daría la longitud de la circunferencia que corresponde a ese paralelo. El radio del paralelo, R , para esas dos poblaciones se obtendría al dividir por 2π , y el radio de la Tierra, R_0 , para esa latitud saldría de la relación $R = R_0 \cos \alpha$, siendo α el ángulo de latitud de la localidad (Fig. 3).

El ejemplo escogido y que ahora desarrollamos es el siguiente:

En un plano de carreteras de España y Portugal, escala 1:1.000.000, y cuyo detalle se reproduce, observamos que por Torrejón el Rubio (Cáceres) pasa el meridiano 6° W, y por Toledo el meridiano 4° W. Ambas poblaciones se encuentran en la misma latitud, 40° N.

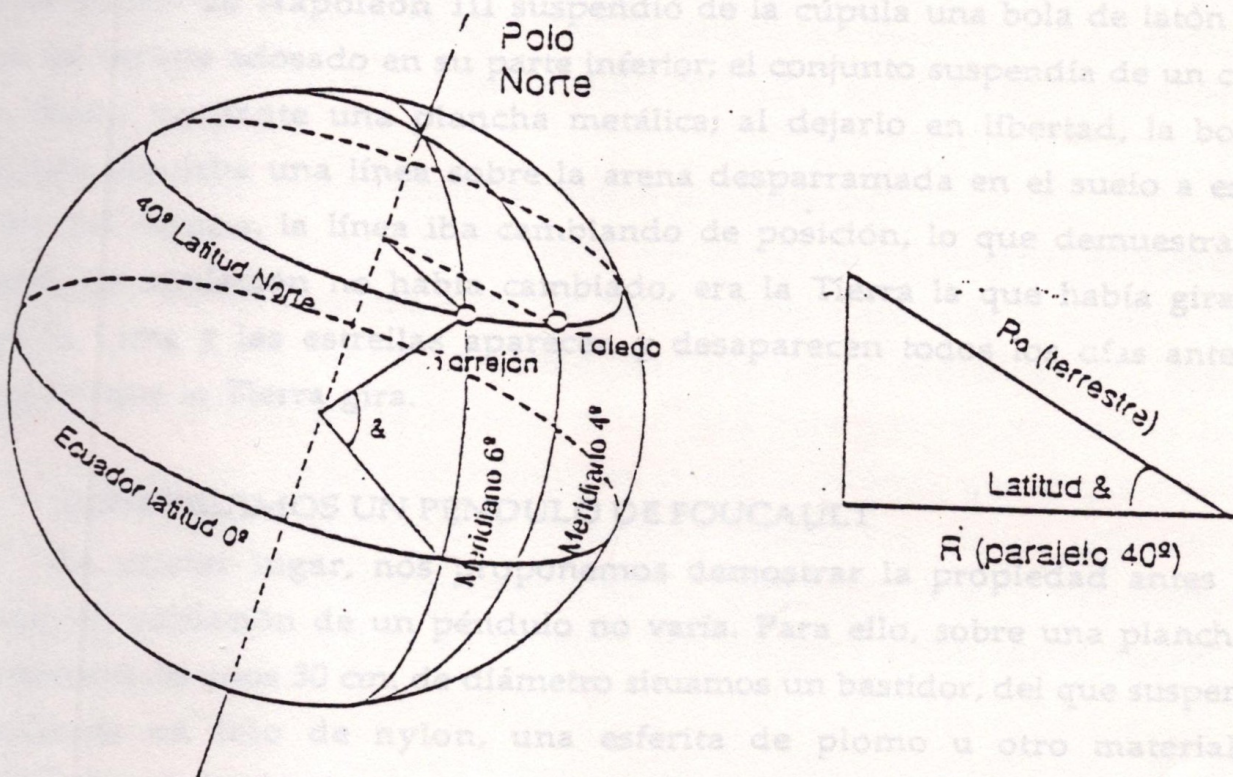


Fig. 3

La distancia entre ellas, medida sobre el plano es de 172 mm, que a escala real serían 172 km, así que de la proporción

$$\frac{172}{R} = \frac{2}{360}$$

se tendría $2\pi \cdot R = 180 \times 172 = 30.960$

y como $R = R_0 \cdot \cos 40^\circ$, $R_0 = \frac{30.960}{\cos 40^\circ} = 6.436 \text{ km}$.

$$2\pi \cdot \cos 40^\circ$$

como vemos el error cometido es menor del 1%.

LA TIERRA GIRA

Todo péndulo posee una importante propiedad, y es la de que por inercia tiende a mantener su plano de oscilación, aunque sobre el hilo se efectúe una torsión en el punto de suspensión, y si no hay ninguna fuerza que le obligue a ello no cambiará la dirección en la que está oscilando.

León Foucault, se dio cuenta de esta invariabilidad durante un viaje en barco con temporal observando el movimiento de una gavilla, e ideó un péndulo que lleva su nombre, para demostrar que la Tierra gira en torno a sí misma.

Foucault llevó a cabo su experiencia en 1851, en el Panteón de París, y con la autorización de Napoleón III suspendió de la cúpula una bola de latón de 25 Kg. con un estilete adosado en su parte inferior; el conjunto suspendía de un cable de 64 m. fijado mediante una plancha metálica; al dejarlo en libertad, la bola con su estilete dibujaba una línea sobre la arena desparramada en el suelo a este fin. Al cabo del tiempo, la línea iba cambiando de posición, lo que demuestra que si el plano de oscilación no había cambiado, era la Tierra la que había girado; así el Sol, la Luna y las estrellas aparecen y desaparecen todos los días ante nuestros ojos porque la Tierra gira.

CONSTRUIAMOS UN PENDULO DE FOUCAULT

En primer lugar, nos proponemos demostrar la propiedad antes citada: el plano de oscilación de un péndulo no varía. Para ello, sobre una plancha circular de madera de unos 50 cm. de diámetro situamos un bastidor, del que suspenderemos, mediante un hilo de nylon, una esferita de plomo u otro material pesado. Comenzamos haciendo oscilar el péndulo en un plano perpendicular al bastidor, e iremos girando la plataforma lentamente; comprobaremos cómo el plano de oscilación permanece inalterable, lográndose incluso situarlo paralelo al bastidor. (Fig. 4)

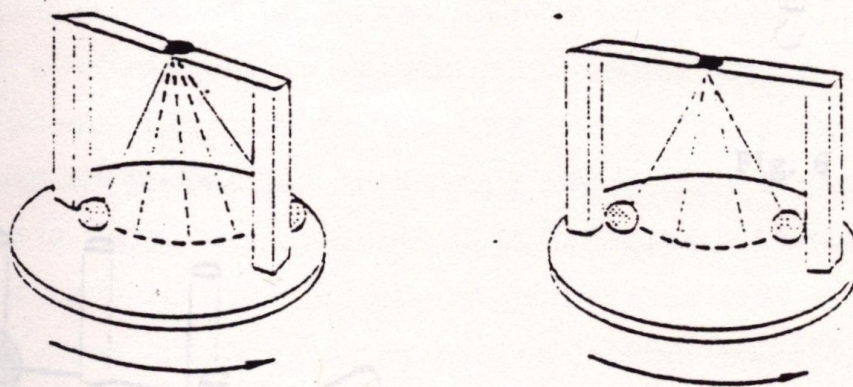


Fig. 4

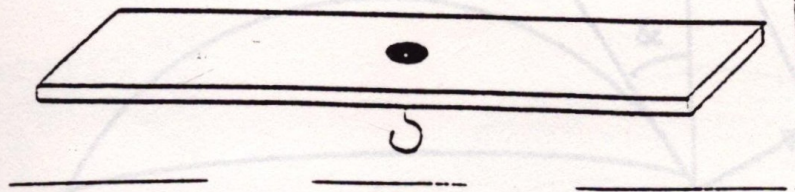


Fig. 5

La forma en la que estaría sujeto el hilo podría ser la siguiente: la barra horizontal del bastidor debe ser de plástico duro, de 3 ó 4 mm. de espesor - una regla milimetrada podría servir-; en ella practicaremos un taladro de 1 ó 2 mm. de diámetro, por el que pasaremos un alfiler de cabeza redonda, como los usados para sujetar pañuelos a la cabeza, y doblándolo en forma de gancho, a él ataremos el hilo de nylon. (Fig. 5)

Para construirlo a gran escala se puede proceder así:

A una prensa en forma de G, como las usadas en carpintería, soldamos una bolita de acero de las empleadas en los rodamientos. La prensa la fijaremos a una superficie dura (Fig. 6), el extremo de una barra metálica, por ejemplo. Suspenderemos mediante un hilo de nylon una bola pesada construida con un material que permita realizar un taladro en su parte inferior, por el que colaremos el estilete o puntero. Situando a distancias adecuadas tochos cilíndricos de madera, veremos como progresivamente los va derribando (Fig. 7). Es evidente que la experiencia ha de realizarse en un local cerrado para evitar corrientes de aire.

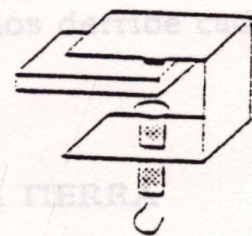


Fig. 6

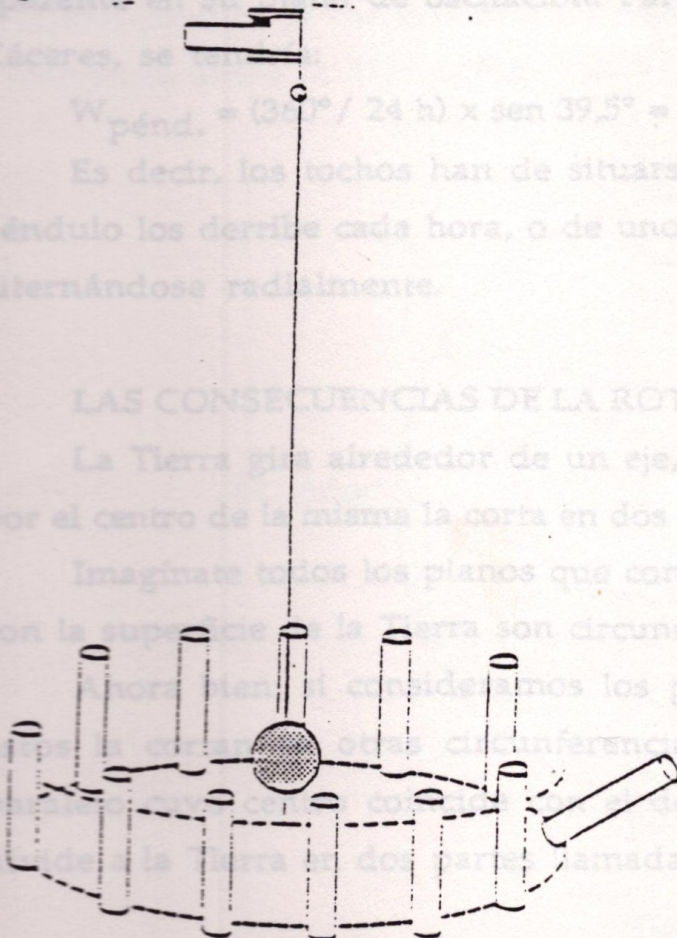


Fig. 7

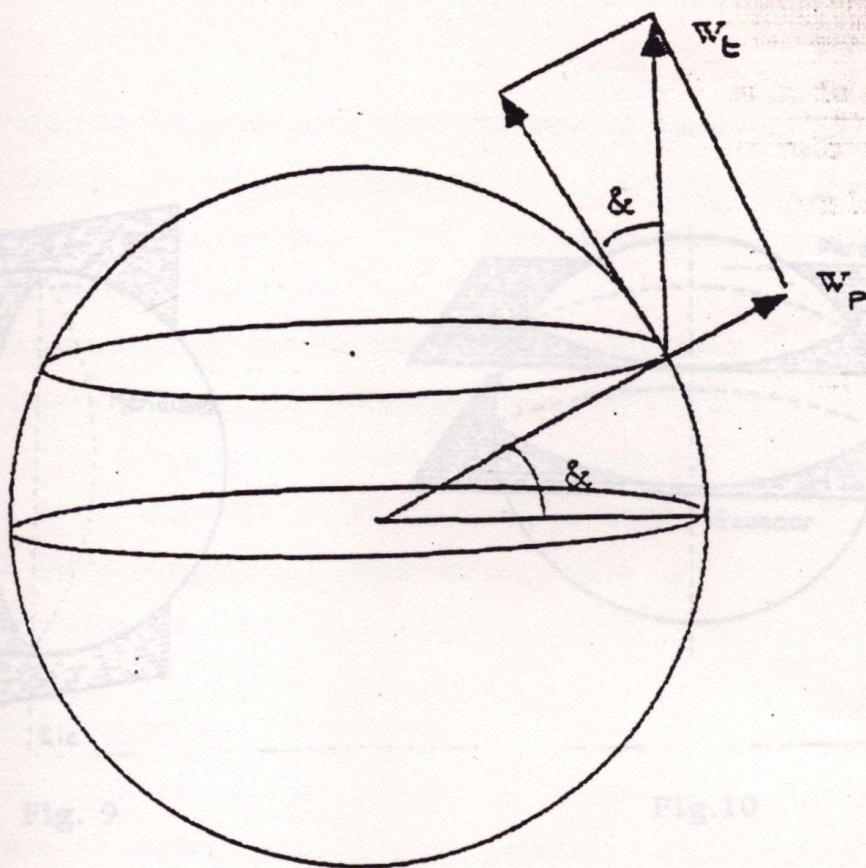


Fig. 8

De la Fig. 8 es fácil deducir que $W_{\text{pénd.}} = W_{\text{tierra}} \times \text{sen } \epsilon$ (W = velocidad angular; ϵ = ángulo de latitud) por lo que en el Polo Norte el péndulo daría una vuelta completa cada 24 horas, y en el Ecuador no observaríamos movimiento aparente en su plano de oscilación. Para otras latitudes, por ejemplo los $39,5^\circ$ de Cáceres, se tendría:

$$W_{\text{pénd.}} = (360^\circ / 24 \text{ h}) \times \text{sen } 39,5^\circ = 9,5^\circ$$

Es decir, los tochos han de situarse con una separación de $9,5^\circ$ para que el péndulo los derribe cada hora, o de unos 2° para que los derribe cada 15 minutos, alternándose radialmente.

LAS CONSECUENCIAS DE LA ROTACION DE LA TIERRA

La Tierra gira alrededor de un eje, que es una línea imaginaria que pasando por el centro de la misma la corta en dos puntos a los que llamamos polos.

Imagínate todos los planos que contienen a ese eje. Los cortes de estos planos con la superficie de la Tierra son circunferencias llamadas meridianos. (Fig. 9)

Ahora bien, si consideramos los planos perpendiculares al eje de rotación, estos la cortan en otras circunferencias que se llaman paralelos (Fig. 10). El paralelo cuyo centro coincide con el de la Tierra se llama Ecuador. El Ecuador divide a la Tierra en dos partes llamadas hemisferios: el Norte y el Sur.

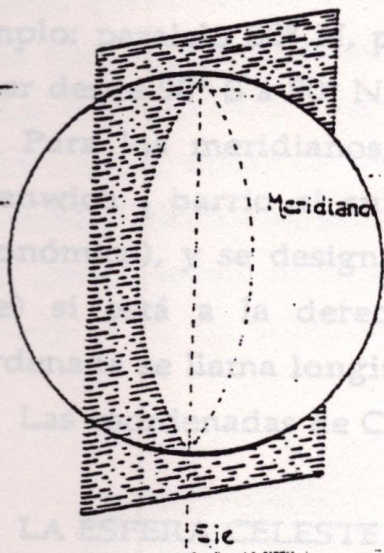


Fig. 9

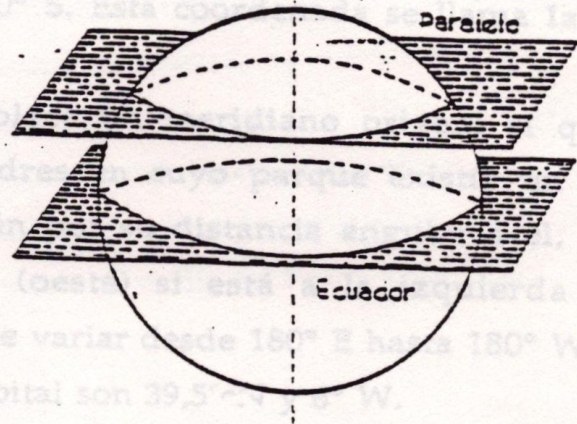


Fig.10

COORDENADAS GEOGRAFICAS

Por cualquier punto de la Tierra, que no sean los polos, pasa un sólo meridiano y un sólo paralelo, pero hay otro punto que comparte con él el mismo meridiano y el mismo paralelo, por eso para distinguirlos, el meridiano se divide en dos semicircunferencias, a una se le llama meridiano y a la otra antimeridiano. Así, a cada punto le corresponde un meridiano y un paralelo y viceversa, a cada par meridiano-paralelo le corresponde un punto. Se establece de esta forma un sistema de referencia sobre la Tierra.(Fig. 11)

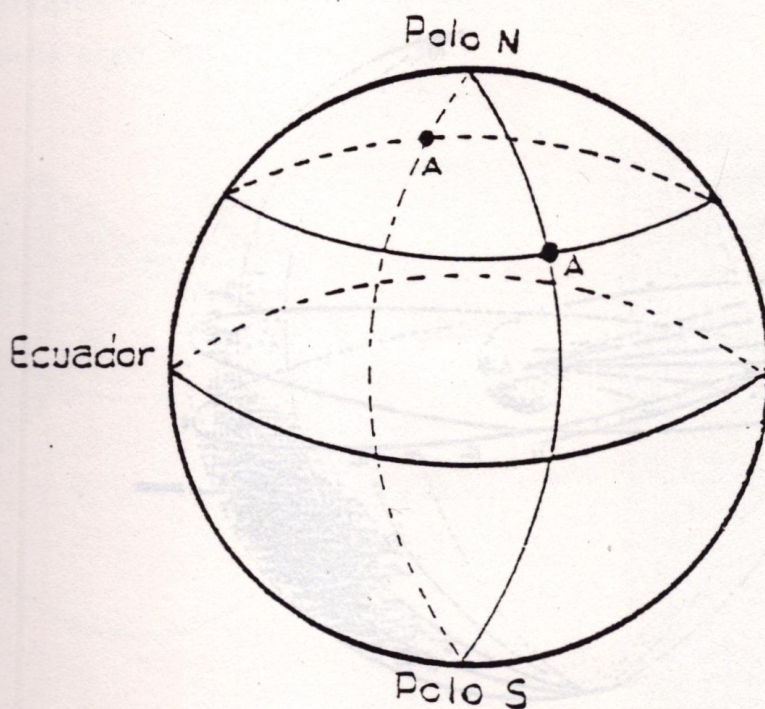


Fig. 11

Por convenio se designan los paralelos por su distancia angular con el Ecuador añadiendo N (norte) si está por encima, y S (sur) si está por debajo de él. Por ejemplo: paralelo 30° N, paralelo 70° S. Esta coordenada se llama latitud. Puede variar desde 90° S a 90° N.

Para los meridianos, se establece un meridiano origen, el que pasa por Greenwich. (barrio al sur de Londres en cuyo parque existía un observatorio astronómico), y se designan también por su distancia angular a él, añadiendo E (este) si está a la derecha y W (oeste) si está a la izquierda de él. Esta coordenada se llama longitud. Puede variar desde 180° E hasta 180° W.

Las coordenadas de Cáceres capital son $39,5^{\circ}$ N y 6° W.

LA ESFERA CELESTE

Imagínate una esfera de centro la Tierra y radio indefinido, en ella podríamos colocar todos los objetos celestes, prolongando el Ecuador, los meridianos, los paralelos o los polos terrestres hacia ella, tendríamos sus homónimos celestes, luego, el sistema de referencia para puntos sobre la Tierra, también es válido para objetos celestes, aunque aquí reciben el nombre de Ascensión Recta (paralelos), que se mide en horas minutos y segundos, 1 hora equivale a 15° de arco, ya que la Tierra invierte 24 h en girar sobre sí misma ($360^{\circ}/24 \text{ h} = 15$) y Declinación (meridianos) que se mide en grados de arco (Fig. 12). La ascensión recta (AR o RA) puede variar desde 0 a 24 h, la declinación (Dec) de -90° a $+90^{\circ}$. Así por ejemplo las coordenadas de un objeto celeste podrían ser AR: $00^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ Dec: $+41,0^{\circ}$.

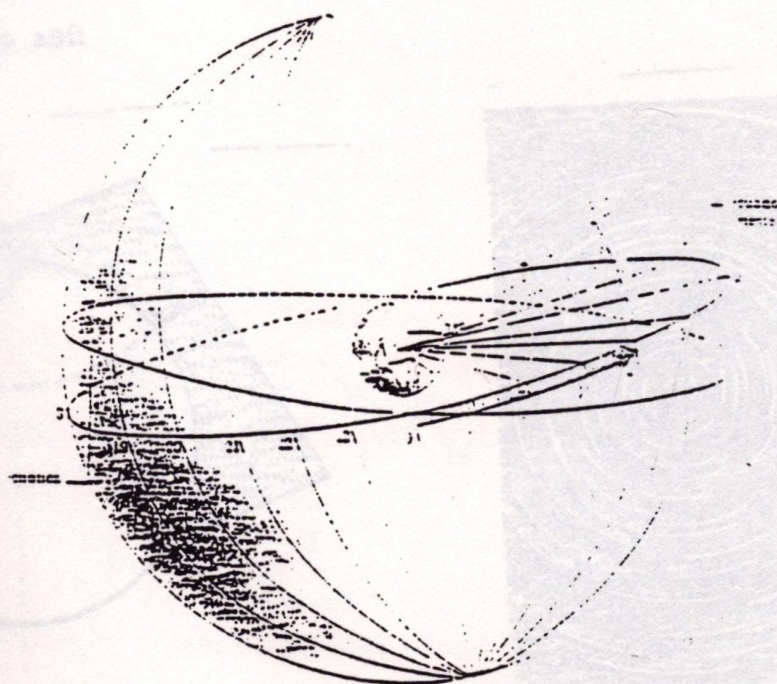


Fig. 12

Situándonos en un punto de la Tierra podemos ver media esfera celeste, la otra mitad queda oculta por nuestro planeta.

Si nos colocásemos en el Polo Norte, veríamos como las estrellas recorren paralelos celestes, pero ninguna se pondrá ni saldrá, se verán siempre las mismas (Fig. 13). Sobre nuestras cabezas estará inmóvil una de ellas, la Estrella Polar, punto donde cortaría la prolongación del eje terrestre a la esfera celeste.

Si estuviésemos en el Ecuador, veríamos como las estrellas salen por el E y se ponen por el W. En el horizonte observaríamos fija la Polar (Fig. 14).

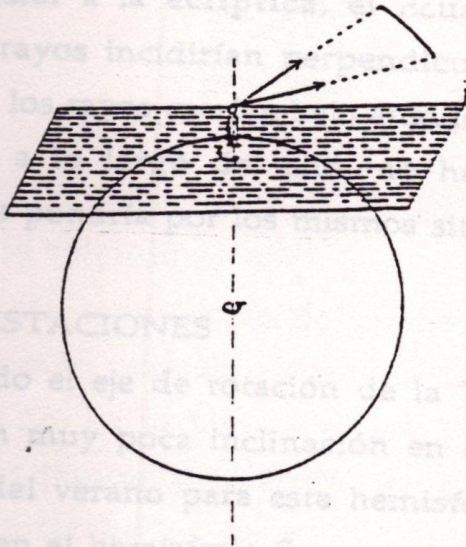


Fig. 13

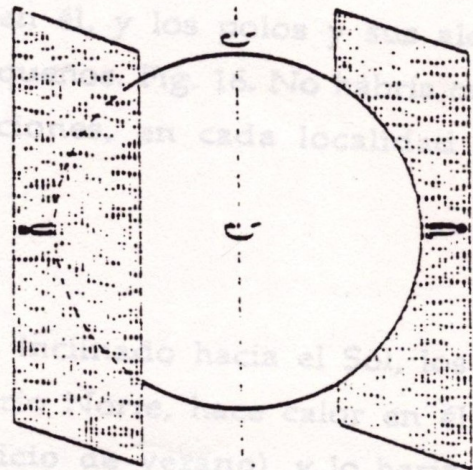
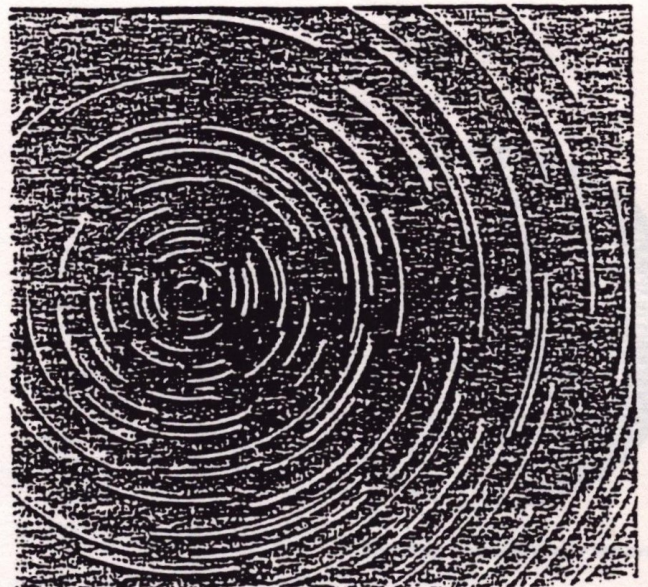
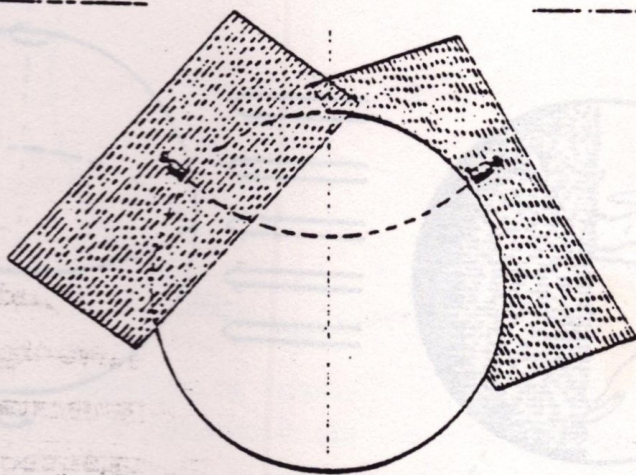


Fig. 14

En cualquier otra posición del hemisferio Norte, si registrásemos fotográficamente durante unas horas con una cámara dirigida a la Estrella Polar obtendríamos algo así:



LAS CONSECUENCIAS DE LA TRASLACION DE LA TIERRA

La Tierra, como sabemos, está dotada de un movimiento de traslación alrededor del Sol. En este movimiento invierte unos 365 días aproximadamente.

La trayectoria que sigue la Tierra es una elipse, pero es tan poco excéntrica que se puede considerar una circunferencia. Las estaciones no dependen, pues, aunque mucha gente lo cree así, de la mayor o menor cercanía de la Tierra al Sol, sino que son debidas a la inclinación que tiene el eje de rotación de la Tierra con respecto al plano en el que ésta se mueve entorno al Sol (eclíptica). Esta inclinación es de unos 23° (exactamente $23^\circ 27'$); si el eje de rotación fuese perpendicular a la eclíptica, el Ecuador y sus proximidades recibirían mucho calor, los rayos incidirían perpendicularmente en él, y los polos y sus alrededores muy poco, los rayos caerían bajo ángulos muy pequeños. Fig. 16. No habría cambios climáticos a lo largo del año, no habría estaciones, en cada localidad el Sol saldría y se pondría por los mismos sitios.

LAS ESTACIONES

Cuando el eje de rotación de la Tierra está inclinado hacia el Sol, los rayos inciden con muy poca inclinación en el hemisferio Norte, hace calor en él, es el comienzo del verano para este hemisferio (solsticio de verano), y lo harían muy inclinados en el hemisferio Sur, comienza allí el invierno.

Al cabo de seis meses las cosas cambian, los rayos ahora inciden con mucha inclinación en el hemisferio Norte, poco calor en él, empieza el invierno para este hemisferio (solsticio de invierno), y en el Sur todo lo contrario. Fig. 17

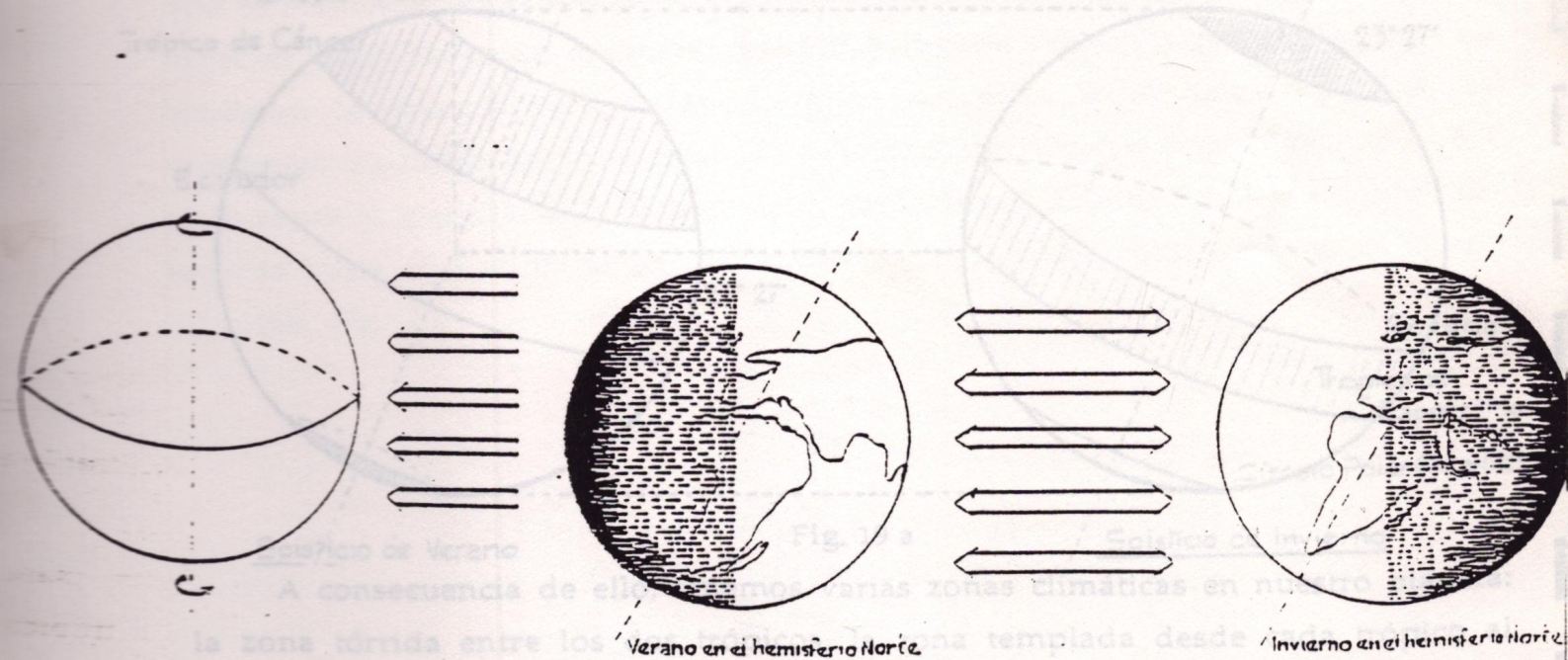


Fig. 16

Fig. 17

Entre estos dos solsticios existen dos posiciones intermedias en las que los rayos caen perpendiculares sobre el Ecuador, y están, por tanto, igualmente inclinados en los dos hemisferios, comienzan la primavera y el otoño (equinoccios de primavera y otoño). Fig. 18.

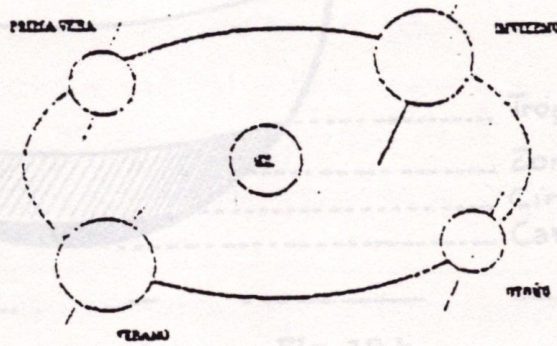


Fig. 18

LOS TROPICOS

El día del solsticio de verano los rayos de sol caerían perpendiculares en los puntos de un paralelo situado $23^{\circ}27'$ N. Es el trópico de Cáncer. Ese día en el Polo Norte el Sol no se pone y estaría rasante con el horizonte, a las 12 de la noche, en todos los puntos situados en un paralelo $23^{\circ}27'$ por debajo del Polo Norte. Es el círculo Polar Artico. En el Aantártico no sale el Sol.

En el solsticio de invierno, los términos se invierten, el Sol, no sale en el círculo Polar Artico, y no se pone en el Antártico. Los rayos inciden perpendiculares en el paralelo $23^{\circ}27'$ S. Fig. 19.

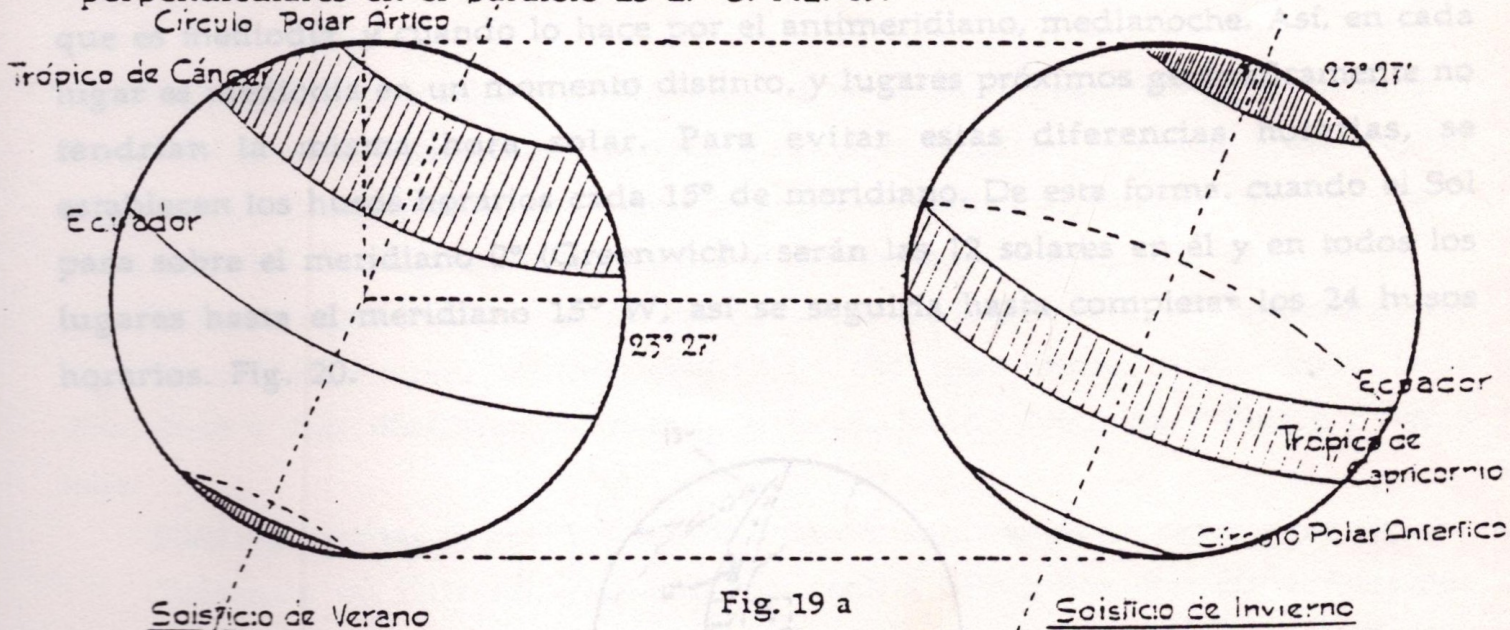


Fig. 19 a

A consecuencia de ello, tenemos varias zonas climáticas en nuestra planeta: la zona tórrida entre los dos trópicos, la zona templada desde cada trópico al círculo polar correspondiente y como zonas frías los dos círculos polares. Fig. 19 b

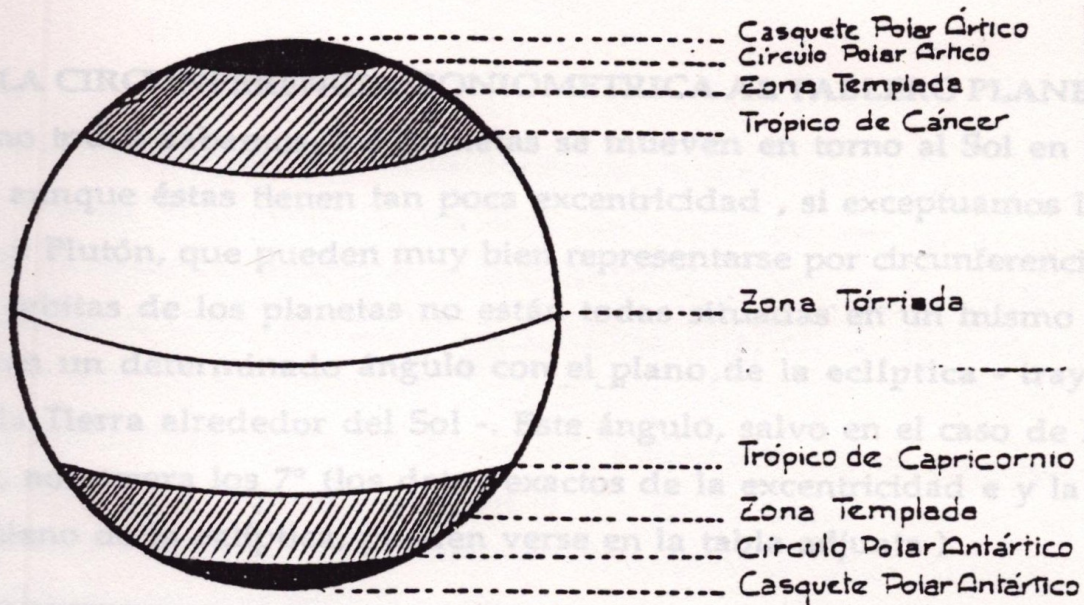


Fig. 19 b

Por último, en los dos equinoccios los rayos solares incidirían perpendiculares en el Ecuador y como consecuencia, los días y las noches tienen la misma duración en los dos hemisferios, de ahí el nombre derivado del latín, significa "igual noche".

LOS HUSOS HORARIOS

La vida en la Tierra está regida por el movimiento aparente del Sol en la bóveda celeste. Al tiempo que el Sol invierte entre dos pasos consecutivos sobre el mismo meridiano, le llamamos día, pero no coincide exactamente con la rotación de la Tierra, como ya veremos. Cuando el Sol pasa sobre un meridiano local, decimos que es mediodía, y cuando lo hace por el antimeridiano, medianoche. Así, en cada lugar es mediodía en un momento distinto, y lugares próximos geográficamente no tendrían la misma hora solar. Para evitar estas diferencias horarias, se establecen los husos horarios cada 15° de meridiano. De esta forma, cuando el Sol pasa sobre el meridiano 0° (Greenwich), serán las 12 solares en él y en todos los lugares hasta el meridiano 15° W, así se seguiría hasta completar los 24 husos horarios. Fig. 20.

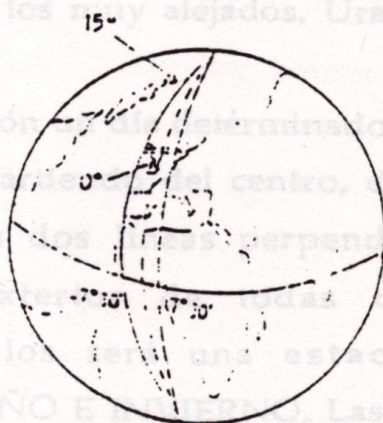


Fig. 20

DE LA CIRCUNFERENCIA GONIOMETRICA AL TABLERO PLANETARIO

Como todos sabemos, los planetas se mueven en torno al Sol en trayectorias elípticas, aunque éstas tienen tan poca excentricidad, si exceptuamos los casos de Mercurio y Plutón, que pueden muy bien representarse por circunferencias. Por otro lado, las órbitas de los planetas no están todas situadas en un mismo plano, sino que forman un determinado ángulo con el plano de la eclíptica - trayectoria que describe la Tierra alrededor del Sol -. Este ángulo, salvo en el caso de Plutón, que es de 17°, no supera los 7° (los datos exactos de la excentricidad e y la inclinación i con el plano de la eclíptica, pueden verse en la tabla adjunta).

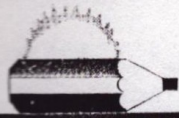
Planeta	Distancia media al sol (U.A. *)	Excentricidad	Ángulo con la eclíptica
Mercurio	0,387	0,2056	7,00°
Venus	0,723	0,0068	3,39°
Tierra	1,000	0,0167	0,00°
Marte	1,524	0,0934	1,85°
Júpiter	5,203	0,0484	1,31°
Saturno	9,539	0,0557	2,47°
Urano	19,182	0,0472	0,77°
Neptuno	30,058	0,0086	1,77°
Plutón	39,439	0,2530	17,14°

La posición, en cada momento, de los planetas con respecto al Sol es lo que llamamos coordenadas heliocéntricas, y son dos: longitud y latitud, igual que las coordenadas terrestres; lo que haremos será proyectar los planetas sobre el plano de la eclíptica. Trabajaremos sólo con una coordenada: la longitud.

Estas coordenadas vienen en los Anuarios de Efemérides Astronómicas. Para algunos planetas, como los interiores, día a día; para otros, los exteriores, cada dos, cinco o diez días; y para los muy alejados, Urano, Neptuno y Plutón, mes a mes.

Para representar su posición un día determinado, vamos proceder como sigue:

Tomamos un DIN A3. Partiendo del centro, dibujamos diez circunferencias concéntricas; trazamos ahora dos líneas perpendiculares en el centro de las circunferencias, la más exterior de todas queda dividida en cuatro cuadrantes. Cada uno de ellos será una estación, en el orden habitual: PRIMAVERA, VERANO, OTOÑO E INVIERNO. Las separaciones entre cuadrantes corresponden a los equinoccios y solsticios. Esta circunferencia, la exterior, la



Dividiremos en 12 partes iguales, llevando sobre sí mismo medio radio y comenzando en el primer cuadrante. Cada una de estas partes sería una constelación zodiacal en el orden siguiente: ARIES, TAURO, GEMINIS, CANCER, LEO, VIRGO, LIBRA, ESCORPIO, SAGITARIO, CAPRICORNIO, ACUARIO Y PISCIS.

Llegados a este punto, con la ayuda del Anuario y trabajando con la longitud heliocéntrica, situaremos los distintos planetas en el día de la fecha. Para situar la Tierra, pues de ella no vienen las coordenadas heliocéntricas en el Anuario, podemos proceder de dos formas: una sería la siguiente, como tenemos señalados los equinoccios y solsticios, y sabemos que la Tierra describe una órbita completa (360°) alrededor del Sol en un año (365 días), podemos decir que aproximadamente se mueve en torno a él a razón de 1° por día. Como sabemos los días transcurridos desde el último equinoccio o solsticio a la fecha actual, es sólo cuestión de trasladar ese mismo número en grados en la tercera circunferencia. La otra forma es ésta: los planetas, el Sol y la Tierra, pueden ocupar posiciones distintas a lo largo del tiempo. Cuando se encuentran en este orden: PLANETA-SOL-TIERRA, como ya se ha visto, se dice que están en conjunción; si el orden es SOL-TIERRA-PLANETA, están en oposición. En los Anuarios también vienen las fechas en las que estas posiciones relativas entre los distintos planeta, la Tierra y el Sol se van a producir. Supongamos que Júpiter está en oposición el día 14 de Julio; ese día la Tierra estaría en línea recta con él, pero al lado contrario del Sol. Conociendo la posición de Júpiter el 14 de Julio, también sabríamos la de la Tierra ese mismo día, para la fecha actual, es cuestión de trasladar la Tierra un ángulo, en grados, igual al número de días transcurridos desde el 14 de Julio hasta el actual.

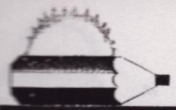
Pasemos ahora a ver la utilidad de nuestro tablero, es decir, la información que tiene para nosotros.

Trazando una línea recta que una la Tierra con el Sol, y prolongándola hasta los límites del tablero, esta línea nos indicaría la estación del año en la que nos encontramos y el signo zodiacal que le correspondería a esa fecha.

Nótese que hablamos de signo zodiacal y no de constelación zodiacal, debemos decir, para hablar con propiedad, que el Sol entra en el signo de Acuario o de Piscis y no en la constelación del mismo nombre. Esto es debido a un fenómeno que se conoce con el nombre de precesión de los equinoccios, y que ahora estudiaremos con detenimiento.

LA PRECESION DE LOS EQUINOCIOS

La palabra precesión viene del latín "praecedere", que significa "ir delante" "anteceder". El fenómeno fue descubierto por el astrónomo griego Hiparco de



Nicea que vivió en el siglo II a.C. Los astrónomos griegos en el siglo III a.C. habían "censado" las estrellas registrando sus posiciones en el firmamento, Hiparco descubrió que tales posiciones se habían desplazado con respecto al punto vernal o primer punto de Aries (también llamado punto gamma por la similitud entre esta letra griega y el símbolo de Aries), y que corresponde al equinoccio de primavera, por lo que el equinoccio llegaba antes de concluir el año sidereal. Para explicar este hecho necesitaremos estudiar detenidamente el movimiento de la Tierra.

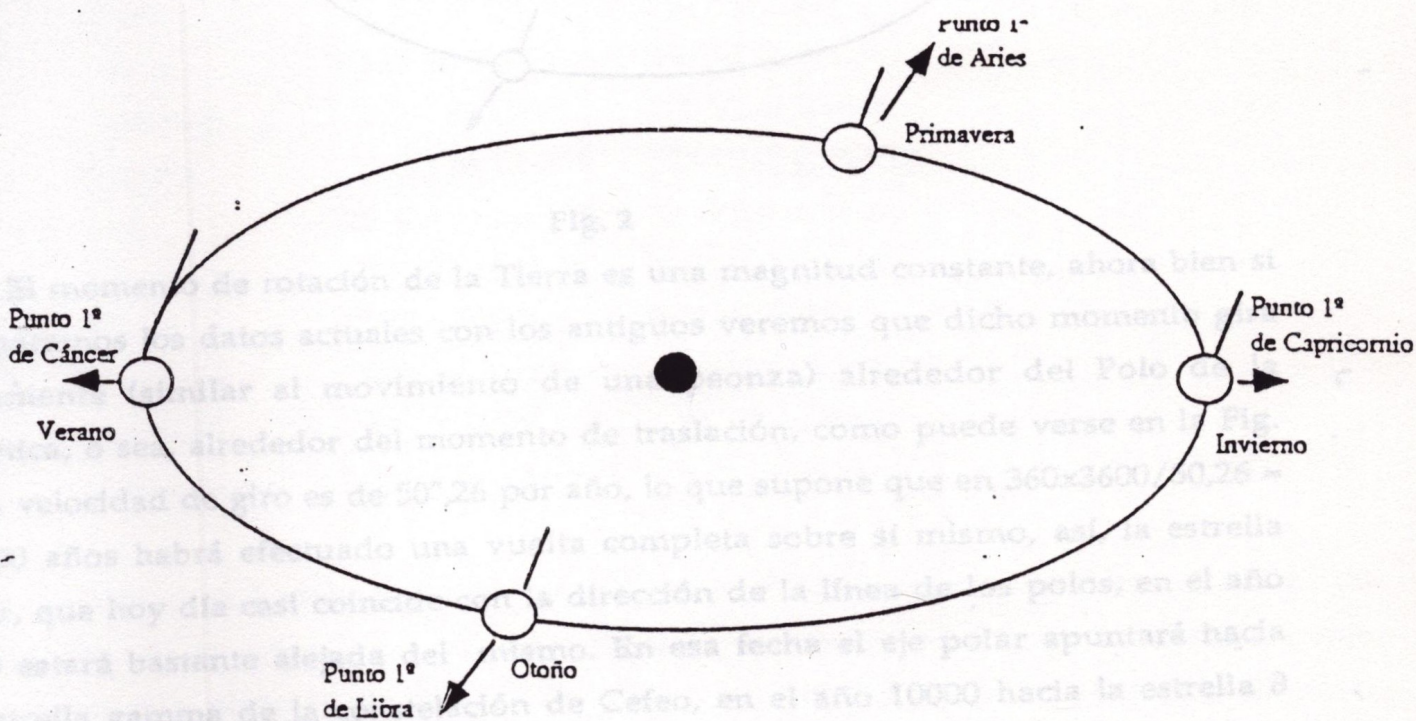


Fig. 1

El eje de rotación de la Tierra y su momento angular de rotación, que son perpendiculares al plano del Ecuador Terrestre, se dirigen hacia un punto P muy cerca de la estrella Polar, alfa de la Osa Menor, sin embargo, el momento angular de traslación, perpendicular al plano de la Eclíptica, se dirige hacia el punto Π (polo de la eclíptica), cercano a la estrella X de la constelación del Dragón, el ángulo que forman entre ellos en la actualidad es de $23^{\circ} 27'$. Esta inclinación es, como sabemos, la causante del cambio de estaciones. En la Fig. 1 puede verse como el día 21 de Marzo (equinoccio de primavera), el eje terrestre es perpendicular al radio-vector Tierra-Sol y por tanto, la duración del día y de la noche es igual en todo el planeta. Ese día el Sol se encuentra en la constelación de Piscis, y la Tierra, vista desde el Sol, en la de Virgo, sin embargo, la tradición marca este punto con el signo de Aries, ahora veremos la causa.

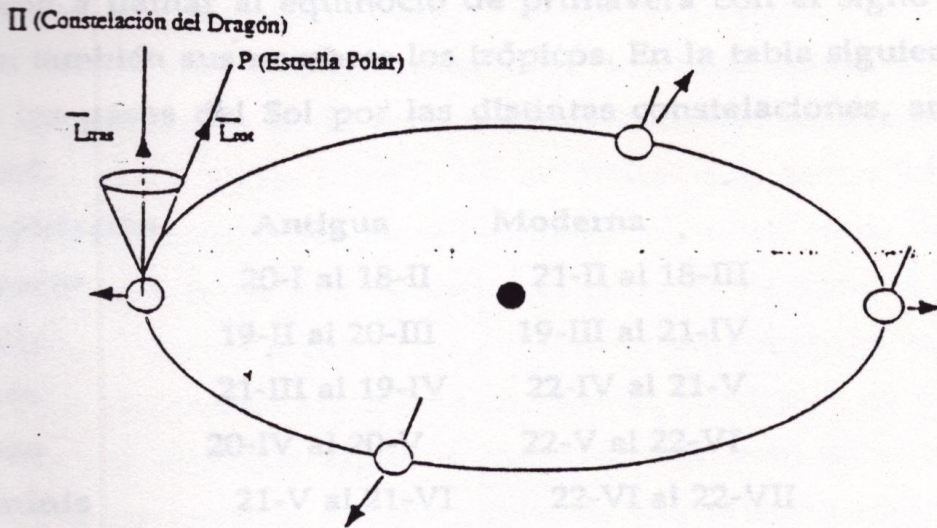


Fig. 2

El momento de rotación de la Tierra es una magnitud constante, ahora bien si comparamos los datos actuales con los antiguos veremos que dicho momento gira lentamente (similar al movimiento de una peonza) alrededor del Polo de la Eclíptica, o sea, alrededor del momento de traslación, como puede verse en la Fig. 2. Su velocidad de giro es de $50''{,}26$ por año, lo que supone que en $360 \times 3600 / 50{,}26 = 26.000$ años habrá efectuado una vuelta completa sobre sí mismo, así, la estrella Polar, que hoy día casi coincide con la dirección de la línea de los polos, en el año 4500 estará bastante alejada del mismo. En esa fecha el eje polar apuntará hacia la estrella gamma de la constelación de Cefeo, en el año 10000 hacia la estrella δ del Cisne o en el 14000 hacia la hermosa estrella Vega de la Lira. En la Fig. 3 puede verse con detalle este movimiento.

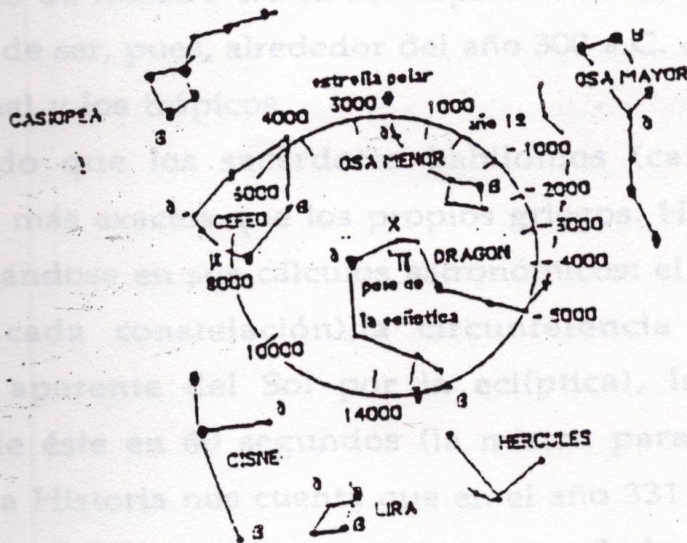
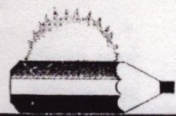


Fig. 3

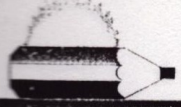


Esta misma Fig. 3 nos permite calcular, casi con total precisión, cuando comenzaron a llamar al equinoccio de primavera con el signo de Aries, y cuando recibieron también sus nombres los trópicos. En la tabla siguiente pueden verse los datos de los pasos del Sol por las distintas constelaciones, antiguamente y en la actualidad.

Constelación	Antigua	Moderna
Acuario	20-I al 18-II	21-II al 18-III
Piscis	19-II al 20-III	19-III al 21-IV
Aries	21-III al 19-IV	22-IV al 21-V
Tauro	20-IV al 20-V	22-V al 22-VI
Géminis	21-V al 21-VI	22-VI al 22-VII
Cáncer	22-VI al 22-VII	23-VII al 23-VIII
Leo	23-VII al 22-VIII	24-VIII al 24-IX
Virgo	23-VIII al 23-IX	24-IX al 24-X
Libra	23-IX al 22-X	25-X al 23-XI
Escorpio	23-X al 21-XI	24-XI al 23-XII
Sagitario	22-XI al 21-XII	24-XII al 22-I
Capricornio	22-XII al 19-I	23-I al 20-II

Como ya hemos dicho el Sol entraba en la constelación de Aries el día 21 de Marzo, en la actualidad ese día, el Sol se encuentra en Piscis. La distancia que separa una posición de otra es de unos 32°, y el Sol tarda en recorrerla 32 días, como sabemos el período de precesión, que es de unos 26.000 años, ese desplazamiento de 32 días habrá ocurrido en $26.000 \times 32 / 365 = 2280$ años, que restados a la fecha actual de 1990 se tendría un valor cercano a -300. Luego, unos 300 años antes de nuestra era la correspondencia entre fechas y constelaciones era exacta, debió de ser, pues, alrededor del año 300 a.C. cuando recibieron sus nombres el punto vernal y los trópicos.

Es sabido que los sacerdotes babilonios (caldeos), tenían conocimientos astronómicos más exactos que los propios griegos. Habían adoptado un sistema de unidades basándose en sus cálculos astronómicos: el día dividido en 24 horas (dos horas para cada constelación), la circunferencia en 360° (1° por día es el movimiento aparente del Sol por la eclíptica), la división de la hora en 60 minutos, y de éste en 60 segundos (la misma para grados, minutos y segundos angulares). La Historia nos cuenta que en el año 331 a.C. Alejandro Magno con sus tropas entró en Babilonia, seguramente acompañado de muchos sabios griegos, que tuvieron acceso de esta forma a los conocimientos caldeos. Crearon así el calendario solar, en el que los meses se correspondían exactamente con las



constelaciones. El día del equinocio de primavera (punto gamma), el Sol, evidentemente, se encontraba en Aries.

Posteriormente este punto pasaría a la constelación de Piscis, y esta constelación se convertiría en la principal del Zodíaco, tal acontecimiento debió ocurrir alrededor del siglo I a.C., es evidente que como los límites entre constelaciones son puramente convencionales y no se trata de un fenómeno astronómico real, esta fecha podría variar sensiblemente aunque tal variación no sería nunca mayor de un siglo. Como nuestros antepasados concedían mucha importancia a los fenómenos astronómicos, éste en particular no debió de pasarles inadvertido, es por ello que algunos historiadores ven en este fenómeno una explicación al auge místico del surgimiento del cristianismo, corrobora esta opinión el hecho de que el símbolo de los primitivos cristianos no era la cruz, sino la imagen de un pez.

Hacia el año 2600 el punto vernal estará situado en la constelación de Acuario, y unos 2200 años después estará en Capricornio.

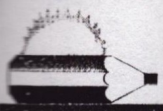
En la tabla puede también verse que la constelación de Cáncer correspondía al solsticio de verano, y la de Capricornio al de invierno; de ahí las denominaciones de los trópicos.

Volviendo a nuestro tablero, será necesario efectuar un giro de unos 33° en sentido antihorario a los símbolos zodiacales para que éste se corresponda con la realidad astronómica.

Una vez efectuado el giro si trazamos la línea Tierra-Sol, nos daría la constelación zodiacal en la que éste se encuentra en esa fecha.

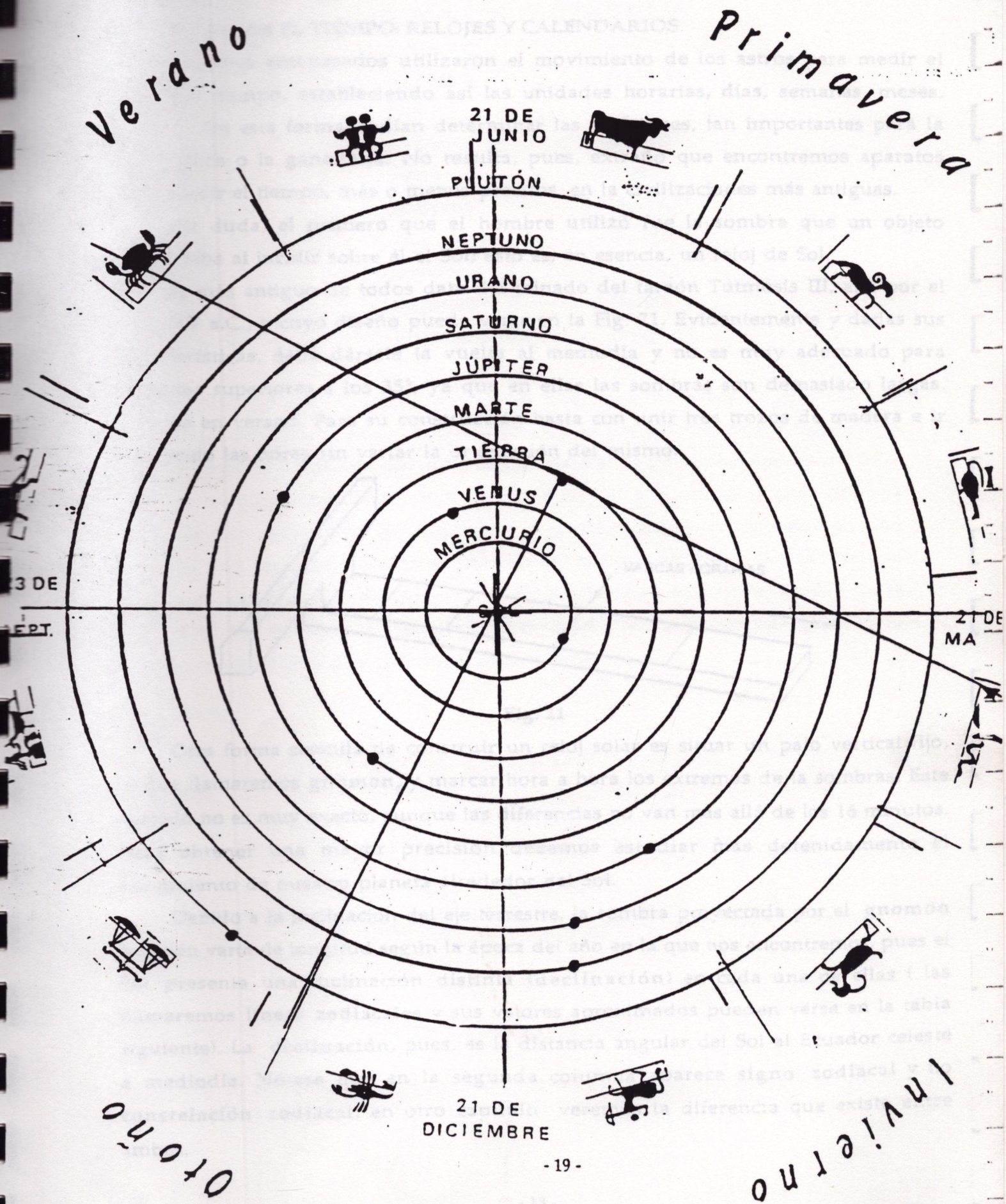
Si trazamos ahora una línea perpendicular a la anterior, obtendríamos el semiplano celeste visible a las 0 h, o sea, a las 12 de la noche (hora solar). Sabríamos así los planetas que son visibles a esa hora, y si esta visibilidad es buena o no, dependiendo de que el planeta se encuentre cerca o lejos de la Tierra. También nos indicaría las constelaciones zodiacales visibles a esa hora.

Si unimos la Tierra con un planeta determinado, y prolongando la línea hasta la circunferencia exterior, nos indicaría la constelación zodiacal en la que localizaríamos visualmente dicho planeta, si estas orbitas se hubiesen trazado a escala. De la misma forma, se podría saber el orto y el ocaso de cada planeta - momento en el que éste sale o se pone-, sin más que medir el ángulo que forma la línea planeta-Tierra con la perpendicular a la línea Tierra-Sol. Sin embargo, para trazar las órbitas a escala, es evidente que precisaríamos de un tablero de enormes proporciones. Aunque éste, se podría hacer sólo con los planetas que un pequeño telescopio de aficionado puede localizar: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno.



XIX Escuela de Verano de Extremadura

A continuación reproducimos un tablero de estas características para una fecha determinada. Los signos zodiacales están hechos con recortes de los horóscopos de los diarios.





Casi todos los países se ajustan a este convenio, de esta forma se evita el que países pequeños puedan tener en su territorio dos o más horas distintas.

MEDIMOS EL TIEMPO: RELOJES Y CALENDARIOS

Nuestros antepasados utilizaron el movimiento de los astros para medir el paso del tiempo, estableciendo así las unidades horarias, días, semanas, meses, años, ... De esta forma podían determinar las estaciones, tan importantes para la agricultura o la ganadería. No resulta, pues, extraño que encontremos aparatos para medir el tiempo, más o menos precisos, en las civilizaciones más antiguas.

Sin duda, el primero que el hombre utilizó fue la sombra que un objeto proyectaba al incidir sobre él el Sol; esto es, en esencia, un reloj de Sol.

El más antiguo de todos data del reinado del faraón Tutmosis III, allá por el siglo XV a.C., y cuyo diseño puede verse en la Fig. 21. Evidentemente y dadas sus características, debe dársele la vuelta al mediodía y no es muy adecuado para latitudes superiores a los 35° , ya que en ellas las sombras son demasiado largas, excepto en verano. Para su construcción basta con unir tres trozos de madera e ir marcando las horas sin variar la orientación del mismo.

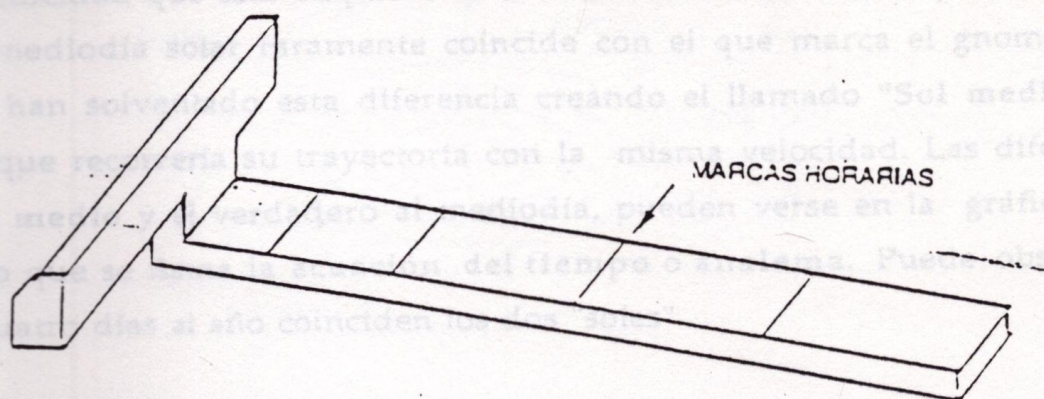
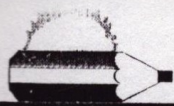


Fig. 21

Otra forma sencilla de construir un reloj solar es situar un palo vertical fijo, al que llamaremos **gnomon**, y marcar hora a hora los extremos de las sombras. Este método no es muy exacto, aunque las diferencias no van más allá de los 16 minutos. Para obtener una mayor precisión debemos estudiar más detenidamente el movimiento de nuestro planeta alrededor del Sol.

Debido a la inclinación del eje terrestre, la sombra proyectada por el **gnomon** también varía de longitud según la época del año en la que nos encontremos, pues el Sol presenta una inclinación distinta (declinación) en cada una de ellas (las llamaremos líneas zodiacales y sus valores aproximados pueden verse en la tabla siguiente). La **declinación**, pues, es la distancia angular del Sol al Ecuador celeste a mediodía. Nótese que en la segunda columna aparece signo zodiacal y no constelación zodiacal, en otro capítulo veremos la diferencia que existe entre ambos.



FECHAS	SIGNO ZODIACAL	DECLINACION
21-III al 20-IV	Aries	D=0°
21-IV al 20-V	Taurus	D=11,5°
21-V al 21-VI	Géminis	D=20°
22-VI al 22-VII	Cáncer	D=23,5°
23-VII al 23-VIII	Leo	D=20°
24-VII al 23-IX	Virgo	D=11,5°
24-IX al 23-X	Libra	D=0°
24-X al 22-XI	Scorpius	D=-11,5°
23-XI al 21-XII	Sagittarius	D=-20°
22-XII al 20-I	Capricornius	D=-23,5°
21-I al 19-II	Aquarius	D=-20°
20-II al 20-III	Piscis	D=-11,5°

Pero aún hay más. Como la trayectoria que sigue la Tierra en su traslación alrededor del Sol es una elipse, estando situado el Sol en uno de los focos de la misma, la velocidad que ésta adquiere es diferente en las distintas épocas del año; por ello el mediodía solar raramente coincide con el que marca el gnomon. Los astrónomos han solventado esta diferencia creando el llamado "Sol medio", que sería aquél que recorrería su trayectoria con la misma velocidad. Las diferencias entre el Sol medio y el verdadero al mediodía, pueden verse en la gráfica de la Fig. 22, es lo que se llama la ecuación del tiempo o analema. Puede observarse como sólo cuatro días al año coinciden los dos "soles".

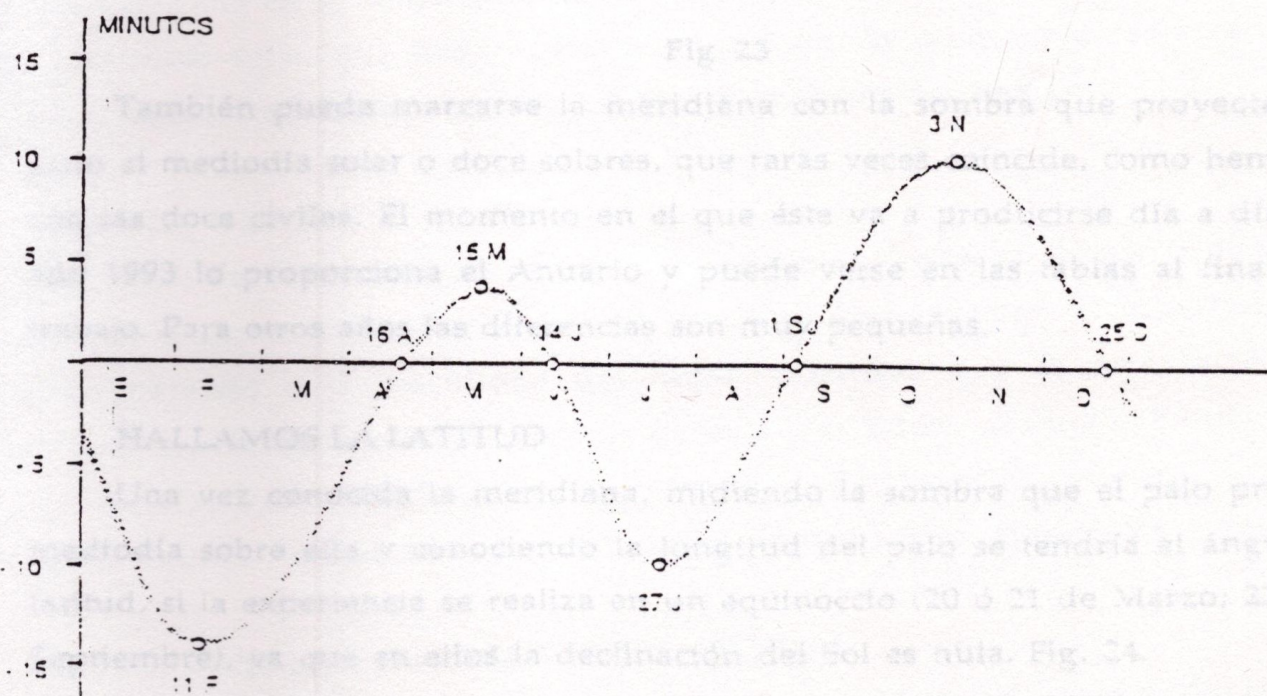


Fig. 22



Nos va a ser muy útil para nuestros procesos determinar la **meridiana** del lugar (línea N-S) y la latitud y longitud del mismo. Ahora veremos la forma de proceder.

TRAZAMOS LA MERIDIANA

A una determinada hora (hora 1) anterior al mediodía solar, colocamos un palo vertical sobre una superficie horizontal, y con centro en el punto en el que apoya el palo, trazamos una circunferencia que tenga a su sombra como radio, marcamos también el radio. Poco a poco la sombra del palo irá acortándose, al mediodía alcanzará su valor mínimo, para después comenzar a alargarse, y de nuevo esa sombra volverá a ser el radio de la circunferencia que hemos trazado (hora 2), en ese momento marcamos la sombra. Tendríamos así dos líneas que se cortan en un punto, la bisectriz de estas dos líneas es la meridiana local, o sea, la línea N-S geográfica con toda precisión. Fig. 23

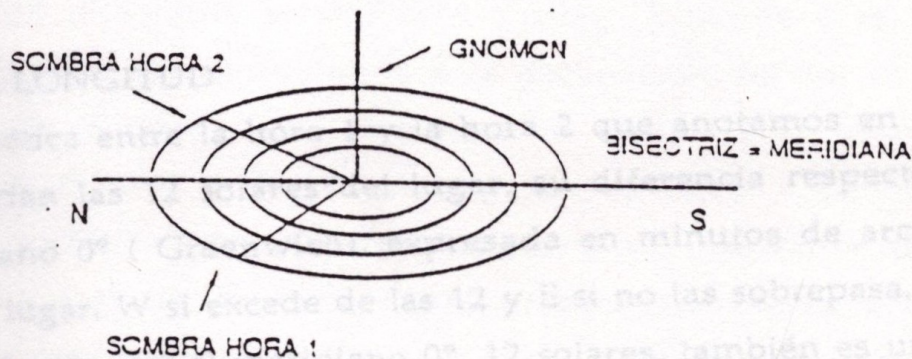


Fig. 23

También puede marcarse la meridiana con la sombra que proyecta el palo justo al mediodía solar o doce solares, que raras veces coincide, como hemos visto, con las doce civiles. El momento en el que éste va a producirse día a día para el año 1993 lo proporciona el Anuario y puede verse en las tablas al final de este trabajo. Para otros años las diferencias son muy pequeñas.

HALLAMOS LA LATITUD

Una vez conocida la meridiana, midiendo la sombra que el palo proyecta al mediodía sobre ella y conociendo la longitud del palo se tendría el ángulo de latitud, si la experiencia se realiza en un equinoccio (20 ó 21 de Marzo; 22 ó 23 de Septiembre), ya que en ellos la declinación del Sol es nula. Fig. 24.

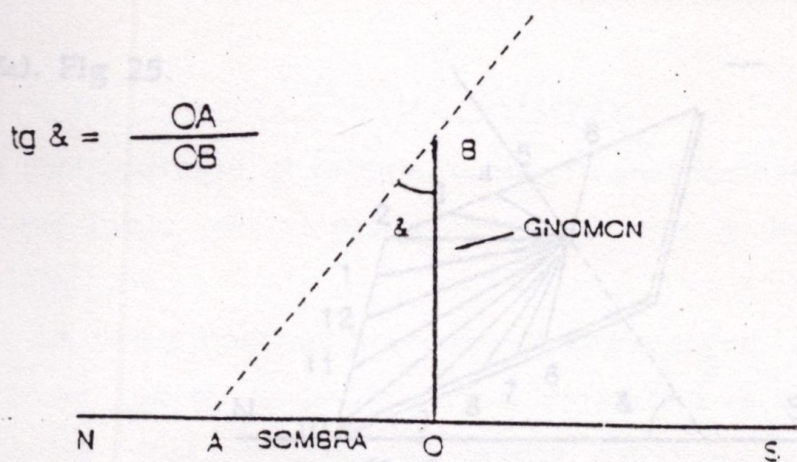


Fig. 24

Si se realiza en otra época del año, habría que tener en cuenta la declinación del Sol. Así, si se realiza en primavera o verano, el Sol tendría declinación positiva, es decir se encuentra por encima del Ecuador Celeste, y tendríamos que sumar el ángulo de declinación correspondiente a esa fecha. Por el contrario, si se realiza en otoño o invierno, la declinación es negativa, el Sol está por debajo del Ecuador Celeste, y habría que restar el ángulo correspondiente. La declinación día a día es un dato que también proporciona el Anuario y puede verse en las tablas del final.

HALLAMOS LA LONGITUD

La media aritmética entre la hora 1 y la hora 2 que anotamos en el trazado de la meridiana, serían las 12 solares del lugar, su diferencia respecto a las 12 solares en el meridiano 0° (Greenwich), expresada en minutos de arco ($\times 15$), sería la longitud del lugar. W si excede de las 12 y E si no las sobrepasa.

El momento del paso por el meridiano 0° , 12 solares, también es un dato que aparece día a día en el Anuario, aunque también puede hacerse la media entre el orto y el ocaso solar, que suele aparecer en los diarios o sumar o restar a las 12 civiles el atraso a adelanto que proporciona la ecuación del tiempo.

RELOJES DE SOL

Un reloj de Sol consta de un estilete (gnomon), que es el que proyecta la sombra, y el plano sobre el que ésta se proyecta (cuadrante). El gnomon debe situarse paralelo a la meridiana del lugar, mientras que la orientación del cuadrante puede variar. Dependiendo de esta variación, distinguiremos varios tipos: ecuatoriales, horizontales, verticales y declinantes, aunque también veremos algunas variantes suyas: de bolsillo, analemáticos, cilíndricos y polares.

RELOJ DE SOL DE CUADRANTE ECUATORIAL

El estilete debe colocarse perpendicular al cuadrante y éste paralelo al Ecuador, por lo que formaría con la horizontal un ángulo igual a la colatitud del



lugar (90 - &). Fig 25.

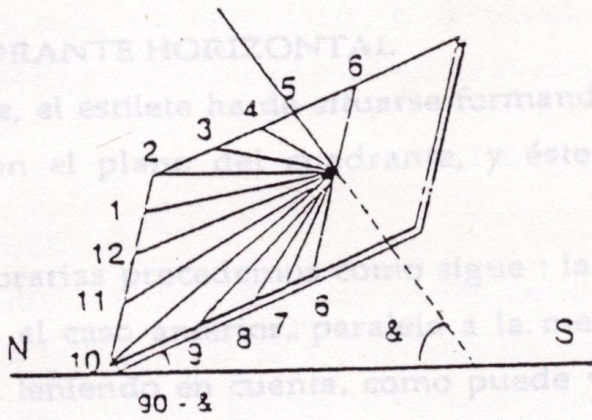


Fig. 25

La Tierra, como sabemos, da una vuelta completa sobre sí misma en 24 horas; luego, en 1 hora girará un ángulo de $15^\circ = 360/24$. Las líneas horarias deberán separarse 15° una de otra, estando la correspondiente a las doce paralela a la meridiana. El cuadrante debe dibujarse por encima y por debajo, debido a que en Primavera y Verano la declinación es positiva y las horas se leerían en la cara superior, mientras que en Otoño e Invierno la lectura se efectuaría en la inferior. Fig 26.

Para dibujar las líneas zodiacales fijémosnos en la Fig. 26. En ella se observa que el radio R de la sombra sería $R = L \cdot \cotang D$, donde L es la longitud del estilete y D el ángulo correspondiente a la declinación del Sol en esa época que podemos tomar de la tabla vista anteriormente. En la Fig. 27 están dibujadas las representantes de Cáncer y de las parejas Taurus-Virgo y Géminis-Leo; las de Aries y Libra serían excesivamente largas y el cuadrante debería ser de proporciones muy grandes. En la cara inferior dibujaríamos las correspondientes a Capricornius y a las parejas Sagittarius-Aquarius y Scorpius-Piscis, que tendrían el mismo radio que sus homónimas de la superior.

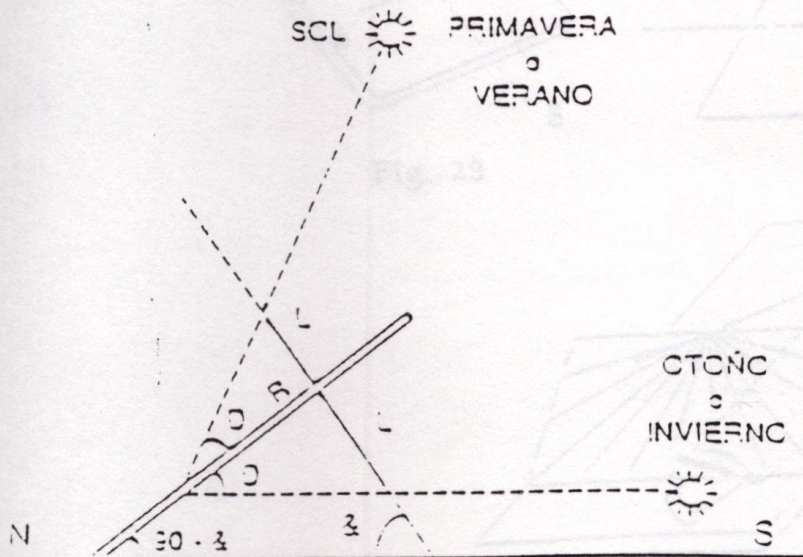


Fig. 26

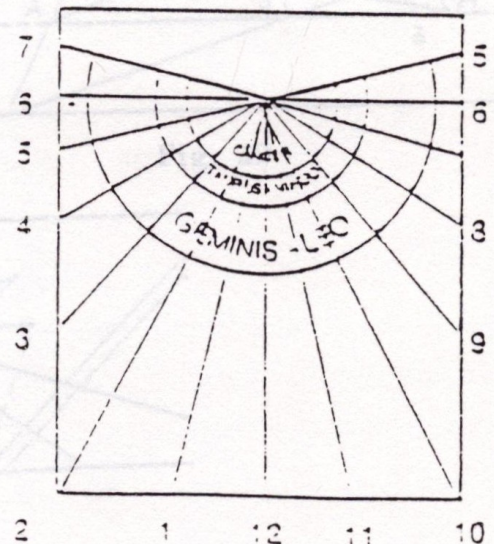


Fig. 27



RELOJ DE SOL DE CUADRANTE HORIZONTAL

En este tipo de cuadrante, el estilete ha de situarse formando un ángulo igual al de la latitud del lugar con el plano del cuadrante, y éste deberá colocarse horizontalmente. Fig. 28.

Para dibujar las líneas horarias procedemos como sigue : la correspondiente a las 12 debe ser, igual que en el caso anterior, paralela a la meridiana, y a partir de ella trazaremos las demás, teniendo en cuenta, como puede verse en la Fig. 29, que cada línea es la proyección sobre el plano horizontal de su homónima del cuadrante anterior y, por tanto,

$$\operatorname{tg.} \beta = \frac{AB}{CA} ; \quad \operatorname{tg.} \Omega = \frac{AB}{CA} \quad \Leftrightarrow \quad AB = CA \operatorname{tg.} \Omega \quad \text{luego} \quad \operatorname{tg.} \beta = \frac{CA \operatorname{tg.} \Omega}{CA}$$

y como $\frac{CA}{CA} = \operatorname{Sen} \&$ se tendría que $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \Omega \cdot \operatorname{Sen} \&$

De esta forma podemos ir calculando los ángulos de separación entre líneas sin más que sustituir $\&$ por la latitud del lugar e ir variando Ω de 15 en 15 grados, comenzando en el valor 0° y terminando en 90° . Obviamente, por simetría, obtendríamos las líneas antes y después del mediodía.

Otra forma de proceder es ésta, el estilete se sitúa sobre un triángulo rectángulo de tablé, cuya hipotenusa descansa sobre la línea de las 12; apoyando ahora un cuadrante ecuatorial sobre el cateto libre, marcaremos las líneas horarias como indica la Fig. 30.

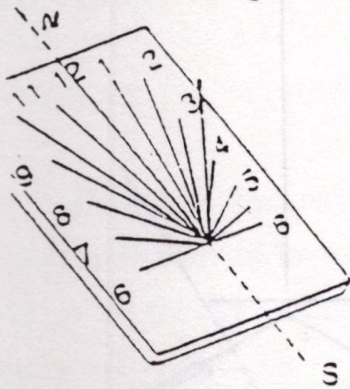


Fig. 28

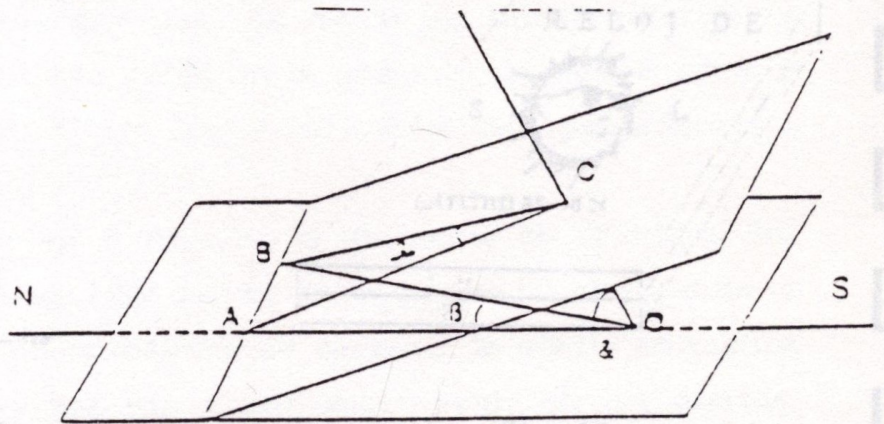


Fig. 29

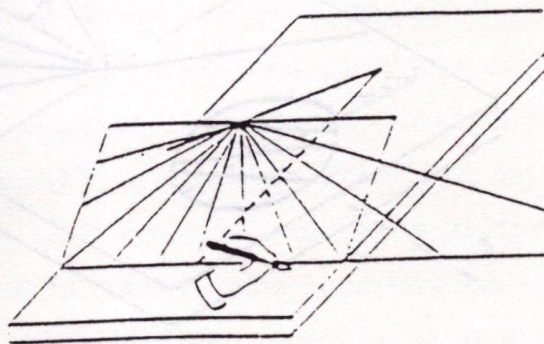
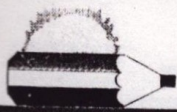


Fig. 30



Las líneas zodiacales son, en este caso, hipérbolas, cuyo trazado ha de realizarse punto a punto. Dada su complejidad, hemos preferido no incluirlas en el proceso.

RELOJ SOLAR DE BOLSILLO

Es una variante del reloj anterior, con dos piezas de madera o corcho unidas por una bisagra como indica la Fig. 31 y 32 y provistas de un cierre.

En una de ellas haremos un vaciado, para colocar la brújula, un hilo une las dos piezas, la inclinación del hilo con la pieza horizontal debe coincidir con la latitud, por lo que podría hacerse variable para los viajes.

Las líneas horarias se trazan igual que en el cuadrante horizontal que ya se ha descrito, o sea, con la fórmula $\text{tg } \beta = \text{tg } \Omega \cdot \text{sen } \alpha$, siendo α la latitud y variando Ω de 15° en 15° .

Para conocer la hora deberemos hacer que la línea correspondiente a las doce esté en prolongación con la aguja de la brújula, aunque ésta realmente señala el Norte magnético que no coincide exactamente con el Norte geográfico.

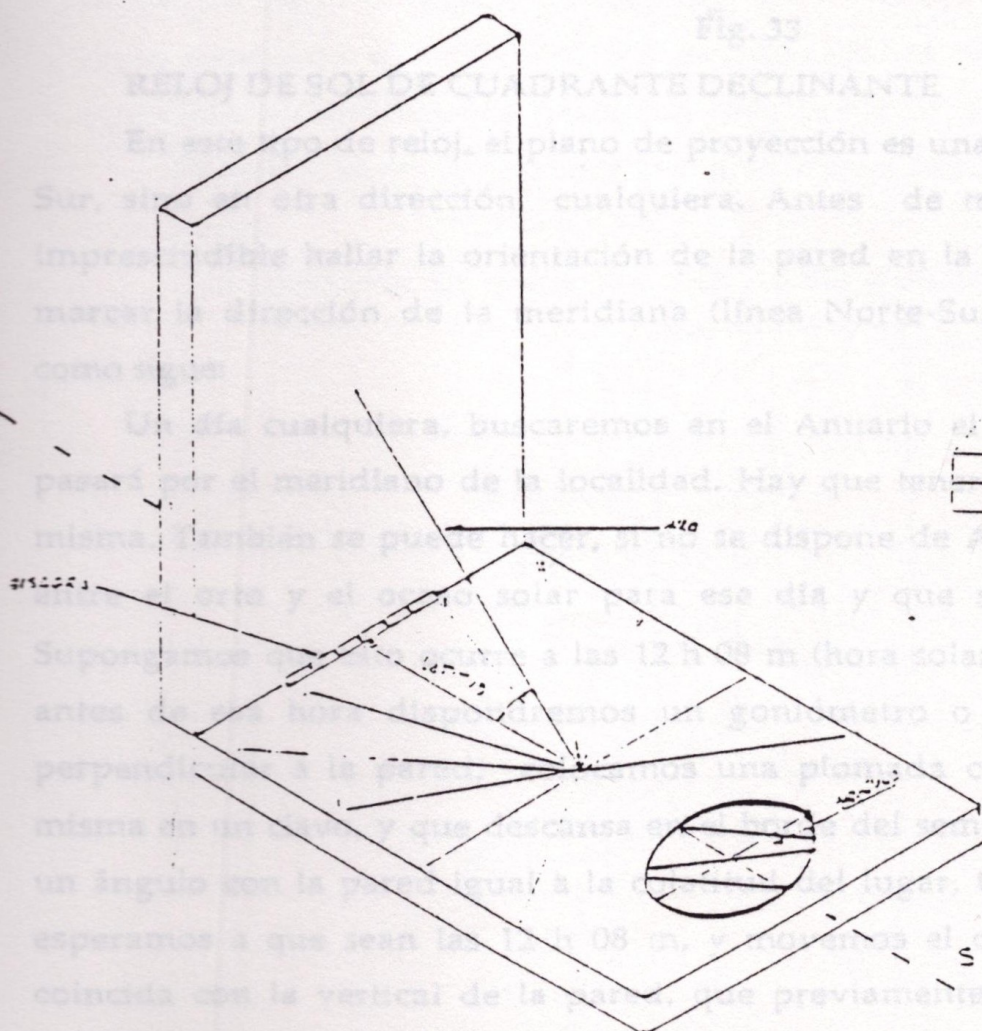


Fig. 31

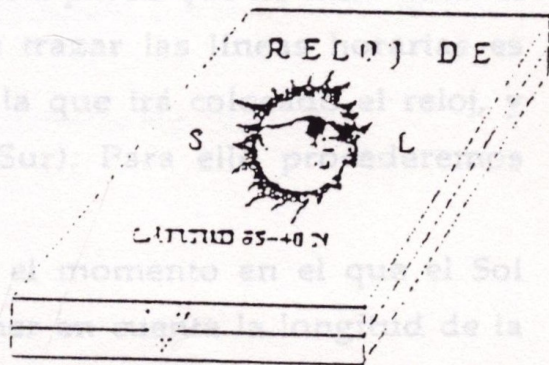


Fig. 32



RELOJ DE SOL DE CUADRANTE VERTICAL

Siguiendo un razonamiento similar al de los casos anteriores, es obvio que en este tipo de cuadrantes el gnomon deberá formar un ángulo igual a la colatitud del lugar ($90^\circ - \phi$), y que los ángulo que determinan las líneas horarias con las 12 vendrían dados por la expresión $\text{tg } \beta = \text{tg } \Omega \cdot \cos \phi$. Variando Ω de 15° en 15° entre 0° y 90° , y debe situarse orientado como indica la Fig. 33.

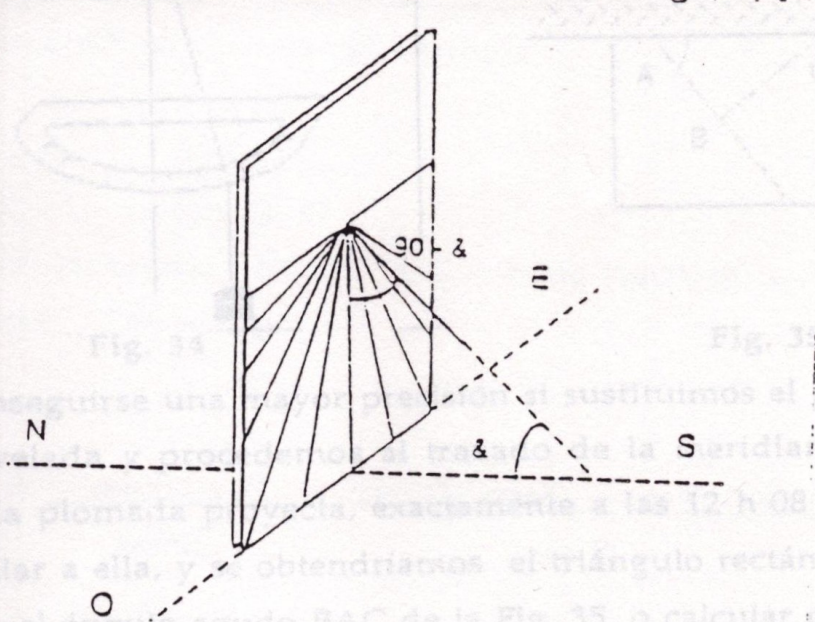


Fig. 33

RELOJ DE SOL DE CUADRANTE DECLINANTE

En este tipo de reloj, el plano de proyección es una pared que no mira hacia el Sur, sino en otra dirección cualquiera. Antes de trazar las líneas horarias es imprescindible hallar la orientación de la pared en la que irá colocado el reloj, y marcar la dirección de la meridiana (línea Norte-Sur). Para ello procederemos como sigue:

Un día cualquiera, buscaremos en el Anuario el momento en el que el Sol pasará por el meridiano de la localidad. Hay que tener en cuenta la longitud de la misma. También se puede hacer, si no se dispone de Anuario, la media aritmética entre el orto y el ocaso solar para ese día y que suele venir en los diarios. Supongamos que esto ocurre a las 12 h 08 m (hora solar). Pues bien, unos minutos antes de esa hora dispondremos un goniómetro o transportador de ángulos perpendicular a la pared; colocamos una plomada con un cordelito sujeto a la misma en un clavo, y que descansa en el borde del semicírculo graduado formando un ángulo con la pared igual a la colatitud del lugar, tal y como indica la Fig. 34: esperamos a que sean las 12 h 08 m, y movemos el cordel hasta que su sombra coincida con la vertical de la pared, que previamente habremos marcado con la ayuda de la plomada. La posición del cordel en el goniómetro nos daría el valor, en grados, del ángulo que forma la pared con la meridiana, medido éste desde el Sur hacia el Oeste, es lo que se denomina el azimut de la pared, y que dependiendo



de la orientación de la misma puede ser superior a 90° . Además, la posición en la que se encuentra el hilo en ese momento es donde debemos colocar el gnomon o estilete.

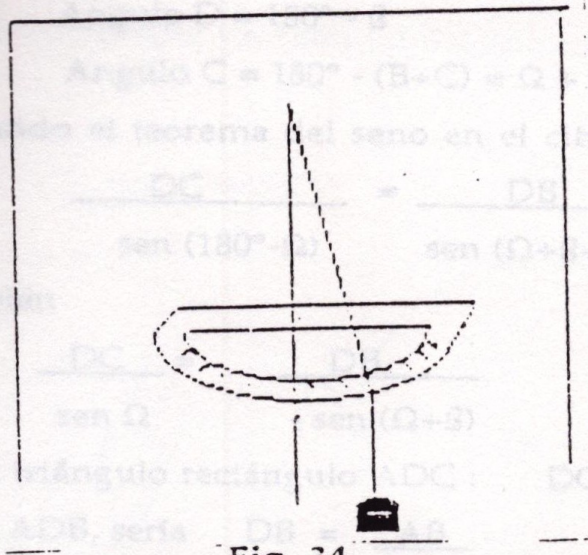


Fig. 34

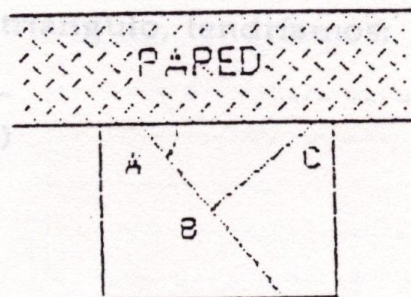


Fig. 35

Puede conseguirse una mayor precisión si sustituimos el goniómetro por una tablilla bien nivelada y procedemos al trazado de la meridiana en ella mediante la sombra que la plomada proyecta, exactamente a las 12 h 08 m. Luego trazamos una perpendicular a ella, y se obtendríamos el triángulo rectángulo ABC en el que se podría medir el ángulo agudo BAC de la Fig. 35, o calcular con la ayuda de una regla graduada el valor de una de sus razones (seno, coseno o tangente). Una calculadora científica nos daría con toda precisión el ángulo.

Pasemos ahora a exponer cómo se trazan las líneas horarias en este tipo de cuadrantes.

Consideremos los triángulos ADC, ABD y BDC de la Fig. 36

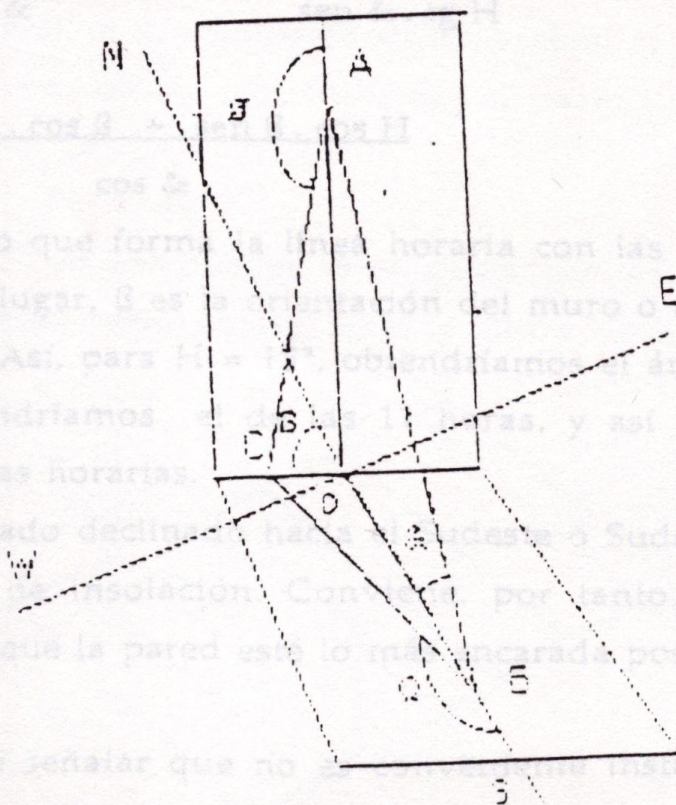
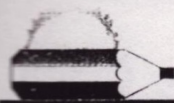


Fig. 36



En el triángulo BDC se tendría:

$$\text{Angulo B} = 180^\circ - \Omega$$

$$\text{Angulo D} = 180^\circ - \beta$$

$$\text{Angulo C} = 180^\circ - (\text{B} + \text{C}) = \Omega + \beta - 180^\circ$$

Utilizando el teorema del seno en el citado triángulo, tendríamos:

$$\frac{DC}{\text{sen}(180^\circ - \Omega)} = \frac{DB}{\text{sen}(\Omega + \beta - 180^\circ)}$$

o también

$$\frac{DC}{\text{sen } \Omega} = \frac{DB}{-\text{sen}(\Omega + \beta)}$$

Y en el triángulo rectángulo ADC: $DC = BC \cdot \text{tg}(180^\circ - \emptyset) = -BC \cdot \text{tg } \emptyset$

y en el ADB, sería $DB = \frac{AB}{\text{tg } \&}$

de donde

$$\frac{DC}{DB} = \frac{-1}{\text{tg } \beta \cdot \text{tg } \emptyset} = \frac{\text{sen}(\Omega + \beta)}{\text{sen } \Omega} = \frac{\text{sen } \Omega \cdot \cos \beta + \cos \Omega \cdot \text{sen } \beta}{\text{sen } \Omega}$$

o sea

$$\cotg \emptyset = \text{tg } \& \cdot \left(\cos \beta + \frac{\text{sen } \beta}{\text{tg } \Omega} \right)$$

sustituyendo $\text{tg } \Omega$ por su valor en función de la latitud, $\&$ y del ángulo horario H, que era $\text{tg } \Omega = \text{sen } \& \cdot \text{tg } H$, la relación anterior quedaría de la forma:

$$\cotg \emptyset = \frac{\text{sen } \&}{\cos \&} \cdot \left(\cos \beta + \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \& \cdot \text{tg } H} \right)$$

o lo que es lo mismo

$$\cotg \emptyset = \frac{\text{sen } \& \cdot \cos \beta + \text{sen } \beta \cdot \cos H}{\cos \&}$$

donde \emptyset es el ángulo que forma la línea horaria con las 12 (vertical de la pared), $\&$ es la latitud del lugar, β es la orientación del muro o azimut y H ha de ir variando de 15 en 15°. Así, para $H = 15^\circ$, obtendríamos el ángulo \emptyset de las 13 horas; para $H = -15^\circ$, tendríamos el de las 11 horas, y así sucesivamente se obtendrían las demás líneas horarias.

Si el reloj está demasiado declinado hacia el Sudeste o Sudoeste, únicamente servirá para pocas horas de insolación. Conviene, por tanto, para un mayor aprovechamiento del reloj, que la pared esté lo más encarada posible al Mediodía, o sea al Sur.

Finalmente, hemos de señalar que no es conveniente instalar relojes sobre paredes con azimut inferior a 55° , ya que su aprovechamiento sería escaso.



RELOJ DE SOL CILINDRICO

Con una cartulina, una pajita de absorber refrescos y una base triangular puede construirse un reloj de Sol cilíndrico, tal y como se indica en las Fig. 37 y 38.

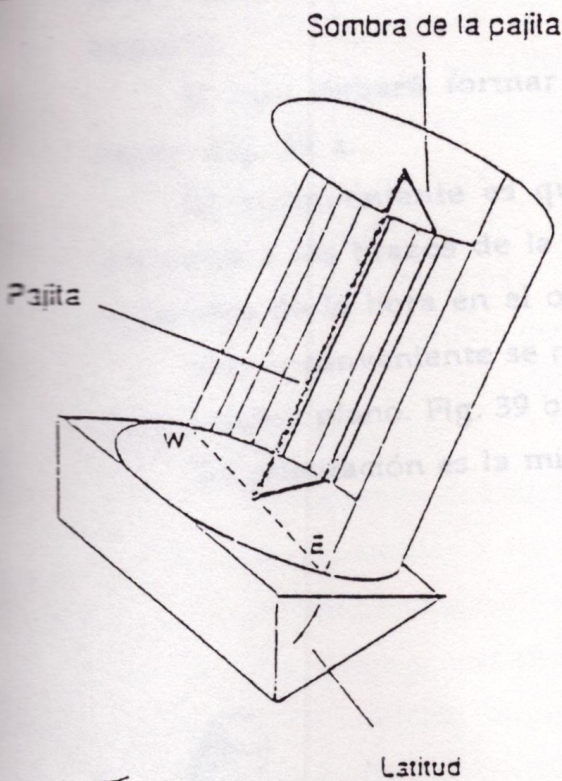


Fig. 37

RELOJ DE SOL POLAR

En este tipo de reloj, el cuadrante se sitúa paralelo al eje polar y el gnomon, es una tabla que se debe colocar perpendicular al mismo y sobre la mitad de él. Fig. 39.

$$d = h \cdot \text{tg } \Omega$$

Variando Ω de 15° en 15° pueden ir obteniéndose las distancias d a las que deben situarse las marcas horarias, siendo h la altura de la tablilla.

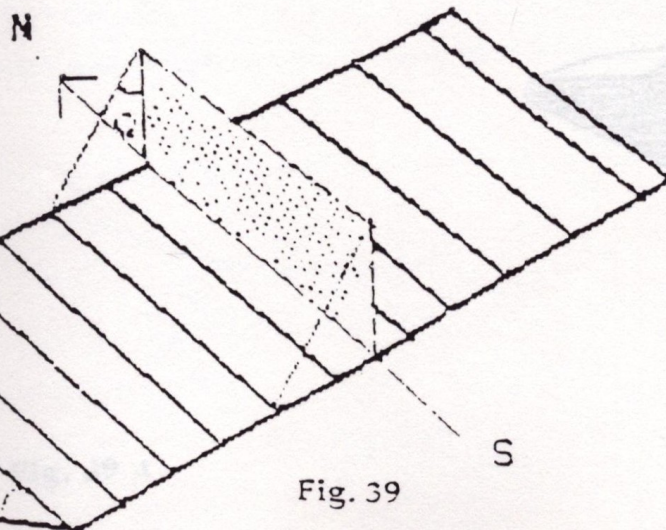


Fig. 39



RELOJ DE SOL ECUATORIAL DE DOBLE DECLINACION

Es una variante del reloj cilíndrico visto anteriormente. Consiste en tres piezas A, B, C. Las piezas A y B son semicirculares y sobre la más ancha, la A irían representadas las horas, dividiéndola en 12 partes iguales. La pieza C es el soporte.

El hilo deberá formar con la horizontal un ángulo igual a la latitud del lugar. Fig. 39 a.

El inconveniente es que al llegar los equinoccios, los rayos solares serían paralelos a los brazos de la pieza A y por tanto, la sombra de uno de ellos impide la lectura de la hora en el otro.

Este inconveniente se resuelve dividiendo la pieza A en dos partes que no estén en el mismo plano. Fig. 39 b.

Su orientación es la misma que en reloj cilíndrico.

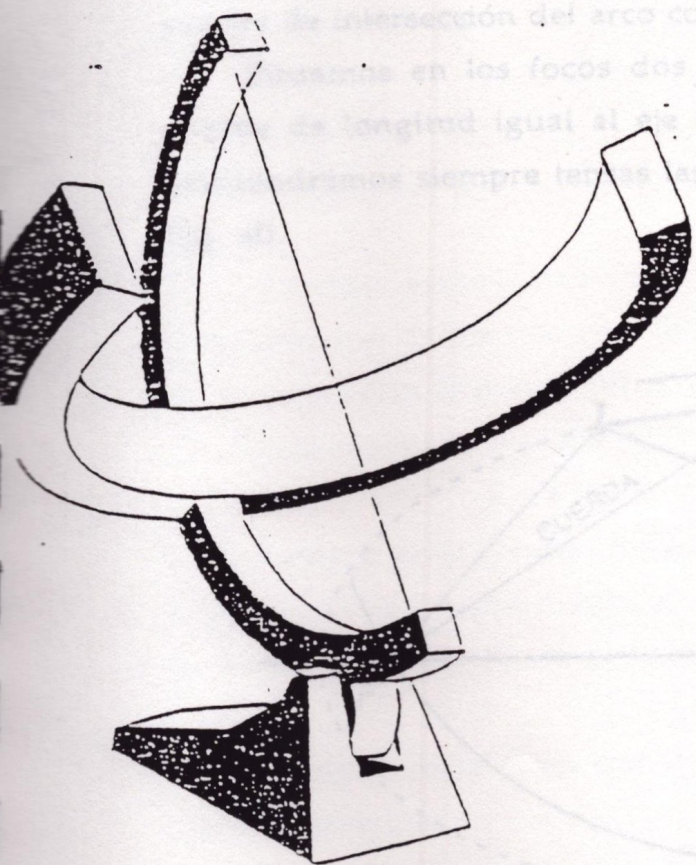


Fig. 39 a

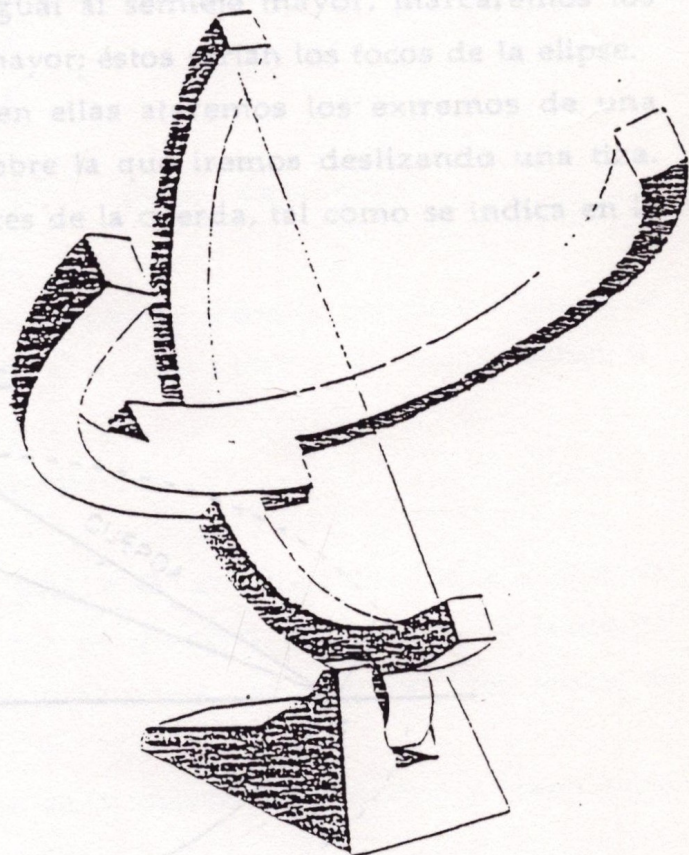
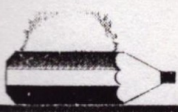


Fig. 39 b



RELOJ ANALEMATICO

Analema era el nombre dado por los romanos a unos relojes de Sol que, por la longitud de la sombra que proyectaba un estilete al mediodía, indicaban los meses y signos del zodiaco, pero no las horas. También se construían combinados con los verdaderos relojes de sol, de modo que la sombra del estilete indicase las horas, y en longitud el día del año.

En este tipo de relojes es el propio observador el que se constituye en gnomon, situándose en el lugar conveniente y de forma que su sombra marque la hora solar.

Para construirlo, trazaremos en el suelo horizontal una elipse con las siguientes proporciones:

$$\text{semieje menor} = \text{semieje mayor} \times \text{sen } \delta$$

Para trazar la elipse sobre la que irán situados los dígitos horarios procederemos así:

Tomaremos dos ejes perpendiculares, uno en la dirección de la meridiana y el otro perpendicular a él, con las dimensiones adecuadas, de forma que el eje mayor y el eje menor tengan las proporciones indicadas anteriormente. Sobre el extremo P del eje menor y tomando una abertura igual al semieje mayor, marcaremos los puntos de intersección del arco con el eje mayor; éstos serían los focos de la elipse.

Situamos en los focos dos estacas; en ellas ataremos los extremos de una cuerda de longitud igual al eje mayor, sobre la que iremos deslizando una tiza. Mantendremos siempre tensas las dos partes de la cuerda, tal como se indica en la Fig. 40

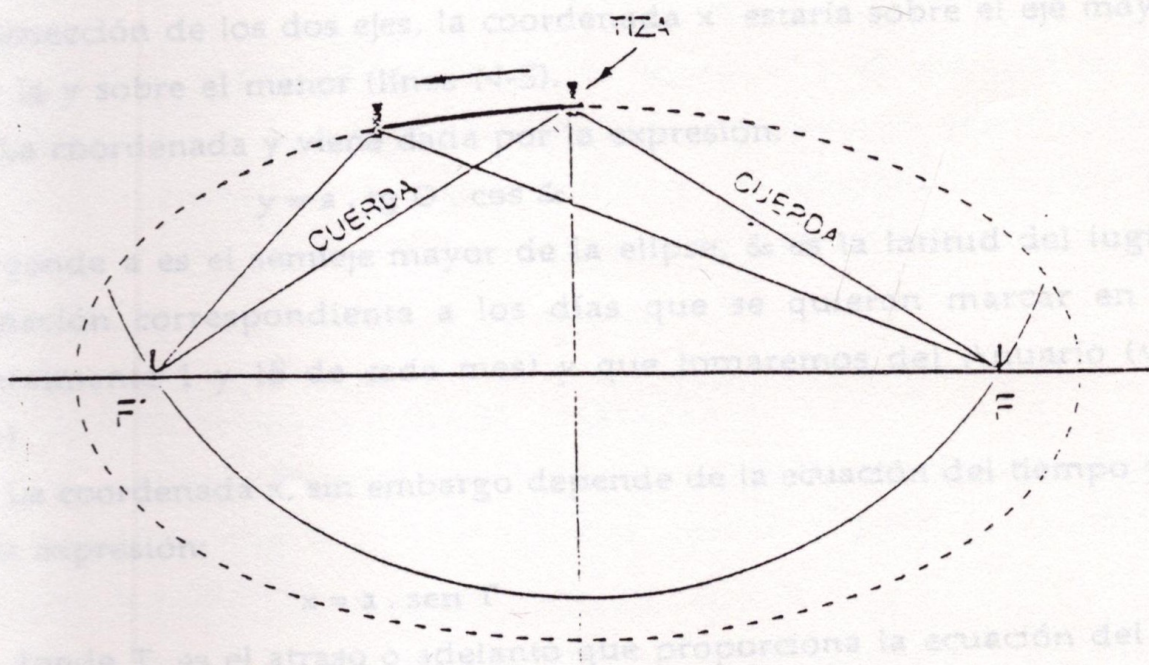
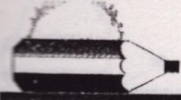


Fig. 40



En su mitad superior marcaremos las líneas horarias haciendo coincidir la de las doce con la meridiana, que previamente habremos trazado en ese lugar. Las demás formarían con ella ángulos que vendrían dados por la expresión:

$$\cotg \beta = \cotg \Omega \cdot \text{sen } \delta$$

β es el ángulo que forma la línea horaria con las 12, Ω varía de 15° en 15° y δ es la latitud de la localidad.

El reloj se orientará según indica la Fig. 41.

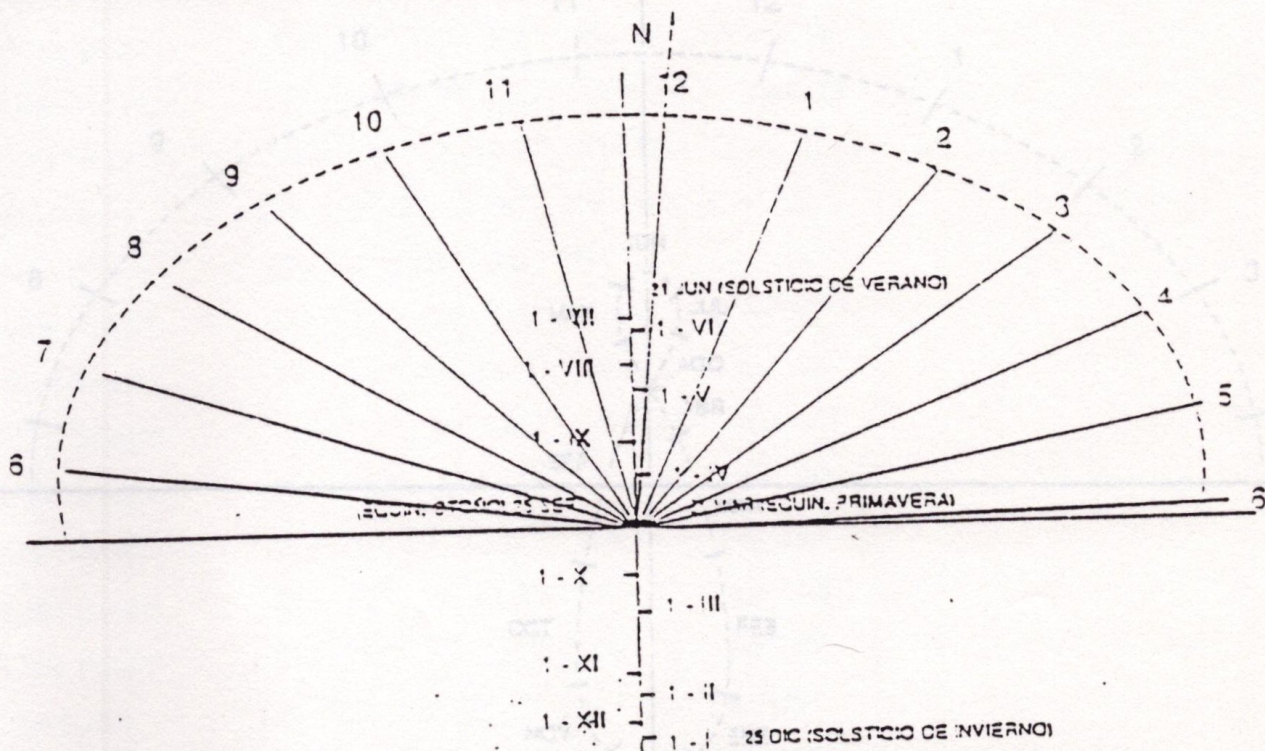


Fig. 41

A continuación marcaremos el analema. Tomando como origen de coordenadas la intersección de los dos ejes, la coordenada x estaría sobre el eje mayor (línea E-W), y la y sobre el menor (línea N-S).

La coordenada y viene dada por la expresión:

$$y = a \cdot \text{tg } D \cdot \cos \delta$$

donde a es el semieje mayor de la elipse, δ es la latitud del lugar y D es la declinación correspondiente a los días que se quieran marcar en el analema (generalmente 1 y 15 de cada mes) y que tomaremos del Anuario (ver tablas al final)

La coordenada x , sin embargo depende de la ecuación del tiempo y viene dada por la expresión:

$$x = a \cdot \text{sen } T$$

donde T , es el atraso o adelanto que proporciona la ecuación del tiempo para ese día expresado en minutos de arco, como ya sabemos 1 minuto de tiempo es igual a 15 minutos de arco. Este dato también puede obtenerse del Anuario (ver tablas al final).



Marcando estos puntos se tendría una figura en forma de ocho tal y como se puede ver en la Fig. 42.

Se pueden tomar dos o tres días para cada mes a la hora de hallar la ecuación del tiempo y la declinación, dependiendo de las dimensiones de la elipse horaria. Aunque si ésta es de elevadas proporciones, el observador tendría que alzar el brazo o elevar un paraguas para que su sombra se proyecte en la citada elipse horaria.

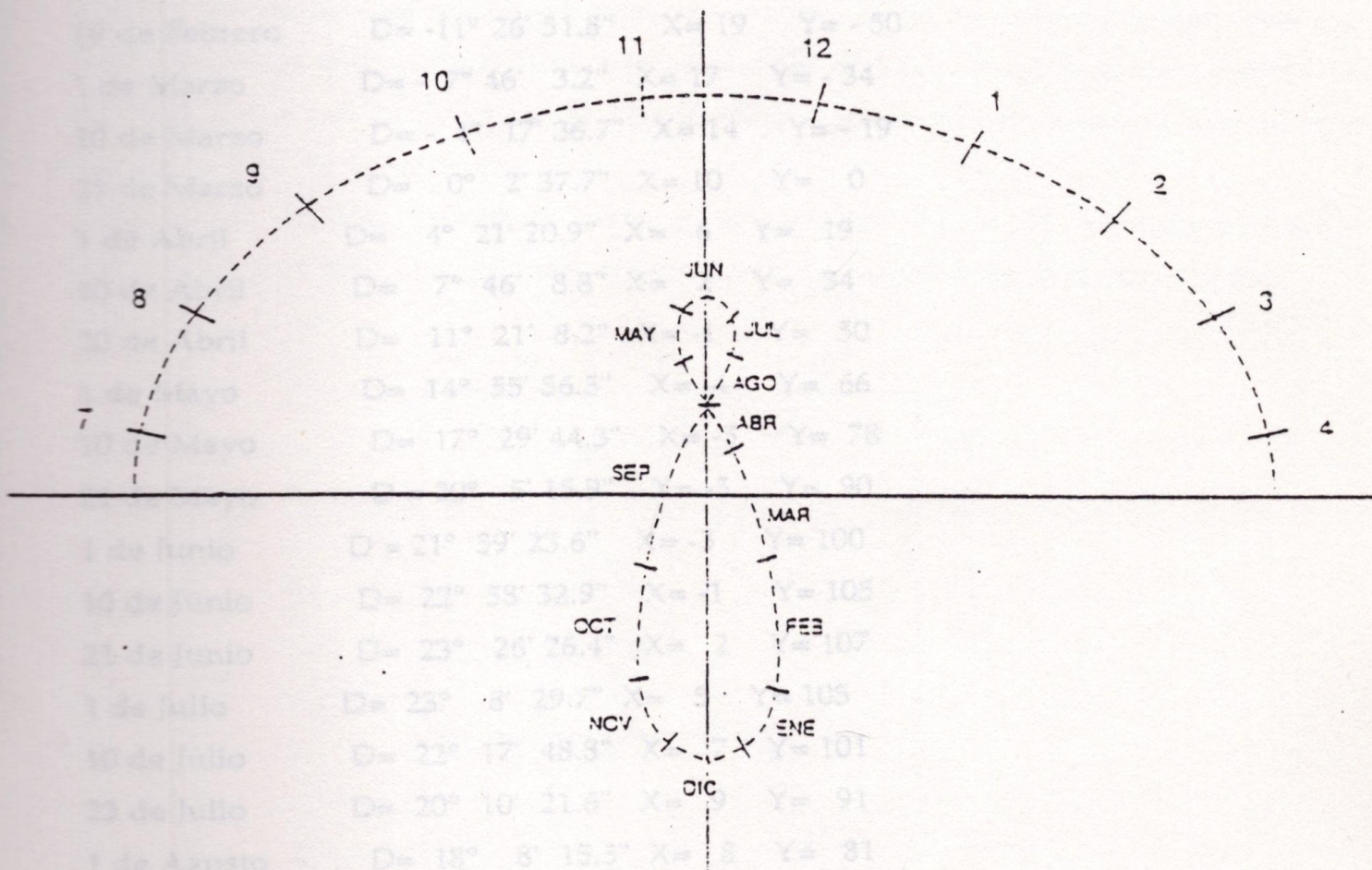


Fig. 42

NOTA IMPORTANTE: En las figuras 41 y 42 aparecen las líneas horarias desplazadas a la derecha de la meridiana que, como ya veremos, correspondería a un reloj analemático ubicado en un lugar de longitud Este. Para la longitud de Cáceres (6° W) las líneas horarias estarían desplazadas 6° a la izquierda de la Meridiana.

COORDENADAS PARA EL ANALEMA

A continuación exponemos, ya calculadas, las coordenadas de algunos puntos del analema, que han sido halladas para $a = 3.178$ m. y para la latitud de Cáceres $\phi = 39.5^\circ$ N.



ANALEMA

Coordenadas x sobre el eje mayor e y sobre el menor en centímetros.

1 de Enero	D= -23° 02' 32.3"	X= 4	Y= -105
10 de Enero	D= -22° 01' 41.1"	X= 10	Y= -100
21 de Enero	D= -20° 0' 30"	X= 15	Y= -91
1 de Febrero	D= -17° 14' 4.7"	X= 19	Y= -77
10 de Febrero	D= -14° 30' 16.4"	X= 20	Y= -64
19 de Febrero	D= -11° 26' 51.8"	X= 19	Y= -50
1 de Marzo	D= - 7° 46' 3.2"	X= 17	Y= -34
10 de Marzo	D= - 4° 17' 36.7"	X= 14	Y= -19
21 de Marzo	D= 0° 2' 37.7"	X= 10	Y= 0
1 de Abril	D= 4° 21' 20.9"	X= 6	Y= 19
10 de Abril	D= 7° 46' 8.8"	X= 2	Y= 34
20 de Abril	D= 11° 21' 8.2"	X= -1	Y= 50
1 de Mayo	D= 14° 55' 56.5"	X= -4	Y= 66
10 de Mayo	D= 17° 29' 44.3"	X= -5	Y= 78
21 de Mayo	D= 20° 5' 15.9"	X= -5	Y= 90
1 de Junio	D= 21° 59' 23.6"	X= -3	Y= 100
10 de Junio	D= 22° 58' 32.9"	X= -1	Y= 105
21 de Junio	D= 23° 26' 26.4"	X= 2	Y= 107
1 de Julio	D= 23° 8' 29.7"	X= 5	Y= 105
10 de Julio	D= 22° 17' 48.8"	X= 7	Y= 101
23 de Julio	D= 20° 10' 21.6"	X= 9	Y= 91
1 de Agosto	D= 18° 8' 15.5"	X= 8	Y= 81
10 de Agosto	D= 15° 42' 16.7"	X= 7	Y= 69
23 de Agosto	D= 11° 36' 18.6"	X= 4	Y= 51
1 de Setiembre	D= 8° 27' 11.4"	X= 0	Y= 37
10 de Setiembre	D= 5° 7' 11.4"	X= -4	Y= 22
23 de Setiembre	D= 0° 6' 44.3"	X= -10	Y= 0
1 de Octubre	D= -3° 0' 5.1"	X= -13	Y= -13
10 de Octubre	D= -6° 27' 38.3"	X= -18	Y= -28
23 de Octubre	D= -11° 14' 8.4"	X= -21	Y= -49
1 de Noviembre	D= -14° 16' 32.8"	X= -23	Y= -63
10 de Noviembre	D= -17° 0' 24.6"	X= -22	Y= -75
22 de Noviembre	D= - 20° 1' 42.2"	X= -19	Y= -90
1 de Diciembre	D= -21° 43' 39.5"	X= -15	Y= -98
10 de Diciembre	D= -22° 52' 7.3"	X= -10	Y= -104
22 de Diciembre	D= -23° 26' 29.5"	X= -2	Y= -107



CORRECCIONES PARA TODOS LOS RELOJES SOLARES

Ya se ha dicho que los relojes de Sol no marcan la hora oficial, sino la hora solar verdadera. Como consecuencia de la excentricidad de la órbita terrestre, ambas no coinciden y, para evitar esto, los astrónomos "crearon" el "sol medio". A la diferencia entre ambos $H = H_V - H_{TM}$ se le denomina ecuación del tiempo, y que a lo largo del tiempo es una función periódica cuya gráfica ya vimos anteriormente. Tomando un sistema de referencia cartesiano, sobre el eje de ordenadas marcaremos las declinaciones correspondientes a la época del año (D), y sobre el de abscisas la diferencia entre ambos tiempos (H). La gráfica toma entonces la forma que puede verse en la Fig. 43 (analema).

Algunos relojes incluyen esta gráfica para hacer la correspondiente rectificación. Es obvio, que el reloj analemático no necesita de esta corrección.

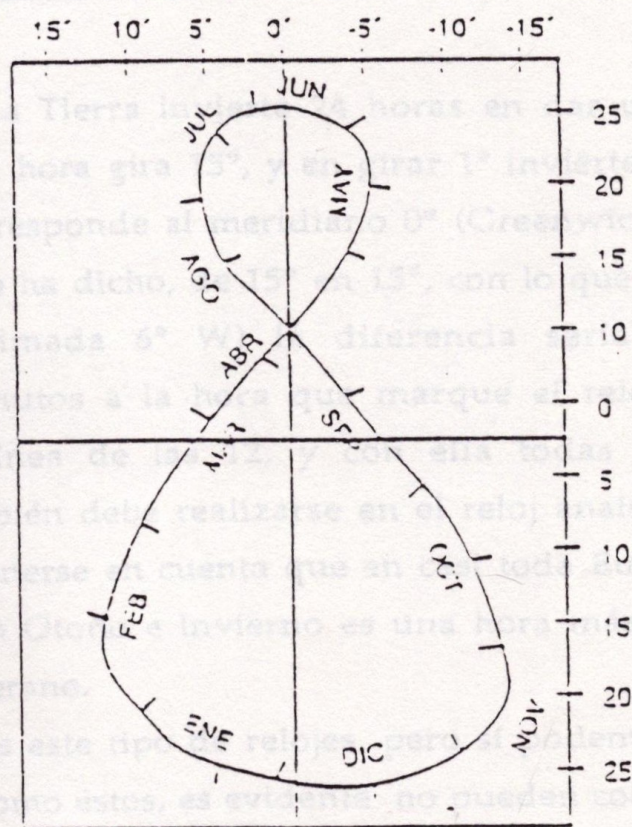


Fig. 43

También puede sustituirse la gráfica anterior por esta tabla que nos proporciona los atrasos o adelantos de la hora solar, y que ha sido elaborada con los datos de Anuario de 1993, cada cinco días, para todos los meses del año, tomando sólo los minutos del paso por el meridiano y redondeando los segundos. Para otros años las diferencias serán muy pequeñas.

Para usar correctamente la tabla se debe proceder así: el día 10 de Marzo, por ejemplo, la tabla indica -10, lo que debe interpretarse como que el reloj de Sol (no el analemático, por supuesto), va adelantado 10 minutos, luego si nuestro reloj



solar marcara las 12 h. 30 m. serían las 12 h. 20 m. realmente.

M e s e s

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	+3	+13	+12	+4	-3	-2	+3	+6	-0	-10	-16	-11
5	+5	+14	+11	+3	-3	-1	+4	+6	-1	-11	-16	-9
10	+7	+14	+10	+1	-4	-1	+5	+5	-3	-13	-16	-7
15	+9	+14	+9	0	-3	0	+6	+4	-4	-14	-15	-5
20	+11	+14	+8	-1	-3	+1	+6	+3	-6	-15	-14	-2
25	+12	+13	+6	-2	-3	+2	+6	+2	-8	-16	-13	0

Pero aún hay más. La Tierra invierte 24 horas en dar una vuelta completa sobre sí misma; luego en 1 hora gira 15° , y en girar 1° invierte 4 minutos. La hora oficial de nuestro país corresponde al meridiano 0° (Greenwich), y se corrigen los husos horarios, como ya se ha dicho, de 15° en 15° , con lo que una localidad como Cáceres (longitud aproximada 6° W) la diferencia sería de 24 minutos y deberíamos sumar 24 minutos a la hora que marque el reloj solar. Aunque es preferible desplazar la línea de las 12, y con ella todas las demás, 6° a la izquierda. Este ajuste también debe realizarse en el reloj analemático.

Y por último, debe tenerse en cuenta que en casi toda Europa - ¿para ahorrar energía?- la hora oficial en Otoño e Invierno es una hora más que la hora solar y dos más en Primavera y Verano.

No son muy precisos este tipo de relojes, pero sí podemos asegurar que son muy decorativos. Relojes como éstos, es evidente no pueden competir con los relojes de cuarzo que todos llevamos - la hora solar no es un buen patrón para regular nuestro ritmo de vida-, pero el contenido lúdico y didáctico de este tipo de relojes es enorme, y justifica dedicarles un espacio amplio en esta publicación.

A continuación transcribimos algunas leyendas recogidas, bien de los mismos relojes, o de libros que tratan de ellos:

"Lux letitia est". "Spero lucem". "A lumine motus". "Sol me, vos umbra regit". "Sol non occidat". "Lux non occidat in oeternum". "Horas non numero nisi serenas". "Vos lumen, me umbra". "Sicut fluctis, tempus transit". "Memento finis". "Vulnerant omnes, ultima necat". "Omne tempus transit". "Homines transeunt, opera manent".