

# El problema de la determinación de la posición sobre la Tierra en los siglos XVI y XVII

J. J. Ruiz-Lorenzo

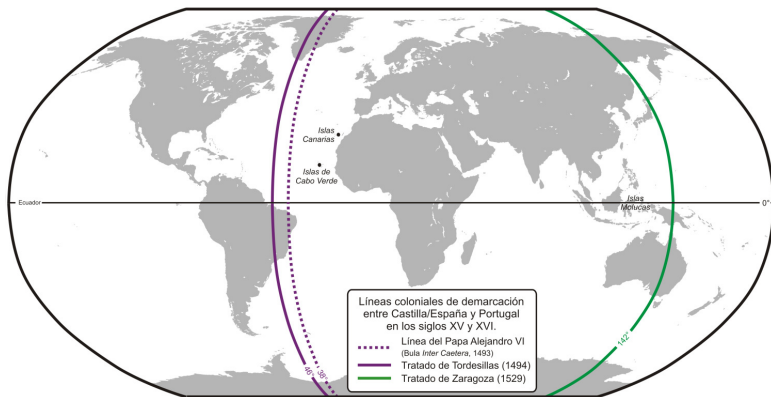
Dep. Física & ICCAEx (Univ. de Extremadura)  
[https://landau.unex.es/~sphinx/juan/juan\\_talks.html](https://landau.unex.es/~sphinx/juan/juan_talks.html)

Centro de Profesores y Recursos  
Badajoz, 25 de Abril de 2024

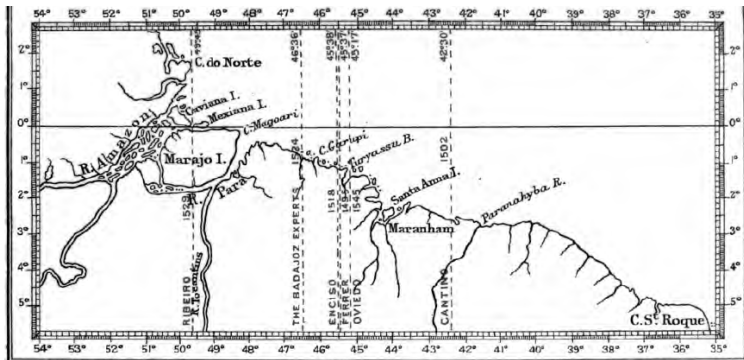
# Esquema de la charla

- De Tordesilla (1494) a Badajoz (1524).
- ¿Qué conocemos del planeta Tierra?
- El cielo.
- Instrumentos y Tablas.
- El problema de la medición de la longitud.
- La solución de finales del siglo XX.

# Tordesillas



# De Tordesillas a Badajoz



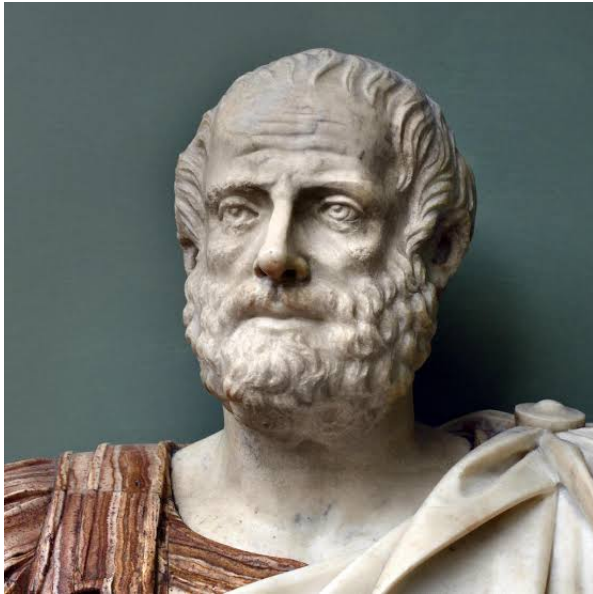
Henry Harrisse, Del.

Mulby & Sons, Lith.

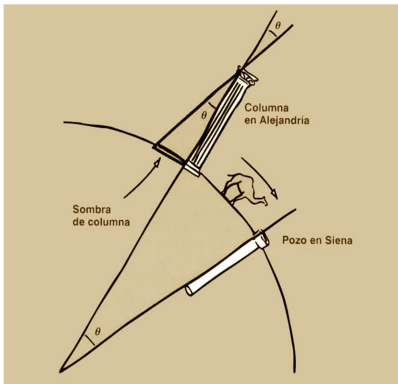
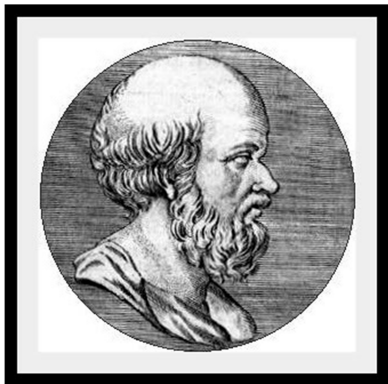
The Line of Demarcation, as fixed by the Treaty of Tordesillas (1494), according to Ferrer (1495), Cantino (1502), Enciso (1518), the Badajoz Experts (1524), Ribeiro (1529), and the Sevillian Cartographers (usque 1550), and Oviedo (1545).  
Transferred on an English Admiralty Chart.

De H. Harrisse, *The Diplomatic History of America*, Ed. Stevens (Londres 1897).

# Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.)



# Eratosthenes (276 a.C.-194 a.C.)



# Hiparco (190 a.C.-120 a.C.)

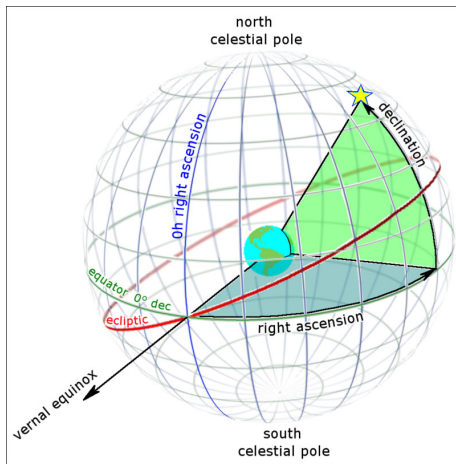


# Ptolomeo (100 d.C.-170 d.C.)

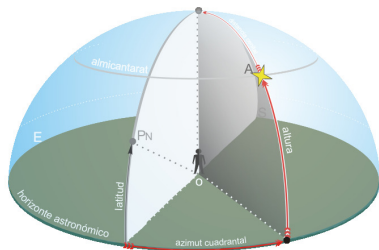
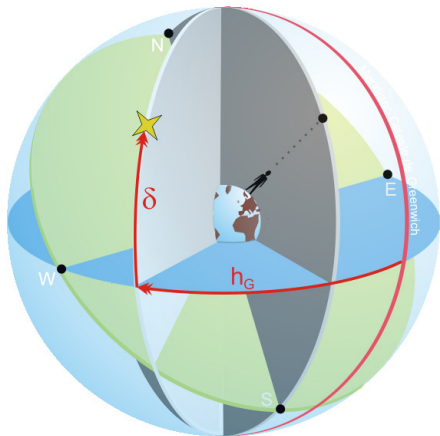




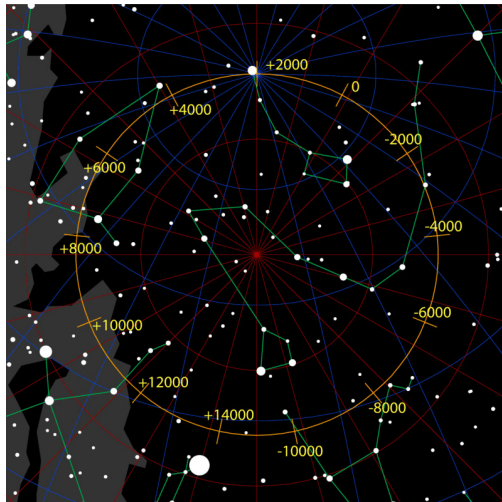
# Coordenadas ecuatoriales y azimutales



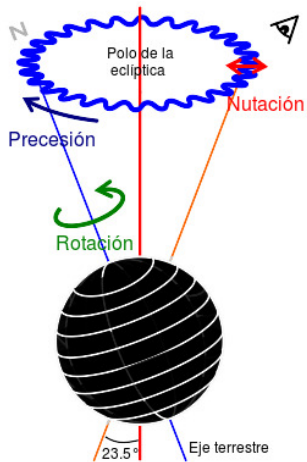
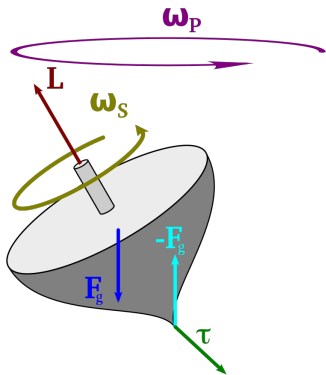
# Coordenadas ecuatoriales y azimutales



# Estrella Polar



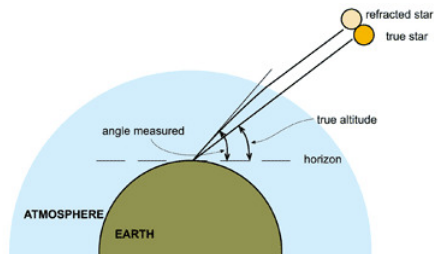
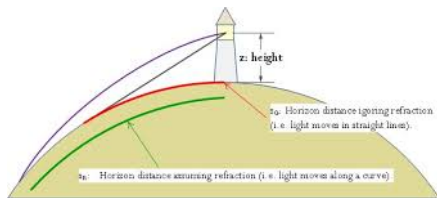
# Estrella Polar



Coordenadas aparentes de la estrella polar ( $\alpha$  Ursae Minoris) corregidas por nutación, precesión y por movimiento propio:

año	$90 - \delta$
0	$11^{\circ}45.5'$
500	$8^{\circ}59.6'$
1000	$6^{\circ}12.5'$
1500	$3^{\circ}25.1'$
2000	$0^{\circ}44.3'$
2100	$0^{\circ}27.5'$

Satélite Hipparcos (J2000):  $\alpha = 2^{\text{h}}31^{\text{m}}49.09^{\text{s}}$ ,  $\delta = +89^{\circ}15'50.8''$ .

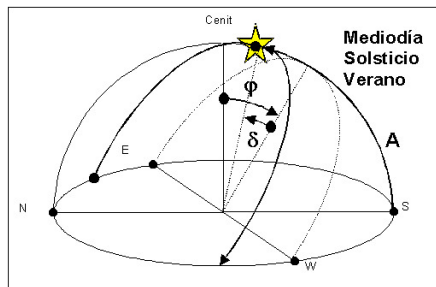
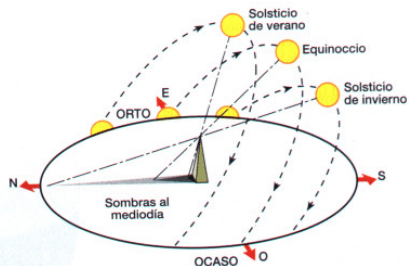


+Paralaje+Semi-Diámetro:

$$a_v = a_{\text{obs}} + \text{Refr} + \text{Dip} + \text{Paralaje} + \text{SD}$$

Posteriormente compararemos  $a_v$  con  $a_e$ .

# Altura del Sol al mediodía



Si  $l = \phi > \delta$ :

$$90 - a = l - \delta$$

Ejemplo. 25/4/2024. Si  $l = 40^\circ \text{ N}$  y  $L = 8^\circ \text{ W}$ , entonces el Sol pasa por el meridiano a las 12:30 UT ( $\delta = 13^\circ 7.6'$ ) con altura  $a = 63^\circ 7.6'$ .

Estrella Polar:  $\delta = 89^\circ 22.0' \simeq 90^\circ$ . Entonces  $l = a$

# Abraham Zacuto (1452-1515)





# Johann Regiomontano (1436-1476)

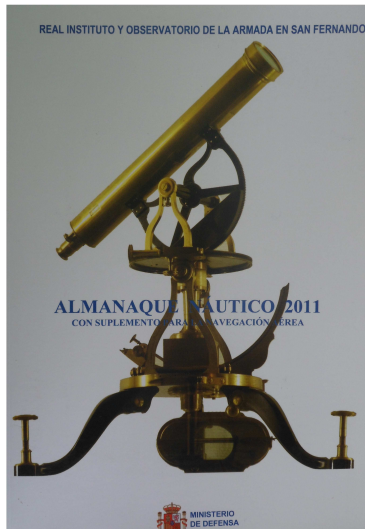
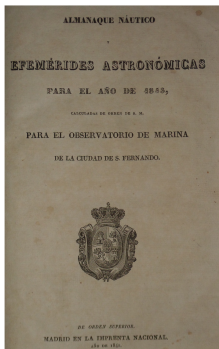


Regiomontanus (Johannes Müller von Königsberg).  
(Geb. 6. Juni 1436, gest. 6. Juli 1476.)

# Tablas de Zacuto y Regiomontano

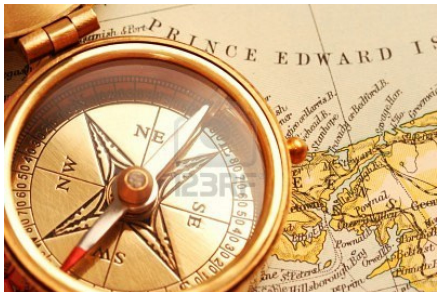
martius													aprilis																																			
Tabula aedictis et duodecim domorum																																																
bices mēsum	lrv. minuta	1					2					3					bices mēsum	lrv. minuta	1					2					3					4					5					6				
		ex	ca	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er			er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er	er					
1	0	0	12	3	26	20	0	7	1	1	53	5	29	25	21	28	1																															
2	0	4	13	4	27	21	1	8	2	1	50	5	30	26	22	29	2																															
3	0	8	15	5	28	22	2	9	3	1	46	6	31	27	23	30	3																															
4	0	11	16	6	29	23	3	10	4	2	42	6	7	2	28	24	30	4																														
5	0	15	17	7	30	24	4	11	5	2	37	8	3	20	25	21	5																															
6	0	19	18	8	31	25	5	12	6	2	32	11	9	3	30	26	2	5																														
7	0	22	17	8	2	26	6	12	7	2	27	14	9	4	21	27	3	6																														
8	0	26	17	9	3	27	7	13	8	2	22	18	10	5	2	28	4	6																														
9	0	30	18	10	4	28	8	14	9	2	22	11	6	3	29	4	7	7																														
10	0	33	19	11	4	29	9	14	10	2	25	12	7	4	30	5	8	8																														
11	0	37	19	12	5	30	9	14	11	2	29	12	8	5	1	6	9	9																														
12	0	41	20	12	6	31	10	10	12	2	33	13	9	6	2	7	9	9																														
13	0	44	21	13	7	2	11	17	13	2	27	14	9	6	3	8	10	10																														
14	0	48	22	14	8	3	12	18	14	2	41	14	10	7	4	9	11	11																														
15	0	51	22	15	9	4	13	18	15	2	44	15	10	7	4	9	11	11																														
16	0	55	23	16	10	5	14	19	16	2	46	15	11	8	5	10	12	12																														
17	0	59	24	17	11	6	15	20	17	2	52	16	12	9	6	10	12	12																														
18	1	2	25	18	12	7	16	21	18	2	57	17	13	10	7	11	13	13																														
19	1	6	26	19	13	8	17	21	19	3	1	17	14	11	8	12	14	14																														
20	1	04	26	19	13	9	17	22	20	3	0	3	18	15	12	9	13	15																														
21	1	03	27	20	14	10	18	23	21	3	7	19	16	13	10	14	15	15																														
22	1	07	28	21	15	11	19	24	22	3	11	20	16	14	11	15	16	16																														
23	1	10	28	22	16	12	20	24	23	3	16	20	17	15	12	16	17	17																														
24	1	14	29	22	17	13	21	25	24	3	20	21	18	16	13	17	18	18																														
25	1	18	30	23	18	14	22	26	25	3	25	22	19	17	14	17	18	19																														
26	1	21	30	24	19	15	23	27	26	3	29	23	20	18	15	18	19	19																														
27	1	25	31	25	20	16	24	27	27	3	34	23	21	19	16	18	20	20																														
28	1	28	2	25	21	17	24	28	28	3	39	24	22	20	17	19	21	21																														
29	1	32	3	26	22	18	25	29	29	3	44	25	23	21	18	20	22	22																														
30	1	36	3	27	23	19	26	29	30	4	49	26	24	22	19	21	23	23																														
31	1	40	4	28	24	20	27	30	30	4	54	27	25	23	20	22	24	24																														

1504	m.		.a.m.		.a.f.		.a.f.		.d.								
Januarius	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o							
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o							
	g	m	g	m	g	m	g	m	g	m							
Lircicifto dñi.	1	20	17	13	40	15	46	8	4c	9	30	26	6	28	4	27	43
	2	21	19	22	48	15	40	8	33	9	8	25	33	28	5	27	39
	3	22	20	11	46	15	35	9	25	8	46	14	59	28	15	27	36
	4	23	21	25	48	15	30	8	18	8	25	24	25	28	31	27	33
	5	24	23	8	49	15	25	8	10	8	5	23	50	28	56	27	30
Epiphāia dñi	6	25	24	21	54	15	20	8	3	7	45	23	15	27	24	27	27
g	7	26	25	4	36	15	15	7	56	7	26	22	41	29	54	27	23
	8	27	27	17	36	15	10	7	49	7	7	22	8	0	43	27	20
	9	28	28	0	5	15	5	7	42	6	49	21	36	1	28	27	17
	10	29	29	12	44	15	0	7	36	6	31	21	5	2	19	27	14
	11	0	30	24	54	14	55	7	29	6	14	20	35	3	16	27	11
	12	1	31	1	40	14	50	7	22	5	58	10	7	4	18	27	7
Octā epipha.	13	2	32	18	24	14	45	7	16	5	42	19	40	5	23	27	4
g	14	3	33	0	13	14	40	7	9	5	27	19	14	6	32	27	1
	15	4	34	12	16	14	36	7	2	5	13	18	50	7	44	26	58
	16	5	35	24	30	14	31	6	56	4	59	18	28	9	0	26	55
Antonij ofe.	17	6	36	6	57	14	27	6	50	4	46	18	9	10	19	26	51
Priscę virg.	18	7	37	19	33	14	23	6	45	4	34	17	52	11	40	26	48
	19	8	38	2	17	14	18	6	39	4	23	17	37	13	5	26	45

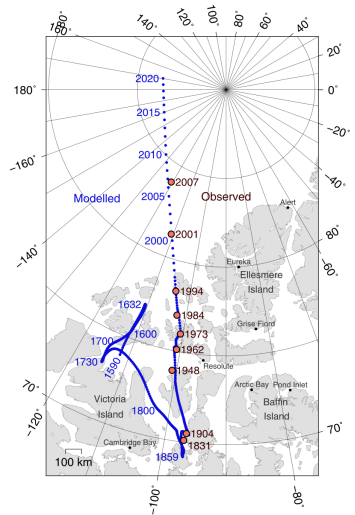
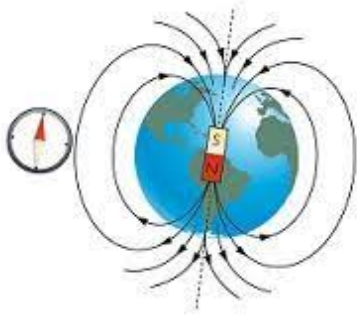




# Brújula



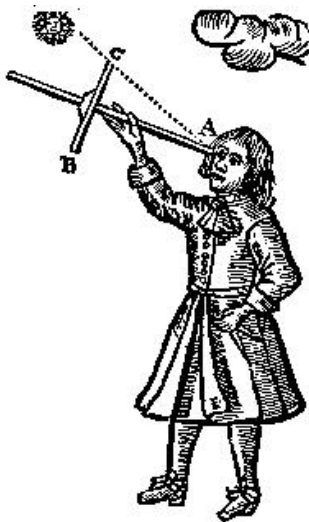
# Magnetismo Terrestre



# Cuadrante

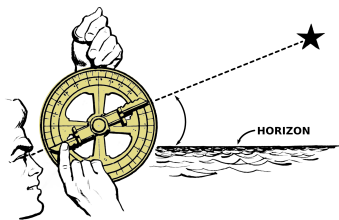


# Ballestilla





# Astrolabio

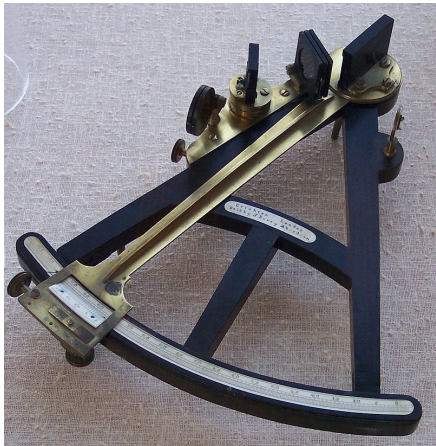


# Ampolleta

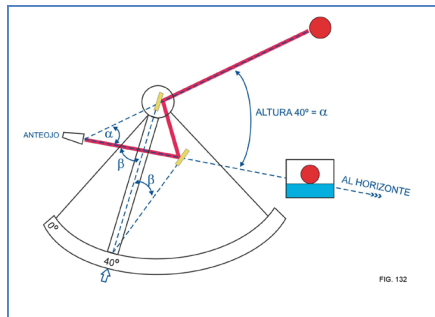
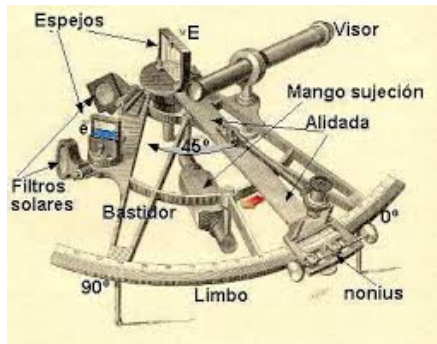




# Octantes (1731) y Sextantes (1759)



# Sextantes



# Motín del Bounty: Viaje de regreso de Bligh

(28/4/1789-18/6/1789)



Viaje: 4000 nmi.

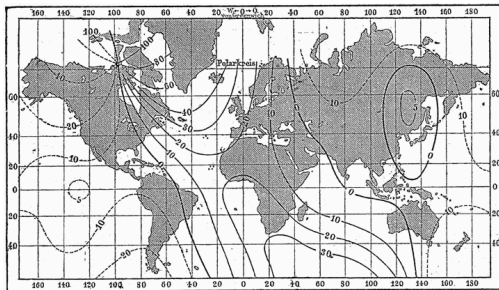
- Felipe II (1567).
- Felipe III (1598) . Pensión vitalicia en ducados (6000+2000+1000).
- Holanda (1600).
- Real Academia de Ciencias de Paris.
- Gran Bretaña (The longitude Act (1714))
  - 1 20000 libras esterlinas (varios millones hoy) si el error  $< 30'$  (2 min).
  - 2 15000 libras si el error  $< 40'$ .
  - 3 10000 libras si el error  $< 60'$ .

- Declinación Magnética.
- Eclipses Lunares.
- Satélites de Júpiter (Galileo).
- Distancias Lunares (Maskelyne).
- Relojes de Harrison.



# Calculo de la longitud mediante medidas magnéticas (Isogonas)

- Martín Cortes (1551) : La variación de la aguja era producida por un polo distinto del geográfico.
- W. Gilbert (1600): *De Magnete*.
- G. Mercator: Uso de la declinación magnética para medir la longitud.
- E. Halley: Primera carta de isogonas.



# Martín Cortes (1510-1582)



Biblioteca Nacional de España

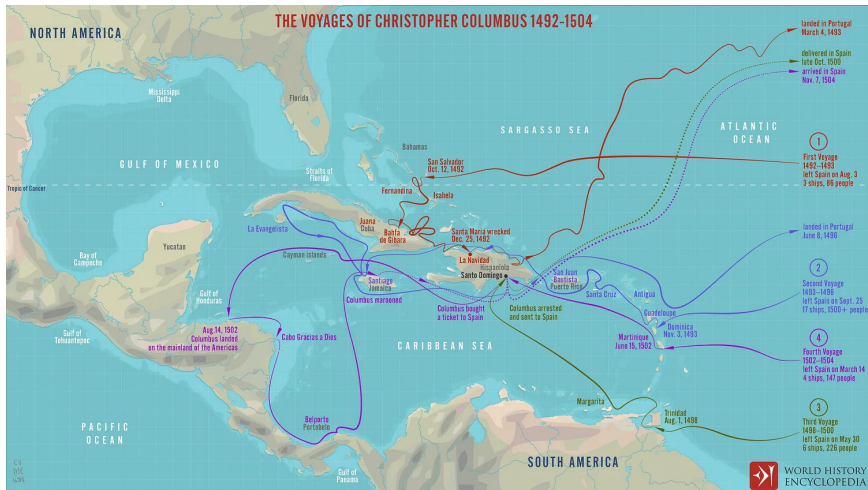
**B**reve compendio de la sphaera y de la arte de nauegar con nuevos instrumentos y reglas, exemplificado con muy sutiles demonstraciones: compuesto por Martín Cortes natural de burxalaz en el reyno de Aragon y de presente vezino de la ciudad de Lladis: dirigido al inuictissimo Monarcha Carlo Quinto Rey de las Westphalias etc. Señor Maestro.



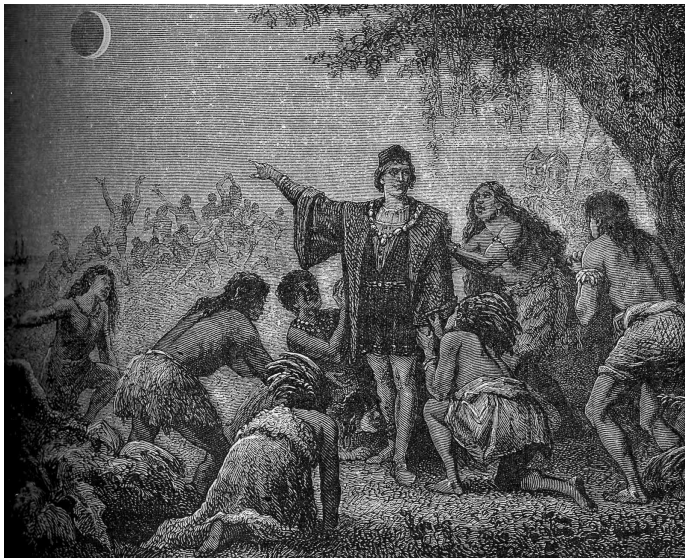
Ad maximam fortissimum inuictissimum  
Carolus Cesarum huius nominis quintum ille pson  
sus de sancta episcopi iustitiae d. f. i. c. o. n. e.

Caesares olim iactabas Roma triumphos  
Definenda maius Carolus impetium.

# Eclipses Lunares



# Eclipses Lunares



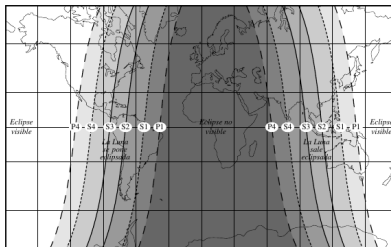
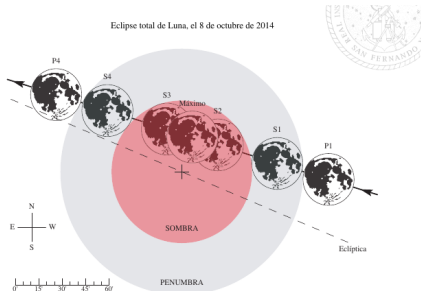
Jamaica: 29 de Febrero 1504.

# Análisis del eclipse lunar 29/2/1504

Regiomontano:

Anno christi domini		1504	Ephemerides	
Bissextilis <sup>1</sup>				
Aureus numerus	4	Quadragesima	25	Februarij
Cyclus solaris	1	Pascha	7	Aprilis
Litterę dominicales	g f	Rogationes	12	Maij
Inditio	7	Ascensio domini	16	Maij
Intervallum	7 hebdo. 6 dies	Pentecoste	26	Maij
Septuagesima	4 Februarij	Aduentus domini	1	Decembris.
Eclipsis lune				
29 13 36				
Februarij				
Dimidia duratio				
1 46				

# Fases de un eclipse lunar



# Análisis del eclipse lunar 29/2/1504

## Datos actuales:

- Salida de la Luna en Jamaica: 23:16 UT.
- S2: 00:17:46 UT (1/Marzo/1504).
- Max: 00:41:53 UT.
- S3: 01:05:21 UT.
- Duración: 47.58 min.

## Regiomontano:

- Max: 13:36 tiempo solar verdadero de Nuremberg.
- Duración: 1:46.
- Paso del Sol por el Meridiano por Nuremberg: 11:26:39 UT.
- → Max: 01:03 UT.

## Errores en las efemérides:

- Error en el Máx.: 20 min. (5° en longitud).
- Error en la Duración: 20 min.

# Calidad de las efemérides y las observaciones (1783)

Fecha: 18/3/1783. Predicción y Observación: La Lande (jardines de Luxemburg. Paris). Paso del Sol por el meridiano: 11:58:55 UT

	PHASES OBSERVÉES par moi.	MILIEU des sept OBSERVAT.	PHASES CALCULÉES.	DIFF.
	H. M. S.	H. M. S.	H. M. S.	M. S.
Comm. de l'Éclipsé.	7. 41. 48	7. 41. 43	7. 40. 8	1. 35.
Immersion totale...	7. 41. 16	8. 41. 12	8. 40. 12	1. 0.
Émerision.....	10. 23. 27	10. 23. 21	10. 22. 26	0. 55.
Fin de l'Éclipsé....	11. 23. 22	11. 23. 7	11. 22. 30	0. 37.

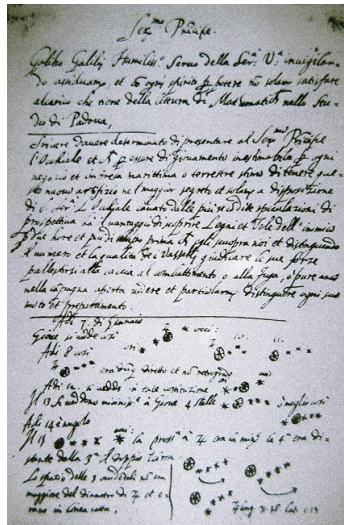
- S2: 20:40:28 UT → 08:41:33 tiempo solar verdadero (TSV) de Paris.
- Max: 21:31:13 UT → 09:32:18 TSV.
- S3: 22:22:00 UT → 10:23:06 TSV.
- S4: 23:21:58 UT → 11:23:03 TSV.

Errores:

- **Error en las efemérides: Entre 30 s y 1 m 30 s (7.5' y 22.5' en longitud).**  
**Error en la Obs.: ~ 20 s → 5'.**



# Galileo y los satélites de Júpiter



# Galileo y los satélites de Júpiter



Galileanos: Io, Europa, Ganímedes y Calixto.

# Galileo y los satélites de Júpiter: Ejemplo

101

OBSERVATIONS  
DE QUELQUES ECLIPSES  
DES  
SATELLITES DE JUPITER

Faites en même temps en divers lieux l'An 1703.

Immersion du premier Satellite dans l'ombre de Jupiter le 28 Aoust.

A Paris par une Lunete de 18 pieds à 11<sup>h</sup> 55' 24"

A Bologne en Italie par une Lunete de 10 pieds,  
Par M. Manfredi. 12 31 28

Difference des Meridiens entre Paris & Bologne. 36

Immersion du premier Satellite le 28. Aoust.

A Lyon, Par les RR. PP. Taillandier & Combes Jesuites. 12 4 54

A Bologne. 12 31 28

Difference des Meridiens entre Lyon & Bologne. 26 34

A Paris. 12 55 24

Difference des Meridiens entre Paris & Lyon. 9 30

80

TABLE DES IMMERSIONS  
ET DES EMERSIONS  
DU PREMIER SATELLITE DE JUPITER,  
Pour l'Année 1714.

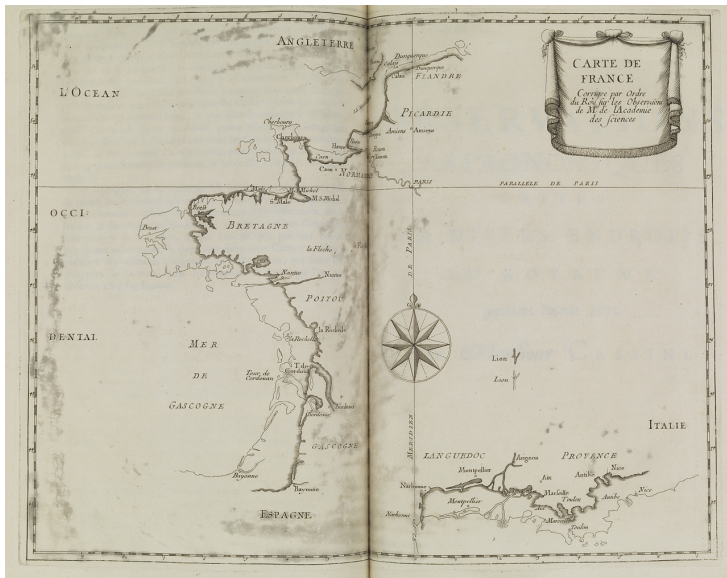
Janvier.			Fevrier.			Avril.		
Emerfions.			Emerfions.			Immersionfions.		
Jou.	He.	Minu.	Jou.	He.	Minu.	Jou.	He.	Minu.
1	5	14 So.	7	9	9 So.	10	5	56 So.
3	11	42 M.	9	3	38 So.	12	0	25 So.
5	6	10 M.	11	10	6 M.	14	6	55 M.
7	0	38 M.	13	4	35 M.	16	1	24 M.
8	7	6 So.	14	11	4 So.	17	7	53 So.
10	1	34 So.	16	5	33 So.	19	2	22 So.
12	8	2 M.	18	0	2 So.	21	8	51 M.
14	2	30 M.	20	6	31 M.	23	3	20 M.
15	8	59 So.	22	1	0 M.	24	9	49 So.
17	3	17 So.	23	7	29 So.	26	4	18 So.
19	9	55 M.				28	10	47 M.
21	4	24 M.				30	5	15 M.
					Mars.			

Diferencia de longitudes (Paris-Bolonia) en tiempo:  $36^m 4^s$ , que en grados sexagesimales ( $360^\circ \equiv 24^h$ ):

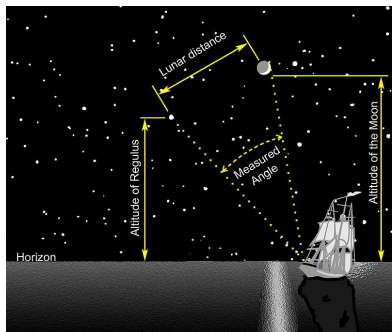
$$\Delta L = 9^\circ 1'$$

Real:  $\Delta L = 9^\circ 0'$ .

# Galileo y los satélites de Júpiter



# Distancias Lunares



Precomputed Lunar Distances

1

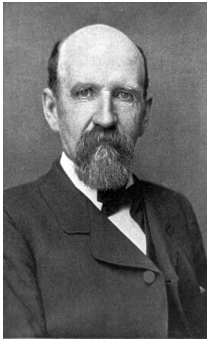
SEPTEMBER 2015													
	°	'	PL	°	'	PL	°	'	PL	°	'	PL	
<b>1 UT</b>			+Nunki			+Altair			+Enif			+Fomalhaut	-Venus
0	87	1.1	2090	71	3.4	2510	43	10.6	2610	40	13.8	3039	124 48.2 1998
3	88	52.3	2096	72	44.4	2508	44	49.2	2582	41	43.2	2976	122 54.6 2006
6	90	43.3	2108	74	25.4	2510	46	28.6	2559	43	13.9	2923	121 1.2 2017
9	92	34.1	2118	76	6.4	2512	48	8.4	2540	44	45.7	2877	119 6.1 2027
12	94	24.6	2128	77	47.3	2516	49	48.7	2525	46	18.5	2838	117 15.2 2038
15	96	14.9	2139	79	28.2	2522	51	29.3	2514	47	52.1	2806	115 22.7 2049
18	98	4.9	2151	81	8.9	2529	53	10.2	2506	49	26.4	2779	113 30.4 2062
21	99	54.5	2163	82	49.4	2537	54	51.3	2498	51	1.4	2756	111 38.4 2074
<b>2 UT</b>			+Altair			+Enif			+Fomalhaut			+Markab	-Venus
0	84	29.8	2547	56	32.5	2495	52	36.8	2737	37	6.1	2812	109 46.8 2088
3	86	9.9	2557	58	13.8	2493	54	12.6	2722	38	40.3	2771	107 55.5 2102
6	87	49.8	2570	59	55.2	2493	55	48.8	2711	40	15.4	2738	106 4.6 2115
9	89	29.4	2583	61	36.6	2496	57	25.2	2702	41	51.2	2712	104 14.0 2131
12	91	8.7	2597	63	17.9	2499	59	1.8	2695	43	27.6	2690	102 23.8 2145
15	92	47.6	2612	64	59.1	2503	60	38.6	2691	45	4.5	2672	100 34.0 2160
18	94	26.3	2629	66	40.3	2510	62	15.4	2690	46	41.7	2659	98 44.5 2176
21	96	4.5	2647	68	21.2	2517	63	52.3	2690	48	19.3	2649	96 55.5 2192
<b>3 UT</b>			+Enif			+Fomalhaut			+Markab			-Venus	-Sun
0	70	2.1	2525	65	29.2	2491	49	57.1	2642	95	6.8	2208	121 7.0 2542
3	71	42.7	2535	67	6.0	2495	51	35.0	2638	93	18.6	2224	119 26.7 2559
6	73	23.1	2545	68	42.8	2700	53	13.1	2635	91	30.7	2241	117 46.9 2575
9	75	3.3	2556	70	19.5	2706	54	51.2	2636	89	43.3	2258	116 7.4 2592
12	76	43.2	2568	71	56.0	2713	56	29.3	2637	87	56.3	2275	114 28.3 2609
15	78	22.8	2580	73	32.4	2721	58	7.4	2640	86	9.7	2292	112 49.6 2626
18	80	2.2	2593	75	8.5	2730	59	45.4	2644	84	23.6	2310	111 11.3 2642
21	81	41.3	2607	76	44.5	2741	61	23.3	2650	82	37.8	2327	109 33.4 2660
<b>4 UT</b>			+Fomalhaut			+Markab			-Pollux			-Venus	-Sun
0	78	20.3	2752	63	1.0	2657	61	6.5	2482	80	52.5	2344	107 55.8 2677
3	79	55.8	2765	64	38.7	2665	59	24.8	2502	79	7.6	2362	106 18.7 2694
6	81	31.0	2777	66	16.1	2673	57	43.7	2523	77	23.1	2379	104 41.9 2712
9	83	5.9	2790	67	53.3	2683	56	3.0	2544	75	39.1	2397	103 5.5 2729
12	84	40.6	2804	69	30.4	2693	54	22.8	2566	73	55.4	2415	101 29.5 2746
15	86	15.0	2819	71	7.2	2704	52	41.1	2589	72	12.2	2432	99 53.8 2763
18	87	49.0	2834	72	43.8	2715	51	4.0	2612	70	29.4	2450	98 18.6 2781
21	89	22.7	2850	74	20.1	2727	49	25.3	2636	68	47.0	2468	96 43.7 2798
<b>5 UT</b>			+Menkar			-Pollux			-Procyon			-Venus	-Sun
0	23	27.7	2827	47	47.2	2690	49	22.9	2642	67	5.1	2485	95 9.2 2815
3	25	1.6	2803	46	9.7	2696	47	45.0	2667	65	23.5	2503	93 35.1 2832
6	26	36.0	2785	44	32.7	2713	46	7.6	2691	63	42.3	2519	92 1.3 2848
9	28	10.8	2774	42	56.4	2741	44	30.7	2718	62	1.6	2537	90 27.9 2866
12	29	45.8	2766	41	20.6	2770	42	54.5	2745	60	21.2	2553	88 54.9 2882
15	31	21.0	2762	39	45.5	2801	41	18.8	2772	58	41.3	2570	87 22.2 2898
18	32	56.3	2761	38	11.1	2834	39	43.7	2802	57	1.7	2587	85 49.8 2914
21	34	31.6	2761	36	37.3	2869	38	9.3	2834	55	22.5	2604	84 17.8 2930

2014 Steven Wepster s.s.wepster@gmail.com

# Distancias Lunares: Mazarredo y Lángara

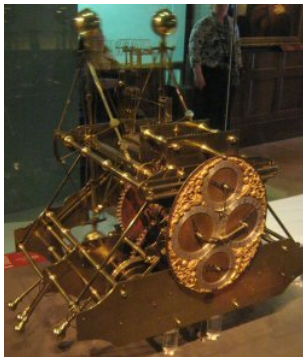
(\*) En los diarios de los Oficiales de la fragata *Venus* en su viage á Manila en 1772, consta que su Comandante D. Juan de Lángara y D. Joseph de Mazarredo la noche del 13 de Febrero, acabado de conocer el estado de un reloj de segundos, tomando el primero la altura aparente de la Luna, y midiendo el segundo su distancia á Aldebaran, fixada la hora verdadera de la situacion observada en los astros, procedieron con estos datos á la serie de operaciones necesarias hasta concluir la Longitud de la Luna en aquel momento, que comparada á las del Conocimiento de Tiempos de Paris al medio día y media noche, y corregida por segundas diferencias la desigualdad de su movimiento, dió la hora verdadera de Paris en el instante de la observacion, y por consecuencia la diferencia de meridianos y Longitud en que se hallaba la fragata. Se estaba en Latitud  $5. 14^{\circ} 18'$ . Resultó diferencia de  $20' 35''$  al Este de la estima. No contentos con la proporcional dicha, aunque corregida por segundas diferencias, calcularon directamente la Longitud de la Luna para las 11 de la noche de Paris, con la qual y la de las Tablas á las 12, como tan inmediatas entre sí, concluyeron la hora, que resultó igual á la de la comparacion con la Longitud de medio día, y produjo la satisfaccion de poderse escusar este mayor trabajo en lo sucesivo. El 10 de Marzo en Latitud  $32^{\circ} 28'$  repitieron la observacion por distancia al Sol, y hallaron  $4^{\circ} 15'$  de diferencia al Oeste de la estima. Se recaló al Cabo de Buena Esperanza el 28 del mismo mes, y se reconoció la diferencia de  $3^{\circ} 35'$  al Oeste de la estima. Fondeando la fragata en Bahía de Tabla, se adquirieron en un navio de la Compañía Inglesa los Almanaques Náuticos de aquel año y el siguiente: con el qual auxilio fueron continuas las observaciones de Longitud en la fragata en el resto de su navegacion á Manila y tornaviage á España. Época en nuestra Marina de la aficion á tareas tan esenciales con una emulacion tal, que es sin número el de los Oficiales que las practican, y está prescrito como punto de precisa enseñanza é instruccion para los Guardias Marinas: sin poderse disputar á los primeros el mérito de la aplicacion de la Astronomia en la mar sin aquellos auxilios que empezaba á facilitar la Inglaterra por indispensables.

# Distancias Lunares: Joshua Slocum (1844-1909)



Circunnavegación: 3 años y más de 46000 nmi.

# Solución del problema: Los relojes de Harrison



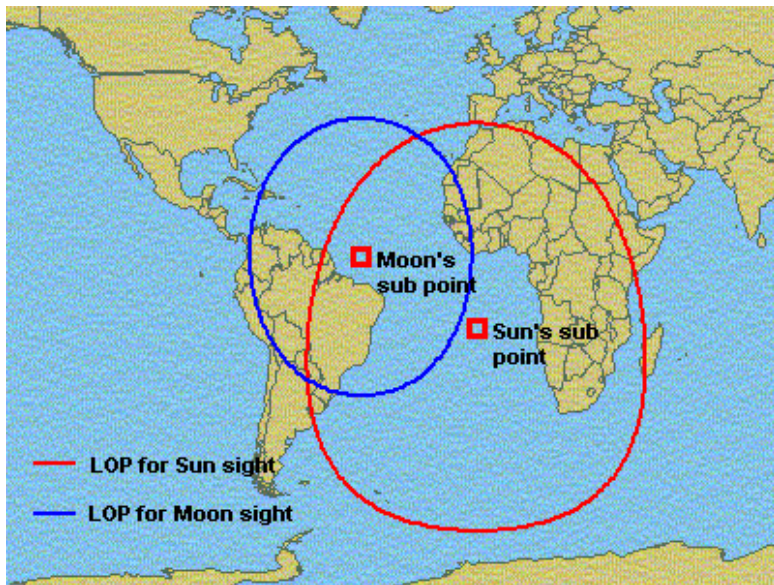
H-4. Se atrasó 5 s después de 81 días en alta mar.

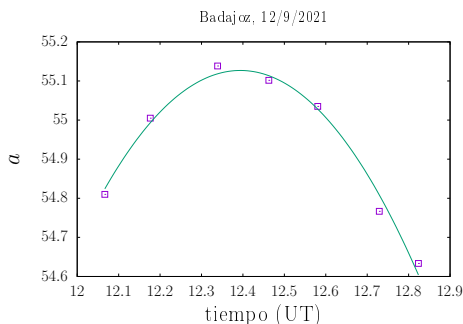


# Cronómetros Marinos: 2º Viaje del HMS Beagle (1831-1836)



# Las rectas de altura: Método de St. Hillaire





Análisis del máximo:

- $\Delta L = -7'$ .
- $\Delta l = -1'$ .

Igualdad de alturas:

- $\Delta L = -3'$ .

Método de St. Hillaire:

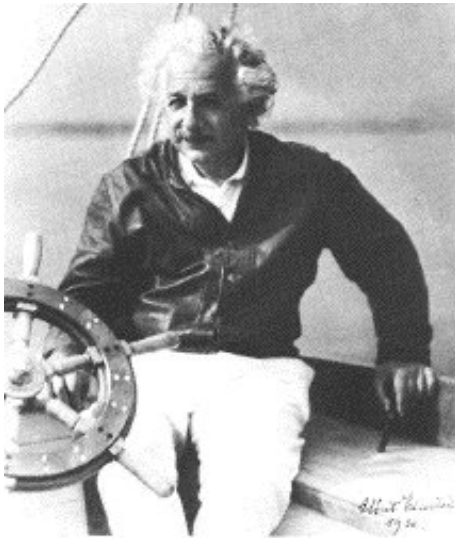
- $\Delta L = -2.4'$ .
- $\Delta l = -0.9'$ .

# Exploración Polo Sur: R. Amundsen



TAKING AN OBSERVATION AT THE POLE.

# GPS (presente)



- Constelación formada por 24 satélites.
- Orbitan en 6 planos orbitales diferentes.
- 12 horas (sidéreas) de periodo.
- $h \simeq 20000$  km.
- $i \simeq 55^\circ$ .
- $v \simeq 14000$  km/h.
- $\delta_c \simeq -8.4 \times 10^{-11}$ . En 1 día:  
 $-7.3 \mu s$ .
- $\delta_G \simeq 5.7 \times 10^{-10}$ . En 1 día:  
 $+49.4 \mu s$ .
- $\delta_T \simeq 4.9 \times 10^{-10}$ . En 1 día:  
 $+42.1 \mu s$ .



- 1 Sobre la medición del tamaño de la Tierra (Eratóstenes). Proyecto INNOVATED (IES EL Pomar):  
<https://ieselpomar.educarex.es/index.php/154-uncategorised/491-proyecto-eratostenes-rememorando-la-primera-vez-que-se-midieron-las-dimensiones-de-la-tierra>
- 2 IGN, REDNAP: <https://www.ign.es/web/gds-redes-nivelacion>

## Situación Geográfica:

Número: **619001**

Nombre: **SS.Corte Inglés**

Línea o Ramal: **619. Badajoz - Fregenal**

Municipio: **Badajoz**

Provincia: **Badajoz**

Hoja MTN50: **775**

Señal: **Secundaria**      En posición: **Vertical**

Señalizada: **18 de mayo de 2006**

Nivelada:

## Datos Geodésicos:

Altitud ortométrica: **179,6975 m.**

Geopotencial: **176,1118 u.g.p.**

Gravedad en superficie: **980038,34 mgals.**      *Observada*

Cálculo: **01 de mayo de 2008**

## Coordenadas Geográficas ETRS89:

Longitud: **- 6° 58' 31,3222"**

Latitud: **38° 52' 23,0881"**

Altitud elipsoidal: **234,250 m.**

Precisión: **± 0,05 m.**

## Reseña:

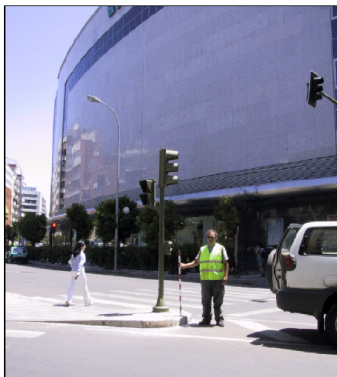
En el casco urbano de Badajoz, en la Plaza de los Conquistadores. En dicha Plaza, está la fachada principal del Corte Inglés y en ella existe una gran isleta triangular. La señal se encuentra en el vértice sur de dicha isleta, hacia la Avenida de Villanueva, en el centro del tramo curvo y sobre el bordillo, según croquis. Dista unos 800 metros del nodo (Ayuntamiento y Plaza de España) nivelando hacia el suroeste.

## Enlaces:

Anterior: **147 - NAP.073\* (Badajoz)**

Posterior: **619002 - SSK.1'1**

Agrupada con:





- L. Mederos. Navegación Astronómica. 5ª edición. Tutor. 2016.
- D. Sobel. Longitud. Anagrama. 2006.
- D. Barrie. Sextant: A Voyage Guided by the Stars and the Men Who Mapped the World's Oceans. William Collins. 2015.
- <http://www.rodamedia.com>
- USNO: <http://aa.usno.navy.mil/data/docs/celnavtable.php>
- Página eclipses:  
[http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/SolarEclipsesGoogleMaps.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/SolarEclipsesGoogleMaps.html)

Créditos figuras: L. Mederos (rodamedia.com) [10], Universidad de Murcia [6], Académie de Sciences [40,43], Universidad de Valladolid [18,37], Biblioteca Virtual Cervantes [34], Real Observatorio e Instituto de la Armada [19,20,45,46]. Resto de las figuras wikipedia.com