



Universitat
Autònoma
de Barcelona



**ANNEXOS I MANUAL D'USUARI
DEL PROJECTE**

**SOFTWARE DE MONITORITZACIÓ
DE DADES REBUDES EN UN GPS**

Memòria del Projecte Fi de Carrera
d'Enginyeria en Informàtica
realitzat per
Alejandro Comín Gimeno
i dirigit per
Joan Oliver Malagelada
Bellaterra, 12 de Juny de 2006

ANNEXOS

ÍNDEX

ANNEX A1: El lípsoides de referència	1
ANNEX A2: Datums i regions d'ús	2
ANNEX A3: Exemple de coordenades UTM	10
ANNEX A4: Equacions de Molodensky.....	12
ANNEX A5: Mètode Bursa-Wolf de set paràmetres	13
ANNEX A6: Frases NMEA.....	28
A6.1. CPGGA	29
A6.2. GPGLL.....	30
A6.3. GPGSA	30

ANNEX A1: El lípsoides de referència

En la **Taula A1.1** es troba una llista de tots els el·lipsoides de referència existents, així com els dos paràmetres que els defineixen: el semi-eix major (a) i la inversa de l'aixafament (o *flattering*).

EL LIPSOIDE	SEMI-EIX MAJOR	1/AIXAFAMENT
<i>Airy 1830,</i>	6377563.396	299.3249646
<i>Modified Airy</i>	6377340.189	299.3249646
<i>Australian National</i>	6378160	298.25
<i>Bessel 1841 (Namibia)</i>	6377483.865	299.1528128
<i>Bessel 1841</i>	6377397.155	299.1528128
<i>Clarke 1866</i>	6378206.4	294.9786982
<i>Clarke 1880</i>	6378249.145	293.465
<i>Everest (India 1830)"</i>	6377276.345	300.8017
<i>Everest (Sabah Sarawak)</i>	6377298.556	300.8017
<i>Everest (India 1956)</i>	6377301.243	300.8017
<i>Everest (Malaysia 1969)</i>	6377295.664	300.8017
<i>Everest (Malay. & Sing)</i>	6377304.063	300.8017
<i>Everest (Pakistan)</i>	6377309.613	300.8017
<i>Modified Fischer 1960</i>	6378155	298.3
<i>Helmert 1906</i>	6378200	298.3
<i>Hough 1960</i>	6378270	297
<i>Indonesian 1974</i>	6378160	298.247
<i>International 1924</i>	6378388	297
<i>Krassovsky 1940</i>	6378245	298.3
<i>GRS 80</i>	6378137	298.257222101
<i>South American 1969</i>	6378160	298.25
<i>WGS-72</i>	6378135	298.26
<i>WGS-84</i>	6378137	298.257223563

Taula A1.1. El lípsoides de referència amb els seus paràmetres.

ANNEX A2: Datums i regions d'ús

La **Taula A2.1** mostra una llista amb tots els datums utilitzats en l'actualitat. Inclou a més, altres paràmetre com:

d = desplaçaments necessaris per transformar el datum local a WGS-84 (en metres).

e = error promig esperat.

#S = nombre de satèl·lits disponibles per a aquest datum.

DATUM	EL LIPSOIDE	dX	dY	dZ	REGIONS D'ÚS	eX	eY	eZ	#S
<i>Adindan</i>	Clarke 1880	-118	-14	218	Burkina Faso	25	25	25	1
<i>Adindan</i>	Clarke 1880	-134	-2	210	Cameroon	25	25	25	1
<i>Adindan</i>	Clarke 1880	-165	-11	206	Ethiopia	3	3	3	8
<i>Adindan</i>	Clarke 1880	-123	-20	220	Mali	25	25	25	1
<i>Adindan</i>	Clarke 1880	-166	-15	204	MEAN FOR Ethiopia; Sudan	5	5	3	22
<i>Adindan</i>	Clarke 1880	-128	-18	224	Senegal	25	25	25	2
<i>Adindan</i>	Clarke 1880	-161	-14	205	Sudan	3	5	3	14
<i>Afgooye</i>	Krassovsky 1940	-43	-163	45	Somalia	25	25	25	1
<i>Ain el Abd 1970</i>	International 1924	-150	-250	-1	Bahrain	25	25	25	2
<i>Ain el Abd 1970</i>	International 1924	-143	-236	7	Saudi Arabia	10	10	10	9
<i>American Samoa 1962</i>	Clarke 1866	-115	118	426	American Samoa Islands	25	25	25	2
<i>Anna 1 Astro 1965</i>	Australian National	-491	-22	435	Cocos Islands	25	25	25	1
<i>Antigua Island Astro 1943</i>	Clarke 1880	-270	13	62	Antigua (Leeward Islands)	25	25	25	1
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-138	-105	-289	Botswana	3	5	3	9
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-153	-5	-292	Burundi	20	20	20	3
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-125	-108	-295	Lesotho	3	3	8	5
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-161	-73	-317	Malawi	9	24	8	6
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-143	-90	-294	MEAN FOR Botswana; Lesotho; Malawi; Swaziland; Zaire; Zambia; Zimbabwe	20	33	20	41
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-134	-105	-295	Swaziland	15	15	15	4
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-169	-19	-278	Zaire	25	25	25	2
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-147	-74	-283	Zambia	21	21	27	5
<i>Arc 1950</i>	Clarke 1880	-142	-96	-293	Zimbabwe	5	8	11	10
<i>Arc 1960</i>	Clarke 1880	-160	-6	-302	MEAN FOR Kenya; Tanzania	20	20	20	25
<i>Arc 1960</i>	Clarke 1880	-157	-2	-299	Kenya	4	3	3	24
<i>Arc 1960</i>	Clarke 1880	-175	-23	-303	Tanzania	6	9	10	12

<i>Ascension Island 1958</i>	International 1924	-205	107	53	Ascension Island	25	25	25	2
<i>Astro Beacon E 1945</i>	International 1924	145	75	-272	Iwo Jima	25	25	25	1
<i>Astro DOS 71/4</i>	International 1924	-320	550	-494	St Helena Island	25	25	25	1
<i>Astro Tern Island (FRIG) 1961</i>	International 1924	114	-116	-333	Tern Island	25	25	25	1
<i>Astronomical Station 1952</i>	International 1924	124	-234	-25	Marcus Island	25	25	25	1
<i>Australian Geodetic 1966</i>	Australian National	-133	-48	148	Australia; Tasmania	3	3	3	105
<i>Australian Geodetic 1984</i>	Australian National	-134	-48	149	Australia; Tasmania	2	2	2	90
<i>Ayabelle Lighthouse</i>	Clarke 1880	-79	-129	145	Djibouti	25	25	25	1
<i>Bellevue (IGN)</i>	International 1924	-127	-769	472	Efate & Erromango Islands	20	20	20	3
<i>Bermuda 1957</i>	Clarke 1866	-73	213	296	Bermuda	20	20	20	3
<i>Bissau</i>	International 1924	-173	253	27	Guinea-Bissau	25	25	25	2
<i>Bogota Observatory</i>	International 1924	307	304	-318	Colombia	6	5	6	7
<i>Bukit Rimpah</i>	Bessel 1841	-384	664	-48	Indonesia (Bangka & Belitung Ids)	-1	-1	-1	0
<i>Camp Area Astro</i>	International 1924	-104	-129	239	Antarctica (McMurdo Camp Area)	-1	-1	-1	0
<i>Campo Inchauspe</i>	International 1924	-148	136	90	Argentina	5	5	5	20
<i>Canton Astro 1966</i>	International 1924	298	-304	-375	Phoenix Islands	15	15	15	4
<i>Cape</i>	Clarke 1880	-136	-108	-292	South Africa	3	6	6	5
<i>Cape Canaveral</i>	Clarke 1866	-2	151	181	Bahamas; Florida	3	3	3	19
<i>Carthage</i>	Clarke 1880	-263	6	431	Tunisia	6	9	8	5
<i>Chatham Island Astro 1971</i>	International 1924	175	-38	113	New Zealand (Chatham Island)	15	15	15	4
<i>Chua Astro</i>	International 1924	-134	229	-29	Paraguay	6	9	5	6
<i>Corrego Alegre</i>	International 1924	-206	172	-6	Brazil	5	3	5	17
<i>Dabola</i>	Clarke 1880	-83	37	124	Guinea	15	15	15	4
<i>Deception Island</i>	Clarke 1880	260	12	-147	Deception Island; Antarctica	20	20	20	3
<i>Djakarta (Batavia)</i>	Bessel 1841	-377	681	-50	Indonesia (Sumatra)	3	3	3	5
<i>DOS 1968</i>	International 1924	230	-199	-752	New Georgia Islands (Gizo Island)	25	25	25	1
<i>Easter Island 1967</i>	International 1924	211	147	111	Easter Island	25	25	25	1
<i>Estonia; Coordinate System 1937</i>	Bessel 1841	374	150	588	Estonia	2	3	3	19
<i>European 1950</i>	International 1924	-104	-101	-140	Cyprus	15	15	15	4
<i>European 1950</i>	International 1924	-130	-117	-151	Egypt	6	8	8	14
<i>European 1950</i>	International 1924	-86	-96	-120	England; Channel Islands; Scotland; Shetland Islands	3	3	3	40

<i>European 1950</i>	International 1924	-86	-96	-120	England; Ireland; Scotland; Shetland Islands	3	3	3	47
<i>European 1950</i>	International 1924	-87	-95	-120	Finland; Norway	3	5	3	20
<i>European 1950</i>	International 1924	-84	-95	-130	Greece	25	25	25	2
<i>European 1950</i>	International 1924	-117	-132	-164	Iran	9	12	11	27
<i>European 1950</i>	International 1924	-97	-103	-120	Italy (Sardinia)	25	25	25	2
<i>European 1950</i>	International 1924	-97	-88	-135	Italy (Sicily)	20	20	20	3
<i>European 1950</i>	International 1924	-107	-88	-149	Malta	25	25	25	1
<i>European 1950</i>	International 1924	-87	-98	-121	MEAN FOR Austria; Belgium; Denmark; Finland; France; W Germany; Gibraltar; Greece; Italy; Luxembourg; Netherlands; Norway; Portugal; Spain; Sweden; Switzerland	3	8	5	85
<i>European 1950</i>	International 1924	-87	-96	-120	MEAN FOR Austria; Denmark; France; W Germany; Netherlands; Switzerland	3	3	3	52
<i>European 1950</i>	International 1924	-103	-106	-141	MEAN FOR Iraq; Israel; Jordan; Lebanon; Kuwait; Saudi Arabia; Syria	-1	-1	-1	0
<i>European 1950</i>	International 1924	-84	-107	-120	Portugal; Spain	5	6	3	18
<i>European 1950</i>	International 1924	-112	-77	-145	Tunisia	25	25	25	4
<i>European 1979</i>	International 1924	-86	-98	-119	MEAN FOR Austria; Finland; Netherlands; Norway; Spain; Sweden; Switzerland	3	3	3	22
<i>Fort Thomas 1955</i>	Clarke 1880	-7	215	225	Nevis; St. Kitts (Leeward Islands)	25	25	25	2
<i>Gan 1970</i>	International 1924	-133	-321	50	Republic of Maldives	25	25	25	1
<i>Geodetic Datum 1949</i>	International 1924	84	-22	209	New Zealand	5	3	5	14
<i>Graciosa Base SW 1948</i>	International 1924	-104	167	-38	Azores (Faial; Graciosa; Pico; Sao Jorge; Terceira)	3	3	3	5
<i>Guam 1963</i>	Clarke 1866	-100	-248	259	Guam	3	3	3	5
<i>Gunung Segara</i>	Bessel 1841	-403	684	41	Indonesia (Kalimantan)	-1	-1	-1	0
<i>GUX 1 Astro</i>	International 1924	252	-209	-751	Guadalcanal Island	25	25	25	1
<i>Herat North</i>	International 1924	-333	-222	114	Afghanistan	-1	-1	-1	0
<i>Hermannskogel Datum</i>	Bessel 1841 (Namibia)	653	-212	449	Croatia -Serbia, Bosnia- Herzegovina	-1	-1	-1	0
<i>Hjorsey 1955</i>	International 1924	-73	46	-86	Iceland	3	3	6	6
<i>Hong Kong 1963</i>	International 1924	-156	-271	-189	Hong Kong	25	25	25	2
<i>Hu-Tzu-Shan</i>	International 1924	-637	-549	-203	Taiwan	15	15	15	4
<i>Indian</i>	Everest (India 1830)	282	726	254	Bangladesh	10	8	12	6
<i>Indian</i>	Everest (India 1956)	295	736	257	India; Nepal	12	10	15	7
<i>Indian</i>	Everest (Pakistan)	283	682	231	Pakistan	-1	-1	-1	0
<i>Indian 1954</i>	Everest (India 1830)	217	823	299	Thailand	15	6	12	11
<i>Indian 1960</i>	Everest (India 1830)	182	915	344	Vietnam (Con Son Island)	25	25	25	1
<i>Indian 1960</i>	Everest (India 1830)	198	881	317	Vietnam (Near 160N)	25	25	25	2
<i>Indian 1975</i>	Everest (India 1830)	210	814	289	Thailand	3	2	3	62
<i>Indonesian 1974</i>	Indonesian 1974	-24	-15	5	Indonesia	25	25	25	1
<i>Ireland 1965</i>	Modified Airy	506	-122	611	Ireland	3	3	3	7
<i>ISTS 061 Astro 1968</i>	International 1924	-794	119	-298	South Georgia Islands	25	25	25	1

<i>ISTS 073 Astro 1969</i>	International 1924	208	-435	-229	Diego Garcia	25	25	25	2
<i>Johnston Island 1961</i>	International 1924	189	-79	-202	Johnston Island	25	25	25	1
<i>Kandavala</i>	Everest (India 1830)	-97	787	86	Sri Lanka	20	20	20	3
<i>Kerguelen Island 1949</i>	International 1924	145	-187	103	Kerguelen Island	25	25	25	1
<i>Kertau 1948</i>	Everest (Malay. & Sing)	-11	851	5	West Malaysia & Singapore	10	8	6	6
<i>Kusaie Astro 1951</i>	International 1924	647	1777	-1124	Caroline Islands	25	25	25	1
<i>Korean Geodetic System</i>	GRS 80	0	0	0	South Korea	2	2	2	12
<i>L.C.5 Astro 1961</i>	Clarke 1866	42	124	147	Cayman Brac Island	25	25	25	1
<i>Leigon</i>	Clarke 1880	-130	29	364	Ghana	2	3	2	8
<i>Liberia 1964</i>	Clarke 1880	-90	40	88	Liberia	15	15	15	4
<i>Luzon</i>	Clarke 1866	-133	-77	-51	Philippines (Excluding Mindanao)	8	11	9	6
<i>Luzon</i>	Clarke 1866	-133	-79	-72	Philippines (Mindanao)	25	25	25	1
<i>M'Poraloko</i>	Clarke 1880	-74	-130	42	Gabon	25	25	25	1
<i>Mabe 1971</i>	Clarke 1880	41	-220	-134	Mahe Island	25	25	25	1
<i>Massawa</i>	Bessel 1841	639	405	60	Ethiopia (Eritrea)	25	25	25	1
<i>Merchich</i>	Clarke 1880	31	146	47	Morocco	5	3	3	9
<i>Midway Astro 1961</i>	International 1924	912	-58	1227	Midway Islands	25	25	25	1
<i>Minna</i>	Clarke 1880	-81	-84	115	Cameroon	25	25	25	2
<i>Minna</i>	Clarke 1880	-92	-93	122	Nigeria	3	6	5	6
<i>Montserrat Island Astro 1958</i>	Clarke 1880	174	359	365	Montserrat (Leeward Islands)	25	25	25	1
<i>Nabruwan</i>	Clarke 1880	-247	-148	369	Oman (Masirah Island)	25	25	25	2
<i>Nabruwan</i>	Clarke 1880	-243	-192	477	Saudi Arabia	20	20	20	3
<i>Nabruwan</i>	Clarke 1880	-249	-156	381	United Arab Emirates	25	25	25	2
<i>Naparima BWI</i>	International 1924	-10	375	165	Trinidad & Tobago	15	15	15	4
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-5	135	172	Alaska (Excluding Aleutian Ids)	5	9	5	47
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-2	152	149	Alaska (Aleutian Ids East of 180oW)	6	8	10	6
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	2	204	105	Alaska (Aleutian Ids West of 180oW)	10	10	10	5
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-4	154	178	Bahamas (Except San Salvador Id)	5	3	5	11
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	1	140	165	Bahamas (San Salvador Island)	25	25	25	1
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-7	162	188	Canada (Alberta; British Columbia)	8	8	6	25

<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-9	157	184	Canada (Manitoba; Ontario)	9	5	5	25
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-22	160	190	Canada (New Brunswick; Newfoundland; Nova Scotia; Quebec)	6	6	3	37
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	4	159	188	Canada (Northwest Territories; Saskatchewan)	5	5	3	17
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-7	139	181	Canada (Yukon)	5	8	3	8
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	0	125	201	Canal Zone	20	20	20	3
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-9	152	178	Cuba	25	25	25	1
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	11	114	195	Greenland (Hayes Peninsula)	25	25	25	2
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-3	142	183	MEAN FOR Antigua; Barbados; Barbuda; Caicos Islands; Cuba; Dominican Republic; Grand Cayman; Jamaica; Turks Islands	3	9	12	15
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	0	125	194	MEAN FOR Belize; Costa Rica; El Salvador; Guatemala; Honduras; Nicaragua	8	3	5	19
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-10	158	187	MEAN FOR Canada	15	11	6	112
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-8	160	176	MEAN FOR CONUS	5	5	6	405
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-9	161	179	MEAN FOR CONUS (East of Mississippi; River Including Louisiana; Missouri; Minnesota)	5	5	8	129
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-8	159	175	MEAN FOR CONUS (West of Mississippi; River Excluding Louisiana; Minnesota; Missouri)	5	3	3	276
<i>North American 1927</i>	Clarke 1866	-12	130	190	Mexico	8	6	6	22
<i>North American 1983</i>	GRS 80	0	0	0	Alaska (Excluding Aleutian Ids)	2	2	2	42
<i>North American 1983</i>	GRS 80	-2	0	4	Aleutian Ids	5	2	5	4
<i>North American 1983</i>	GRS 80	0	0	0	Canada	2	2	2	96
<i>North American 1983</i>	GRS 80	0	0	0	CONUS	2	2	2	216
<i>North American 1983</i>	GRS 80	1	1	-1	Hawaii	2	2	2	6
<i>North American 1983</i>	GRS 80	0	0	0	Mexico; Central America	2	2	2	25
<i>North Sahara 1959</i>	Clarke 1880	-186	-93	310	Algeria	25	25	25	3
<i>Observatorio Meteorológico 1939</i>	International 1924	-425	-169	81	Azores (Corvo & Flores Islands)	20	20	20	3
<i>Old Egyptian 1907</i>	Helmert 1906	-130	110	-13	Egypt	3	6	8	14
<i>Old Hawaiian</i>	Clarke 1866	89	-279	-183	Hawaii	25	25	25	2

<i>Old Hawaiian</i>	Clarke 1866	45	-290	-172	Kauai	20	20	20	3
<i>Old Hawaiian</i>	Clarke 1866	65	-290	-190	Maui	25	25	25	2
<i>Old Hawaiian</i>	Clarke 1866	61	-285	-181	MEAN FOR Hawaii; Kauai; Maui; Oahu	25	20	20	15
<i>Old Hawaiian</i>	Clarke 1866	58	-283	-182	Oahu	10	6	6	8
<i>Oman</i>	Clarke 1880	-346	-1	224	Oman	3	3	9	7
<i>Ordnance Survey Great Britain 1936</i>	Airy 1830	371	-112	434	England	5	5	6	21
<i>Ordnance Survey Great Britain 1936</i>	Airy 1830	371	-111	434	England; Isle of Man; Wales	10	10	15	25
<i>Ordnance Survey Great Britain 1936</i>	Airy 1830	375	-111	431	MEAN FOR England; Isle of Man; Scotland; Shetland Islands; Wales	10	10	15	38
<i>Ordnance Survey Great Britain 1936</i>	Airy 1830	384	-111	425	Scotland; Shetland Islands	10	10	10	13
<i>Ordnance Survey Great Britain 1936</i>	Airy 1830	370	-108	434	Wales	20	20	20	3
<i>Pico de las Nieves</i>	International 1924	-307	-92	127	Canary Islands	25	25	25	1
<i>Pitcairn Astro 1967</i>	International 1924	185	165	42	Pitcairn Island	25	25	25	1
<i>Point 58</i>	Clarke 1880	-106	-129	165	MEAN FOR Burkina Faso & Niger	25	25	25	1
<i>Pointe Noire 1948</i>	Clarke 1880	-148	51	-291	Congo	25	25	25	1
<i>Porto Santo 1936</i>	International 1924	-499	-249	314	Porto Santo; Madeira Islands	25	25	25	2
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-270	188	-388	Bolivia	5	11	14	5
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-270	183	-390	Chile (Northern; Near 19oS)	25	25	25	1
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-305	243	-442	Chile (Southern; Near 43oS)	20	20	20	3
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-282	169	-371	Colombia	15	15	15	4
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-278	171	-367	Ecuador	3	5	3	11
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-298	159	-369	Guyana	6	14	5	9
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-288	175	-376	MEAN FOR Bolivia; Chile; Colombia; Ecuador; Guyana; Peru; Venezuela	17	27	27	63
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-279	175	-379	Peru	6	8	12	6
<i>Provisional South American 1956</i>	International 1924	-295	173	-371	Venezuela	9	14	15	24
<i>Provisional South Chilean 1963</i>	International 1924	16	196	93	Chile (Near 53oS) (Hito XVIII)	25	25	25	2
<i>Puerto Rico</i>	Clarke 1866	11	72	-101	Puerto Rico; Virgin Islands	3	3	3	11
<i>Pulkovo 1942</i>	Krassovsky 1940	28	-130	-95	Russia	-1	-1	-1	0

<i>Qatar National</i>	International 1924	-128	-283	22	Qatar	20	20	20	3
<i>Qornoq</i>	International 1924	164	138	-189	Greenland (South)	25	25	32	2
<i>Reunion</i>	International 1924	94	-948	-1262	Mascarene Islands	25	25	25	1
<i>Rome 1940</i>	International 1924	-225	-65	9	Italy (Sardinia)	25	25	25	1
<i>S-42 (Pulkovo 1942)</i>	Krassovsky 1940	28	-121	-77	Hungary	2	2	2	5
<i>S-42 (Pulkovo 1942)</i>	Krassovsky 1940	23	-124	-82	Poland	4	2	4	11
<i>S-42 (Pulkovo 1942)</i>	Krassovsky 1940	26	-121	-78	Czechoslovakia	3	3	2	6
<i>S-42 (Pulkovo 1942)</i>	Krassovsky 1940	24	-124	-82	Latvia	2	2	2	5
<i>S-42 (Pulkovo 1942)</i>	Krassovsky 1940	15	-130	-84	Kazakhstan	25	25	25	2
<i>S-42 (Pulkovo 1942)</i>	Krassovsky 1940	24	-130	-92	Albania	3	3	3	7
<i>S-42 (Pulkovo 1942)</i>	Krassovsky 1940	28	-121	-77	Romania	3	5	3	4
<i>S-JTSK</i>	Bessel 1841	589	76	480	Czechoslovakia (Prior 1 JAN 1993)	4	2	3	6
<i>Santo (DOS) 1965</i>	International 1924	170	42	84	Espirito Santo Island	25	25	25	1
<i>Sao Braz</i>	International 1924	-203	141	53	Azores (Sao Miguel; Santa Maria Ids)	25	25	25	2
<i>Sapper Hill 1943</i>	International 1924	-355	21	72	East Falkland Island	1	1	1	5
<i>Schwarzeck</i>	Bessel 1841 (Namibia)	616	97	-251	Namibia	20	20	20	3
<i>Selvagem Grande 1938</i>	International 1924	-289	-124	60	Salvage Islands	25	25	25	1
<i>Sierra Leone 1960</i>	Clarke 1880	-88	4	101	Sierra Leone	15	15	15	8
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-62	-1	-37	Argentina	5	5	5	10
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-61	2	-48	Bolivia	15	15	15	4
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-60	-2	-41	Brazil	3	5	5	22
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-75	-1	-44	Chile	15	8	11	9
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-44	6	-36	Colombia	6	6	5	7
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-48	3	-44	Ecuador	3	3	3	11
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-47	26	-42	Ecuador (Baltra; Galapagos)	25	25	25	1
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-53	3	-47	Guyana	9	5	5	5

<i>South American 1969</i>	South American 1969	-57	1	-41	MEAN FOR Argentina; Bolivia; Brazil; Chile; Colombia; Ecuador; Guyana; Paraguay; Peru; Trinidad & Tobago; Venezuela	15	6	9	84
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-61	2	-33	Paraguay	15	15	15	4
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-58	0	-44	Peru	5	5	5	6
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-45	12	-33	Trinidad & Tobago	25	25	25	1
<i>South American 1969</i>	South American 1969	-45	8	-33	Venezuela	3	6	3	5
<i>South Asia</i>	Modified Fischer 1960	7	-10	-26	Singapore	25	25	25	1
<i>Tananarive Observatory 1925</i>	International 1924	-189	-242	-91	Madagascar	-1	-1	-1	0
<i>Timbalai 1948</i>	Everest (Sabah Sarawak)	-679	669	-48	Brunei; E. Malaysia (Sabah Sarawak)	10	10	12	8
<i>Tokyo</i>	Bessel 1841	-148	507	685	Japan	8	5	8	16
<i>Tokyo</i>	Bessel 1841	-148	507	685	MEAN FOR Japan; South Korea; Okinawa	20	5	20	31
<i>Tokyo</i>	Bessel 1841	-158	507	676	Okinawa	20	5	20	3
<i>Tokyo</i>	Bessel 1841	-147	506	687	South Korea	2	2	2	29
<i>Tristan Astro 1968</i>	International 1924	-632	438	-609	Tristan da Cunha	25	25	25	1
<i>Viti Levu 1916</i>	Clarke 1880	51	391	-36	Fiji (Viti Levu Island)	25	25	25	1
<i>Voirol 1960</i>	Clarke 1880	-123	-206	219	Algeria	25	25	25	2
<i>Wake Island Astro 1952</i>	International 1924	276	-57	149	Wake Atoll	25	25	25	2
<i>Wake-Eniwetok 1960</i>	Hough 1960	102	52	-38	Marshall Islands	3	3	3	10
<i>WGS 1972</i>	WGS 72	0	0	0	Global Definition	-1	-1	-1	0
<i>WGS 1984</i>	WGS 84	0	0	0	Global Definition	-1	-1	-1	0
<i>Yacare</i>	International 1924	-155	171	37	Uruguay	-1	-1	-1	0
<i>Zanderij</i>	International 1924	-265	120	-358	Suriname	5	5	8	5

Taula A2.1. Datums existents i paràmetres de transformació.

ANNEX A3: Exemple de coordenades UTM

Aquest annex pretén fer veure la importància que té la distància horitzontal (*Easting*) quan estem treballant amb les coordenades UTM.

Normalment es parla de la distància d'un fus a l'equador, però aquesta distància, no es manté constant al llarg de tot el fus:

- La zona més “ampla” és la que es troba a l'equador.
- A mesura que ens allunyem d'ell (ja sigui cap al Nord o cap al Sud), aquesta distància es va reduint.

Aquest efecte és produït perquè els meridians, a mesura que s'apropen als pols, es van apropant cada cop més, i per tant, com la projecció UTM pren com a referència aquests meridians en els punts mitjos de cada zona, adquireixen aquesta propietat.

En el següent exemple es pot comprovar, gràcies a l'ajuda d'OziExplorer, com realment aquestes variacions són significatives.

En la **Figura A3.1** i en la **Figura A.3.2** es mostra la representació tant en coordenades UTM com en coordenades geogràfiques, de quatre punts d'un mapa del món calibrat, amb datum WGS-84.

1 ORIGEN EQUADOR	31N 166021	0
2 DRETA EQUADOR	31N 833978	0
3 ORIGEN 84	31X 465005	9329005
4 DRETA 84	31X 534995	9329005

Figura A3.1. Els 4 punts amb les seves coordenades UTM

1 ORIGEN EQUADOR	0 00,000	0 00,000
2 DRETA EQUADOR	0 00,000	6 00,000
3 ORIGEN 84	84 00,000	0 00,000
4 DRETA 84	84 00,000	6 00,000

Figura A3.2. Els 4 punts amb les seves coordenades geogràfiques

Aquests quatre punt corresponen, respectivament a:

1. Origen a l'equador i al meridià d'origen corresponent a la zona 31 N.
2. Límit dret de la zona 31 N a l'equador.
3. Origen de la zona 31 X respecte el meridià d'origen a latitud 84°N.
4. Límit dret de la zona 31 X a latitud 84°N.

Amb uns senzills càlculs podem veure com les distàncies horitzontals a la latitud màxima de la projecció UTM es redueixen considerablement, respecte a l'equador.

A 84°N, la variació de l'Easting de la zona 31 és:

$$534995 - 465005 = \mathbf{69990 \text{ metres}}$$

A l'equador, la variació de l'Easting de la zona 31 és:

$$833978 - 166021 = \mathbf{667957 \text{ metres}}$$

Es pot observar que la diferència entre aquests dos valors és enorme i que per tant s'ha de tenir ben present a l'hora de realitzar un mapejat correcte.

ANNEX A4: Equacions de Molodensky

La transformació de datum amb les equacions de Molodensky es realitza mitjançant coordenades geodèsiques. Existeixen diferents transformacions sota aquesta denominació, amb diferents paràmetres, que ens ofereixen, a més paràmetres, una major precisió. La versió de tres paràmetres és coneguda com a *Abridged-Molodensky*, és a dir, la versió simplificada, és la que es tracta en aquest annex.

Es tenen unes coordenades geodèsiques λ , φ en un datum origen i es vol el seu equivalent en un altre datum diferent, de destí. Llavors, a les primeres se'ls hi ha d'aplicar les equacions següents:

$$d\varphi'' = \frac{-dX * \sin\varphi * \cos\lambda + dZ * \cos\varphi + [a * df + f * da] * \sin(2\varphi)}{\rho * \sin 1''}$$

$$d\lambda'' = \frac{-dX * \sin\lambda + dY * \cos\lambda}{v * \cos\varphi * \sin 1''}$$

$$db = dX * \cos\varphi * \cos\lambda + dY * \cos\varphi * \sin\lambda + dZ * \sin\varphi + (a * df + f * da) * \sin^2\varphi - da$$

D'aquestes equacions s'obtenen quines variacions cal aplicar a les coordenades origen per a calcular les destí. S'ha de tenir en compte que:

- dX , dY , dZ són els tres paràmetres de rotació del sistema de coordenades geocèntriques d'origen respecte a les de destí, que suposen que els semi-eixos menors (b) dels el·lipsoïdes de referència són paral·lels, i que el primer meridià és el de Greenwich. Aquests 3 valors acostumen a fer referència a una zona en concret, i s'obtenen consultant fonts externes.
- ρ i v són les curvatures al primer meridià i a la primera vertical en l'el·lipsoïde del datum origen.
- a i f són el semi-eix major i l'aixafament (*flattering*) de l'el·lipsoïde origen, i da i df són la diferència entre els semi-eixos majors i aixafaments dels dos el·lipsoïdes.
- $d\varphi$ i $d\lambda$ es troben expressats en arcs segon.

ANNEX A5: Mètode Bursa-Wolf de set paràmetres

En aquest annex es durà a terme un canvi de datum amb el mètode Bursa-Wolf de set paràmetres. El procés està acompanyat per un exemple de transformació de coordenades UTM concret, per així comprovar el seguit de canvis que es van realitzant.

Les dades triades per a la localització han estat les de l'ETSE de la UAB, les coordenades UTM de la qual en datum WGS-84, es poden consultar a la **Taula A5.1**.

EASTING	NORTHING	ZONA	HEMISFERI
425980	4594532	31	N

Taula A5.1. *Coordenades UTM de l'ETSE en WGS-84.*

Pas 0.- Consideracions prèvies

Abans de poder començar el procés de transformació de datum, cal realitzar unes operacions amb la geometria de l'el·lipsoide de referència. Aquestes operacions es calculen prèviament, ja que els resultats obtinguts s'utilitzen al llarg de tot el procés i en diferents etapes de les transformacions.

$$\text{Excentricitat } e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

$$\text{Segona excentricitat } e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$$

$$\text{Segona excentricitat al quadrat } e'^2$$

$$\text{Radi polar de curvatura } c = \frac{a^2}{b}$$

$$\text{Aixafament } f = \frac{a - b}{b}$$

Els paràmetres que defineixen l'el·lipsoide WGS-84 són:

Semi-eix major $a = 6378137$

Semi-eix menor $b = 6356752,314245$

Per tant, els valors que es desprenen de les operacions anteriors, per a l'el·lipsoide d'origen són:

$$e=0,081819191$$

$$e'=0,082094438$$

$$e^2=0,006739497$$

$$c=6399593,626$$

$$f=0,005848$$

S'ha tenir en compte que es treballa amb tres el·lipsoïdes (superfícies) diferents: la superfície terrestre, el geoide i l'el·lipsoide de referència. Aquestes no coincideixen, i varien les seves posicions relatives constantment.

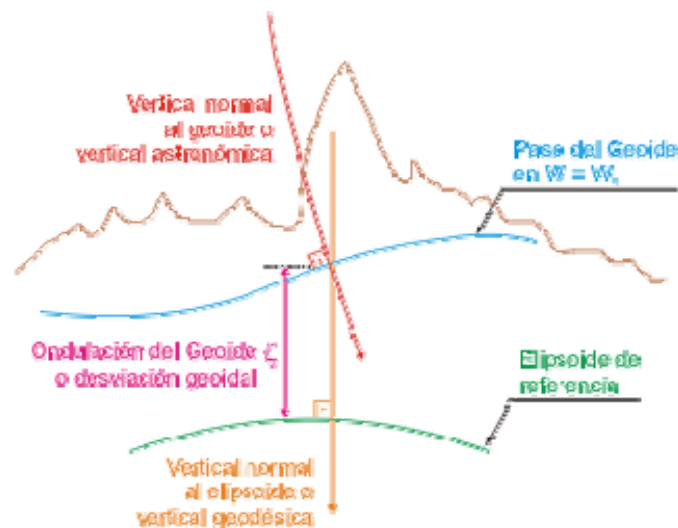


Figura A5.1. Verticals i punts d'interès sobre les 3 superfícies.

Aquesta diferència d'alçades és molt important i s'ha de tenir clar amb quina superfície s'està treballant, quan es realitzen determinades operacions cartogràfiques i geodèsiques.

Una alçada mesurada a partir del geoide se l'anomena *alçada ortomètrica*, representada per H .

A l'ondulació que existeix entre un punt de l'elipsoide i el mateix sobre el geoide s'anomena *ondulació del geoide* (ζ) i l'alçada que representa aquesta diferència se l'anomena *alçada geoidal* (N).



Figura A5.2. Les diferents alçades a tenir en compte.

És necessari conèixer l'alçada del punt que es vol transformar, respecte de l'elipsoide de referència, o *alçada el·lipsoïdal* (h).

$$h = H + N$$

Per a trobar una aproximació de les alçades el·lipsoïdals s'utilitza el model de geoide en línia. D'aquest model simplement ens interessa que l'alçada el·lipsoïdal obtinguda és de 53,26m si s'utilitza com a el·lipsoide de referència el WGS-84.

D'altra banda encara cal trobar l'alçada ortomètrica. En el cas d'Espanya aquesta està mesurada sobre l'alçada mitjana del mar a Alacant (NMMA). Aquesta dada es pot consultar a mapes o s'obté de l'Institut Geogràfic Nacional (IGN), i pren el valor de 718,5m.

Per tant, ara sí, ja podem dir que el valor de l'alçada el lipsoïdal pel cas d'Espanya és:

$$h = 53,26 + 718,5 = 771,76m$$

Un cop tractats temes d'el lipsoïdes i alçades, també s'han de realitzar operacions sobre les coordenades UTM. S'han de desfer els canvis que s'introdueixen sempre en treballar amb aquestes coordenades i que eviten que siguin negatives:

$$X = Easting = X - 500.000$$

$$Y = Northing = \begin{cases} \text{si la coordenada UTM} \in \text{hemisferi Nord} \Rightarrow Y \text{ no es modifica} \\ \text{sinó } Y = Y - 10.000.000 \end{cases}$$

$$X = 425980 - 500000 = -74020$$

$$Y = 4594532$$

També s'ha de tractar el fus UTM de les dades de les quals es parteix. Així, coneixent el fus en què es troben aquestes dades, s'ha de trobar el meridià central d'aquest fus, en coordenades geodèsiques. Cal recordar que aquest meridià és important perquè és l'únic que no pateix deformació en la projecció UTM.

$$\text{Meridià central del fus } \lambda_0 = Fus_{UTM} * 6 - 183$$

$$\lambda_0 = 31 * 6 - 183 = 3^\circ$$

I un cop calculats tots aquests paràmetres, ara sí que es poden començar a aplicar les successives transformacions de coordenades per a aconseguir les dades UTM del datum origen, en datum destí.

Pas 1.- De coordenades UTM a Geodèsiques Origen. Mètode de Coticchia-Surace.

De la mateixa manera que hi ha diferents mètodes de transformació de datums, també n'existeixen de diferents per a transformar coordenades UTM en coordenades geodèsiques.

Un d'aquests mètodes és el de *Coticchia-Surace*, el qual consta d'un seguit d'equacions que calculen dos factors, $\Delta\lambda$ i φ' , que després s'utilitzen a l'hora de realitzar la transformació a coordenades geogràfiques.

$$\varphi' = \frac{Y}{6.366197,724 * 0,9996}$$

$$v = \frac{c}{(1 + e'^2 * \cos^2 \varphi')^{1/2}} * 0,9996$$

$$a = \frac{X}{v}$$

$$A_1 = \sin(2 * \varphi')$$

$$A_2 = A_1 * \cos^2 \varphi'^2$$

$$J_2 = \varphi' + \frac{A_1}{2}$$

$$J_4 = \frac{3 * J_2 + A_2}{4}$$

$$J_6 = \frac{5 * J_4 + A_2 * \cos^2 \varphi'}{3}$$

$$a = \frac{3}{4} * e'^2$$

$$\beta = \frac{5}{3} a^2$$

$$\gamma = \frac{35}{27} * a^3$$

$$B_\phi = 0,9996 * c * (\varphi' - a * J_2 + \beta * J_4 - \gamma * J_6)$$

$$b = \frac{Y - B_{\phi}}{v}$$

$$\zeta = \frac{e'^2 * a^2}{2} * \cos^2 \varphi'$$

$$\xi = a * \left[1 - \frac{\zeta}{3} \right]$$

$$\eta = b * (1 - \zeta) + \varphi'$$

$$\sinh \xi = \frac{e^{\xi} - e^{-\xi}}{2}$$

$$\Delta \lambda = \arctg \left(\frac{\sinh \xi}{\cos \eta} \right)$$

$$\tau = \arctg (\cos \Delta \lambda * \tan n)$$

Substituint a les equacions anteriors, utilitzant els valors obtinguts al **Pas 0**, les coordenades geodèsiques resulten:

$$\varphi' = 0,721996197$$

$$\Delta \lambda = -0,015478354$$

$$\tau = 0,7242854$$

Ara que ja es disposa de les variacions de la longitud ($\Delta \lambda$) i del factor que s'aplica per a calcular la latitud (φ'), només cal compondre les coordenades geodèsiques. Tenint en compte que $\Delta \lambda$ es troba en radians, i s'ha d'operar en graus, tenim:

$$\text{Longitud } \lambda = \Delta \lambda + \lambda_0 \quad \text{on } \Delta \lambda = \frac{\Delta \lambda}{\pi} * 180$$

$$\text{Latitud } \varphi = \varphi' + \left[1 + e'^2 * \cos^2 \varphi' - \frac{3}{2} * e'^2 * \sin \varphi' * \cos \varphi' * (\tau - \varphi') \right] * (\tau - \varphi')$$

$$\lambda = 2,113155652^{\circ}$$

$$\varphi = 0,724284063 \text{ rad}$$

La latitud es necessita expressada en graus, ja que també l'hem obtingut en radians, i així es transformen ambdues en format graus, minuts i segons:

$$\text{Latitud } \varphi = \frac{\varphi}{\pi} * 180$$

$$\text{Graus} = \text{part sencera}(\varphi)$$

$$\text{Minuts} = \text{part sencera}([\varphi - \text{Graus}] * 60)$$

$$\text{Segons} = ([\varphi - \text{Graus}] * 60 - \text{Minuts}) * 60$$

Les coordenades geodèsiques origen són:

$$\text{Longitud } \lambda = 2,113155652^{\circ} = 2^{\circ} 6' 47,36''$$

$$\text{Latitud } \varphi = 41^{\circ} 29' 56,37''$$

Pas 2.- De coordenades Geodèsiques a Geocèntriques origen.

Un cop obtingudes les coordenades geodèsiques del datum d'origen, el proper pas és transformar aquestes a coordenades geocèntriques *ECEF*, per tal de poder aplicar sobre aquestes últimes les transformacions del mètode Bursa-Wolf. És a dir, s'ha de passar de coordenades amb format graus, minuts i segons, a coordenades cartesianes X, Y, Z del datum origen.

$$X = (N + b) * \cos \varphi * \cos \lambda$$

$$Y = (N + b) * \cos \varphi * \sin \lambda$$

$$Z = \left(\frac{b^2}{a^2} + N + b \right) * \sin \varphi$$

on N és el radi de curvatura en la vertical principal del punt i es calcula:

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 * \cos^2 \varphi + b^2 * \sin^2 \varphi}}$$

Per al càlcul de les coordenades cartesianes X , Y , Z s'ha de treballar amb coordenades geodèsiques en graus sexagesimals passats a graus angulars (radians).

$$\text{Graus decimals} = \text{graus} + \text{minuts} / 60 + \text{segons} / 3600$$

$$\text{Pas a radians} = \text{Graus decimals} * \frac{\pi}{180}$$

Després d'aplicar aquests càlculs, les coordenades cartesianes origen resultat són:

$$X = 4781376,434$$

$$Y = 176424,4492$$

$$Z = 4204599,864$$

Pas 3.- Canvi de datum amb el model Bursa-Wolf de set paràmetres.

Un cop trobades les coordenades cartesianes origen, es pot aplicar el model Bursa-Wolf. La formulació del model, mitjançant la notació matricial és:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + e) * \begin{bmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

On X' , Y' , Z' fan referència a les coordenades cartesianes del datum destinació i X , Y , Z al datum origen.

A partir d'aquesta equació es dedueix quin és el motiu pel qual s'anomena el mètode Bursa-Wolf de set paràmetres.

S'ha de considerar que per tal de realitzar el canvi de datum:

- S'ha de realitzar una translació dels centres (ΔX , ΔY , ΔZ).
- S'han de compensar els angles que formen entre els dos datums, és a dir, rotacions dels eixos (R_x , R_y , R_z).
- S'ha d'aplicar un factor d'escala (e) per considerar les diferències entre les unitats d'un sistema i l'altre.

Són aquestes set transformacions, les que donen el nom al model.

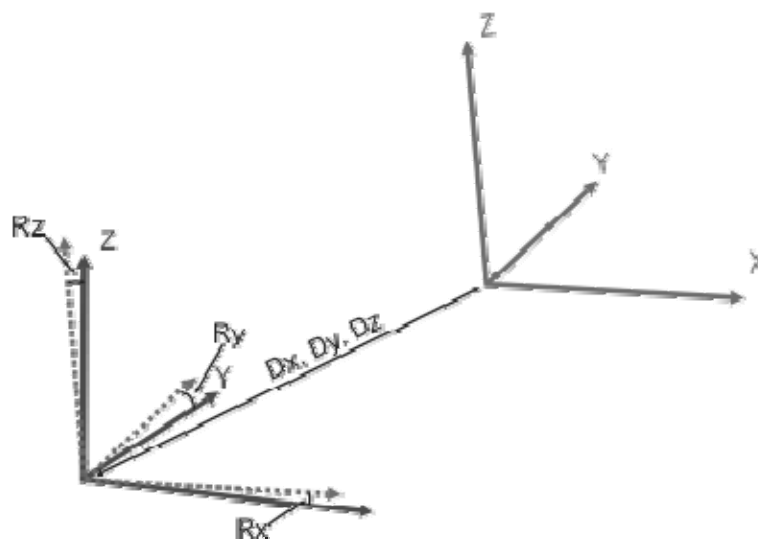


Figura A5.3. Els set paràmetres del mètode Bursa-Wolf.

Per a aplicar la transformació de set paràmetres, no existeixen uns valors genèrics que aplicar, sinó que és necessari conèixer els concrets de la zona sobre la qual es treballa. Aquests paràmetres es poden obtenir d'Instituts Cartogràfics, com l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) o el *Instituto Geográfico Nacional* (IGN), per al cas d'Espanya.

En la **Taula A5.2** es mostren els paràmetres que són vàlids per a realitzar transformacions entre WGS-84 i ED1950 a la península Ibèrica.

	PARÀMETRES ORIGINALS	PARÀMETRES EN GRAUS DECIMALS	PARÀMETRES EN RADIANES
ΔX	131,032m		
ΔY	100,251m		
ΔZ	163,354m		
R_x	-1,2438"	-0,0003455°	-0,0000060301
R_y	-0,0195"	-0,0000054167°	-0,0000000945
R_z	-1,1436"	-0,0003176667°	-0,0000055443
e	-9,39 ppm		

Taula A5.2. Paràmetres del model Bursa-Wolf per a la península Ibèrica.

Algunes consideracions sobre aquestes dades:

- els desplaçaments s'expressen en metres, les rotacions en segons sexagesimals (per tant els hem de transformar en radians) i el factor d'escala en parts per milió (10^{-6}).
- el sentit de transformació és de WGS-84 a ED1950; per a realitzar la transformació inversa, només s'ha de canviar el signe als paràmetres.
- la precisió estimada està al voltant de 1 - 1,5m.

Per tant, ara que ja es coneixen els set paràmetres del model, es pot continuar amb el procés de transformació de coordenades.

De (1) es poden deduir les següents equacions:

$$\begin{aligned}
 X' &= \Delta X + (1 + e) * (1 * X + R_z * Y - R_y * Z) \\
 Y' &= \Delta Y + (1 + e) * (-R_z * X + 1 * Y + R_x * Z) \\
 Z' &= \Delta Z + (1 + e) * (R_y * X - R_x * Y + 1 * Z)
 \end{aligned}$$

$$X'=4781461,988$$

$$Y'=176524,1989$$

$$Z=4204724,348$$

A partir d'aquest moment ja es treballa amb coordenades del datum destí. Ara es disposa de les coordenades cartesianes i s'ha de fer el camí a la inversa amb aquest nou datum fins a arribar a les coordenades UTM en aquest nou datum.

Pas 4.- De coordenades Geocèntriques a Geodèsiques destí.

S'han de trobar tres paràmetres: latitud i altituds geodèsiques i alçada el lipsoïdal, a partir de les coordenades cartesianes.

Les fórmules emprades en aquest cas són:

$$\varphi = \arctan\left(\frac{Z + e'^2 * b * \sin^3 \theta}{p - e^2 * a * \cos^3 \theta}\right)$$

$$\lambda = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right)$$

$$b = \left(\frac{p}{\cos \varphi}\right) - N$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

$$c = \frac{a^2}{b}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{Z * a}{p * b}\right)$$

$$p = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

on :

- φ, λ són la latitud, longituds geodèsiques del punt i h l'alçada el lipsoïdal.
- a, b, e^2, e'^2 fan referència a l'el·lipsoide al del datum destí.
- θ és un factor de conversió.
- p és un segon factor de conversió.

La latitud φ i longitud λ geodèsiques que s'obtenen en datum destí es troben en radians, però per a realitzar alguns càlculs és necessària la seva representació en graus sexagesimals. Es realitza la següent transformació:

$$\text{Graus Decimals} = \text{Radians} * \frac{180}{\pi}$$

Primer de tot es calculen els paràmetres de l'el·lipsoide destí, el ED50. Coneixent els paràmetres que el defineixen, es poden aplicar les anteriors fórmules. Així, les coordenades geodèsiques en aquest datum són:

$$\varphi = 0,724313672 \text{ rad} = 41,50011644^\circ$$

$$\lambda = 0,036901698 \text{ rad} = 2,11431154^\circ$$

$$h = 710,0743948 \text{ m}$$

Pas 5.- De coordenades Geodèsiques a UTM destí. Mètode de Coticchia-Surace.

Com a últim pas d'aquest procés, només queda transformar aquestes coordenades geodèsiques en coordenades UTM del datum destí. S'emptra el mateix mètode que al **Pas 1**, el mètode *Coticchia-Surace*, però en la seva forma inversa. Les fórmules de transformació són similars, tot i que hi ha petites modificacions.

Abans però, s'ha de calcular el fus en què es trobaran les coordenades destí.

$$Fus\ UTM = Part\ Sencera \left(\frac{\lambda_{Graus\ Decimals}}{6} + 31 \right)$$

També cal saber quina és la longitud geodèsica del meridià central d'aquest fus, respecte el meridià de referència, en graus. L'operació a realitzar és:

$$\lambda_0 = Fus\ UTM * 6 - 183$$

Per últim s'ha de conèixer la distància angular $\Delta\lambda$, que existeix entre la longitud λ del punt amb el meridià central del fus UTM, en radians.

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 \text{ on } \lambda_0 = \lambda_0 * \frac{\pi}{180}$$

$$Fus\ UTM_{Datum\ Destí} = 31$$

$$\lambda_0 = 3^\circ = 0,05235987 \text{ rad}$$

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = -0,01545818 \text{ rad}$$

I ara sí que es pot aplicar el mètode *Coticchia-Surace*:

$$A = \cos \varphi * \sin \Delta\lambda$$

$$\xi = \frac{1}{2} * \ln \left[\frac{1+A}{1-A} \right]$$

$$\eta = \arctg \left(\frac{\tan \varphi}{\cos \Delta\lambda} \right) - \varphi$$

$$v = \frac{e}{(1 + e'^2 * \cos^2 \varphi)^{1/2}} * 0,9996$$

$$\zeta = \frac{e'^2}{2} * \xi^2 * \cos^2 \varphi$$

$$\begin{aligned}
A_1 &= \sin(2 * \varphi) \\
A_2 &= A_1 * \cos^2 \varphi \\
J_2 &= \varphi + \frac{A_1}{2} \\
J_4 &= \frac{3 * J_2 + A_2}{4} \\
J_6 &= \frac{5 * J_4 + A_2 * \cos^2 \varphi}{3} \\
a &= \frac{3}{4} * e'^2 \\
\beta &= \frac{5}{3} * a^2 \\
\gamma &= \frac{37}{25} * a^3 \\
B_\varphi &= 0,9996 * e * (\varphi - a * J_2 + \beta * J_4 - \gamma * J_6)
\end{aligned}$$

Les coordenades UTM finals s'obtenen amb les transformacions a continuació. S'ha de tenir en compte que per a trobar la solució de la coordenada Y (Northing), s'ha de considerar l'hemisferi sobre el qual es troben les coordenades geodèsiques d'aquest punt. Així,

$$\begin{aligned}
X &= \zeta * v * (1 + \frac{\zeta}{3}) + 500.000 \\
Y &= \begin{cases} \eta * v * (1 + \zeta) + B_\varphi & \text{si } \varphi \in \text{Hemisferi nord} \\ \eta * v * (1 + \zeta) + B_\varphi + 10.000.000 & \text{si } \varphi \in \text{Hemisferi sud} \end{cases}
\end{aligned}$$

retornen el valor de les coordenades UTM en el datum destí.

Aplicant les equacions del mètode *Coticchia-Surace*, s'arriba a què les coordenades UTM en el datum destí ED50 són:

$$\begin{aligned}
X &= \text{Easting} = 426074,3855 \\
Y &= \text{Northing} = 4594736,488
\end{aligned}$$

A la **Taula A5.3** es pot comprovar quin es el resultat d'aplicar la transformació de les coordenades UTM.

DATUM	EASTING	NORTHING	FUS	HEMISFERI
WGS-84	425980	4594532	31	N
ED50	426074	4594736	31	N

Taula A5.3. Canvis produïts en les coordenades UTM segons el datum.

ANNEX A6: Frases NMEA

Aquest annex tracta amb un major detall les frases NMEA. Primer es mostren quines són les frases que formen l'estàndard NMEA i a continuació, aquelles que aporten una informació més útil de cara a l'obtenció de dades sobre el posicionament de l'observador, així com dels satèl·lits GPS a la vista i del sistema GPS en general.

- AAM - Waypoint Arrival Alarm
- ALM - Almanac data
- APA - Auto Pilot A sentence
- APB - Auto Pilot B sentence
- BOD - Bearing Origin to Destination
- BWC - Bearing using Great Circle route
- DTM - Datum being used.
- GGA - Fix information
- GLL - Lat/Lon data
- GSA - Overall Satellite data
- GSV - Detailed Satellite data
- MSK - Send Control for a Beacon receiver
- MSS - Beacon receiver status information.
- RMA - Recommended Loran data
- RMB - Recommended navigation data for GPS
- RMC - Recommended minimum data for GPS
- RTE - Route message
- VTG - Vector Track and Speed over the Ground
- WCV - Waypoint Closure Velocity (Velocity Made Good)
- WPL - Waypoint information
- XTC - Cross Track error
- XTE - Measured Cross Track Error
- ZTG - Zulu (UTC) Time and Time To Go (to destination)
- ZDA - Date and Time

S'ha de remarcar que les frases anteriors fan referència a dispositius GPS, i per tant, totes elles van precedides per l'identificador "GP".

A6.1. CPGGA

Aquesta sentència conté dades fixes del sistema global de posicionament (GPS).

GGA,123519,4807.038,N,01131.324,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*42

CAMP	EXEMPLE	COMENTARI
Tipus de sentència	GGA	
Temps UTC	123519	<i>hhmmss</i>
Latitud	4807.038	<i>ggmm.mmm</i>
Indicador N/S	N	<i>N/S</i>
Longitud	01131.324	<i>gggmm.mmm</i>
Indicador E/W	E	<i>E/W</i>
Qualitat de GPS	1	<i>0 = invàlida ; 1 = GPS ; 2 = DGPS¹</i>
Satèl·lits en ús	08	<i>Número de satèl·lits usats (00-12)</i>
HDOP ²	0.9	<i>Desviació de la precisió horitzontal</i>
Altitud	545.4	<i>Alçada sobre el nivell del geoide</i>
Unitats d'alçada	M	<i>Unitat emprada (M = metres)</i>
Separació del geoide	46.9	<i>Alçada del geoide sobre l'el·lipsoid WGS-84</i>
Unitats de separació	M	<i>M = metres</i>
Edat DGPS		<i>Temps en segons des de la darrera actualització DGPS</i>
ID de l'estació DGPS		
Checksum	*42	
Terminació	CR/LF	

Taula A6.1. Camps de la sentència GPGGA.

¹ DGPS (*Differential GPS*) és un mètode de posicionament més precís que el GPS tradicional en què s'utilitza una estació de radiofreqüència des d'on es reben les correccions que s'han d'aplicar a cada satèl·lit.

² DOP (*Dilution of Precision*) és la precisió obtinguda arran de la mesura dels satèl·lits que tenim a la vista. Com a més petit, un resultat més proper a la realitat. Un resultat de DOP = 1 es considera un càlcul perfecte.

A6.2. GPGLL

Inclou informació sobre la posició geogràfica (latitud/longitud) del punt en què es troba l'observador.

GLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A

CAMP	EXEMPLE	COMENTARI
Típus de sentència	GLL	
Latitud	4916.45	<i>ggmm.mm</i>
Indicador N/S	N	<i>N/S</i>
Longitud	12311.12	<i>ggmm.mmm</i>
Indicador E/W	W	<i>E/W</i>
Temps UTC	225444	<i>bbmmss</i>
Status	A	<i>A = Vàlid ; V = Invàlid</i>
Checksum		<i>Camp opcional</i>
Terminació	CR/LF	

Taula A6.2. Camps de la sentència GPGLL.

A6.3. GPGSA

Proporciona informació sobre els satèl·lits i l'error en la mesura xDOP.

GSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1*39

CAMP	EXEMPLE	COMENTARI
Típus de sentència	GSA	
Mode (1/2)	A	<i>A = auto 2D/3D, M = manual 2D/3D</i>
Mode (2/2)	3	<i>1 = no fix, 2 = 2D, 3 = 3D</i>
Satèl·lit 1 utilitzat	04	
Satèl·lit 2 utilitzat	05	
...		
Satèl·lit 12 utilitzat	-	
2.5	PDOP	<i>Desviació de la precisió</i>
1.3	HDOP	<i>Desviació de la precisió horitzontal</i>
2.1	VDOP	<i>Desviació de la posició vertical</i>

Taula A6.3. Camps de la sentència GPGSA.

MANUAL D'USUARI

ÍNDEX

1. REQUISITS DEL SISTEMA.....	1
1.1. Configuració mínima	1
1.2. Configuració recomanada	1
2. INSTAL·LACIÓ.....	2
2.1. Instal·lació	2
2.2. Desinstal·lació	2
3. ÚS DE L'APLICACIÓ	3
3.1. Càrrega/descàrrega de mapes.....	3
3.2. Calibratge.....	4
3.3. Zoom	7
3.4. Comunicació GPS.....	8
3.5. Tracks.....	9
3.6. Eines	10

1. REQUISITS DEL SISTEMA

1.1. Configuració mínima

Processador: PC Compatible a 1 GHz.

Memòria: 256 MB de RAM.

Resolució de pantalla: 1024x768 píxels.

Disc dur: 5 MB per a la instal·lació.

Un port USB lliure.

Un adaptador Bluetooth® per a USB.

Un receptor GPS.

Sistema Operatiu: Microsoft Windows® XP amb Framework.NET versió 2.0.³

1.2. Configuració recomanada

Processador: PC Compatible a 2 GHz o superior.

Memòria: 512 MB de RAM o superior.

Resolució de pantalla: 1280x1024 píxels.

³ En cas de no disposar de la plataforma Framework.NET 2.0 al sistema, durant la instal·lació es descarregarà de la web de Microsoft, per la qual cosa serà necessària una connexió a Internet.

2. INSTAL·LACIÓ

2.1. Instal·lació

Per a instal·lar l'aplicació executar l'arxiu **Setup.exe** contingut al CD o carpeta on es trobin els arxius d'instal·lació.

A continuació es carregarà l'assistent d'instal·lació de Windows, que s'encarregarà d'instal·lar automàticament l'aplicació.

2.2. Desinstal·lació

La desinstal·lació de l'aplicació es realitza mitjançant el **Taulell de Control** del Sistema Operatiu. A l'opció **Afegir/treure programari**, seleccionar l'entrada PFC de la llista que apareix.

Es mostrarà una finestra com la de la **Figura 2.1**. Seleccionar l'opció **Quitar la aplicación de este equipo**.

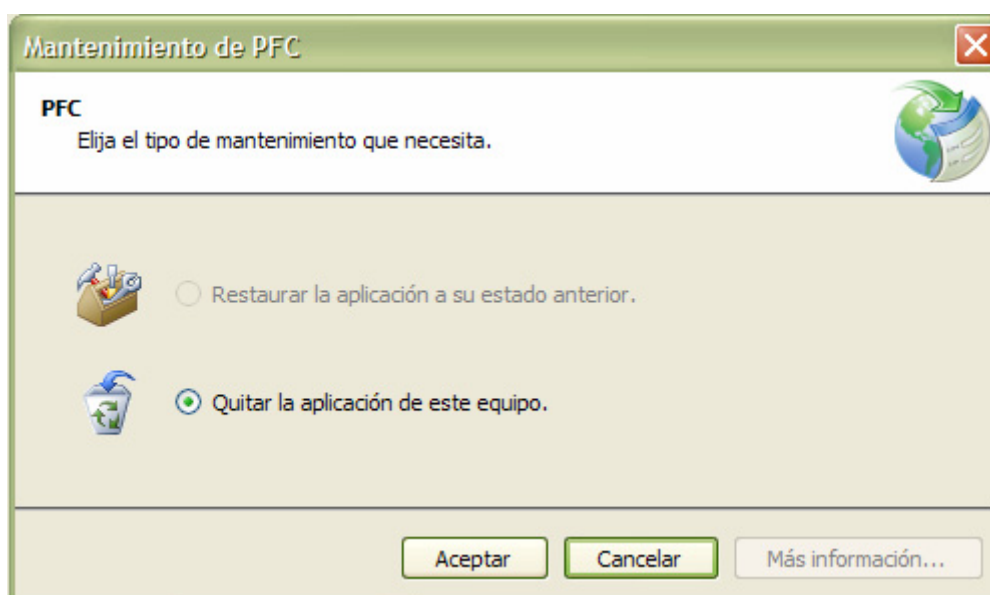


Figura 2.1. Desinstal·lació de l'aplicació.

3. ÚS DE L'APLICACIÓ

Per a iniciar l'aplicació, anar a *Inici – Tots els programes*. A la llista apareixerà un element anomenat **PFC**. Seleccionar l'única que conté, anomenada també **PFC**. Acte seguit apareixerà una finestra com la de la **Figura 3.1**, corresponent a la finestra principal.

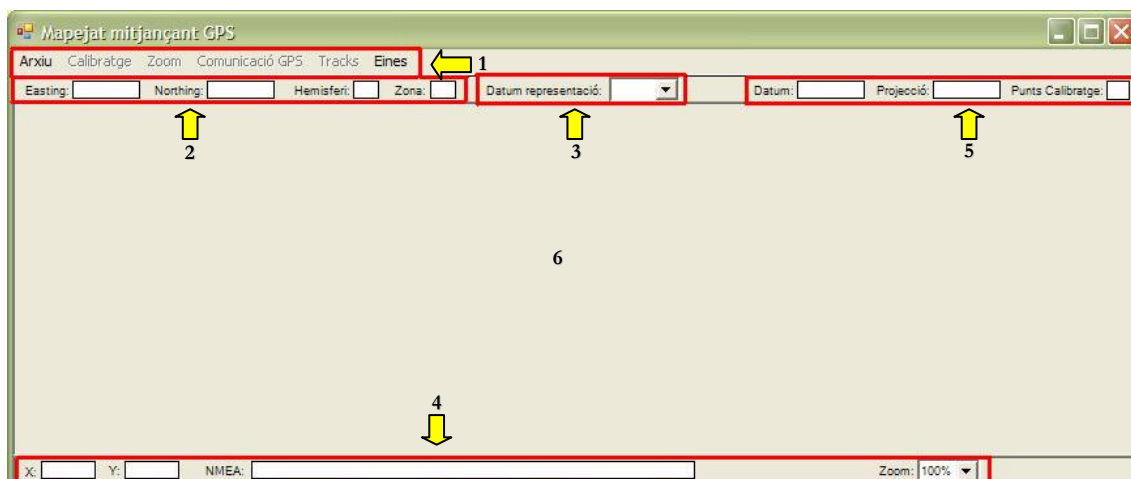


Figura 3.1. Finestra principal de l'aplicació.

1. Menú principal.
2. Informació UTM del mapa actual.
3. Datum de representació actual.
4. Informació sobre la posició del mouse, comandes NMEA rebudes, i zoom.
5. Informació de calibratge del mapa.
6. Àrea del mapa.

3.1. Càrrega/descàrrega de mapes

Per a carregar un mapa:

1. Tancar el mapa carregat actualment, si és el cas.
2. Seleccionar l'opció *Arxius – Carregar nou mapa...* (Figura 3.2)
3. Triar la ubicació de l'arxiu, en format .jpg, corresponent al mapa a carregar.
4. Prémer el botó *Acceptar*.



Figura 3.2. Menú de càrrega de mapes.

Per a tancar un mapa:

1. Tenir carregat un mapa.
2. Seleccionar l'opció **Arxiu – Tancar mapa actual**. (Figura 3.3)
3. Confirmar la selecció amb **Acceptar**.



Figura 3.3. Menú de tancament del mapa actual.

3.2. Calibratge

3.2.1. Nou calibratge

Per a realitzar un nou calibratge a partir d'unes dades conegudes:

1. Carregar un mapa.
2. Seleccionar l'opció **Calibratge – Calibrar mapa...**
3. A la finestra que apareix introduir les dades sobre el mapa. (Figura 3.4)
4. Prémer **Acceptar**.

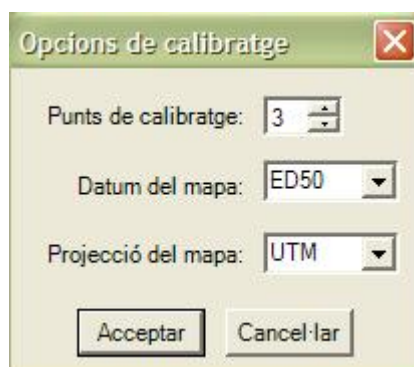


Figura 3.4. Opcions de calibratge del mapa.

5. En la nova finestra que apareix, introduir les dades d'un dels punts. (**Figura 3.5**)
6. Clicar sobre el mapa la posició on correspon el punt actual.
7. Repetir els passos 5 i 6 per als altres dos punts.

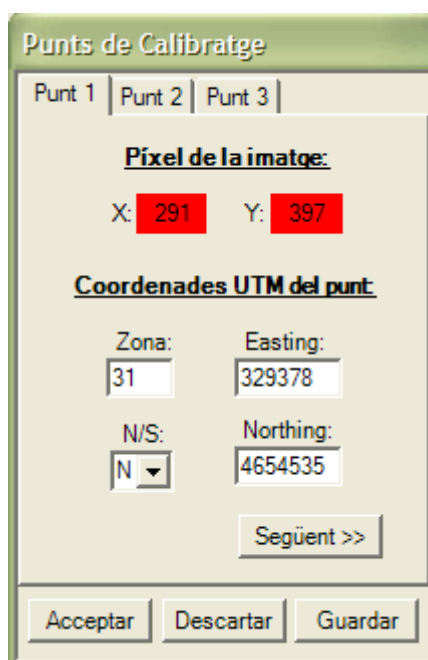


Figura 3.5. Punts de calibratge del mapa.

8. Per a guardar el calibratge actual, prémer **Guardar**. En aquest cas apareixerà una nova finestra on introduir el nom i ubicació del calibratge a salvar. Si es vol cancel·lar el procés de calibratge, prémer **Descartar**. Per a realitzar el calibratge del mapa actual sense guardar-lo, prémer **Acceptar**.

3.2.2. Carregar calibratge

Si amb anterioritat s'ha emmagatzemat un calibratge del mapa actual, per a recuperar-lo:

1. Seleccionar l'opció **Calibratge – Carregar calibratge...**
2. Buscar la ubicació de l'arxiu .dat corresponent al mapa actualment carregat i prémer el botó **Abrir**. (Figura 3.6)

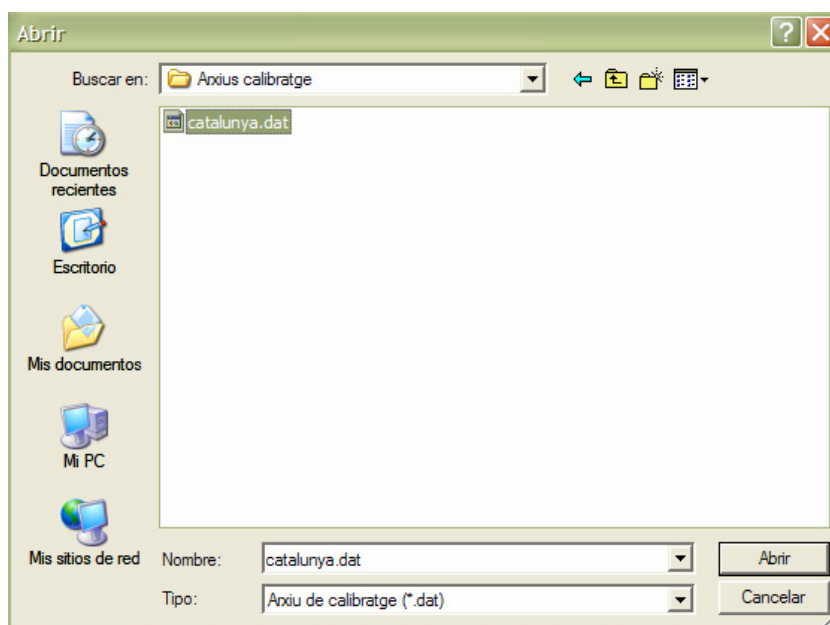


Figura 3.6. Obrir arxiu de calibratge.

3. Si l'arxiu és vàlid, apareixerà la pantalla de punts de calibratge amb les dades introduïdes.
4. Prémer **Acceptar** per a calibrar el mapa.

3.2.3. Datum de representació

Mitjançant l'opció **Calibratge – Datum de representació**, les dreceres de teclat o el menú de **Datums de representació** de la pantalla principal, es pot representar el mapa actual segons dos datums diferents: l'European Datum 1950 (ED50) i el WGS-84. (Figura 3.7)

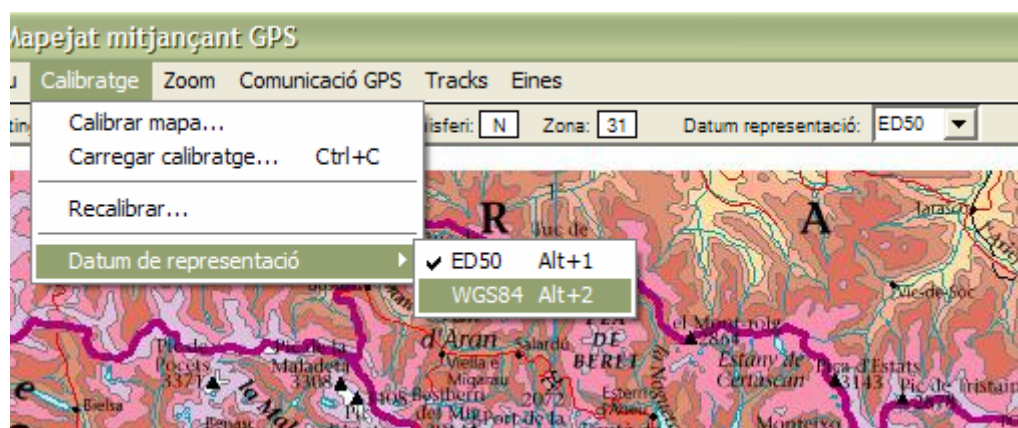


Figura 3.7. Obrir arxíu de calibratge.

3.3. Zoom

Al menú **Zoom** es troben els diferents nivells de detall, que permeten treballar amb mapes independentment de la seva mida. (Figura 3.8)

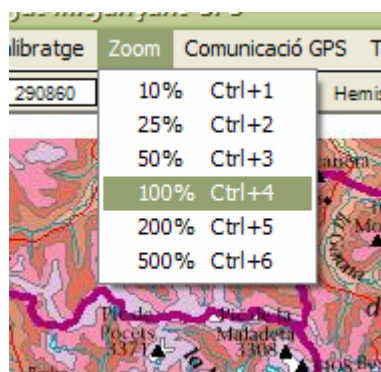


Figura 3.8. Opcions de zoom.

També es poden realitzar canvis en la visualització del mapa a través del menú desplegable de la pantalla principal, situat a la part inferior dreta de la pantalla principal.

3.4. Comunicació GPS

3.4.1. Configuració del port COM

Per a configurar el port COM a través del qual l'aplicació es comunicarà amb el receptor GPS cal seguir els següents passos:

1. Connectar el receptor GPS i l'adaptador Bluetooth a un port USB. Comprovar que Microsoft Windows® ha detectat el receptor i l'hi ha assignat un port COM.
2. Accedir al menú **Comunicació GPS – Configuració del port COM...** i triar el port que hagi estat assignat pel Sistema Operatiu. La resta de paràmetres, en principi, no és necessari canviar-los. (**Figura 3.9**)
3. Prémer **Acceptar**.

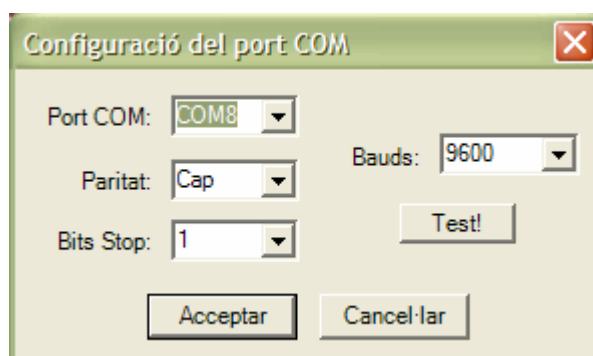


Figura 3.9. Configuració del port COM

3.4.2. Inici/aturada de la comunicació

Triar l'opció **Iniciar comunicació...** del menú **Comunicació GPS**. A partir d'aquest moment, i si s'ha realitzat correctament la configuració del port COM, comença la comunicació amb el receptor GPS.

Si el mapa carregat conté la ubicació actual, aquesta es mostra per pantalla sobre el mapa. (**Figura 3.10**)

Per a finalitzar la comunicació amb el receptor GPS, simplement clicar sobre l'opció **Aturar comunicació** en qualsevol moment.



Figura 3.10. Ubicació actual segons les dades rebudes.

3.5. Tracks

L'aplicació permet la càrrega d'arxius de track generats per OziExplorer. Per a carregar un d'aquests arxius i visualitzar-lo per pantalla:

1. Anar a **Tracks – Carregar track...**
2. Buscar la ubicació de l'arxiu de track a carregar.
3. Prémer **Acceptar**.

Si les dades contingudes en l'arxiu carregat corresponen a alguna zona del mapa actual, apareixerà la ruta seguida per aquests punts. (Figura 3.11)

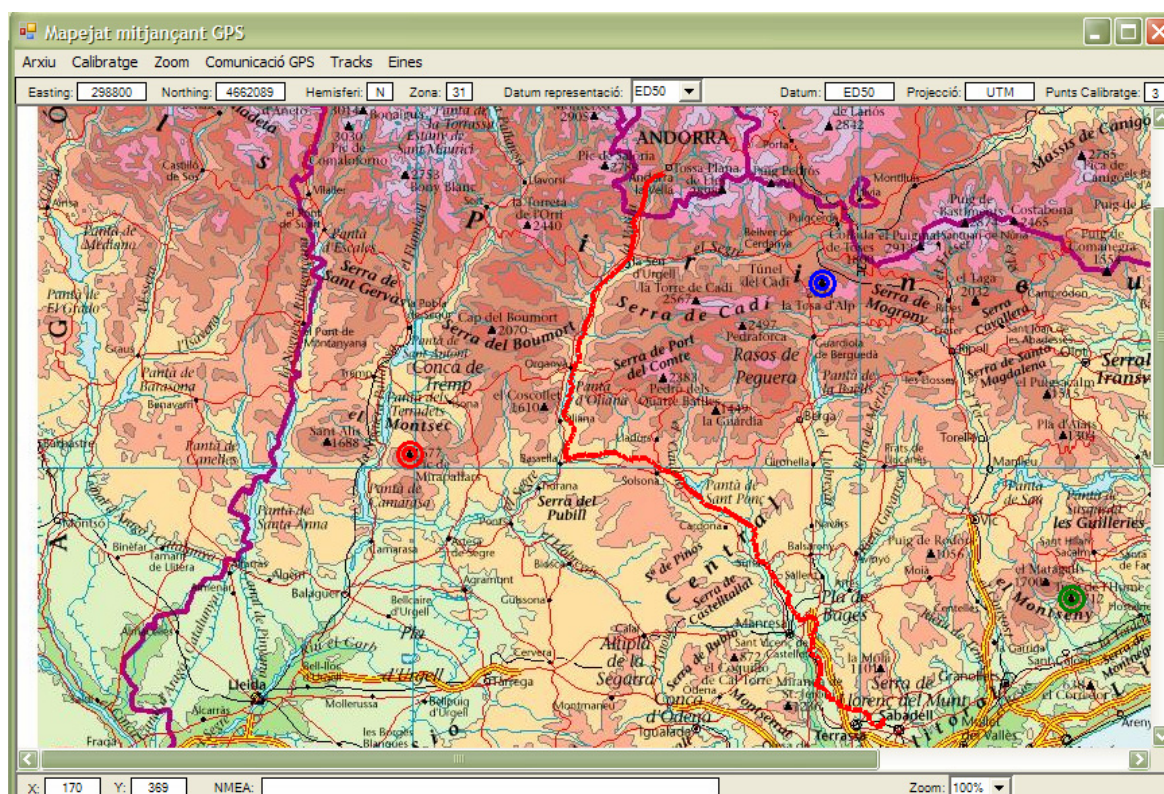


Figura 3.11. Track carregat sobre el mapa actual.

Mitjançant l'opció **Mostrar / ocultar track** es pot triar si es vol continuar veient el track carregat o amagar-lo. Per a tornar a mostrar-lo, només cal tornar a prémer aquesta opció.

3.6. Eines

3.6.1. Canvi de coordenades

Aquesta eina realitza la transformació de coordenades del datum WGS-84 a coordenades en datum ED50.

Els passos per a dur a terme una transformació són:

1. Seleccionar l'opció **Eines – Canvi de coordenades...**
2. Introduir les dades de les coordenades en datum WGS-84.
3. Triar el datum de representació de les coordenades destí.
4. Prémer el botó **Transformar**.
5. Apareixerà una finestra amb la transformació realitzada. (Figura 3.12)
5. Per a sortir de l'eina, prémer **Tancar**.



Figura 3.12. Eina de transformació de coordenades.