

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/334249384>

Fundamentos de Navegación Marítima

Book · January 2002

CITATIONS

0

READS

357

FUNDAMENTOS DE NAVEGACIÓN MARÍTIMA

Itsaso Ibáñez
Ricardo Gaztelu-Iturri



Servicio Editorial
UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO



Argitalpen Zerbitzua
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA

Fundamentos de navegación marítima

Itsaso IBÁÑEZ
Ricardo GAZTELU-ITURRI

Eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco
servicio editorial

Euskal Herriko
Unibertsitatea
argitalpen zerbitzua

© Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua

ISBN: 84-8373-476-1

Depósito legal/Lege gordailua: BI-2685-02

Impresión/Inprimaketa: Itxaropena, S.A.
Araba Kalea, 45 – 20800 Zarautz (Gipuzkoa)

ÍNDICE

Página

ÍNDICE	V
INTRODUCCIÓN	1
La navegación como disciplina	3
El Plan de estudios del Ministerio de Educación y Ciencia (1992)	3
El Código de Formación de OMI	4
El plan de estudios de la ETS de Náutica y Máquinas Navales (UPV/EHU) (1999)	8
La asignatura <i>Fundamentos de navegación marítima</i>	9
La navegación marítima	10
 BLOQUE TEMÁTICO 1. GEODESIA Y CARTOGRAFÍA NÁUTICA	 13
TEMA 1. COORDENADAS GEOGRÁFICAS	17
1.1. La Tierra: forma y dimensiones	19
1.1.1. Superficies de nivel: el geoide	20
1.1.2. Elipsoides de revolución como superficies de referencia	20
1.2. La Tierra como una esfera	25
1.3. Sistemas de coordenadas geográficas	29
1.3.1. Coordenadas geográficas geodésicas	30
1.3.2. Coordenadas geográficas astronómicas	32
1.3.3. Coordenadas geográficas geocéntricas	40
1.4. Consideraciones finales de orden práctico	41
TEMA 2. CARTOGRAFÍA NÁUTICA	43
2.1. Representación de la superficie terrestre	45
2.2. Sistemas de representación cartográfica	47
2.2.1. Clasificación de las representaciones cartográficas	48
2.2.2. Representaciones cartográficas más utilizadas en navegación marítima	52
2.3. Proyección Mercator	53
2.3.1. Desarrollo cilíndrico directo	53
2.3.2. Desarrollo cilíndrico conforme de Mercator. Tierra esférica	57
2.3.3. Desarrollo cilíndrico conforme de Mercator. Tierra elipsoidal	59
2.4. Carta de Mercator	60
2.5. Escala	66

2.6. Publicaciones relacionadas con las cartas	67
TEMA 3. CARTAS ELECTRÓNICAS	71
3.1. Definiciones	74
3.2. Sistemas de producción de cartas electrónicas	76
3.2.1. Ventajas e inconvenientes de ambos sistemas	78
3.2.2. Ecdis versus Rcds	80
3.3. El sistema Ecdis	81
3.3.1. <i>Dual fuel</i> : ECDIS y RCDS cohabitan	83
3.4. Aplicaciones prácticas de ECDIS	84
3.4.1. Planificación, comprobación y verificación de la derrota	85
3.4.1.1. Planificación de la derrota	85
3.4.1.2. Comprobación de la derrota	87
3.4.1.3. Verificación de la derrota	88
3.4.2. Respondedor AIS para ECDIS	89
BLOQUE TEMÁTICO 2. NAVEGACIÓN DE ESTIMA	91
TEMA 4. LA DISTANCIA	97
4.1. Unidades empleadas para medir distancia y velocidad en la mar	99
4.2. Correderas	102
4.2.1. Corredora de barquilla	102
4.2.2. Corredora mecánica	105
4.2.3. Correderas eléctricas	106
4.2.4. Correderas modernas	108
4.2.4.1. Correderas electromagnéticas	108
4.2.4.2. Corredora Doppler	110
4.2.5. Normas de funcionamiento de las correderas	114
4.2.6. Calibración de la corredora	116
4.2.7. Velocidad por revoluciones de la máquina	117
TEMA 5. EL RUMBO	119
5.1. La aguja náutica	121
5.2. Geomagnetismo	122
5.2.1. Magnetismo. Generalidades	122
5.2.2. El campo magnético terrestre	126
5.2.3. Elementos magnéticos terrestres	129
5.2.4. El magnetismo inducido por los aceros del buque	135
5.2.5. La corrección total: definición	138
5.3. La aguja magnética	139
5.3.1. Normas de rendimiento e instalación de las agujas magnéticas a bordo	143

5.4. Rumbos	145
5.4.1. Medida de los rumbos	147
5.4.2. Efecto del viento sobre el rumbo: abatimiento y rumbo de superficie	149
5.4.3. Efecto de la corriente sobre el rumbo: deriva y rumbo de fondo	151
5.5. Procedimientos para determinar la corrección total	152
TEMA 6. LA NAVEGACIÓN DE ESTIMA (ANALÍTICA Y GRÁFICA)	155
6.1. Resolución analítica de la estima	157
6.1.1. Deducción de las fórmulas aproximadas de la estima	157
6.1.2. Errores cometidos al utilizar las fórmulas aproximadas de la estima	160
6.1.3. Deducción de las fórmulas exactas de la estima	162
6.1.4. Consideraciones de orden práctico	163
6.1.5. Estima directa	164
6.1.5.1. Casos particulares	165
6.1.5.2. La estima directa con viento	166
6.1.5.3. La estima directa con corriente de dirección e intensidad conocida	166
6.1.6. Estima inversa	167
6.1.5.1. Casos particulares	169
6.1.5.2. La estima inversa con viento	169
6.1.5.3. La estima inversa con corriente	169
6.2. Resolución de la estima en la carta mercatoriana	175
6.2.1. Trabajos básicos sobre la carta mercatoriana	175
6.2.2. La estima directa sobre la carta mercatoriana	180
6.2.3. La estima inversa sobre la carta mercatoriana	183
BLOQUE TEMÁTICO 3. ASTRONOMÍA DE POSICIÓN	189
TEMA 7. NOCIONES DE ASTRONOMÍA	193
7.1. Astros. Clases y propiedades fundamentales	198
7.1.1. Estrellas	199
7.1.1.1. Magnitud estelar	200
7.1.1.2. Identificación de estrellas	201
7.1.1.3. Enfilaciones para encontrar las estrellas principales	205
7.1.1.4. El Sol	209
7.1.2. Planetas	209
7.1.3. Satélites	210
7.1.3.1. La Luna	210
7.2. El sistema solar	212
7.2.1. Leyes del movimiento planetario	213
7.2.2. Movimiento aparente del Sol: eclíptica	215
7.2.3. Zodíaco	219
7.2.4. Órbita Lunar	220
7.3. Precesión y nutación	221

7.3.1. Precesión de los equinoccios	222
7.3.1.1. Consecuencias de la precesión	227
7.3.2. Nutación	228
 TEMA 8. COORDENADAS CELESTES	231
8.1. Coordenadas horizontales o azimutales	233
8.2. Coordenadas horarias	237
8.3. Triángulo de posición	240
8.4. Coordenadas uranográficas ecuatoriales	242
8.5. Coordenadas uranográficas eclípticas	244
8.6. Relación entre las distintas coordenadas que se miden en el ecuador	247
8.7. Variación en las coordenadas celestes como consecuencia de los movimientos de precesión y nutación	248
8.8. Dadas las coordenadas horizontales de un astro, calcular sus coordenadas horarias. Procedimiento gráfico	250
 TEMA 9. MOVIMIENTO DIURNO DE LOS ASTROS	257
9.1. Movimiento aparente de los astros	259
9.2. Arcos diurno y nocturno	261
9.3. Ortos y ocasos. Astros circumpolares	263
9.4. Variación de las coordenadas horizontales de los astros	265
9.4.1. Variación de la altura de los astros	265
9.4.1.1. Variación de la altura de la estrella Polar. Cálculo de la latitud	267
9.4.2. Variación del azimut de los astros	271
9.4.3. Relación entre los movimientos en azimut y altura	277
9.5. Variación de las coordenadas horarias de los astros	278
9.5.1. Variación del horario de los astros	278
9.6. Paso de los astros por el meridiano de lugar. Cálculo de la latitud	281
9.6.1. Cálculo de la latitud al paso de los astros por el meridiano superior de lugar (MSL)	284
9.6.2. Cálculo de la latitud al paso de los astros por el meridiano inferior de lugar (MIL)	286
9.7. Casos particulares: esferas celestes recta y paralela	288
9.7.1. Esfera celeste recta	288

9.7.2. Esfera celeste paralela	289
TEMA 10. EL TIEMPO	291
10.1. Concepto general de la medida del tiempo	293
10.2. Unidades naturales para la medición del tiempo	295
10.3. Tiempo sidéreo	296
10.3.1. Expresión de la hora sidérea	298
10.4. Tiempo verdadero	299
10.4.1. Desigualdad de los días verdaderos o movimiento irregular en ascensión recta del Sol verdadero	301
10.5. Tiempo medio	304
10.5.1. Ecuación de tiempo	306
10.5.1.1. Excentricidad de la órbita terrestre. Ecuación de centro	308
10.5.1.2. Oblicuidad de la eclíptica. Reducción al ecuador	309
10.5.1.3. Variación anual de la ecuación de tiempo	310
10.6. Tiempo civil	311
10.6.1. Tiempo universal (TU)	312
10.6.2. Diferencia de hora civil entre dos lugares	312
10.7. Hora legal	314
10.8. Hora oficial	318
10.9. Fecha del meridiano 180°	320
10.9.1. Línea internacional de cambio de fecha	321
10.10. Años: sus clases y su valor en días medios	322
10.10.1. Año trópico	322
10.10.2. Año sidéreo	323
10.10.3. Año anomalístico	323
10.10.4. Año civil	324
10.11. Calendario	324
10.12. Relación entre los días medios, sidéreos y verdaderos. Aceleración de las fijas. Retardo de la Luna	326
10.12.1. Aceleración e las fijas	327
10.12.2. Retardo de la Luna	329
BLOQUE TEMÁTICO 4. NAVEGACIÓN COSTERA	331
TEMA 11. LÍNEAS DE POSICIÓN EMPLEADAS EN LA NAVEGACIÓN COSTERA	335

11.1. Línea de demora	337
11.1.1. Línea de demora: definición	337
11.1.2. Línea de demora: trazado	338
11.1.3. Línea de demora: obtención	340
11.2. Enfilación y oposición	342
11.2.1. Enfilación y oposición: definición	342
11.2.2. Enfilación y oposición: trazado	343
11.2.3. Enfilación y oposición: obtención	345
11.3. Ángulo horizontal	347
11.3.1. Arco capaz de ángulo horizontal: definición	347
11.3.2. Arco capaz de ángulo horizontal: trazado	347
11.3.3. Ángulo horizontal: obtención	351
11.4. Distancia	354
11.4.1. Distancia: definición	354
11.4.2. Distancia: trazado	354
11.4.3. Distancia: obtención	355
11.4.3.1. Distancia por ángulo vertical de un objeto de altura conocida ..	355
11.4.3.2. Distancia a un objeto en el horizonte (último punto visible)	362
11.5. Línea de igual sonda (isobática)	364
11.6. Utilidad de una única línea de posición: líneas de posición de seguridad	365
11.6.1. Líneas de demora de guía y de seguridad	366
11.6.2. Ángulo horizontal de seguridad	367
11.6.3. Ángulo vertical de seguridad	368
11.6.4. Línea isobática de seguridad	369
TEMA 12. SITUACIÓN POR LAS LÍNEAS DE POSICIÓN DE LA NAVEGACIÓN COSTERA	371
12.1. Situación por intersección de líneas de posición simultáneas	373
12.1.1. Situación por intersección de dos líneas de posición simultáneas	373
12.1.1.1. Situación por intersección de dos líneas de posición de la misma especie	374
12.1.1.2. Situación por intersección de dos líneas de posición de la distinta especie	380
12.1.2. Situación por intersección de tres (o más) líneas de posición simultáneas	381
12.2. Situación por observación de líneas de posición no simultáneas	385
12.2.1. Traslado de una línea de posición	385
12.2.2. Situación por observación de dos líneas de posición no simultáneas	387
12.2.2.1. Situación por dos marcaciones no simultáneas a distintos puntos de la costa	388
12.2.2.2. Situación por dos marcaciones no simultáneas al mismo punto de la costa	389

12.2.3. Situación por observación de tres (o más) líneas de posición no simultáneas	397
12.3. Método ciclónico	397
TEMA 13. DETERMINACIÓN DE UNA CORRIENTE DESCONOCIDA	403
13.1. Método ciclónico	405
13.1.1. Determinar el rumbo e intensidad horaria de la corriente, por tres líneas de demora no simultáneas al mismo punto de la costa, cuando se conoce la situación en el momento de tomar una de las demoras, el rumbo verdadero y la velocidad de superficie	405
13.1.2. Determinar la situación, la velocidad de fondo y la intensidad de la corriente, por tres demoras a un mismo punto de la costa, cuando existe una corriente de rumbo conocido	407
13.2. Método Lasheras	409
13.2.1. Calcular la situación del buque y la dirección e intensidad de la corriente desconocida, por dos demoras no simultáneas a uno o dos puntos de la costa, partiendo de una situación verdadera anterior, cuando se para la máquina o se altera el rumbo o la velocidad, antes o después de obtener la primera demora	413
13.2.1.1. Caso 1: se para la máquina	413
13.2.1.2. Caso 2: se modifica la velocidad de superficie.....	414
13.2.1.3. Caso 3: se altera el rumbo	414
13.3. Corriente supuesta	418
BLOQUE TEMÁTICO 5. MAREAS	421
TEMA 14. ESTUDIO DE LAS MAREAS	425
14.1. Teorías sobre las mareas	427
14.2. Definiciones	430
14.3. Teoría del equilibrio de Newton	432
14.3.1. Acción aislada de la Luna	433
14.3.2. Acción combinada del Sol y la Luna (astros en el ecuador)	433
14.3.3. Influencia de la declinación y de la distancia	438
TEMA 15. ANUARIO DE MAREAS	443
15.1. Descripción del Anuario de mareas	445
15.2. Fórmulas para hallar el nivel de agua en un instante cualquiera	445
15.3. Calcular la altura de marea correspondiente a una hora determinada	448
15.4. Calcular la hora correspondiente a una altura de marea determinada	449

BLOQUE TEMÁTICO 6. NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA I	451
TEMA 16. EL ALMANAQUE NÁUTICO	455
16.1. Descripción del Almanaque	457
16.2. Cálculo del horario en Greenwich y la declinación	459
16.3. Dado el horario de un astro, calcular la hora	465
16.4. Precauciones	467
16.4.1. Dada la hora calcular el horario	467
16.4.2. Dado el horario calcular la hora	467
16.5. Otros problemas que se resuelven con el Almanaque	468
16.5.1. Cálculo del azimut de la estrella Polar	468
TEMA 17. EL SEXTANTE	469
17.1. Descripción.....	472
17.2. Principio de funcionamiento	476
17.3. Punto inicial y punto de paralelismo	479
17.4. Examen y rectificación	482
17.4.1. Perpendicularidad del espejo índice	483
17.4.2. Perpendicularidad del espejo de horizonte	485
17.4.3. Paralelismo de los espejos: error de índice	488
17.4.4. Paralelismo del eje óptico del anteojo	491
17.5. Modo de efectuar las lecturas	494
17.5.1. Lectura de la altura	497
17.5.2. Lectura del error de índice	498
17.6. Modo de observar los distintos astros	500
17.6.1. Consideraciones generales	500
17.6.2. Distintas formas de observar	501
17.6.3. Modo de verificar la coincidencia de las imágenes: el tangenteo	503
17.6.4. Particularidades de la observación de los distintos astros	506
17.6.4.1. Observación de Sol	506
17.6.4.2. Observación de Luna	506
17.6.4.3. Observación de estrellas y planetas	508
17.6.4.4. Observación de alturas meridianas	509
17.7. Obtención de la altura observada	510
17.7.1. El error de índice (Ei)	510
17.7.2. Los defectos de construcción: el error instrumental (Ec)	511
17.7.2.1. Defectos de construcción más frecuentes	511
17.7.2.2. El certificado del sextante	513

17.8. Errores de la observación: modo de atenuarlos	516
17.8.1. Errores sistemáticos	516
17.8.2. Errores accidentales	517
17.9. Manejo y conservación del sextante	518
17.10. Otros usos del sextante	520
17.11. Horizonte artificial	521
17.11.1. Horizonte artificial externo	522
17.11.2. Sextantes de horizonte artificial	523
17.12. El sextante – ordenador	525
TEMA 18. CORRECCIÓN A LAS ALTURAS OBSERVADAS	527
18.1. Definiciones	529
18.2. Paralaje	530
18.2.1. Posiciones verdaderas y aparentes de los astros	530
18.2.2. Paralaje	531
18.2.2.1. Paralaje en altura (p) y Paralaje horizontal (Ph)	531
18.2.2.2. Paralaje ecuatorial (pe) y Paralaje de lugar (pl)	533
18.3. Refracción astronómica	535
18.3.1. Refracción	535
18.3.2. Refracción astronómica	537
18.4. Depresión del horizonte	541
18.4.1. Refracción terrestre	541
18.4.2. Depresión del horizonte	543
18.4.3. Distancia al último punto visible	545
18.4.4. Depresión de la línea de costa	545
18.5. Semidiámetro	547
18.5.1. Contracción del semidiámetro	551
18.6. De la altura observada a la altura verdadera	551
18.7. Empleo del Almanaque	553
18.7.1. Cuando se observa un astro sobre la línea de costa	556
TEMA 19. EL CRONÓMETRO	557
19.1. Cronómetros marinos: generalidades	559
19.2. Estado absoluto y movimiento diario	563
19.3. Obtención de la hora del primer meridiano	565

19.4. Arreglo del cronómetro: determinación de su estado absoluto y su movimiento diario	567
19.4.1. Determinación del estado absoluto	567
19.4.1.1. Por comparación con un cronómetro arreglado	567
19.4.1.2. Por observación de radioseñales horarias	568
19.4.1.3. Utilizando el receptor del sistema de navegación por satélite (GPS)...	571
19.5. Diario de cronómetro	572
19.6. Conversión de un intervalo cronométrico en medio y viceversa	573
19.7. Hallar la hora del cronómetro en el instante de una observación, precisada con acompañante o con cronógrafo	573
TEMA 20. EL TRIÁNGULO DE POSICIÓN	575
20.1. Cálculo del horario local	577
20.1.1. Dada la altura, la declinación de un astro y la latitud del observador, hallar el horario	577
20.1.1.1. Influencia de un error en la altura en el horario calculado	580
20.1.1.2. Influencia de un error de la latitud en el horario calculado	581
20.1.1.3. Influencia de un error en la declinación en el horario calculado	582
20.1.1.4. Consideraciones sobre los resultados obtenidos	583
20.1.2. Dada la latitud del observador, la altura y el azimut de un astro, hallar su horario	584
20.2. Cálculo de la declinación	585
20.2.1. Dada la latitud del observador, la altura y el azimut de un astro, hallar su declinación	585
20.3. Cálculo de la altura	587
20.3.1. Dada la latitud del observador, el horario y la declinación de un astro, obtener su altura	587
20.3.1.1. Influencia de un error en el horario en la altura calculada	588
20.3.1.2. Influencia de un error de la latitud en la altura calculada	589
20.3.1.3. Influencia de un error de la declinación en la altura calculada	590
20.3.1.4. Consideraciones sobre los resultados obtenidos	591
20.4. Cálculo del azimut	591
20.4.1. Dada la latitud del observador, el ángulo horario y la declinación de un astro, obtener su azimut	592
20.4.2. Dada la latitud del observador, la altura y la declinación de un astro, hallar su azimut	594
20.4.3. Dado el horario, la altura y la declinación de un astro, hallar su azimut	595
20.4.3.1. Azimut de la estrella polar	596
20.4.4. Azimut de los astros en el instante de su orto y su ocaso verdaderos	597

20.5. Fórmulas empleadas en los cálculos de navegación	599
20.5.1. Criterio de signos	599
20.5.2. Obtención del determinante Marcq (Δ y Z_v)	600
20.5.3. Reconocimiento de astros	601
20.5.4. Azimut verdadero en los ortos y ocasos verdaderos	602
20.5.5. Cálculo de la corrección total (Ct)	602
 BLOQUE TEMÁTICO 7. NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA II	605
 TEMA 21. RECONOCIMIENTO DE ASTROS	609
21.1. Reconocimiento de astros: procedimientos gráfico y analítico	611
21.1.1. Procedimiento gráfico	612
21.1.2. Procedimiento analítico	613
21.2. Identificador de astros (<i>Star finder</i>)	615
 TEMA 22. PASO DE LOS ASTROS POR MERIDIANO	619
22.1. Calcular la hora del paso de un astro por el meridiano	621
22.1.1. El Sol	622
22.1.2. Las estrellas	624
22.1.3. La Luna	628
22.1.4. Los planetas	632
22.1.5. Casos particulares de estos problemas	633
22.2. Calcular la hora del paso de un astro por el meridiano de un buque en movimiento (meridiano móvil)	634
22.3. Cálculo de la latitud al paso de los astros por el meridiano	637
22.3.1. Cálculo de la latitud al paso de los astros por el meridiano superior de lugar (MSL)	637
22.3.2. Cálculo de la latitud al paso de los astros por el meridiano inferior de lugar (MIL)	638
22.4. Consideraciones de orden práctico	638
 TEMA 23. ORTOS Y OCASOS DE LOS ASTROS. CREPÚSCULOS	641
23.1. Calcular las horas del orto y del ocaso verdaderos de un astro	643
23.1.1. Obtención de la fórmula	643
23.1.2. Análisis de la fórmula	644
23.1.3. Aplicación de la fórmula	645
23.2. Ortos y ocasos aparentes	649
23.2.1. Hallar las horas de ortos y ocasos aparentes de los astros	651
23.2.1.1. Hallar las horas de ortos y ocasos aparentes del Sol	652
23.2.1.2. Hallar las horas de los ortos y ocasos aparentes de Luna	654

23.2.1.3. Hallar las horas de los ortos y ocasos de los astros a bordo de un buque en movimiento (meridiano móvil)	657
23.3. Cálculo de la corrección total	657
23.3.1. Corrección total en el momento del orto/ocaso (ap) del Sol	659
23.4. Crepúsculos	661
23.4.1. Clases y duración de los crepúsculos. Período óptimo para realizar las observaciones	662
23.4.2. Determinación de los astros que pueden observarse en los crepúsculos. Preparación de la observación de estrellas	667
23.4.2.1. Con el Star finder	668
23.4.2.2. Con la publicación H.O. 249 (Tablas rápidas)	669
23.4.2.3. Con el <i>Almanaque Náutico</i>	671
BLOQUE TEMÁTICO 8. NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA III	673
TEMA 24. LÍNEAS DE POSICIÓN DE ALTURA	677
24.1. El descubrimiento de la recta de altura por Thomas H. Sumner	679
24.2. La circunferencia de alturas iguales	681
24.3. Las curvas de alturas iguales	683
24.4. El círculo osculador	685
24.5. La recta de altura	685
24.6. La recta de altura tangente Marcq	687
24.7. Los paralelos de latitud observada	692
24.8. Utilidad de una única recta de altura	693
24.8.1. Zona de incertidumbre	693
24.8.2. Utilidad de una recta de altura para la recalada	694
24.8.3. Utilidad de una recta de altura para saber la distancia a la costa	695
24.8.4. Rectas de altura de dirección	696
24.8.5. Rectas de altura de velocidad	696
TEMA 25. SITUACIÓN POR LAS LÍNEAS DE POSICIÓN DE ALTURA	697
25.1. Situación por dos o más líneas de posición simultáneas	700
25.1.1. Situación por dos rectas de altura simultáneas	700
25.1.1.1. Estrictamente simultáneas	700
25.1.1.2. Prácticamente simultáneas	704
25.1.2. Situación por tres o más rectas de altura simultáneas	706
25.1.2.1. Bisectriz de altura	707
25.1.2.2. Situación con 3 observaciones	711
25.1.2.3. Situación con 4 observaciones	716

25.2. Situación por dos o más líneas de posición no simultáneas	717
25.2.1. Situación por dos rectas de altura no simultáneas	718
25.2.2. Situación por tres o más rectas de altura no simultáneas	723
25.3. Errores de la situación empleando rectas de altura	728
25.3.1. Errores en las rectas de altura	728
25.3.2. Errores en la recta de altura trasladada	731
25.3.2.1. Influencia de un error en el rumbo en la recta de altura trasladada	731
25.3.2.2. Influencia de un error en la distancia en la recta de altura trasladada ..	732
25.4. Superficie de posición	734
BLOQUE TEMÁTICO 9. NAVEGACIÓN RADIOELECTRÓNICA	737
TEMA 26. INTRODUCCIÓN A LA RADIONAVEGACIÓN	741
26.1. Ondas electromagnéticas	744
26.2. Radiogoniometría	750
26.2.1. Líneas de posición radiogoniométricas	751
26.2.2. Radiogoniómetro: descripción y funcionamiento	752
26.2.3. Alcance, precisión, errores y calibración del radiogoniómetro	759
26.3. Sistemas hiperbólicos	760
26.3.1. Líneas de posición hiperbólicas	761
26.3.2. Loran-C: funcionamiento	763
26.3.3. Alcance y precisión del Loran-C	766
26.4. Sistemas de navegación por satélite	767
26.4.1. El GPS	767
25.4.1.1. Sistemas de referencia GPS	771
25.4.1.2. Sistema de medida	772
25.4.1.3. Precisión del GPS. GPS Diferencial	773
26.4.2. El GLONASS	774
26.4.3. Consideraciones finales	776
26.5. El futuro: los sistemas WWRNS y GNSS	777
26.5.1. El sistema mundial de radionavegación (WWRNS)	777
26.5.2. El sistema global de navegación por satélite (GNSS)	779
26.5.2.1. Situación actual	779
26.5.2.2. Requisitos operativos para el uso marítimo de un futuro GNSS	781
TEMA 27. EL RADAR MARINO	785
27.1. Fundamento del radar	789
27.2. Principio de funcionamiento	790

27.3. Unidades principales que componen el radar	793
27.3.1. El transmisor	793
27.3.2. La antena	801
27.3.3. El receptor	803
27.3.4. La unidad de presentación	806
27.3.4.1. El clásico tubo de rayos catódicos	806
27.3.4.2. La pantalla de televisión (raster-scan PPI)	809
27.3.4.3. Producción de la imagen radar	809
27.3.4.4. Relación entre FRI, longitud de impulso y escala en uso	810
27.4. Otros circuitos del radar	813
27.5. Instalación y precauciones	813
27.5.1. Instalación	813
27.5.2. Precauciones	814
27.6. Obtención de la imagen radar	814
27.6.1. Puesta en marcha	814
27.6.2. Selección de la orientación y la presentación de la imagen radar	817
27.6.2.1. Estabilización	818
27.6.2.2. Orientación	819
27.6.2.3. Presentación	820
27.7. Medida de distancias y demoras	822
27.8. Funciones ARPA	824
BIBLIOGRAFÍA	825
APÉNDICES	837
APÉNDICE 1. Tabla de latitudes aumentadas o partes meridionales	839
APÉNDICE 2. Carta del Estrecho de Gibraltar	845
APÉNDICE 3. Extracto del Brown's Nautical Almanac 2000	849