

Anàlisi de la meteorologia i la seva aplicació en regates oceàniques.

Treball de fi de grau.



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:
Marc Miró Llauradó

Grau en NÀUTICA I TRANSPORT MARÍTIM

Barcelona, data 03/12/2021

Departament de CIÈNCIA I ENGINYERIA NÀUTIQUES

Versió	Data	Modificacions
1	22/04/2021	Creació de l'índex i del document.
2	14/09/2021	Revisió feta pel Francesc Xavier Martínez de Osés.
3	08/10/2021	Revisió feta pel Francesc Xavier Martínez de Osés.
4	08/12/2021	Revisió feta pel Francesc Xavier Martínez de Osés.

Escrit per:	
Autor/a:	Marc Miró Llauredó
Data:	03/12/2021

Revisat i aprovat per:	
Tutor/a:	Francesc Xavier Martínez de Osés
Data:	08/12/2021
Revisat i aprovat per:	
Co-Tutor/a:	
Data:	

AGRAÏMENTS:

En primer lloc he d'agrair a totes aquelles persones que m'han ajudat directa o indirectament en l'elaboració d'aquest treball, perquè sense elles no hagués estat possible arribar al final d'aquest camí.

Agraeixo al meu tutor del treball Francesc Xavier Martínez de Osés per acceptar des d'un principi acompanyar-me en aquesta última part de la carrera i estar sempre disposat a ajudar i a aportar tot el possible, la passió per l'ensenyament fa més fàcil el camí com a alumnes.

Al meu company Francisco Serrano Garcia per sempre estar disposat a donar-me un cop de mà, sobretot en aquells moments en que no he vist clar com havia d'enfocar aquest treball. M'ha ajudat a veure les coses més clares i a arribar fins al final d'aquest projecte.

A l'Adrià Pinyol, amic geògraf amb una clara passió per la meteorologia, per fer possible que entrevistés a en Tomàs Molina.

A en Tomàs Molina, per haver dedicat gairebé dues hores a ajudar-me en lo possible, a ensenyar-me els estudis de TV3, a veure com presentava el temps en directe i sobretot per haver estat tant disposat des d'un primer moment!

Al meu pare per haver-me apropa't la passió pel mar des de petit i haver-me permès veure'l com un medi al que hem de respectar i del que ens queda molt per aprendre, essent aquesta la motivació principal que m'ha portat a voler aprofundir en la meteorologia.

A totes aquelles persones amb qui he navegat i m'han transmès la passió per la vela i la navegació d'altura.

RESUM:

Des dels 6 anys he anat coneixent el món de la vela. Com a navegant sempre he hagut de tenir en compte la meteorologia. Tot i així, mai havia decidit aprendre més del que sabia, que era molt bàsic o quasi nul.

La motivació per a aprofundir en aquest aspecte, és que en les regates d'altura és fonamental tenir un coneixement ampli de tots els aspectes que engloben la meteorologia, que a part de permetre aconseguir un resultat millor o pitjor, afecten directament a la seguretat a bord.

A part de la motivació en l'aplicació d'aquest coneixement nou en les possibles regates en què participi en un futur, també em motiva molt entendre com s'organitza de manera meteorològica una regata de la volta al món sense escales i poder-ho resumir en un mateix document, des del que són les borrasques a com aquestes s'utilitzen per navegar més ràpid.

El treball s'ha dividit en dos blocs principals. En el primer, s'introdueix de forma didàctica la meteorologia, coneixent des dels inicis fins a l'actualitat. La part històrica és un recorregut cronològic, permetent-nos ser capaços de veure la gran evolució dels últims anys.

Posteriorment, s'explica de manera divulgativa el comportament de l'atmosfera, com s'obtenen les dades sobre aquest comportament i finalment com es tradueixen tot aquest recull de dades en prediccions meteorològiques.

Finalment, s'explica com aquestes prediccions es fan públiques i quin paper juguen els meteoròlegs en tot aquest procés, incloent una entrevista a un meteoròleg reconegut.

El segon bloc, és l'aplicació de tot el que hem vist en el primer. Es centra en la utilització de les dades en una volta al món sense escales. Finalment es fa una petita conclusió dels avenços entre les primeres regates d'aquest tipus i l'actualitat.

Posteriorment s'analitzen els avenços tecnològics actuals i els projectes més importants, relacionats amb la millora de les prediccions meteorològiques.

Paraules clau: Meteorologia, Regata, Borrasca, Atmosfera, Meteoròleg, Predicció.

ABSTRACT:

Since the age of six, I have known the world of sailing. As a sailor I have always had to take into account meteorology. However, I had never decided to learn more than I knew, which was very basic or almost zero.

The motivation for learning more about this science, is that it is essential to have a broad knowledge of all aspects of meteorology, which apart from enabling a better or worse result in competition, directly affect safety on board.

Apart from the motivation for the application of this new knowledge in possible future trays, I also have every reason to understand how a non-stop round the world regatta is organised in the weather aspect.

The project is divided into two main blocks. In the first one, meteorology is didactically introduced, from the beginning to the present. The historical part is a chronological path, allowing us to be able to see the great evolution of recent years.

Subsequently, the behaviour of the atmosphere is explained discreetly, how data is obtained about this behaviour and finally how all this data collection is translated into weather predictions.

Finally, it is explained how these predictions are made public and what role meteorologists play throughout this process, including an interview with a recognized meteorologist.

The second block is the application of everything seen in the first. It focuses on the use of data in a non-stop round the world regatta. Finally, a small conclusion is drawn from the progress made between the first regatta of this type and the actual ones.

Finally, current technological advances and major projects are analysed, related to improving weather predictions.

Key words: Meteorology, Regatta, Squall, Atmosphere, Meteorologist, Prediction.

ÍNDEX

AGRAÏMENTS:	I
RESUM:	II
ABSTRACT:	III
ÍNDEX:	IV
LLISTAT DE FIGURES:	VI
LLISTAT DE TAULES:	VIII
CAPÍTOL 1. LA METEOROLOGIA	9
1.1 QUÈ ÉS?.....	9
1.2 ELS INICIS. PRIMERS METEORÒLEGS I PREDICCIONS.....	10
1.3 L'EVOLUCIÓ DE L'ÚS DE LA METEOROLOGIA EN LES NAVEGACIONS OCEÀNIQUES A VELA.....	15
CAPÍTOL 2. PART CIENTÍFICA	17
2.1 EL FUNCIONAMENT DE LA METEOROLOGIA I LA OBSERVACIÓ.....	17
2.1.2 PRINCIPALS FENÒMENS DINÀMICS DE L'ATMOSFERA.....	17
2.1.3 BORRASQUES, FRONTS I ANTICICLONS.....	22
2.1.4 FRONTS, BORRASQUES, ANTICICLONS I CORRENTS DE VENT MÉS CONEGUTS.....	29
2.1.5 MAPES DEL TEMPS I LA SEVA LECTURA.....	32
2.2 COM ES GENEREN LES PREVISIONS?.....	39
2.3 PART MATEMÀTICA.....	42
2.4 L'EVOLUCIÓ DE LES PREVISIONS.....	43
2.5 ELS MODELS METEOROLÒGICS.....	44
2.5.1 TIPUS DE MODELS.....	44
CAPÍTOL 3. LA UTILITZACIÓ DE LES PREVISIONS	49
3.1 COM ARRIBA LA INFORMACIÓ SEGONS EL TIPUS D'USUARI.....	49
3.2 ELS METEORÒLEGS.....	51
3.3 PORTALS DE PREDICCIONS I PROGRAMES DE ROUTING.....	52
CAPÍTOL 4. L'ÚS DE LA METEOROLOGIA EN LES REGATES OCEÀNIQUES	61
4.1 LES PRIMERES REGATES OCEÀNIQUES.....	61
4.1.1 GOLDEN GLOBE RACE.....	63
4.1.2 WHITBREAD.....	63
4.2 COM GESTIONAVEN LA METEOROLOGIA?.....	64

CAPÍTOL 5. LES REGATES OCEÀNIQUES AVUI DIA.....	65
5.1 COM S'ORGANITZA UNA VOLTA AL MÓN SENSE ESCALES.....	65
5.1.1 NECESSITATS I PLANIFICACIÓ INICIAL.....	66
5.1.2 GESTIÓ EXTERNA DE LA METEOROLOGIA DURANT LA REGATA.....	72
5.1.3 GESTIÓ A BORD DE LA METEOROLOGIA DURANT LA REGATA.....	74
5.1.4 LA IMPORTÀNCIA DE LA METEOROLOGIA EN LA GESTIÓ DE LA SEGURETAT A BORD.....	75
CAPÍTOL 6. CONCLUSIONS DELS CANVIS EN LES REGATES AL VOLTANT DEL MÓN.....	77
CAPÍTOL 7. EL FUTUR DE LES PREVISIONS.....	79
7.1 NECESSITATS A COBRIR.....	79
7.2 PROJECTES A ESCALA GLOBAL.....	79
7.3 PROJECTES A ESCALA LOCAL.....	80
CAPÍTOL 8. CONCLUSIONS.....	81
9. BIBLOGRAFIA.....	83
WEBS D'INTERÉS.....	83
ANNEX A1. ENTREVISTA A EN TOMÀS MOLINA.....	85

Llistat de figures:

Figura 1. Cumulonimbus, núvol típic de tempesta. Font: Freepik.....	9
Figura 2. Portada del llibre Meteorológicos, d'Aristòtil. Font: Wikipedia.....	11
Figura 3. Participants al congrés internacional de meteorologia l'any 1879..... Font: World Meteorological Organization.....	14
Figura 4. Joshua Slocum a bord de l'Spray. Font: VELA, il giornale dal 1975.....	16
Figura 5. Vito Dumas i el seu vaixell. Font: Diari ABC.....	16
Figura 6. Esquema dels moviments d'aire globals. Font: AEMET.....	19
Figura 7. Esquema de les corrents de vent constants a l'hemisferi sud. Font: Aomi Sailing.....	21
Figura 8. Esquema dels vectors de la força de Coriolis. Font: Meteored.....	22
Figura 9. Esquema del sentit de la circulació de l'aire en una..... borrasca (Hemisferi Nord). Font: La rioja Meteo.....	23
Figura 10. Ciclogènesis explosiva vista des de l'espai. Font: Meteorología en red.....	25
Figura 11. Esquema d'un Front Fred. Font: Aula fácil.....	25
Figura 12. Esquema d'un front càlid. Font: Aula fácil.....	26
Figura 13. Esquema d'un front estacionari. Font: Aula fácil.....	27
Figura 14. Esquema d'un front oclús. Font: Aula fácil.....	27
Figura 15. Esquema d'una oclusió càlida. Font: Aula fácil.....	28
Figura 16. Esquema d'una oclusió freda. Font: Aula fácil.....	28
Figura 17. Esquema dinàmic d'un anticicló. Font: Aula fácil.....	29
Figura 18. L'Anticicló de les azores el dia 04/12/2021,..... bloquejant el pas de fronts provinents del nord. Font: AEMET.....	30
Figura 19. Representació gràfica dels vents alisis. Font: Ecología verde.....	30
Figura 20. Esquema de la formació dels doldrums a partir..... de la confluència dels trade winds. Font: NOAA.....	31
Figura 21. Fotografia feta a la zona dels doldrums, on s'aprecia el mar..... encalmat i la formació de tempestes típica de la zona. Font: MEDIAlliance INTERNATIONAL.....	31
Figura 22. L'anticicló de Santa Helena, predicció pel dia 05/12/2021 17:00 GMT. Font: Meteored.....	32
Figura 23. Meteosat de tercera generació. Font: Aerospatium.....	33
Figura 24. NOAA d'òrbita polar. Font: NOAA.....	33
Figura 25. Escala Douglas. Font: Anèl·lides, serveis ambientals marins.....	34
Figura 26. Mapa de camp d'ones. Els colors indiquen la mida de les onades..... Font: Puertos del Estado.....	34
Figura 27. Escala Beaufort. Font: barcelonaworldrace.org.....	35
Figura 28. Mapa de camp de vent a les balears. Les unitats són: escala beaufort i m/s. Font: AEMET.....	35
Figura 29. Mapa d'isòbares com a exemple. Font: AEMET.....	36
Figura 30. Mapa d'altura a 500 hPa. Font: ECMWF.....	37
Figura 31. Esquema del sistema mundial d'observació de la OMM. Font: The conversation.....	40
Figura 32. Pestanyes de diferents tipus de prediccions, AEMET. Font: AEMET.....	49
Figura 33. Predicció amb informació detallada per províncies. Font: AEMET.....	50
Figura 34. Pantalla principal de windy, sense configurar cap paràmetre. Font: Windy.....	53
Figura 35. Configuració amb la capa d'isobares. Font: Windy.....	54
Figura 36. Configuració amb la capa de satèl·lit. Font: Windy.....	54
Figura 37. Taula de valors de predicció de vent, onades, atmosfera i precipitacions. Font: Windguru.....	55
Figura 38. Taula de previsió d'ones. Font: Windguru.....	56
Figura 39. Opcions que ofereix el programa de routing PredictWind. Font: PredictWind.....	57
Figura 40. Exemple d'un routing fet amb PredictWind, a la zona del Golf de Bizkaia..... Font: PredictWind.....	57
Figura 41. Pestanya de càrrega d'arxius GRIB. Font: OpenCPN.....	58
Figura 42. Finestra per la creació de la ruta sobre la que es realitzarà el routing. Font: OpenCpn.....	59
Figura 43. Finestra d'edició de les polars. OpenCpn.....	59
Figura 44. Derrota realitzada per Joshua Slocum durant la primera..... circumnavegació. Font: Cultura Náutica, Revista de la cultura náutica.....	62
Figura 45. Vaixells de la classe Imoca 60 durant la sortida de la Barcelona World Race..... Font: Fundació de Navegació Oceànica de Barcelona.....	65

Figura 46. Gràfic de configuració de veles d'un Imoca 60 sense foils segons la..... direcció i intensitat del vent. Font: barcelonaworldrace.org.....	67
Figura 47. Recorregut de la Barcelona World Race 2014-2015. Font: barcelonaworldrace.org.....	68
Figura 48. Declaració responsable conforme no s'utilitzaran..... programes de routing durant la regata. Font: barcelonaworld.race.org.....	73
Figura 49. En Tomàs Molina, i jo, l'autor d'aquest treball. Font: Pròpia.....	88

Llistat de taules:

Taula 1. Els primers instruments d'observació meteorològica..... 13

Fonts de les imatges:

Termòmetre. Font: Neoteo.

Baròmetre. Font: Blog Física 1.

Anemòmetre. Font: Alamy.

Higròmetre. Font: Alamy.

Taula 2. Comparació entre la primera volta al món en regata i una volta al món actual.....78

CAPÍTOL 1. La Meteorologia.

En aquest capítol s'explica de manera general el que significa la paraula meteorologia, en forma de recorregut des del propi significat de la paraula, a través del procés històric d'aquesta ciència i finalment, coneixent-la des d'un punt de vista actual.

1.1 Què és?

En primer lloc definim la paraula Meteorologia, la qual serà el nucli sobre el que orbitarà aquest treball. Són les condicions atmosfèriques que es troben en un moment i lloc determinats. Aquestes condicions atmosfèriques són la temperatura, els núvols, les precipitacions, el vent, la pressió i la humitat. Determinen fenòmens que van estretament lligats a la meteorologia com poden ser les ones, les gelades, els tifons etc.



Figura 1. Cumulonimbus, núvol típic de tempesta. Font: Freepik.

A part de ser la base de la navegació, com veurem en aquest treball, s'ha de tenir en compte i conèixer-la el màxim per a poder organitzar la vida humana de la millor manera, garantint la seguretat de les persones. El tipus de construccions, el tipus d'activitats professionals o d'oci que es poden dur a terme en una zona determinada, la distància de les ciutats a la costa, entre d'altres, venen determinats per la meteorologia. Si bé, quan parlem mirant un interval de temps molt gran, tot el relacionat amb la meteorologia podem anomenar-ho climatologia.

La climatologia és la ciència que documenta i analitza els fenòmens meteorològics amb les seves variacions, al llarg del temps. Aquesta recopilació de dades de forma cronològica, permet definir zones geogràfiques segons el seu clima.

En resum, la meteorologia ens permet conèixer i interpretar les condicions atmosfèriques en un moment i lloc determinats. Per altra banda, la climatologia és el conjunt de condicions atmosfèriques que van tenint lloc durant intervals de temps prolongats (anys o segles) i permeten definir una àrea geogràfica segons el tipus de condicions meteorològiques.

Els avenços tecnològics han permès conèixer amb una gran precisió les condicions meteorològiques d'un lloc amb més d'una setmana d'antelació. Aquest canvi marca un abans i un després en la navegació, permetent l'optimització de les rutes amb un termini ampli de temps segons la meteorologia.

En aquest treball, tots els aspectes que treballem de la meteorologia aniran lligats, en major o menor mesura, a la navegació a vela, centrant-nos molt en com s'utilitza aquesta en les regates oceàniques, veient l'evolució de l'ús d'aquesta ciència, tant en circumnavegacions com en transatlàntiques.

1.2 Els inicis. Primers meteoròlegs i prediccions.

L'ésser humà sempre ha tingut la necessitat d'observar els fenòmens meteorològics que afecten a la vida, intentant entendre el comportament de l'atmosfera, de diferents maneres lligades al nivell evolutiu de cada etapa humana. Durant segles s'han relacionat els fenòmens meteorològics a circumstàncies sobrenaturals. L'evolució ha anat des de les supersticions, les creences o la observació, fins a la ciència de la meteorologia i la modelització matemàtica.

El primer document conegut sobre la recerca científica de la meteorologia, és el llibre *Los Meteorológicos*, escrit pel filòsof i científic grec Aristòteles, l'any 339 a.C. En aquest llibre explica de forma molt detallada els diferents fenòmens meteorològics i es centra també en la geofísica. Inventa i defineix la paraula meteorologia com a: ciència del que està en el cel. El seu objectiu és explicar de forma raonada el que veu al cel.

Aristòtil, és capaç d'entendre per primera vegada el funcionament del cicle de l'aigua, anunciant que aquesta és transportada en forma de vapor del mar i de la terra cap al cel, posteriorment torna a la terra en forma de precipitació. S'ha de tenir en compte, que va ser la primera persona en documentar aquest raonament. Per tant, tot el que coneixem ara ha sorgit del seu llibre. A part, també va ser capaç de definir el vent i les seves direccions.

La història de la meteorologia tal com la coneixem avui en dia, de forma científica, neix el 339 a.C, a mans d'Aristòtil.


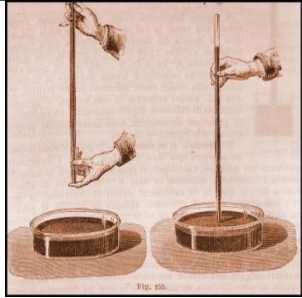
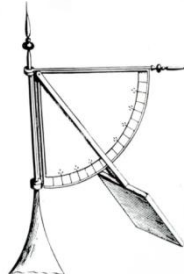
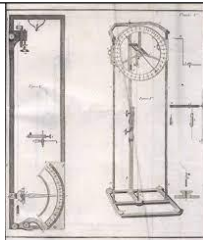
Tot aquest coneixement que esdevé a l'antiga Grècia, no es coneix arreu del món fins el segle XII, quan es tradueix a llengües llatines. L'avenç de la meteorologia queda estancat fins aproximadament el segle XVI.

Durant l'antiguitat, les prediccions del temps es basaven principalment en l'astrologia i l'astronomia. Inclús es desenvolupaven teories sense raonament científic o matemàtic relacionades amb aquestes dues ciències per intentar predir i explicar la meteorologia.

El pensament va començar a variar quan els observadors se'n adonen de que una mateixa tempesta es pot repetir a un lloc d'un dia per l'altre.

Actualment encara es tenen en compte factors no relacionats directament amb la ciència o la numerització, sobretot en les societats rurals. Tenen molt en compte el comportament dels animals, podent predir així variacions d'humitat i de pressions.

A partir dels segles XVI i XVII, de manera totalment relacionada amb l'auge de la navegació a vela pel món, apareixen els primers instruments d'observació meteorològica. Aquests permeten l'observació no només visual i sensitiva, sinó normalitzada. S'estableixen unitats de mesura, a conseqüència es poden recopilar dades al llarg del pas del temps. És un punt d'inflexió entre la meteorologia antiga i la moderna, actualment aquests instruments segueixen sent utilitzats als observatoris.

Instrument	Creador	Any	Imatge
Termòmetre	Galileo Galilei	1607	
Baròmetre	Evangelista Torricelli	1643	
Anemòmetre	Robert Hook	1667	
Higròmetre	Horace de Saussure	1780	

Taula 1. Els primers instruments d'observació meteorològica.

L'origen d'aquests instruments es troba en gran part en la navegació, ja que la relació de la meteorologia feia que els navegants s'interessessin en la millora de la comprensió d'aquesta.

Gràcies al començament de recollida de dades de forma global durant les navegacions impulsades per occident, es comença a explicar la circulació general de l'atmosfera.

George Hadley, el 1735, és el primer en explicar de manera correcte la circulació dels alisis. El seu raonament pren com a punt de partida la comprensió de com la rotació de la terra (Coriolis) afecta a la circulació dels fluxos d'aire. La força creada per l'efecte Coriolis i que provoca efectes sobre les masses d'aire, és anomenada força de deflexió pel mateix Gaspard-Gustave Coriolis.

Degut a la creixent recollida de dades es creen els primers observatoris a Europa, i estableixen una metodologia precisa d'observació, permetent així comparar dades i treballar conjuntament. La comunicació entre observatoris es fa possible gràcies a la invenció del telègraf, a mans de Samuel Morse, el 1838. Permet transmetre dades amb rapidesa, tot i que encara faltava globalitzar el processament de les dades recollides.

Les prediccions milloren notablement, amb la invenció de la meteorologia sinòptica (basada en la representació del comportament de l'atmosfera damunt d'un mapa) el segle XIX.

El 1873 es fa el primer congrés meteorològic internacional a Viena, fundat per la organització internacional de meteorologia. Organització la qual el 1951 és substituïda per l'actual Organització Meteorològica Mundial.



Figura 3. Participants al congrés internacional de meteorologia l'any 1879.

Font: World Meteorological Organization.

A principis de segle XX, el físic noruec Vilhelm Bjerknes marca un abans i un després en la meteorologia, aplicant la meteorologia pràctica com un instrument de la física atmosfèrica. És el primer científic capaç d'enfocar les prediccions del temps a partir de l'observació tridimensional de l'atmosfera, base de les prediccions d'avui en dia. Més endavant, crea l'escola Noruega de Meteoròlegs, en la qual s'acaba desenvolupant la teoria de l'evolució de les depressions de latituds mitjanes, les masses d'aire i els fronts associats.

En el moment en què s'utilitza la física per a entendre la meteorologia, és quan l'humà comença a ser capaç de predir de forma propera a l'exactitud el 'futur' atmosfèric.

Tot i els grans avenços, per a poder resoldre matemàticament el comportament de l'atmosfera encara feia falta poder observar de manera més clara l'atmosfera en alçada, ja que era una tècnica molt recent i amb mitjans poc eficients, com globus que transmetent amb teodolits les dades de velocitat permetien calcular la velocitat de l'aire des de terra.

El 1920, el matemàtic i meteoròleg anglès Lewis Fry Richardson, dona la resposta matemàtica al comportament de l'atmosfera i preveu que més endavant, serà possible resoldre els càlculs necessaris mitjançant computadores. El 1950 per primera vegada és possible començar a resoldre els càlculs atmosfèrics mitjançant computadores, i és amb aquest sistema i ordinadors molt més potents com es segueixen realitzant les prediccions.

La diferència entre l'actualitat i el procés evolutiu que hem vist, és la capacitat de prendre mostres, ja que els mètodes de càlcul de Vilhelm Bjerknes si bé poden haver variat lleugerament, segueixen essent la base dels càlculs. Cada equip de matemàtics que treballa en un model crea la seva pròpia variant, i s'acaben mostrant resultats força diferents entre models.

No obstant, la capacitat actual de recollida de mostres permet que els models menys precisos siguin molt millors que els mètodes utilitzats per Vilhelm Bjerknes.

1.3 L'evolució de l'ús de la meteorologia en les navegacions oceàniques a vela.

Podríem dedicar un apartat en explicar com s'utilitzava la meteorologia en les navegacions egípcies, víkings, romanes i d'entre altres, però en aquest treball la historia començarà a partir de les navegacions oceàniques en solitari.

Els pioners d'aquest tipus de navegació van ser Alfred Johnson (1876), Joshua Slocum (1898), Alain Gerbault (1923) i Vito Dumas (1942). Les navegacions oceàniques realitzades per aquests navegants no incorporaven previsions meteorològiques més enllà de la primera setmana després de la sortida de terra. Per tant, havien de ser capaços d'organitzar-se mitjançant el baròmetre, el termòmetre i l'anemòmetre. La tasca més important a part de la maniobra del vaixell, era la d'observació i recopilació de dades juntament amb la realització de les prediccions per a poder gestionar de millor manera la derrota.

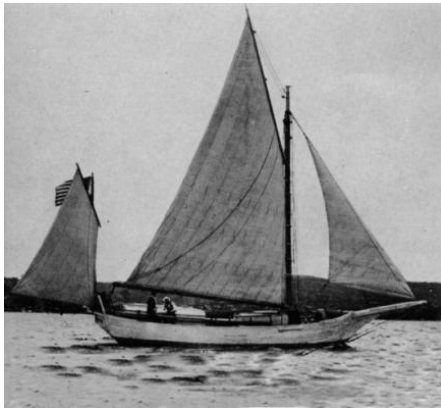


Figura 4. Joshua Slocum a bord de l'Spray. Font: VELA, il giornale dal 1975.

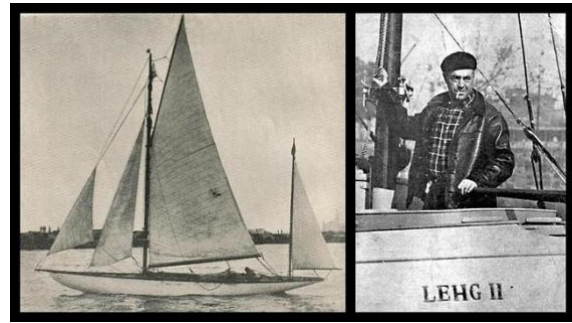


Figura 5. Vito Dumas i el seu vaixell. Font: Diari ABC.

Fins l'arribada de la radio d'ona curta per tant, no hi havia previsions externes a la pròpia observació feta pels navegants. Amb l'arribada de les primeres previsions per ràdio va començar a canviar el concepte de la navegació oceànica, no obstant, els primers equips de ràdio presentaven moltes mancances i els navegants havien de seguir realitzant la observació regular. El primer circumnavegant en utilitzar aquesta tecnologia va ser Sir Francis Chichester.

Més endavant, en la primera edició de la regata en solitari sense escales al voltant del món, la Golden Globe Race, per part de la organització es va entregar un aparell de radio a cada participant. Tot i que els equips seguien presentant errors que no permetien deixar de realitzar les observacions regulars.

No va ser fins la dècada dels 80, a la regata Whitbread, quan es van començar a incorporar dispositius que integraven la informació dels instruments en una sola pantalla, de manera que permetia obtenir coeficients i dades molt útils per a millorar el rendiment del vaixell. S'optimitzava l'aplicació de les condicions meteorològiques en el trimatge del vaixell.

A la dècada dels 90 es produeix un canvi que actualment encara és útil. L'arribada de l'INMARSAT C permet rebre informació digital a bord, fent possible la recepció de butlletins meteorològics en format digital i poder dur a terme el que s'anomena Routing.

El routing és un càlcul realitzat per un algorisme (realitzat pels ordinadors que hi ha a bord) que permet la ruta més ràpida entre dos punts, tenint en compte una previsió meteorològica i les polars d'un vaixell en concret (les polars són les característiques i comportaments d'un vaixell), i permet optimitzar la navegació de forma automàtica, ja que transmet la informació meteorològica a la derrota que hem de seguir. Més endavant coneixerem el funcionament d'aquests programes.

CAPÍTOL 2. Part científica.

En aquest capítol coneixerem la meteorologia des del punt de vista actual. Serveix per entendre el comportament de l'atmosfera des d'un punt de vista tècnic i basat en les conclusions científiques de les últimes dècades.

2.1 El funcionament de la meteorologia i la observació.

Conèixer els mètodes d'observació que permeten predir el temps requereix saber en què es basa la meteorologia. Els processos que conformen la meteorologia corresponen a la física. En aquest apartat, la finalitat és donar a conèixer els moviments globals d'aire, com es creen les borrasques, els anticiclons i altres fenòmens dinàmics, d'una forma clara i senzilla.

2.1.2 Principals fenòmens dinàmics de l'atmosfera.

L'atmosfera és una gran massa d'aire dinàmica. Varia a cada segon, i els factors que afecten a aquesta variació són molt diversos. La rotació de la pròpia terra, l'energia del sol o l'evaporació de l'aigua la qual passa de la superfície terrestre a l'atmosfera, són alguns dels factors.

Aquesta gran massa d'aire es mou en seccions molt grans. Aquests moviments són anomenats moviments d'aire a gran escala.

- **Com funcionen els moviments d'aire a gran escala?**

Els moviments d'aire a gran escala formen la circulació global d'aire. El factor inicial i més important que participa en aquests moviments és l'energia que produeix el sol. Aquesta font d'energia actualment coneguda com a il·limitada, escalfa la terra de manera desigual ja que aquesta té el seu propi moviment de rotació i per tant les seccions que reben llum solar varien. Per tant la terra mai és escalfada uniformement.

La diferència de temperatures produïda per l'escalfor del sol, provoca diferències de temperatura en l'atmosfera, creant diferents masses d'aire les quals es defineixen per tenir temperatura i humitat constants.

Aquestes masses d'aire a diferents temperatures i humitat són les més constants que podem trobar a la terra i de fet, permeten predir amb molta certesa determinats anticiclons i borrasques. Són patrons de circulació de l'aire que es repeteixen fins a tal punt que en meteorologia s'anomenen: borrasques estadístiques i anticiclons estadístics. Aquestes borrasques i anticiclons estadístics, varien segons l'època de l'any; durant l'hivern trobem sistemes forts de baixes pressions propers al mar i sistemes forts d'altres pressions damunt la terra, en canvi, durant l'estiu els sistemes forts d'altres pressions es situen damunt el mar i sistemes més dèbils de baixes pressions són els que es situen damunt la terra.

Si analitzem aquest fenomen tenint en compte la geografia terrestre, els pols s'escalfen molt menys que l'equador. A grans trets podem diferenciar tres grans zones d'aire a diferents temperatures; a l'equador tindrem aire calent i de l'equador fins al pol nord/sud, tindrem dues masses d'aire més fredes.

L'explicació següent permet entendre aquestes diferències de pressions constants:

Els pols i l'equador no s'escalfen de la mateixa manera. A l'equador els rajos del sol impacten de manera quasi perpendicular mentre que als pols impacten formant un angle molt obliqu. Aquesta diferència en la incidència dels rajos provoca que l'aire de l'equador rebi més radiació que el dels pols, per tant l'aire fred dels pols circula cap a l'equador mentre l'aire calent de l'equador puja i circula en alçada fins als pols, on es refreda i torna a baixar circulant del pol fins l'equador. Aquest procés és la re-circulació més bàsica que trobem a la terra i la principal. Aquesta és la teoria ideal, sense tenir en compte la força de Coriolis, però a la realitat no és així. Com s'explica al següent punt aquesta circulació es divideix en tres.

- La terra no és un cos estàtic, sinó que rota sobre si mateixa. Aquesta rotació comporta una acceleració de tot el que sigui fluid i es trobi a dins del sistema inercial, causada per la força de Coriolis.

La força de Coriolis provoca que el moviment d'aire a gran escala agafi un desviament cap a la dreta a l'hemisferi nord i un desviament cap a l'esquerra a l'hemisferi sud. És tant forta que fa variar el moviment d'aire calent i fred entre l'equador i els pols, i provoca que la massa d'aire torni cap al mateix lloc aproximadament a 1/3 de la distància del recorregut total, dividint cada hemisferi en tres grans masses d'aire que giren sobre si mateixes. Per tant. Cada secció té un comportament característic i aquestes seccions es divideixen en 30° de latitud cada una, arribant fins als 90° dels pols.

L'aire que trobem al voltant dels 60° en ambdós hemisferis està permanentment en ascens el que fa que la pressió a nivell de la superfície del mar i terrestre disminueixi, i per tant és la causa per la que entre latituds de 40 i 70 graus solen crear-se sistemes de baixes pressions.

Aquests sistemes de baixes pressions es creen a les zones de fronts polars. Els fronts polars són les dues zones en ambdós hemisferis on l'aire fred dels pols i l'aire càlid de l'equador es troben.

L'aire que trobem al voltant dels 30° en ambdós hemisferis es troba permanentment en descens per intentar omplir d'aire les zones superficials, el que provoca que en aquestes zones solen haver-hi anticiclons semi-permanents com el de les Açores i el del Pacífic Nord.

Cada cèl·lula de circulació rep un nom: La que es troba entre els 90° i 60° és la cèl·lula polar, entre els 60° i 30° cèl·lula de Ferrel i entre els 30° i els 0°, cèl·lula de Hadley.

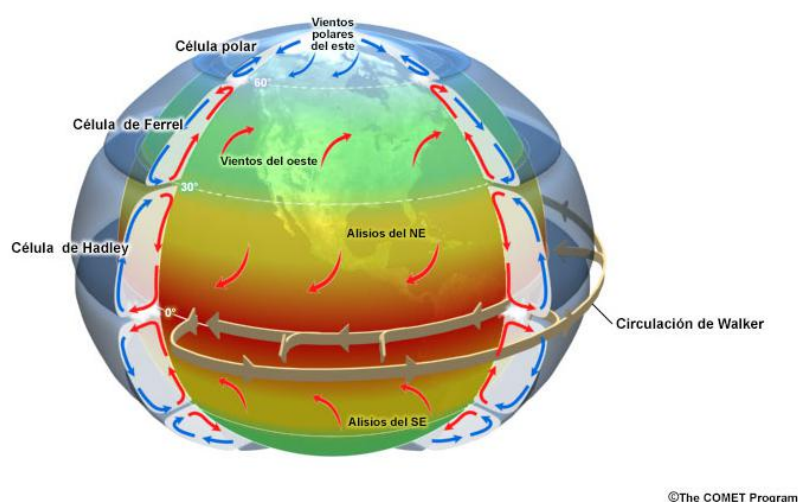


Figura 6. Esquema dels moviments d'aire globals. Font: AEMET.

Un cop entesa la rotació de la terra, hem de saber que la terra no orbita sobre un eix totalment vertical sinó que té una inclinació d'uns 23,5°, per tant la rotació al voltant del sol es realitza un angle anomenat obliquïtat de l'eclíptica. Aquesta inclinació té un efecte directe sobre la temperatura dels hemisferis; entre el 21 de març i el 21 de setembre l'hemisferi nord rep més calor que el sud, i entre el 21 de setembre i el 21 de març l'hemisferi sud rep més calor que l'hemisferi nord.

Aquest efecte defineix les estacions; dues a les zones tropicals: estació humida i estació seca. Quatre a les zones temperades i pols: estiu, tardor, hivern i primavera.

En el cas de les zones temperades trobem quatre estacions perquè entre les dues equivalents a seca i humida, estiu i hivern respectivament, hi ha dues èpoques de l'any de transició a nivell meteorològic, la primavera i la tardor.

L'equador sempre s'escalfa per igual, per tant cada hemisferi durant l'època que rep menys llum del sol s'escalfarà menys i tindrà més sistemes de baixes pressions. En canvi durant la temporada de més llum solar s'escalfarà més i hi haurà més sistemes d'altres pressions.

- L'última part necessària per entendre el procés dels grans moviments d'aire, ens porta a diferenciar les zones continentals i les zones marines, pel fet que la capacitat calorífica de l'aigua és molt més gran que la dels continents. Es necessita molta més energia calorífica per escalfar l'aigua que per escalfar la terra.

Entre l'hivern i l'estiu, la variació de temperatura de la superfície terrestre sol ser de desenes de graus centígrads mentre que la variació de temperatura de l'aigua sol ser molt menor, mantenint-se molt més constant durant tot l'any.

A grans trets durant l'hivern trobem la terra molt més freda que el mar, i en canvi a l'estiu la terra està a molta més temperatura que el mar. Traduint aquesta variació de temperatures a pressions, durant l'hivern solem trobar pressions més baixes sobre el mar i pressions més altes sobre la terra, mentre que a l'estiu hi ha pressions més altes sobre el mar i pressions més baixes sobre la terra. Aquest efecte no es pot aplicar a la meteorologia, sinó que és un concepte climatològic que afectarà a la meteorologia parcialment, ja que també s'han de tenir en compte factors com la orografia d'una zona, la geologia etc.

A l'hemisferi nord hi ha molta més terra que al sud, fet que provoca que el gradient est-oest de pressió creat per la terra sigui molt més notable al nord on les variacions estacionals es noten més que al sud.

El fet que a l'hemisferi sud no hi hagi pràcticament superfície terrestre entre l'Antàrtida i els punts americans i australians de latitud més alt, permet que existeixen unes corrents de vent molt fortes en aquest 'cercle'. Com a curiositat, Nova Zelanda es troba dins d'aquestes corrents ja que com a superfície terrestre és negligible davant les característiques que donen lloc a aquest fenomen.

Ocupen la secció que es troba entre els 40 i 60 graus de latitud sud i bufen contínuament al voltant del planeta d'oest a est; *Roaring forties* (40°- 50°), *furious fifties* (50°- 60°) i *screaming sixties* (60°- latitud límit amb l'Antàrtida). A l'estiu aquesta secció es desplaça cap al sud, reduint el gradient de pressió i per tant disminuint la intensitat del vent.



Figura 7. Esquema de les corrents de vent constants a l'hemisferi sud.

Font: Aomi Sailing.

- **Què és i què produeix l'efecte de Coriolis?**

En l'explicació dels moviments d'aire a gran escala hem definit la força de Coriolis com a acceleració que afecta el comportament de les masses d'aire.

Aquesta força és la raó per la qual tots els moviments de fluid a gran escala giren a la dreta en l'hemisferi nord i a l'esquerra en l'hemisferi sud, provocant que les borrasques, anticiclons, corrents oceàniques i mareas circulin de la forma en que ho fan.

Aquest desviament cap a la dreta o cap a l'esquerra, només és apreciable a petita escala si l'observador es troba dins el mateix sistema inercial, ja que el seu sistema de referència inicial es troba dins de la rotació terrestre.

L'efecte de Coriolis és produït perquè la velocitat de rotació és desigual segons la latitud on es troba l'objecte. Aquesta velocitat és màxima a l'equador i mínima als pols.

Quan un objecte té una velocitat i es mou a través de diferents latituds, hi ha una variació en la velocitat de rotació i és quan es produeix aquesta acceleració, causant el desviament.

Ara bé, si l'observador es trobés veient la terra de forma externa, la trajectòria de l'objecte és totalment recte, perquè es solapa amb la velocitat de rotació de la terra, i a efectes pràctics l'efecte de Coriolis el que fa es aplicar aquesta velocitat de rotació a l'objecte, per tant simplement veurem la terra girar i l'objecte seguint una trajectòria recta.

A gran escala, les fotografies per satèl·lit que capten les seccions d'aire permeten apreciar perfectament l'afectació de coriolis.

Aquesta força no s'aplica a tota la terra, a l'equador no hi ha desviament ja que l'equador és el punt on hi ha màxima velocitat de rotació, 1600 km/h, per tant no tendeix a agafar menys velocitat i es manté en la trajectòria de l'equador. El desviament d'una massa d'aire es produeix perquè aquesta avança en latitud a la vegada que la velocitat del punt de la terra sobre el que es troba damunt varia i fa que es desviï enlloc d'anar en línia recta.

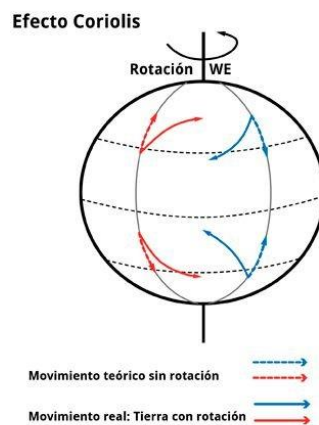


Figura 8. Esquema dels vectors de la força de Coriolis. Font: Meteored.

2.1.3 Borrasques, fronts i anticiclons.

Les masses d'aire a diferents temperatures, acaben provocant diferències de pressió. Aquestes diferències de pressió creen cèl·lules que són un sistema natural d'equilibri de la pressió d'aquella zona concreta. Aquestes cèl·lules poden ser: borrasques, les quals tenen una pressió inferior a 1013 hPa en el seu nucli i que desenvolupen els fronts. Anticiclons, les quals tenen una pressió superior a 1013 hPa en el seu nucli.

- **Borrasca:** Cèl·lula d'aire amb una pressió molt més alta al nucli que al voltant, com més gran la diferència de pressió entre el nucli i el voltant, anomenada gradient, més fort és el vent que genera. Aquest vent gira al voltant del nucli, i el sentit de gir varia segons l'hemisferi; a l'hemisferi nord el gir és anti-horari i a l'hemisferi sud sentit horari.

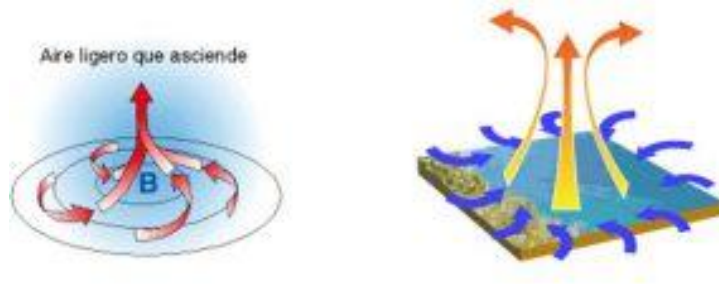


Figura 9. Esquema del sentit de la circulació de l'aire en una borrasca (Hemisferi Nord). Font: La rioja Meteo.

Per entendre de forma visual la dinàmica d'una borrasca, imaginem un volcà que va acumulant aire càlid sota terra, i aquest aire càlid acaba sortint per la xemeneia. El funcionament d'una borrasca és el mateix, l'aire càlid surt de baix cap a dalt pel centre de la borrasca, a la mateixa vegada l'espai que es queda 'buit d'aire' s'omple amb aire fred, i així es com s'accelera el vent.

En conclusió, com més ràpida és la diferència de pressió, més aire calent puja intentant reduir la pressió del centre amb la dels voltants, que a la vegada atraurà l'aire fred del voltant cap a l'espai buit, i així es com s'accelera l'aire, depenent de la diferència de pressió també anomenada gradient de pressió. Com més gran el gradient més acceleració del vent.

La borrasca, com tots els fenòmens atmosfèrics sempre tendeix a buscar l'equilibri de pressions.

D'una forma més tècnica, la borrasca es crea quan es troben dues masses d'aire de diferents temperatures, una càlida i una freda. La massa càlida tendeix a lliscar sobre la massa freda. En aquest procés de lliscament de les dues masses d'aire, en un punt determinat la variació de temperatures serà més alta que en la resta de superfície, aquesta variació anomenada inestabilitat baroclínica és causada de forma natural per les pròpies masses d'aire o per l'efecte de la temperatura de la superfície del mar.

Quan la inestabilitat baro-clínica és prou forta, és a dir, s'han donat els factors necessaris per a que pugui mantenir-se més enllà del moment en què s'ha creat, apareix una 'ona' de pressió que va expandint-se i intensificant-se. A la zona d'inestabilitat, el lliscament de l'aire càlid per sobre del fred és molt intens i provoca una caiguda de la pressió en superfície ja que l'aire que es trobava en superfície és forçat cap a dalt, fent aparèixer la cèl·lula de baixa pressió.

L'aire del voltant es desplaça cap al nucli de la cèl·lula per igualar pressions, i la força de Coriolis provoca que giri en sentit ciclònic, que varia segons l'hemisferi com s'explica en el primer paràgraf de l'apartat.

Els dos extrems de les masses d'aire, doncs passen a anomenar-se front càlid (darrere el qual hi ha tota la massa càlida) i front fred (darrere el qual hi ha tota la massa freda).

Un cop han aparegut els dos fronts, la borrasca comença a agafar forma i es converteix tot el sistema en una gran vòrtex. Entre el front càlid i el front fred, trobem el sector càlid, zona en la qual els vents superficials són forts i bufen en la mateixa direcció durant una certa distància.

L'aire que entra, es desvia per l'efecte de Coriolis però no en l'angle de 90° sinó en 75°, aquesta diferencia de 15° ve causada per la fricció del propi aire amb la superfície, i per tant fa que a l'hemisferi nord es desviïn 15° cap a l'interior.

Per calcular la intensitat del vent al voltant d'una borrasca a partir d'un mapa isobàric, s'utilitza l'equació **geostròfica** obtinguda de Butt, Tony. *La ciencia del surf: Introducción al reconocimiento de las OLAS para surfear*. 3ª ed. Madrid: Ediciones Tutor, 2018. p.27:

$$\text{velocitat del vent} = \frac{690}{\sin(\text{latitud})} \cdot \frac{\text{pressió entre isobares}}{\text{distància entre isobares}}$$

La velocitat del vent l'obtindrem en m/s. Introduïrem la latitud en graus, la diferencia de pressió entre isòbares en mil·libars (o hPa) i la distància entre isòbares en km.

Després de desplaçar-se d'oest a est, el front càlid i el front fred es troben, formant un front oclús, essent el moment en què comença a perdre força i si bé pot crear alguns sistemes secundaris, acaba desapareixent poc després.

De manera paral·lela al desplaçament de les borrasques, hi ha un efecte causat per les corrents en doll, corrents que es troben en alçada (entre 5000 i 10000 m) i que provoquen que la trajectòria d'una borrasca en superfície segueixi de manera molt propera la direcció de la corrent en alçada.

Un cas molt concret i a tenir en compte durant les navegacions, són aquelles borrasques que es desenvolupen de forma molt ràpida, provocant que la pressió baixi més de 24 mbar en 24 hores. Aquestes borrasques reben el nom de ciclogènesi explosiva¹, provocant un gradient molt gran i a conseqüència vents d'intensitats iguals a alguns huracans.

Tenen lloc en latituds mitges, i són molt difícils de predir perquè tenen lloc a escala local però es generen per les condicions que es troben en un radi extens.

¹ https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/247_ciclogenesis



Figura 10. Ciclogènesis explosiva vista des de l'espai.

Font: Meteorología en red.

- **Front:** Una borrasca, genera dues zones principals al voltant de tota la cèl·lula anomenades sector càlid i sector fred. Aquests dos sectors, formen els fronts, que són el front fred (sector fred) i el front càlid (sector càlid). Els fronts poden comparar-se amb les aspes d'una hèlix, i són els encarregats del gir al voltant del nucli de les borrasques. Quan la borrasca perd força, aquests dos sectors es combinen i s'equilibren, donant lloc a un front oclús. Definició de cada tipus de front:

- **Fred:** La massa d'aire fred es mou empenyent la d'aire càlid. El sector que hi ha entre el front fred i la part posterior del front càlid s'anomena sector càlid. L'aire càlid a conseqüència de l'empenta, s'eleva.

Des de l'observació l'arribada del front fred ve acompanyada de cumulonimbus, que generalment seran difícils de diferenciar ja que estaran tapats per altres núvols.

Durant el pas del front el vent pot tenir intensitats similars als temporals i la pluja pot ser molt intensa, fenòmens que seran de durada curta.

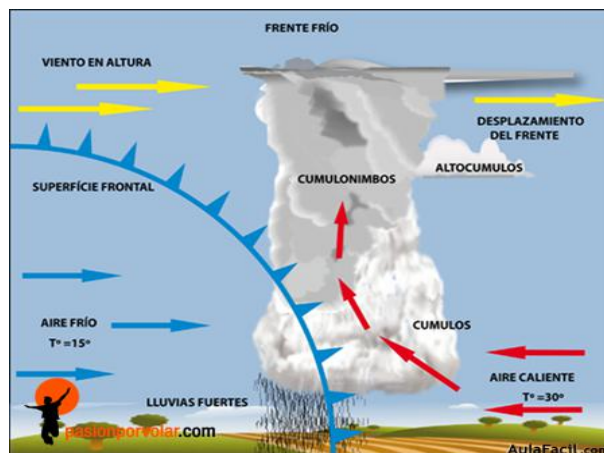


Figura 11. Esquema d'un Front Fred. Font: Aula fácil.

- **Càlid:** El front càlid es troba empenyent tota la massa d'aire fred fins a la part posterior del front fred. Completant el gir que ha començat amb el front fred. L'aire càlid no pot passar per sota el fred, ja que aquest és més dens i a conseqüència, s'eleva. Des de l'observació, l'arribada d'un front càlid ve acompanyada d'un increment de la temperatura i un canvi en la direcció del vent, en sentit horari a l'hemisferi nord, i antihorari a l'hemisferi sud. Durant el pas del front poden produir-se clarianes tot i que hi haurà mala visibilitat. quan la base de núvols comença a guanyar alçada, el vent disminueix mantenint la direcció i les precipitacions es redueixen o s'aturen, es defineix com la finalització del pas del front.

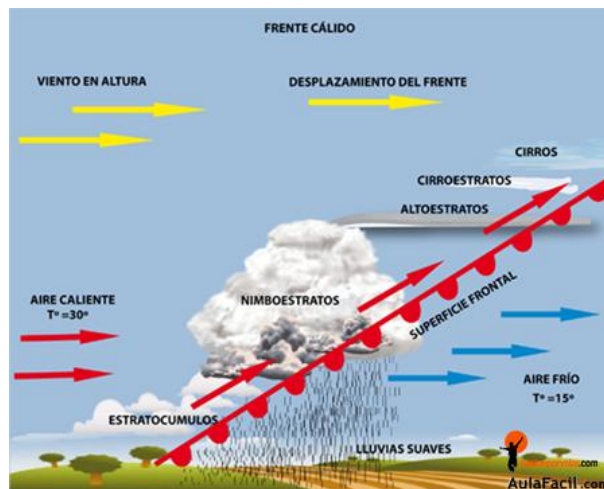


Figura 12. Esquema d'un front càlid. Font: Aula fácil.

- **Estacionari:** Es produeix un equilibri entre les dues masses d'aire diferents, per tant no hi ha moviments verticals de la massa d'aire càlida. L'equilibri té lloc quan el flux d'aire és paral·lel a la línia del front, i no va ni cap a la massa d'aire fred ni cap a la massa d'aire càlida. Té característiques similars al front càlid. Les condicions meteorològiques concretes generalment són capes de núvols stratoformes i precipitacions continuades, també pot tenir lloc la formació de tempestes als límits del front, al entrar en contacte amb masses d'aire de diferents característiques. Per la seva naturalesa estacionaria pot arribar a durar períodes de temps prolongats, motiu pel qual pot causar inundacions i episodis forts de pluja.

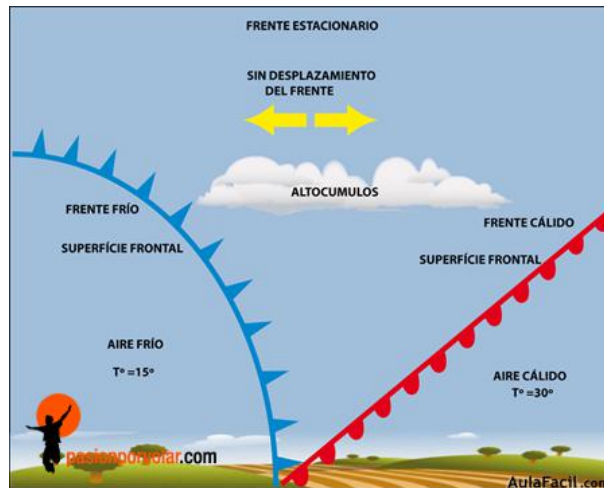


Figura 13. Esquema d'un front estacionari.

Font: Aula fácil.

- Oclús: Es produeix quan el front fred atrapa el front càlid, i llisca per sota del primer. Tots els fronts es transformen en oclusos al final de la seva vida, adoptant característiques tant de front càlid com de front fred. Acostumen a anar acompanyats de tempestes i poca pluja. Pot aparèixer plugim quan l'aire càlid ascendeix i condensa al trobar cada vegada aire més fred. La visibilitat dins d'un front oclús és bona.

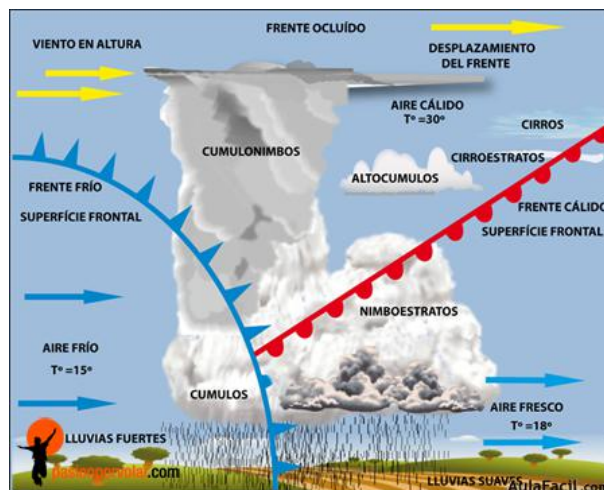


Figura 14. Esquema d'un front oclús. Font: Aula fácil.

Dins dels fronts oclusos, en trobem dos sub-tipus:

- ◆ Oclusió càlida: La massa d'aire més freda (fresca) passa per sobre la menys freda (freda) i ascendeix.

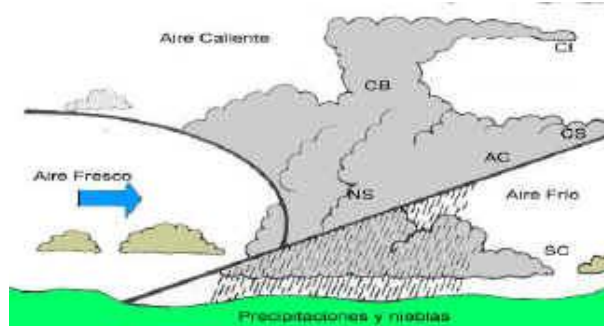


Figura 15. Esquema d'una oclusió càlida. Aula fácil.

- ◆ Oclusió freda: La massa d'aire més freda s'introdueix per sota la menys freda i l'eleva.

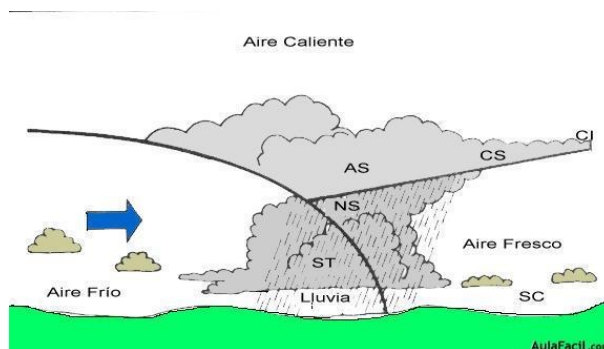


Figura 16. Esquema d'una oclusió freda. Aula fácil.

- **Anticicló:** És la variació de pressions totalment oposada a les borrasques. És una cèl·lula que al seu nucli té més pressió que a les zones contigües, per tant l'aire descendeix en el nucli, suprimint la formació de núvols i per tant comportant estabilitat atmosfèrica.

L'aire que baixa del centre s'escalfa i a perd humitat, generant una situació d'aire sec en superfície. Les cèl·lules anticiclòniques són molt més grans que les borrasques, i a part poden durar dies i setmanes, convertint-se en anticiclons estacionaris. Per altra banda, degut a la seva mida i consistència pot fer que bloquegin depressions i inclús provocar que aquestes les bordegin.

Quan l'aire arriba a terra, la rotació de la terra provoca que en l'hemisferi nord aquest giri en sentit horari, i en canvi, a l'hemisferi sud, giri en sentit anti-horari.

Un fenomen conegut que produeixen els anticiclons és la inversió tèrmica, ja que l'aire en alçada és més càlid que el de superfície, degut a cels sense núvols que no permeten l'acumulació de calor en superfície.

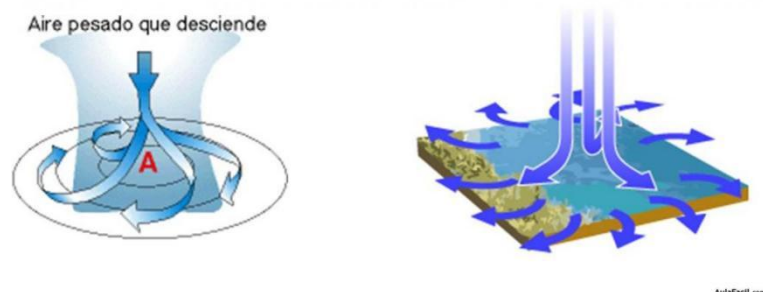


Figura 17. Esquema dinàmic d'un anticicló. Aula fácil.

2.1.4 Fronts, Borrasques, Anticiclons i corrents de vent més coneguts.

Anteriorment hem vist l'estacionalitat d'alguns d'aquests fenòmens. En la navegació oceànica es tenen en compte per la seva estacionalitat, ja que en l'estudi abans de les regates s'estudia la climatologia de tot el recorregut. A l'Oceà atlàntic per exemple, es donen certs fenòmens de forma estacional. Passa el mateix als altres oceans. Ara coneixerem els més importants respecte la navegació oceànica:

- **Anticicló de les Açores:** Sistema d'altres pressions que es troba a la part central de l'atlàntic nord, sobre l'alçada de les illes Azores. La pressió atmosfèrica al seu centre es manté al voltant de 1024 hPa. Té efecte sobre la meteorologia d'Europa i el Nord d'Àfrica. L'efecte sobre la península ibèrica és d'escut protector a l'estiu, quan es situa a la part central de l'atlàntic i degut a la seva estacionalitat impedeix el pas de fronts i borrasques. En canvi, a l'hivern es desplaça al sud i queda sobre les Illes Canàries, permetent el pas de fronts i borrasques des de l'atlàntic cap a la península. El seu pas en les regates que creuen l'atlàntic bé per anar a Amèrica o per fer la volta al món, requereix una estratègia clara per a evitar quedar-se sense vent.

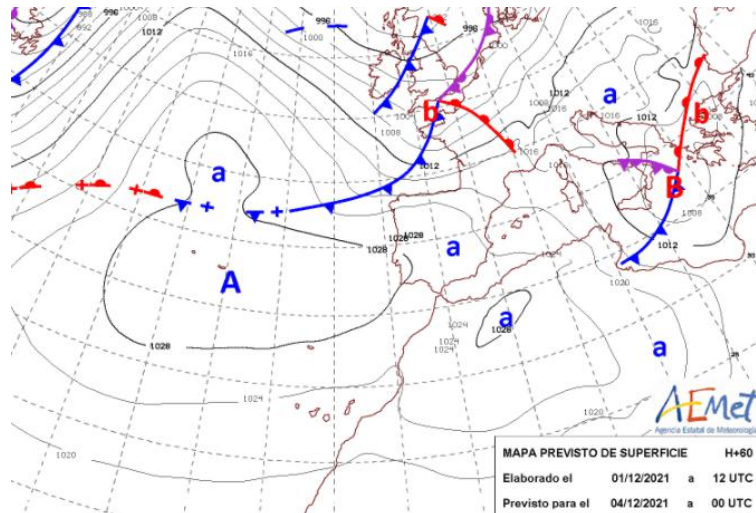


Figura 18. L'Anticicló de les azores el dia 04/12/2021, bloquejant el pas de fronts provinents del nord. AEMET.

- **Alisis o Trade Winds:** Corrents de vent constants en superfície, que bufen des d'un anticicló subtropical que es troba sobre els 35° de latitud cap a les baixes pressions de l'equador. A l'hemisferi Nord la direcció sol ser NE i a l'hemisferi sud SE. Conformen els vents ascendants de la cèl·lula de Hadley, el punt de confluència entre els dos hemisferis s'anomena zona de convergència intertropical (ZCIT), en anglès *doldrums*. La variació d'intensitat entre estiu i hivern és poc notable, solen oscil·lar entre els 15-20 kn (són molt persistents durant l'any).

LOS VIENTOS ALISIOS

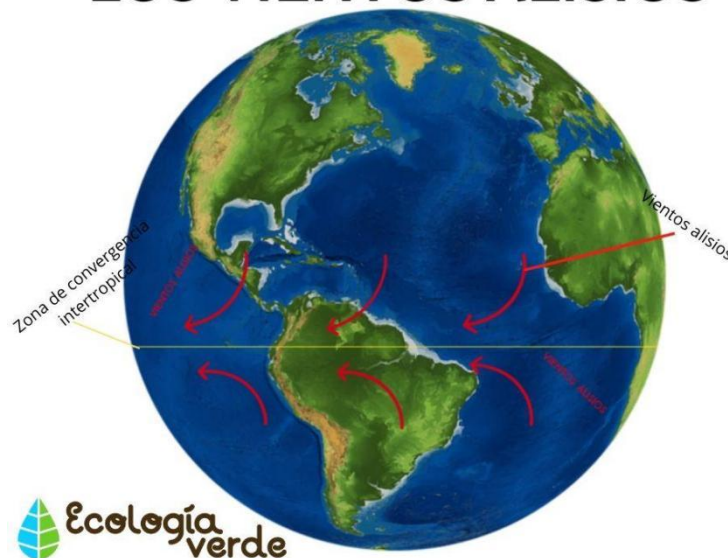


Figura 19. Representació gràfica dels vents alisis. Ecología verde.

- **Doldrums:** Zona de convergència intertropical, és on es troben els alisis d'ambdós hemisferis. És una zona d'encalmades i on es creen moltes tempestes tropicals, per la confluència de temperatures. Al gener, quan les regates de la volta al món solen passar-hi, la millor zona per travessar de forma més ràpida sol trobar-se al voltant dels 30° W. En regates com la Transat Jacques Vabre, que té lloc a la tardor no hi ha una zona concreta per al millor pas, degut a la inestabilitat de l'època. És una zona dura per la navegació a vela, ja que a part del poc vent les condicions d'humitat i temperatura són molt altes.

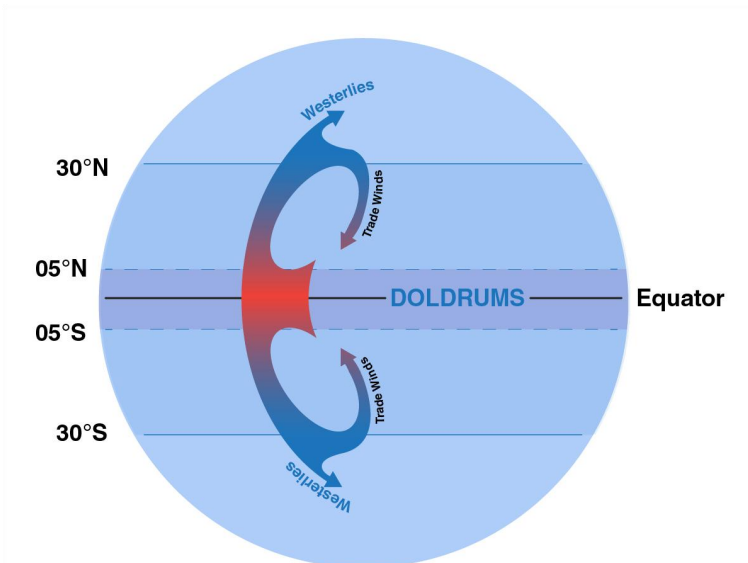


Figura 20. Esquema de la formació dels doldrums a partir de la confluència dels trade winds. NOAA.



Figura 21. Fotografia feta a la zona dels doldrums, on s'aprecia el mar encalmat i la formació de tempestes típica de la zona.

MEDIAAlliance INTERNATIONAL.

- **Anticicló de Santa Helena:** De forma similar a l'anticicló de les Açores a l'hemisferi nord, és l'anticicló estacionari a una latitud d'uns 30 - 35° a l'hemisferi sud. Sol situar-se a la zona de l'illa de Santa Helena. Considerada també una zona de pas estratègic en les regates al voltant del món, per arribar al cap de bona esperança es sol passar el màxim per l'oest, ja que a l'hemisferi sud els vents d'un anticicló giren en sentit anti-horari permeten tenir vents portants que permetran una baixada directa fins a l'oceà Índic.

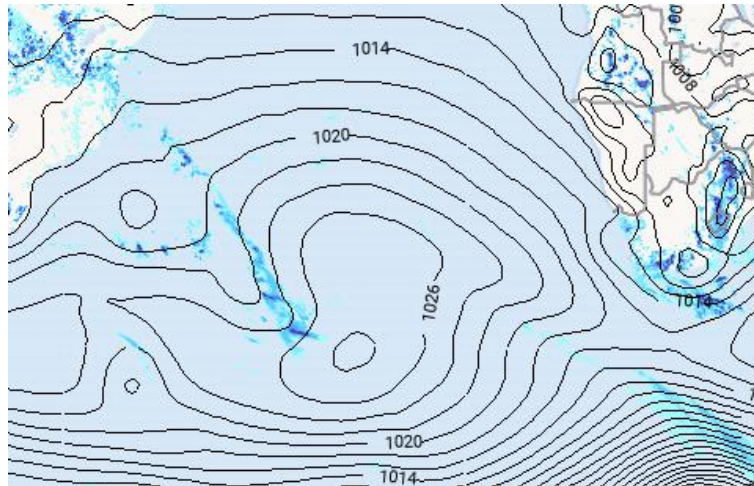


Figura 22. L'anticicló de Santa Helena, predicció pel dia 05/12/2021 17:00 GMT. Meteored.

2.1.5 Mapes del temps i la seva lectura.

Per a poder entendre els fenòmens atmosfèrics que trobarem en un futur és molt important conèixer els mapes que els expressen.

Principalment hi ha els mapes isobàrics o mapes de pressió en superfície, que representen les zones amb pressió entre 950 i 1050 hPa, és a dir, àrees determinades per la part del vent a cota 10 sobre el nivell del mar, i per la part de la pressió, temperatura i humitat, a cota 0. Són els més habituals i permeten veure la previsió en la superfície per a un temps determinat de 3, 6, 12 o 24 hores. Aquests mapes s'elaboren a partir de les imatges emeses pels satèl·lits meteorològics, que són gestionats per les agències meteorològiques de determinats països.

Els mapes d'altura, són d'aspecte similar als isobàrics, però representen les zones amb pressions des de 300 fins a 950 hPa. Permeten conèixer l'estat de l'atmosfera en alçada, els més habituals són els de 500 hPa que és l'equivalent a uns 5500 metres sobre el nivell del mar. Amb la utilització de dos mapes d'altura a diferents pressions podem arribar a obtenir una previsió de la superfície.

Trobem dos tipus de satèl·lits meteorològics, els de orbita geostacionària: GOES E i GOES W (Estats Units), GMS (Japó), GOMS (Rússia), INSAT (Índia) i METEOSAT (ESA), i el de orbita polar: NOAA (Estats Units).

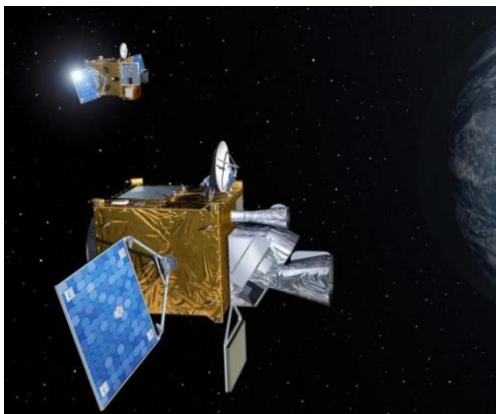


Figura 23. Meteosat de tercera generació.

Font: Aerospatium.



Figura 24. NOAA d'òrbita polar. Font: NOAA.

A part dels mapes sinòptics en superfície i en altura, trobem uns altres tipus de mapes que proveeixen informació molt més concreta:

- Mapes de camp: Són mapes que interpreten informació extreta dels mapes isobàrics i que permeten veure per exemple un mapa on només apareixen la força i la direcció del vent superfície. Hi ha diferents mapes de camp segons els diferents fenòmens; vent, ones, corrent, temperatura de l'aigua etc.

A continuació es descriuen els mapes de camp de vent i ones, els més utilitzats en navegació d'altura.

- Mapes de camp d'ones: Mostren l'evolució del mar de fons, essent útil en navegacions d'altura per anar tenint una predicció visual i senzilla de l'estat del mar, i no haver de guiar-se per l'estat del mar en zones concretes. Per definir les dimensions de les ones, s'utilitzen colors freds per a mides reduïdes i colors més càlids per a major tamany. Els períodes del mar s'expressen també en forma de colors, essent de colors freds les zones amb menys període i de colors càlids les zones amb més període. En el cas de canvis abruptes en el període, trobarem l'anomenat front de mar de fons, el qual és una línia grossa i fosca.

El tamany de les ones normalment s'expressa en metres. Existeix una escala de mesures anomenada escala Douglas, que classifica les onades segons el seu tamany en metres i defineix de manera concreta l'estat en el que es trobarà el mar.

ESCALA DOUGLAS		
Alçada ones (m)	Grau	Efectes mar
0	0	Plana
<0,1	1	Arrissada
0,1 – 0,5	2	Marejol
0,5 – 1,25	3	Maror
1,25 - 2,5	4	Forta maror
2,4 – 4	5	Maregassa
4 – 6	6	Mar brava
6 – 9	7	Mar desfeta
9 -14	8	Mar molt alta
> 14	9	Mar enorme



Figura 25. Escala Douglas. Font: Anèl·lides, serveis ambientals marins.

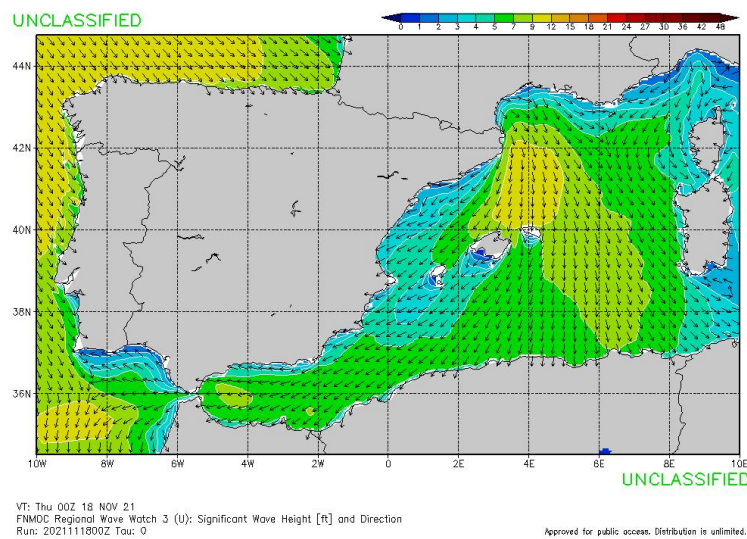


Figura 26. Mapa de camp d'ones. Els colors indiquen la mida de les onades. Font: Puertos del Estado.

- Mapes de camp de vent: Funcionament molt semblant als mapes de predicció d'ones per damunt de l'oceà, i en aquest cas ens mostra el vent de superfície que hi ha en un sector determinat. Són un molt bon complement als mapes isobàrics ja que a part de saber on es situen les altes i baixes pressions, podem saber de manera molt més detallada la direcció i intensitat del vent per zones. La força del vent es representa mitjançant colors freds pels

vents suaus i colors càlids pels vents forts. La direcció del vent s'expressa amb fletxes i en alguns casos amb barbes de vent*. Les fletxes sempre van cap a la direcció que les empeny el vent, és a dir, cap a on es propaga.

La intensitat del vent sol indicar-se amb nusos, m/s o escala Beaufort.

L'escala Beaufort és una unitat de mesura del vent dividida en 12 intensitats. La utilització conjunta amb l'escala de Douglas permet obtenir una definició clara de l'estat del mar.

		Velocitat (en nusos)	Velocitat (en km/h)	Alt. ones (en metres)	Efectes al mar	Efectes en terra
Força 0	Calma	<1	0-2	0	Mar com un mirall	El fum puja verticalment
Força 1	Ventolina	1-3	2-6	0.1	La mar s'arriba, però no forma escumalls	S'endevina la direcció del vent a través del fum, però no per les banderes
Força 2	Vent fluixet	4-6	7-11	0.2-0.4	Ones petites amb crestes definides sense trencar-se	Es nota el vent a la cara, es mouen les fulles dels arbres i les banderes
Força 3	Vent fluix	7-10	12-19	0.5-1	Ones amb escumalls ocasionals	Les fulles dels arbres s'agiten, les banderes s'estenen
Força 4	Vent moderat	11-16	20-29	1-1.5	Ones més llargues amb escumalls	S'aixeca pols i papers petits
Força 5	Vent fresquet	17-21	30-39	1.6-2.5	En trencar les ones, ocasionalment esquitxen	Es mouen els arbres petits i s'aixequen ones petites al port
Força 6	Vent fresc	22-27	40-50	2.6-4	Mar escumosa i esquitxos freqüents	Es mouen branques grosses, els cables elèctrics xiulen. El paraigua és difícil de mantenir
Força 7	Vent fort	28-33	51-61	4.1-5.5	Mar grossa, l'escuma és arrossegada pel vent	Arbres en moviment. És difícil caminar contra el vent
Força 8	Temporal	34-40	62-74	5.6-7.5	Totes les ones formen esquitxos	Es trenquen les branques primes. No es pot caminar contra el vent
Força 9	Temporal fort	41-47	75-87	7.6-10	Els esquitxos dificulten la visibilitat, la mar fa remor	Es trenquen xemeneies i es trenquen teules
Força 10	Temporal molt fort	48-55	88-101	10.1-12.5	Remor de la mar intensa amb cops secs de l'onada en caure	S'arrenquen arbres i ocasionals danys greus als edificis
Força 11	Temporal violent	56-63	102-117	12.6-16	Els vavells mitjans desapareixen. Mar coberta en bancs d'escuma	Destrosses arreu
Força 12	Huracà	>32.7	>118	>16	Mar blanca. Tot l'aire és ple d'escuma i esquitxos	Catàstrofes

Figura 27. Escala Beaufort. Font: barcelonaworldrace.org

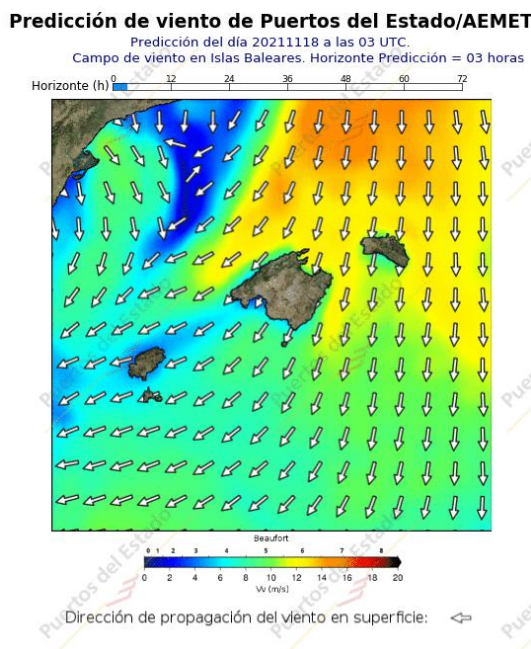


Figura 28. Mapa de camp de vent a les balears.

Les unitats són: escala beaufort i m/s.

Font: AEMET.

Lectura dels mapes isobàrics i d'altura.

Els mapes que sinòptics de superfície tenen informació rellevant per a la navegació, i de fet els mapes de camp es basen en aquests. Per entendre'ls, s'ha de conèixer que significa cada símbol i forma.

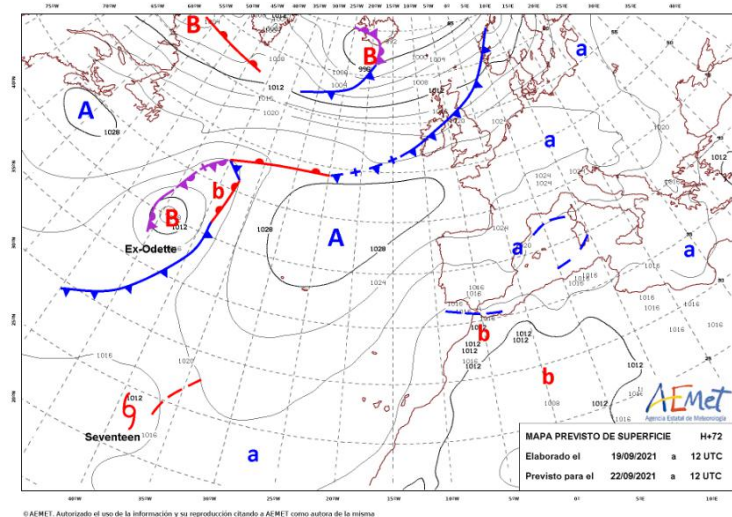
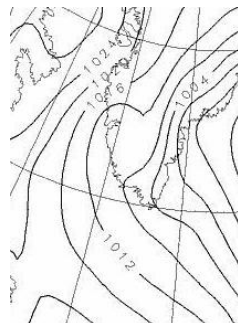


Figura 29. Mapa d'isòbares com a exemple. Font: AEMET.

Parts d'un mapa sinòptic de superfície:

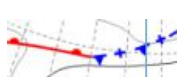
Línies isobàriques:



Front fred:



Front estacionari:



Front oclús:



Front càlid:



A Anticicló

a Alta pressió relativa

B Borrasca

b Baixa pressió relativa

Les línies isobàriques defineixen zones segons la pressió constant en diversos punts, que juntats donen forma a cada línia. Com més juntes més gran és el gradient de pressió i més fort és el vent.

Els fronts, les borrasques i els anticiclons s'han explicat de forma detallada a l'apartat 2.1.3.

Els conceptes d'alta pressió relativa i baixa pressió relativa corresponen a sub-sistemes que es formen prop dels nuclis de les borrasques i anticiclons.

Mapa sinòptic d'altura:

Els mapes d'altura es defineixen segons la capa de pressió o altura que defineixen; els més habituals són: 850 hPa, 500 hPa i 300 hPa. Els que es solen utilitzar més en regates oceàniques són els de 500 hPa, i per tant, són els que veurem a continuació.

Aquest tipus de mapes donen relleu a una superfície isobàrica, ens permeten visualitzar l'atmosfera en tres dimensions, i es basen en descriure la topografia de la superfície aèria sobre la qual tots els punts tenen la mateixa pressió, 500 hPa.

Les línies traçades s'anomenen isohipses i es numeren en decàmetres geopotencials, espaiades de 4 decàmetres geopotencials en 4 o 6.

Per tant tenint en compte la separació de 4 decàmetres geopotencials, en un mapa de 500 hPa la línia 556 connecta tots els punts que es troben a 500 hPa a una altura de 5560 m i la línia 560 connecta tots els punts als quals hi ha una pressió de 500 hPa per a una altura de 5600 m.

El més important d'aquests mapes, és entendre que el que varia és l'altitud en què es troba cada punt que forma les isohipses, és a dir, l'alçada sobre el nivell del mar en que cada punt es troba a una pressió de 500 hPa. Aquesta altura segons la pressió, s'anomena altura geopotencial i és sobre la que s'analitzen aquests mapes.

La definició física d'altura geopotencial no és però de manera exacta l'altura des del nivell del mar fins als 500 hPa, sinó que es defineix com el treball necessari per elevar la unitat de massa fins als 500 hPa.

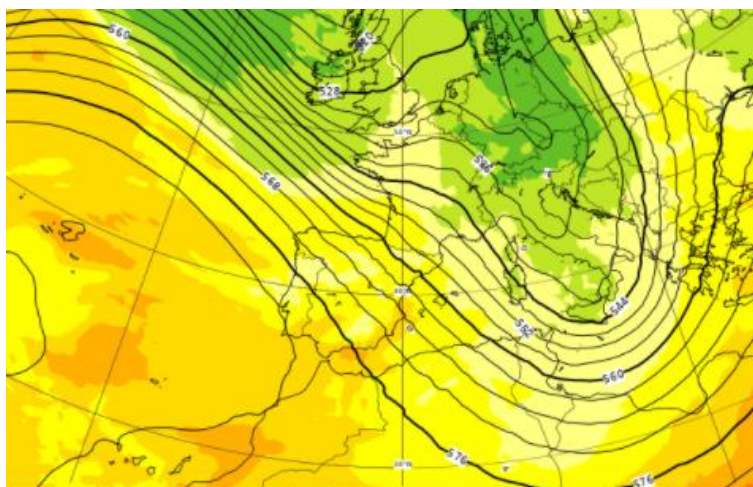


Figura 30. Mapa d'altura a 500 hPa. Font: ECMWF.

Per a la lectura d'aquests mapes, hem d'entendre que els moviments de masses d'aire en aquestes altures guien els desplaçaments dels centres d'acció de les depressions, i els intercanvis tèrmics que tenen lloc en aquesta altura ens poden mostrar l'evolució futura de l'estat de l'atmosfera. La direcció i intensitat del vent s'obté a partir de la direcció i espaïament de les isohipses.

Els vents a 500 hPa són molt elevats, valors entre 60 i 80 kn són normals. La temperatura de l'aire es troba a uns -20°C . Quan apreciem vents més forts, vol dir que hi ha un marcat contrast tèrmic i per tant es pot preveure una situació amb gran potencial evolutiu.

Com als mapes de superfície, la informació primordial que obtenim d'aquests mapes serà la situació de borrasques i anticiclons. Per interpretar els anticiclons i depressions en fase d'evolució a partir dels mapes d'altura, és fa de la següent manera:

- Per a les baixes pressions, s'ha de tenir en compte que es troben desplaçades respecte les baixes pressions en superfície, cap a les temperatures baixes mitges.
- Les altes pressions en altura estan desplaçades en relació a les altes pressions en superfície, cap a les temperatures altes mitges.

Els fenòmens de superfície, es desplacen en la direcció del vent que hi ha a 500 hPa. Si hi ha vents forts en altura damunt d'una depressió aquests faran que es profunditzi la mateixa. És important saber que no són mapes ideals per a la localització de fronts, però de manera eventual si que ens ho permetran.

Hi ha mapes en els que podem trobar, isoterms juntament amb les isohipses. Aquests mapes ens mostren les adveccions tèrmiques (aportacions de temperatura vinculades als moviments de masses d'aire), i permeten estimar l'evolució dels fenòmens. Com més parel·les són les isohipses i les isoterms, més dèbil és la zona i en canvi, les zones on es tallen entre elles són d'evolució forta.

Tres característiques importants d'aquests mapes són:

- Si les isoterms i les isohipses formen un angle notable, significarà una evolució del fenomen.
- Les adveccions càlides reforcen les ascendències (com davant les depressions).
- Les adveccions fredes reforcen les subsidències (moviment cap baix, darrera les depressions).
- Si hi ha un descens d'aire fred, davant d'un ascens d'aire càlid suggereix una baixada de pressió (depressió).
- Si hi ha un descens d'aire fred darrere d'un ascens d'aire càlid, significarà una pujada de pressió (anticicló).

Si trobem una depressió en altura que coincideix amb una depressió de superfície, vol dir que es troba en un procés d'oclusió i per tant es convertirà en estacionaria. El mateix passa amb els anticiclons.

La lectura dels desplaçaments dels fenòmens en superfície a partir dels mapes d'altura, s'efectua:

- On trobem les isohipses amb curvatura dèbil, els fenòmens de superfície es desplacen en la direcció del vent a 500 hPa, a la meitat de la velocitat del vent a aquest nivell aproximadament.
- On trobem les isohipses amb curvatura forta, els fenòmens són estacionaris o de desplaçament lent.
- On trobem les isohipses gairebé tancades, el fenomen es desplaçarà amb vent més fort del seu voltant. S'entendrà que hi ha una depressió ocluída.

2.2 Com es generen les previsions?

Les previsions meteorològiques a nivell usuari es realitzen a partir de l'obtenció de moltes dades diferents, tant de temperatura o humitat com de la interpretació dels mapes sinòptics. Aquesta obtenció de dades es realitza per tres mitjans diferents:

- La observació meteorològica definida com a: Medició i determinació de tots els elements que en el seu conjunt representen les condicions de l'estat de l'atmosfera en un moment i lloc concrets, utilitzant un instrument adequat. Aquestes observacions es realitzen sota la normativa que emet la Organització Meteorològica Mundial, rebent el nom de Sistema Mundial d'Observació.
- Radio-sondeig: Consisteix en el llançament d'un globus amb una sonda incorporada, que s'enlaira fins a uns 25 km, durant aquesta ascensió recull dades de l'atmosfera com humitat relativa, pressió i temperatura, entre d'altres. Quan el globus explota, la sonda cau esmorteint la caiguda amb un petit paracaigudes.
- Satèl·lits meteorològics: Es llancen a l'espai amb la finalitat de monitoritzar el comportament de l'atmosfera o determinats aspectes de la meteorologia o climatologia, per exemple els satèl·lits que monitoritzen el moviment dels icebergs.

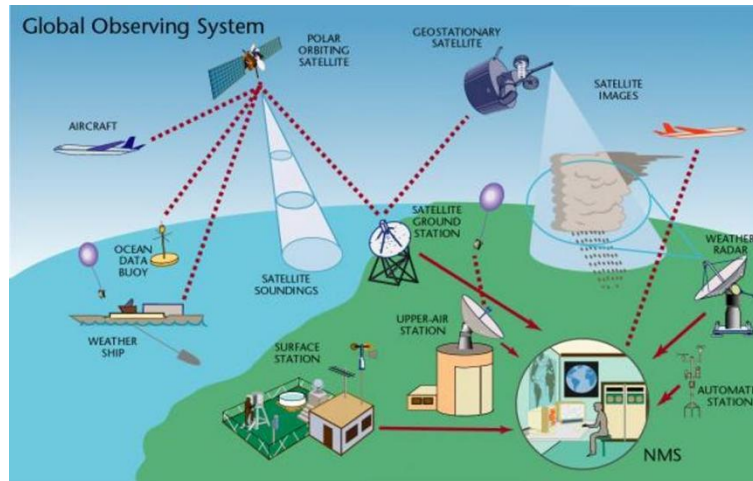


Figura 31. Esquema del sistema mundial d'observació de la OMM.

Font: The conversation

Com ja hem vist anteriorment, podem trobar les previsions en dos formats; els mapes sinòptics per una banda, i els mapes de camp de vent, ones, temperatura etc.

Amb les primeres, hem de ser capaços d'extreure les dades importants sobre la zona on necessitem la informació i amb les segones, obtenim les dades sobre la zona de forma directa. La diferència entre ambdues, és que si som capaços d'entendre els mapes sinòptics serem capaços d'entendre les diferents tendències que poden esdevenir-se. En canvi, amb les dades extretes i definides en un mapa de camp, no som coneixedors de la situació atmosfèrica en general, si no es compleixen generen dificultats per entendre quina pot ser la nova tendència. Tot i aquesta diferència a nivell usuari, les dades provenen de les mateixes fonts.

La forma d'observació de les dades prové mètodes d'observació compartits en els dos tipus de previsió. Més endavant coneixerem que a part de dos tipus de previsió, dins de les previsions locals de dades concretes trobem diferents tipus de model meteorològic.

L'obtenció de les dades, es realitza per mitjà d'observacions visuals o instrumentals; les visuals es basen en l'avaluació de diversos elements per part de l'observador, basant aquesta observació en la seva experiència prèvia.

Les instrumentals es duen a terme també per l'observador, però en aquest cas aquest utilitza diversos instruments així com taules de reducció, correccions i càlculs corresponents.

Les observacions tenen lloc a determinades hores del dia, aquestes hores no són variables sota cap concepte i a part han de realitzar-se amb el mínim temps possible ja que els elements meteorològics poden canviar en un termini de temps molt reduït.

Tenen lloc diàriament a les 00, 03, 06, 09, 12, 15, 19, 21 hores UTC, i són realitzades per personal tècnic dels serveis meteorològics amb instruments homologats d'observació.

Dins d'aquestes hores diferenciem les hores principals i les sinòptiques intermitges; les hores principals són en les que es recull major quantitat d'informació que és: temperatures extremes, precipitació en 6 i 24 hores, canvis de pressió en 24 hores i altra informació addicional que es presenti en l'interval de 6 hores (tempestes locals, tornados etc.) les hores principals són les 00, 06, 12, 18 hores UTC.

La resta són les sinòptiques intermitges.

Hi ha dos tipus d'observacions:

- Observacions prèvies: Es realitzen una hora abans de l'hora normal d'observació i han d'abastar un període inferior a 10 minuts. La finalitat és revisar l'estat dels instruments i s'ajusten o es corregeixen en cas que sigui necessari. També és tenen en compte les diferents variables, amb la finalitat de mantenir l'actualització sobre l'estat del temps. És té en compte també l'estat dels núvols, per ser conscients de la seva evolució i poder aplicar posteriorment el codi pertinent.

- Observació sinòptica: Són les mesures de les diferents variables a nivell superfície. Aquestes variables són:
 - Núvols.
 - Visibilitat.
 - Direcció i intensitat del vent durant els últims 10 minuts.
 - Situació meteorològica general.
 - Temperatura i humitat.
 - Pressió atmosfèrica al nivell de l'estació i al nivell del mar.

- En cas que durant l'observació hi hagi un període de precipitacions també es tindrà en compte:
 - Quantitat de precipitació.
 - Evaporació.

2.3 Part matemàtica.

Un cop s'han obtingut totes les dades a través de l'observació aquestes s'han de computar totes juntes per poder obtenir els mapes sinòptics i els diferents models, i a més poder preveure l'evolució del temps. Aquesta predicció s'anomena predicció numèrica.

La predicció numèrica del temps es porta a terme a partir d'un model matemàtic formulat per equacions en derivades parcials, que són l'expressió matemàtica de les lleis físiques que regeixen l'atmosfera terrestre. La diferència en els càlculs, és a dir, la precisió de cada un, és el que fa que hi hagi diferents models i aquests varien en el radi sobre el que prediuen i l'espai de temps que abarca la previsió.

Les equacions que s'utilitzen són les generals de dinàmica de fluids, ja que l'atmosfera és un fluid. Aquestes equacions s'apliquen però definint les zones a estudiar com capes aïllades d'aire, sigui sec o contenint vapor d'aigua, i el moviment del qual s'observa des d'un sistema no inercial. L'ordre de magnitud de les equacions variarà segons les escales temporals i espacials dels fenòmens que s'estudien.

Aquestes equacions obtingudes no són lineals, i en general no poden resoldre's de forma analítica, per tant es resolen mitjançant càlcul numèric. Es substitueixen les equacions que tenen variables contínues per equacions amb variables discretes. Per tant la precisió dels resultats es defineix de les simplificacions que s'hagin fet i del mètode numèric que s'utilitzi. Tot i així aquest càlcul numèric el realitzen ordinadors, per tant el factor de l'error humà en el càlcul desapareix però al treballar amb un nombre limitat de decimals (de 8 a 16) apareix un error en l'arrodoniment. No obstant, aquest error és molt menor al possible causat per errada humana.

Quan ja es tenen plantejades les equacions matemàtiques del model (recordem que els models es defineixen pel tipus d'equacions), per a resoldre-les s'ha d'agafar com a estat inicial de l'atmosfera l'instant $t = 0$. Per tant, es requereix l'observació precisa vista a l'apartat anterior.

Un cop es tenen les dades de l'instant 0, aquestes no poden introduir-se de manera directa a les equacions, sinó que s'han de retocar o pulir, ja que encara que les variables estiguin lligades entre si en un moment determinat, aquestes també són un resultat de les equacions d'evolució.

El procés que es duu a terme, la inicialització no lineal per modes normals, el que fa és retocar els valors inicials per aconseguir un equilibri anomenat equilibri massa-vent entre la pressió i el vent.

Sempre hi ha un petit error fonamental a raó de que les mesures efectuades a partir de la xarxa d'observació no permeten determinar el valor exacte de les variables que defineix l'estat inicial del model.

La no-linealitat de les equacions d'evolució i la inevitable introducció d'una lleugera desviació a l'estat inicial acaba amplificant-se a mesura que un model s'amplifica en el temps. Avui en dia, el límit de temps amb un error acceptable es situa al voltant dels 10-12 dies.

En el plantejament del problema matemàtic és molt important tenir les condicions de contorn ben definides, s'han de conèixer els valors de les variables atmosfèriques sobre la frontera del domini atmosfèric D considerat. Si el domini D és tota l'atmosfera només s'han de tenir en compte els límits superior i inferior, però si s'acota un domini concret, també s'han de tenir en compte els dominis de les zones frontera. Per tant la qualitat de la predicció a l'interior del domini va relacionada directament amb la precisió de l'estimació de les variables sobre les fronteres. Com més ampli és el domini, menys afecta l'error possible de l'estimació de les variables sobre la predicció de l'interior.

És important saber que per a intervals curts de temps, les prediccions realitzades amb ordinador perden eficàcia i és molt important afegir el paper del meteoròleg. Aquest ha de conèixer de manera completa el clima regional, i ha d'ajustar i modificar si convé els resultats de la simulació segons cregui convenient.

De manera general i pràctica, els models matemàtics comprenen prediccions en un termini de 8 o 10 hores fins a 10-12 dies.

La diferència més gran apareix en prediccions d'interval de temps inferior a 8 hores. Aquestes es realitzen amb tècniques de predicció immediata o a curt termini. Es desenvolupen a partir d'extrapolacions més o menys complexes de les dades meteorològiques obtingudes per mitjà d'estacions automàtiques i de teledetecció. Es requereix una vigilància continua de l'evolució atmosfèrica i correccions in-situ de les previsions existents.

2.4 L'evolució de les previsions

Les previsions numèriques que hem vist a l'apartat anterior no sempre han estat precises en terminis de temps de 10 dies. La qualitat de les previsions efectuades el 1954 amb el model barotròpic i un

termini de 24 hores, és equivalent a les que es podien realitzar el 1995 al Centre Europeu de Prediccions Meteorològiques a mig termini per a 6 dies.

Aquesta evolució va lligada directament a l'evolució exponencial de la capacitat dels ordinadors. Si bé els models matemàtics també van millorant, la capacitat de càlcul dels ordinadors és infinitament superior avui que fa 20 anys, i encara més que en fa 50.

2.5 Els models meteorològics

Cada model meteorològic analitza moltes variables, que hem conegut als apartats anteriors, i les resol mitjançant també, les equacions vistes. La diferència entre aquests models es troba en les pròpies equacions i també en els mitjans d'obtenció de dades, que permetran obtenir dades més acurades o menys.

A grans trets podem distingir els models en dos tipus principals: Els models climàtics, els quals es basen en obtenir informació sobre la climatologia (comprent mesos i/o anys) i els models meteorològics, els quals es basen en obtenir informació sobre la meteorologia (comprent hores i/o dies).

Les dades que s'utilitzen pels models meteorològics s'obtenen de les radiosondes, els satèl·lits meteorològics i les observacions meteorològiques. Amb les dades que s'obtenen dels tres mitjans i utilitzant els algorismes matemàtics necessaris, es pot conèixer matemàticament al ritme que avança o que canvia la situació atmosfèrica, permetent conèixer l'estat futur de l'atmosfera dins d'un breu espai de temps en el futur.

2.5.1 Tipus de Models

El fet de que hi hagi un gran nombre de models diferents, esdevé en grans diferències entre els mateixos. La majoria han estat desenvolupats per agències i organismes estatals o internacionals que es dediquen exclusivament a la recerca i a la meteorologia. La diferència principal en els models és el radi que poden abastir, i segons aquest radi també en depèn l'interval de temps màxim a predir. Per tant es diferencien pel que s'anomena resolució, que és el conjunt d'aquestes dues característiques.

Els models més coneguts o utilitzats són:

- **Global Forecast System, GFS:** Model d'escala global i de baixa resolució que realitza 20 simulacions de l'atmosfera en cada cicle de pronòstic. És un sistema gestionat per organismes dels E.U.A i que es publica de forma gratuïta. Està compost de quatre models més reduïts que treballen de manera conjunta per aconseguir el resultat global amb la màxima precisió possible. S'actualitza quatre vegades al dia, en intervals de 6 hores; UTC 00, UTC 06, UTC 12 i UTC 18, però es mostra en intervals de 3 hores i té una resolució base de 13 km, És un model sinòptic i per tant no pot predir vents tèrmics a escala local. Les previsions són fins a 10 dies, però la fiabilitat es pot reduir un 50% a partir dels 5 dies.
- **North American Mesoscale, NAM:** forma part d'organismes Nord-Americans. Trobem una versió amb una resolució de 3 km que cobreix tots els E.U.A, Canadà, Mèxic i el mar Carib. Produeix una previsió de 36 hores en intervals d'una hora, o de 48 hores en intervals de 3 hores. S'actualitza quatre vegades al dia, UTC 00, UTC 06, UTC 12 i UTC 18. Una altra versió amb una resolució menor, de 12 km, cobreix tot el carib. Es caracteritza per l'alta definició que ofereix (3 km), i és molt vàlid per predir vents sinòptics creats per baixes o altes pressions. No obstant, no és tant vàlid per a vents tèrmics locals.
- **Weather Research and Forecasting, WRF:** model de meso escala que forma part de la col·laboració de molts organismes de recerca meteorològica. El fet de ser executat per diversos organismes molt diferents, fa que s'hi introdueixen petites variacions que resulten en diferents resolucions segons quina institució ho executa. La versió americana té una resolució de 5 km, l'europea de 9 km entre moltes altres versions. S'ha de tenir en compte que és un model que sol situar a l'alça les previsions de vent, fet recolzat per diversos estudis i que han conclòs en que pot incrementar la velocitat de vent per sobre de la mitja estimada en un 10%. L'actualització és de 4 trams horaris al dia, UTC 00, UTC 06, UTC 12 i UTC 18. Hi ha una zona marítima molt concreta amb una resolució de 3 km, és la zona de l'estret de Gibraltar i Tarifa i té un interval horari de 48 hores, amb 4 actualitzacions diàries també.
- **High Resolution Window, HRW:** model gestionat per la NOAA i el NCEP. Cobreix les zones del pacífic (Hawaii) amb 5 km de resolució i Estats Units amb una resolució de 4 km. L'interval horari és de 48 hores. L'actualització és de 2 trams horaris al dia, UTC 00 i UTC 12.

També ofereix cobertura de part del Carib (República Dominicana i Puerto Rico), i s'actualitza en 2 trams horaris al dia, UTC 06 i UTC 18.

- **European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF:** Model d'escala global, que realitza 50 simulacions de l'atmosfera en cada cicle de pronòstic. Seria l'equivalent al GFS però gestionat per Europa, amb la principal diferència de que aquest no és gratuït. Es considera més precís que el GFS.
Té una resolució de 9 km i la precisió segueix sent molt alta fins als 6 dies dins una previsió de 10 dies. S'actualitza dues vegades al dia; UTC 00 i UTC 12, mostrant-se en intervals de 3 hores.
- **Icosahedral Non-Hydrostatic, ICON:** Model de predicció global alemany. S'actualitza quatre cops al dia; UTC 00, UTC 06, UTC 12 i UTC 18, produint una previsió d'un interval d'una hora durant els primers tres dies, i posteriorment passa a ser en intervals de 3 hores. Arriba fins a 7 dies amb una resolució de 13 km.
Es pot obtenir també en la versió de 7 km de resolució. Aquesta s'actualitza vuit vegades al dia; UTC 00, UTC 03, UTC 06, UTC 09, UTC 12, UTC 15, UTC 18, UTC 21, i s'emet en intervals d'una hora i arriba fins a 3 dies i mig.
- **NOAA Environmental Modeling System, NEMS:** És l'equivalent Europeu al NAM tot i que va ser dissenyat pels EUA, i comparteix moltes característiques amb el NAM. És un model d'alta resolució que s'actualitza dues vegades al dia, UTC 00 i UTC 12. Ofereix una resolució de 4 km amb una amplitud de previsió de 72 hores i intervals d'una hora.
- **High Resolution Deterministic Prediction System, HRDPS:** És un model operat per Canadà i que cobreix la major part d'Amèrica del Nord. S'executa quatre vegades al dia; UTC 00, UTC 06, UTC 12 i UTC 18. És d'alta resolució, la qual és de 2,5 km i mostra la predicció futura fins a 48 hores. Té una precisió similar al NAM de 3 km, però a més té la capacitat de predir de forma acurada les brises i vents tèrmics locals. També permet la opció de predir el vent fins a 40 metres en alçada des de la superfície del mar.
- **Predict Wind, PWG i PWE:** Són dos models que utilitzen les dades inicials del GFS i del ECMWF, introduint-les a les seves equacions. Les resolucions poden ser a 50 km o a 8 km, i inclús arribar a 1 km, les quals permeten una previsió molt pròxima i acurada dels vents tèrmics locals i brises. Com l'HRDPS, poden generar la previsió a 40 metres d'alçada s.n.m.

- **Weather Flow - Weather Research and Forecast, WF-WRF:** Model preparatori que cobreix les àrees d'Estats Units i Canadà, i té una resolució de 1 o 3 km. S'actualitza quatre vegades al dia; UTC 00, UTC 06, UTC 12, UTC 18. Pot arribar a predir fins a 40 hores. Model que també té la capacitat de fer una previsió acurada dels vents tèrmics i brises locals.
Aquest model utilitza la seva pròpia xarxa d'estacions locals, permetent que les zones on hi ha punts d'observació obtinguin previsions molt correctes. És el millor model per vents locals, a les zones on es trobin punts d'observació.
- **High Resolution Rapid Refresh, HRRR:** És un model molt especial i potent, ja que ofereix una resolució de 3 km i actualitzacions cada hora. Tot i així, té un abast de 18 hores. Molt important i útil en situacions de meteorologia adversa i tempestes. Creat el 2014, el 2020 incorpora una versió amb una extensió a 48 hores i actualitzacions cada 6 hores. Útil també per a vents tèrmics i brises locals.
- **Application of Research to Operations at Mesoscale, AROME:** Semblant al HRRR, és un model d'abast reduït a petita escala. Útil en la predicció de tempestes, onades de calor i precipitacions fortes típiques del mediterrani. És el model que ofereix millor precisió poc abans i durant les condicions adverses. Té una resolució de 1,3 km, un abast de 42 hores i s'actualitza 5 vegades al dia.
Es publica en intervals de 1 i 3 hores.

CAPÍTOL 3. La utilització de les previsions.

Un cop les agències meteorològiques tenen les dades necessàries per poder realitzar el model numèric del que es trobarà en un futur proper, han de ser capaces d'expressar la informació a dos principals tipus d'usuari; l'usuari professional o molt coneixedor de la meteorologia, i l'usuari que no coneix la meteorologia però necessita conèixer quin temps farà, i vol un contingut senzill.

3.1 Com arriba la informació segons el tipus d'usuari.

Per a l'usuari professional/aficionat o coneixedor de la meteorologia, totes les dades publicades són útils. Aquest tipus d'usuari pot utilitzar els mapes sinòptics i a la vegada la informació detallada de manera local que s'ofereix a l'usuari bàsic.

La informació sinòptica s'obté de portals d'agències meteorològiques. A Espanya, l'agència estatal de meteorologia és la que proveeix aquests serveis.

A la pàgina web trobem un menú desplegable el qual permet accedir a diferents tipus d'informació, la qual pot ser més o menys simplificada:

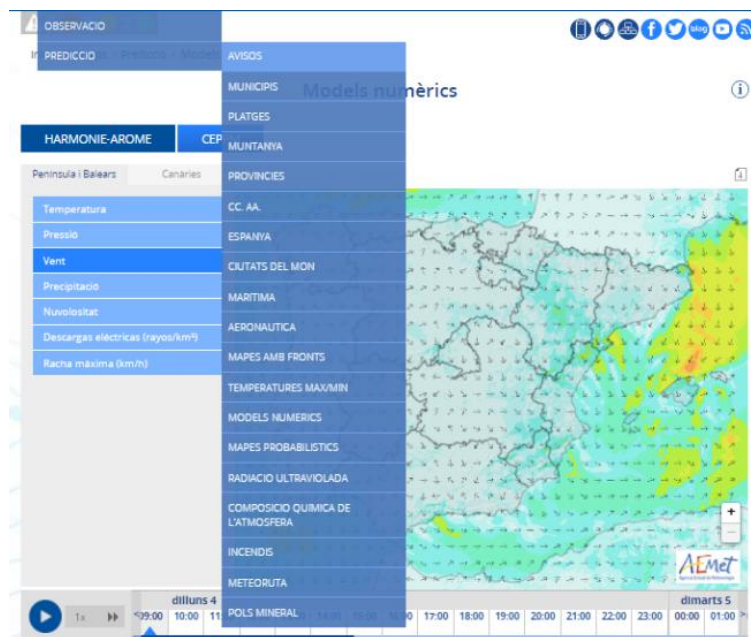


Figura 32. Pestanyes de diferents tipus de previsions, AEMET.

Font: AEMET

Si observem el menú, veiem per una banda les pestanyes de províncies, CC.AA, espanya, ciutats del món, marítima i aeronàutica. Aquestes opcions estan totes adreçades al públic general, ja que ofereix la informació resumida per a llocs en concret.

Les altres pestanyes com mapes de fronts, models numèrics, mapes probabilístics etc. proporcionen informació a nivell tècnic, i s'han de tenir coneixements mínims de meteorologia, estan adreçades a professionals o usuaris aficionats que necessiten conèixer molt bé aquestes dades, com les tripulacions dels vaixells tant mercants com esportius. La lectura d'aquestes dades juntament amb la informació detallada que proporcionen aquestes agències és una molt bona combinació per tenir una idea general i completa mitjançant mapes sinòptics, i utilitzant la informació detallada obtenir la informació de forma molt més local.

Ja coneixent els mapes sinòptics, ara veurem com és la informació detallada que proporcionen les agències.



Figura 33. Predicció amb informació detallada per províncies.

Font: AEMET.

La informació de la figura és proporcionada de forma totalment adreçada al públic general, de forma molt gràfica per a simplificar al màxim la comprensió dels fenòmens atmosfèrics. Hi ha diverses capes a seleccionar, mostrant diferent informació. En aquest cas és a nivell comunitat autònoma, però es pot ampliar fins a municipis.

Tota la informació mostrada, prové de l'observació i satèl·lits atmosfèrics, és a dir, la mateixa font que en els mapes sinòptics.

Per tant, com a conclusió, la lectura de les prediccions s'adapta als dos tipus de públic, permetent arribar a tots els usuaris possibles.

3.2 Els meteoròlegs.

Com acabem de veure actualment les pàgines web ens proporcionen tota la informació possible i de forma adequada a cada usuari.

Tot i així només un meteoròleg és capaç d'entendre més enllà de la simplicitat amb que ens mostren les previsions aquest tipus de pàgines, són coneixedors dels processos que permeten passar de l'observació als mapes i analitzen cada situació des de l'arrel.

La feina dels meteoròlegs es pot definir com: Estudi de l'atmosfera i la seva afectació als sistemes terrestres. La utilització de les observacions i models informàtics per entendre i predir el comportament meteorològic i climatològic.

Aquesta feina, és coneguda de forma global per aparèixer als mitjans de comunicació com televisions i diaris, on diàriament i més d'una vegada, els meteoròlegs anuncien el temps per a les properes hores i propers dies, de manera adequada a tots els públics i molt útil per a les accions que s'hagin d'adoptar en casos de mal temps.

A les regates oceàniques els meteoròlegs juguen un paper molt important, ja que ajuden als regatistes a preparar la millor estratègia.

És cert que actualment hi ha programes anomenats Routing's que poden crear una ruta òptima tenint en compte les variables meteorològiques, però el paper dels meteoròlegs segueix essent igual d'important ja que són capaços de comprendre i analitzar els models de manera subjectiva a zones geogràfiques concretes, i a part a analitzar les prediccions amb una visió global tenint en compte situacions anteriors.

En la majoria de regates oceàniques el paper dels meteoròlegs cada vegada és més important, les comunicacions entre regatista i terra, són cada vegada millors i això permet una comunicació diària.

Actualment els vaixells que participen en aquestes regates són molt ràpids, i necessiten actualitzar el seu rumb segons la meteorologia que canvia a la mateixa velocitat. A part per aconseguir aquestes velocitats més altes, naveguen a latituds més properes a l'Antàrtida motiu pel qual també han de tenir molt en compte els límits d'exclusió d'icebergs.

A l'annexe A1, s'inclou l'entrevista a un meteoròleg conegut i el funcionament de l'emissió del temps a la televisió.

3.3 Portals de prediccions i programes de routing.

La forma en que la meteorologia arriba a l'usuari general és molt més simple que els models matemàtics que hi ha al darrera de les prediccions. Tot i així, els portals de prediccions es diferencien en si estan adreçats a un públic amb formació sobre la meteorologia o a un públic sense formació.

En les regates, normalment els participants disposen de coneixements tècnics de meteorologia i s'utilitzen portals amb informació detallada.

La informació que s'obté d'aquests portals s'ha d'estudiar tenint en compte les zones per on transcorre la regata, informació que s'ha d'anar actualitzant durant el transcurs d'aquestes, que poden anar des de dies a setmanes o mesos.

A part d'utilitzar la informació proporcionada per aquestes pàgines, els navegants han de dominar l'observació meteorològica perquè sovint es navega en zones desconegudes properes a la costa on les condicions locals poden ser molt diferents a les dades que poden donar la majoria de models.

Actualment s'ha estès l'ús dels programes de *routing*. Aquests programes representen un abans i un després en l'elaboració de rutes marítimes, si bé els analitzarem des de la visió de les regates, actualment també s'utilitzen en les navegacions comercials dels mercants, ferries i creuers.

La finalitat d'aquests programes és calcular una ruta òptima segons les prediccions meteorològiques més recents, i es tenen en compte les polars, que són coeficients que defineixen el comportament del vaixell en diferents rumbos, configuracions de vela i configuracions de pes. Es defineix com un model matemàtic que ajunta les variables meteorològiques amb les del vaixell, i obté com a resultat la ruta òptima. S'ha de tenir en compte que els *routings* s'elaboren tenint en compte un model meteorològic, i en les regates oceàniques que transcorren al llarg de dies i setmanes, aquests models solen ser a escales grans, per tant cal recalcar l'important paper dels meteoròlegs en la interpretació de les condicions que es poden donar a una zona concreta i que el *routing* pot no ser capaç de tenir en compte, degut a la definició del model utilitzat.

A continuació s'efectua una comparació entre dos portals d'informació meteorològica molt coneguts, Windy i Windguru. La principal diferència entre ambdós, és la forma en que transmeten la informació.

Comparació entre portals de prediccions:**Windy.**

Portal web que va nèixer el 2014 amb la finalitat de mostrar el vent de forma animada damunt la terra, aspecte molt innovador en aquest tipus de portals web.

El 2015 comença a operar utilitzant els models GFS i NEMS. Poc després, al 2016, comença a utilitzar el model ECMWF. El 2017 agafa molt de pes de forma global ja que l'utilitzen governs, institucions i ciutadans durant la temporada d'huracans. Al 2018 inclouen un nou radar meteorològic Europeu, previsions de tempestes entre d'altres innovacions. El 2019 s'inclou una interfaç de satèl·lit i una opció de *routing*, entre d'altres. Les últimes innovacions han tingut lloc el 2020, incloent una interfaç de la qualitat de l'aire. També s'ha millorat la recepció de prediccions a una hora comptant amb 4 actualitzacions diàries

La característica més destacable és la visualització animada sobre el globus terrestre del vent, ones, temperatura, corrent, entre d'altres característiques relacionades amb la meteorologia. Aquesta funcionalitat permet que tot i mostrar informació detallada pugui ser comprensible per un usuari amb coneixements molt bàsics. Tot i així, té moltes opcions que requereixen uns coneixements avançats.

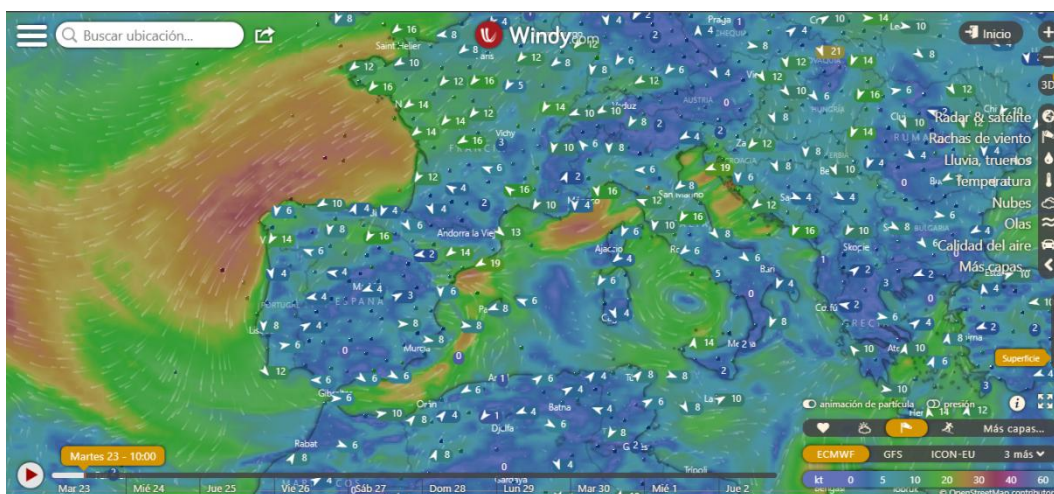


Figura 34. Pantalla principal de windy, sense configurar cap paràmetre. Font: Windy.

La pantalla principal de windy ofereix una apreciació visual molt senzilla sense haver de configurar cap paràmetre. Amb la configuració de les capes i dels models, podem aconseguir una previsió al nostre gust.

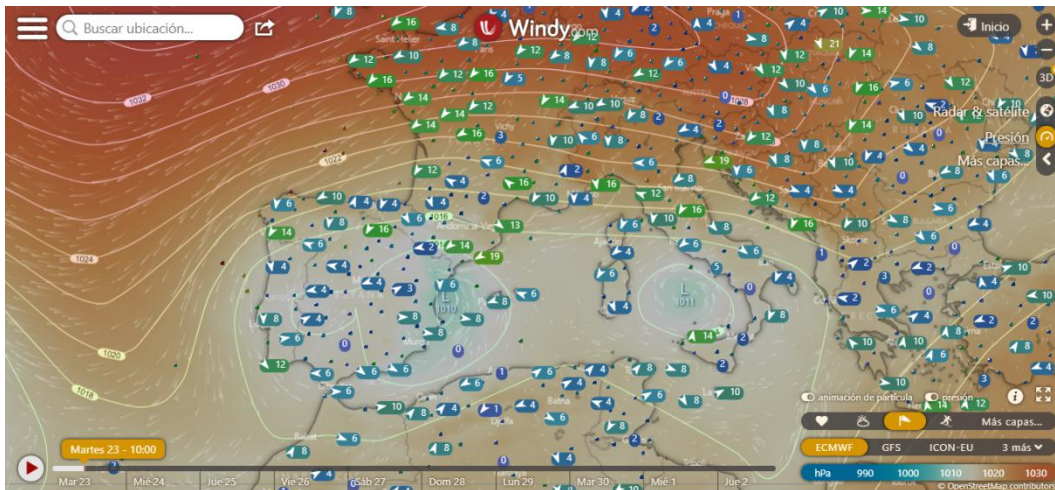


Figura 35. Configuració amb la capa d'isobares. Font: Windy.

Amb la configuració de la capa d'isòbares podem aconseguir un mapa amb certa similitud a un mapa sinòptic però amb més facilitat de comprensió.



Figura 36. Configuració amb la capa de satèl·lit. Font: Windy.

Amb la configuració de la capa de satèl·lit podem aconseguir un mapa amb molta definició de la situació atmosfèrica.

Aquestes dues capes només són un petit exemple de totes les funcions que ofereix, permetent inclús la superposició de capes que permet comparar diferents tipus d'informació i extreure una previsió més clara, a part podem triar diferents models.

Quasi totes les funcions són gratuïtes, algunes funcions més específiques requereixen el pagament d'una mensualitat.

Windguru.

Portal web més especialitzat en la navegació costera, ja que inclou les prediccions per poblacions. La interfase ha sigut sempre molt diferent al format Windy, ja que en aquesta les prediccions es publicaven únicament en taules de valors. Actualment aquest format segueix essent el principal, però s’ha afegit la predicció en mapes, amb funcionalitat molt reduïda en comparació a Windy.

La part bona d’aquest portal és la simplicitat de les prediccions, ja que les taules són molt intuïtives.

Les prediccions són proporcionades pels següents models:

- GFS
- NAM
- WRF
- HRW
- GDPS
- EWAM
- AROME
- GWAM
- GFS-WAVE
- ZEPHR-HD
- HARMONIE
- HRDPS
- ICON
- HRRR
- HIRLAM
- RAP

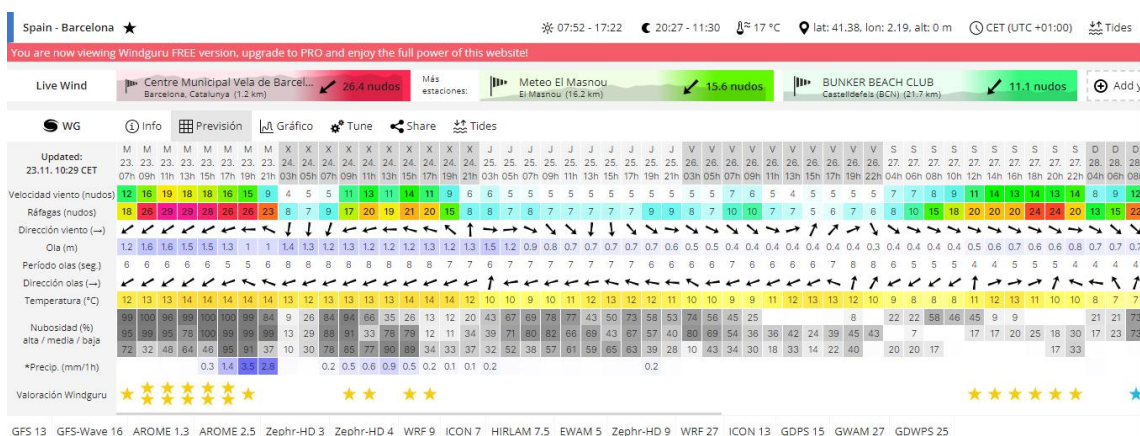


Figura 37. Taula de valors de predicció de vent, onades, atmosfera i precipitacions. Font: Windguru.

El format de windguru és molt simple i intuïtiu, permetent la visualització de les dades més importants en una sola pantalla. L'escala de colors simplifica encara més.

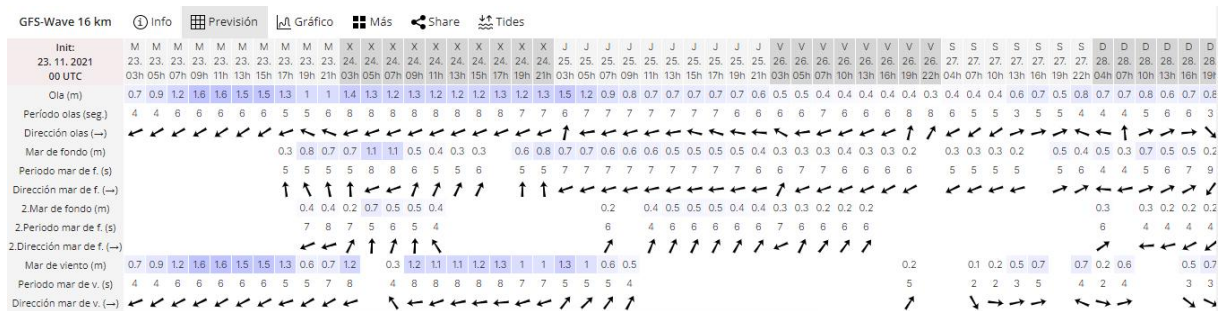


Figura 38. Taula de previsió d'ones. Font: Windguru.

Una altra funció molt útil de windguru és la taula d'ones, la qual mostra informació detallada de l'estat del mar en zones determinades, en aquest cas Barcelona.

En conclusió, la principal diferència entre aquests dos portals és que windy permet veure prediccions a nivell global de manera intuïtiva i gràfica, molt útil per a les navegacions d'altura.

Windguru està molt més enfocat a les previsions locals, molt útil per a les navegacions costeres.

Comparació entre programes de routing:

Els programes de routing estan dissenyats exclusivament per a la navegació i acostumen a tenir un cost econòmic degut al gran desenvolupament que hi ha al darrere. El routing es defineix com la creació de la ruta òptima a partir de la predicció meteorològica de la zona on es navegarà i a partir de les polars del vaixell amb què es navegarà. Les polars del vaixell són els coeficients de la velocitat que és capaç de fer amb unes veles determinades, un rumb determinat i una intensitat de vent determinada. Alguns vaixells ja tenen aquestes polars definides pel fabricant o per navegants que les han realitzat anteriorment. Hi ha programes de routing que proporcionen aquestes polars, i si no hi ha cap forma de trobar-les, el navegant ha de realitzar les del seu propi vaixell.

Principalment hi ha dos tipus de programa:

- Programes amb cartes i previsions meteorològiques integrades automàticament: Aquests programes proporcionen una interfície que proporciona de manera senzilla la visualització de les previsions sobre la carta nàutica i la creació dels routings, ja que optimitzen tot el procés de l'usuari. Solen ser de pagament. Un exemple és el programa PredictWind, que pot assimilar-se al portal web Windy però que té com a finalitat oferir el sistema de routing de forma simple i

adreçada a tot tipus de navegants. A la figura següent observem com s'enuncien les diferents eines de routing proporcionades pel programa d'una forma molt simplificada. Aquest programa té la peculiaritat que a part d'utilitzar models de caràcter públic, proporciona dades des dos models propis de l'empresa anomenats: PWG i PWE.

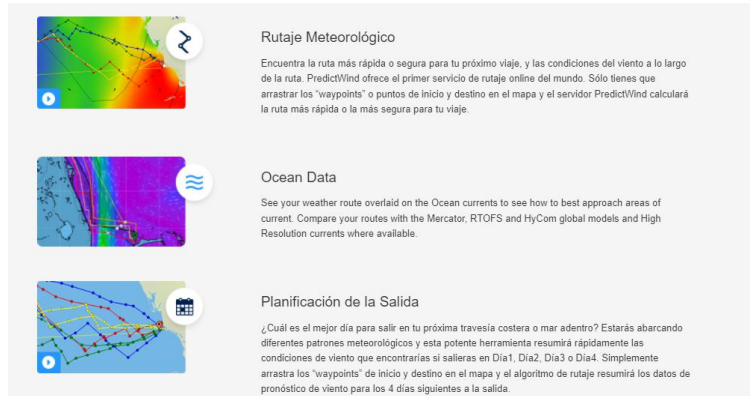


Figura 39. Opcions que ofereix el programa de routing PredictWind.

Font: PredictWind

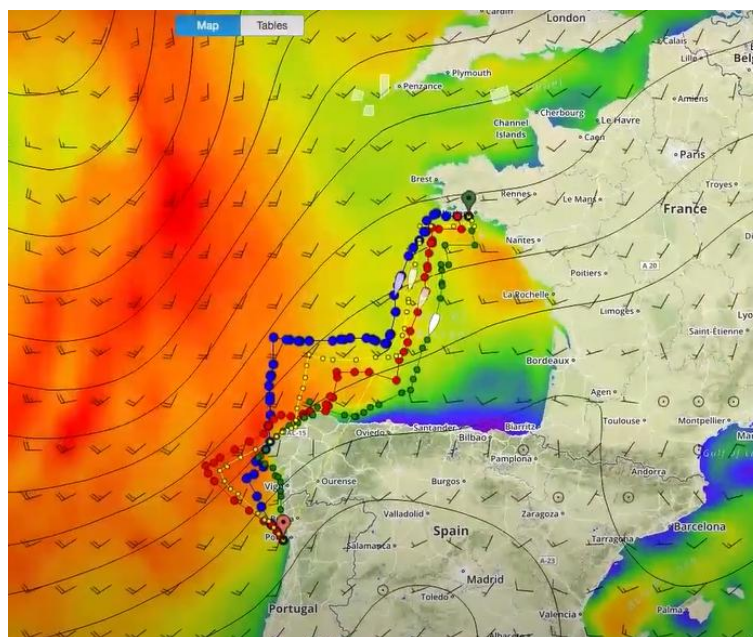


Figura 40. Exemple d'un routing fet amb PredictWind, a la zona del Golf de Bizkaia. Font: PredictWind.

- Programes amb cartes i previsions meteorològiques manuals: Aquests programes solen ser de cartes, es a dir programes de lectura de cartes digitals que permeten a l'usuari la fusió amb arxius de meteorologia, dels quals el format s'anomena GRIB (Gridded Binary). Sol ser més complicat ja que l'usuari ha de trobar els arxius de cada model i de les franges temporals que ho necessita, posteriorment la unió dins del programa ha de realitzar-se tenint uns coneixements mínims. No estan tant optimitzats cap a un usuari popular però solen ser més econòmics o gratuïts. Un exemple d'aquests programes es l'OpenCpn que és de llicència lliure, si bé els paquets de cartes són de pagament. La principal diferència amb el PredictWind és que per a crear routings és l'usuari qui ha d'aportar els arxius GRIB, escollint el model que més s'adequí a les seves necessitats i sobretot trobar un proveïdor d'arxius fiable. Té una interfície més complicada però si es domina el seu ús acaba tenint la mateixa utilitat. En la figura es veu la interfície amb la carta de Barcelona carregada i amb la opció d'incloure fitxers GRIB seleccionada. Un cop inclosos els fitxers GRIB (Figura 41), s'executa la opció d'enrutament que s'ha de fer de forma molt manual (Figura 42). Finalment hem de configurar les polars del vaixell amb el qual realitzarem la navegació mitjançant la configuració de les polars (Figura 43).

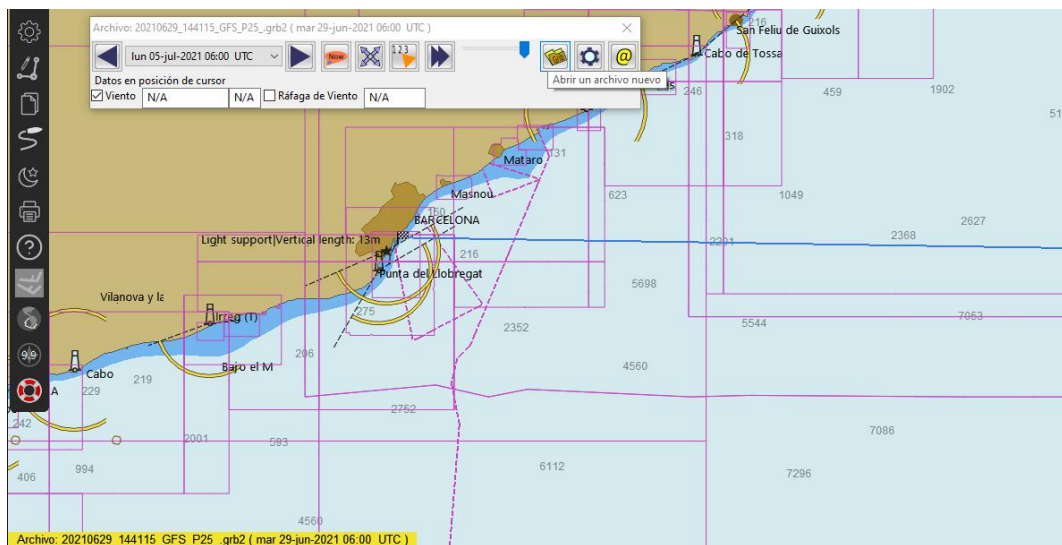


Figura 41. Pestanya de càrrega d'arxius GRIB. Font: OpenCPN.

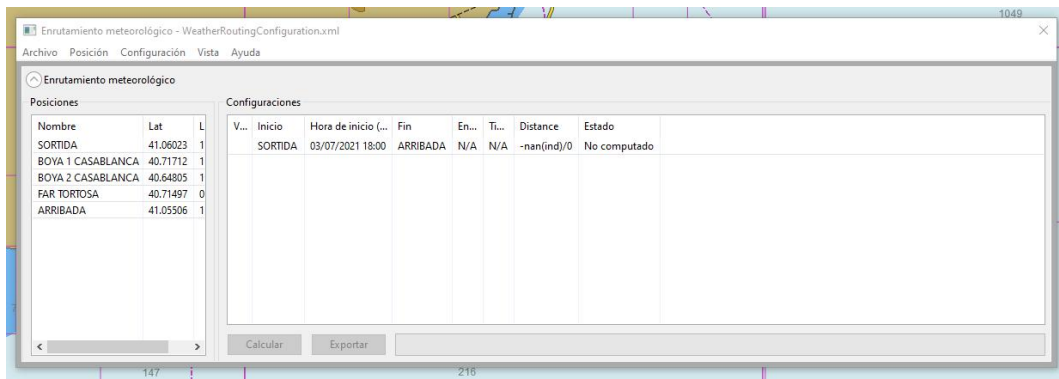


Figura 42. Finestra per la creació de la ruta sobre la que es realitzarà el routing. Font: OpenCpn.

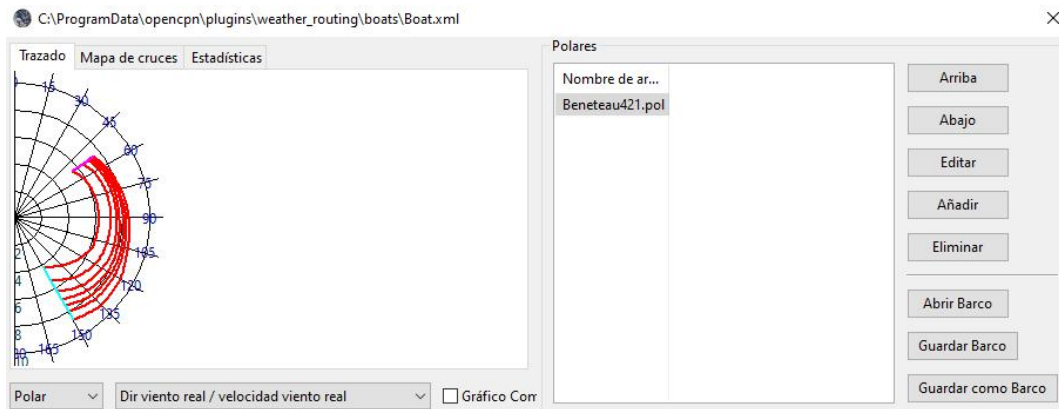


Figura 43. Finestra d'edició de les polars. OpenCpn.



CAPÍTOL 4. L'ús de la meteorologia en les regates oceàniques.

En aquest capítol coneixerem com s'apliquen les prediccions meteorològiques en les regates oceàniques, si bé l'observació dels navegants és un factor bàsic en les estratègies, tenir la predicció dels següents cinc dies a bord ha permès que es preparin estratègies amb dies d'antelació, buscant els punts òptims dins de les borrasques i evitant les zones de poc vent.

Aquest estil de navegació oceànica però, és molt recent i és que en les primeres regates al voltant transatlàntiques o al voltant del món, fins que no va aparèixer la comunicació per satèl·lit no es va poder rebre informació externa de qualitat, per tant els navegants principalment s'havien de guiar pel baròmetre, els núvols i l'anemòmetre.

La finalitat d'aquesta part del treball és donar a conèixer com es prepara l'estratègia d'aquestes regates, basant-se en la informació meteorològica i sobretot transmetre clarament el canvi que s'ha produït en menys d'un segle. S'analitzaran les conclusions entre la primera volta al món (1969) i una de les últimes voltes al món en regata de dos tripulants (2014-2015).

4.1 Les primeres regates oceàniques.

Les primeres regates oceàniques daten al segle XIX, concretament entre el 1850 i el 1900 es van realitzar unes 45 regates transatlàntiques. Generalment no tenien una base purament esportiva, sinó que s'enfocaven com a activitat comercial i eren realitzades per navegants professionals. Els vaixells que s'utilitzaven eren velers de càrrega amb dos o més màstils, anomenats *Clippers*.

Concretament, el 1866 es va realitzar la primera regata transatlàntica utilitzant *schooners*. Va sortir d'Estats Units, concretament del New York Yacht Club, amb arribada a Cowes, Anglaterra. Aquesta va ser la primera travessa oceànica considerada regata esportiva, és a dir sense interessos comercials.

Precisament en aquesta regata, es va donar la sortida sense saber que uns 8 dies després una part de la flota es trobaria dins d'una zona amb vents de SW amb intensitats d'entre força 7 i 10 en l'escala Beaufort. La situació va durar unes 13 hores, i va acabar amb la vida de 6 navegants d'un mateix vaixell.

Aquest accident demostra la importància respecte les vides humanes que ha tingut l'evolució de les prediccions en aquest tipus de regates, si bé també és cert que ha anat lligada a l'evolució dels vaixells, de l'entrenament dels navegants i de l'aparició de dispositius de salvament sofisticats.

Tot i que aquests vaixells estaven dissenyats per aquest tipus de navegacions, no van superar el temps rècord dels *Clippers* mercants. El rècord dels schooners va ser 13 dies i 22 hores, mentre que el dels *Clippers* era de 12 dies i 6 hores des de l'any 1854.

El 1895, té lloc la primera circumnavegació en solitari, efectuada pel navegant Joshua Slocum a bord de l'*Spray*. Va invertir 3 anys, 2 mesos i 2 dies en recórrer les més de 46.000 milles al voltant del món.

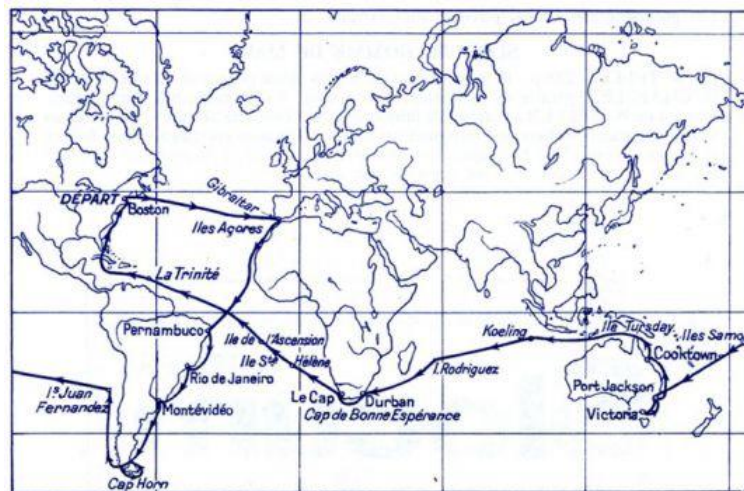


Figura 44. Derrota realitzada per Joshua Slocum durant la primera circumnavegació. Font: Cultura Náutica, Revista de la cultura náutica.

Tot i no disposar de informació concreta de com va organitzar la meteorologia a bord, el que és segur és que aquesta es va basar en la observació diària. En la figura, observem que la navegació va ser en el sentit contrari a l'habitual actualment, degut a que navegava en latituds força altes i fora dels 40 *rugientes* (que es troben entre els 40° i 50° de latitud sud).

La diferència principal de la seva volta al món amb les actuals és que al no poder accedir a previsions meteorològiques i també, molt important, el desconeixement de la línia d'exclusió d'icebergs, esdevé en que va haver de navegar per força en latituds molt més properes a l'equador, per garantir-se unes condicions de més estabilitat, i per tant, més seguretat en la navegació. A més, com hem comentat anteriorment, va navegar en el que ara s'anomena la volta al món en sentit contrari.

Després de diversos anys on no va frenar-se l'arribada de noves regates d'altura i oceàniques, el 1942 comença la volta al món en solitari de Vito Dumas. Aquesta volta al món marca un abans i un després ja que realitza l'anomenada ruta impossible i també ruta dels tres caps, nom que segueix rebent actualment.

Aquesta ruta és en sentit contrari a la realitzada per Joshua Slocum, i deixa per babord els tres caps més importants de l'hemisferi sud; Cap de Bona Esperança, Cap Lewin i Cap d'Hornos.

Els avenços en el coneixement de la climatologia, permeten tenir una idea més clara sobre les latituds superiors a 40° en l'hemisferi sud, permetent entendre el funcionament dels 40 rugents. Vito Dumas navega empès pels mateixos 40 rugents durant la navegació per l'Índic i el Pacífic, convertint-se així en el pioner en aquesta navegació i divulgant un missatge de la vela oceànica que reclama encara més el sentit de l'aventura. Tardant un any, és molt important remarcar que va navegar sense prediccions meteorològiques, és a dir, les prediccions que podia fer es basaven en la observació pròpia de núvols, pressió atmosfèrica, humitat i vent.

Entre la volta al món de Vito Dumas i la següent gesta es produeix un canvi evolutiu important, arriba la radio a bord en una regata de la volta al món. Tot i així, la informació meteorològica a bord seguia basant-se en la observació.

El canvi radical es produeix a partir de l'any 1976 amb l'arribada de les comunicacions a bord per mitjà de satèl·lit, permetent la recepció d'informació meteorològica als vaixells enviada des de l'exterior, en qualsevol punt del món.

4.1.1 Golden Globe Race

Sir Robin Knox-Johnston, es converteix en el primer navegant en fer la volta al món en solitari sense escales, i com va fer Vito Dumas, seguint la ruta dels 3 caps. A més, la volta al món de Sir Robin Knox-Johnston és la primera que es realitza en regata, l'anomenada Times Golden Globe Race, que té lloc entre 1968 i 1969.

En aquesta circumnavegació apareix un canvi molt important respecte les realitzades anteriorment, i és la recepció de prediccions meteorològiques a bord, ja que portava una ràdio HF a bord, permetent-li rebre butlletins meteorològics quan era possible geogràficament, fet que moltes vegades no es produïa. Tot i així, els models als anys 60 eren molt limitats i sobretot en zones remotes com l'Índic i Pacífic Suds, on hi havia poques fonts d'observació. Principalment basava la navegació en la observació.

4.1.2 Whitbread

Pocs anys després, arriba la primera volta al món amb tripulacions, anomenada Whitbread de la qual la primera edició va tenir lloc entre el 1973 i el 1974, es dividia en quatre etapes: Portsmouth - Ciutat del Cap, Ciutat del Cap - Sidney, Sidney - Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Portsmouth. El millor temps va ser realitzat pel vaixel Sayula II, que va tardar 133 dies i 13 hores, en temps compensat.

En aquesta regata, s'incorpora per primera vegada la connexió per satèl·lit a bord en una volta al món, permetent millorar les estratègies meteorològiques a bord i una millor gestió de la navegació propera a icebergs, millorant la seguretat de totes les tripulacions.

4.2 Com gestionaven la meteorologia?

La recepció de prediccions teòricament s'havia de realitzar mitjançant la ràdio d'ona curta, però solia donar molts problemes durant la navegació en zones llunyanes a les estacions, solien ser defectes del material. Tant en la dècada dels 60 com dels 80, era un dispositiu nou i calia millorar-lo nou.

Per tant, les prediccions es basaven en l'observació. Utilitzaven el barògraf i el termòmetre per a poder extreure les prediccions més acurades al moment. L'observació de núvols també formava part del procés total d'observació.

La persona encarregada d'aquesta tasca a bord era el Navegant, que a part de recollir les dades meteorològiques es dedicava a preparar la derrota i actualitzar-la quan era necessari.

L'arribada de la connexió per satèl·lit a bord va permetre rebre butlletins meteorològics des de l'exterior, fet que canviava el model de gestió meteorològic a bord. Tot i així, no hi havia GPS i tots els aspectes de la navegació eren manuals i s'havia de dedicar molt de temps a la preparació de la derrota.

CAPÍTOL 5. Les regates oceàniques avui dia.

Actualment els avenços tecnològics han permès obtenir prediccions molt fiables a qualsevol punt del món. Tot i així es segueixen disputant regates al voltant del món on no és permesa o és limitada l'obtenció d'aquestes dades per vies externes, per tant segueixen essent un repte. Tot i aquestes limitacions, ha canviat molt la forma d'organitzar les circumnavegacions. Estudiarem com s'organitza una volta al món en regata i sense escales on si que es permeten aquestes millores tecnològiques. La regata serà la Barcelona World Race 2014-2015, BWR 2014-2015, que es realitza en tripulacions de dues persones. La majoria dels aspectes són aplicables a totes les voltes al món a vela, tret d'alguns factors concrets que s'analitzen de la BWR 2014-2015 ja sigui pel reglament de la regata o per la ubicació de la sortida.

5.1 Com s'organitza una volta al món sense escales

Dividirem l'organització en diverses parts, per poder definir bé els diferents blocs més importants. Dins l'organització d'aquestes regates s'han d'assegurar dos principals punts: Que tots els vaixells arribin sans i estalvis a port, i en el menor temps possible. En la volta al món que analitzem, es navega en la classe Imoca 60. Aquests vaixells també s'utilitzen en la Vendée Globe, volta al món en solitari i sense escales.



Figura 45. Vaixells de la classe Imoca 60 durant la sortida de la Barcelona World Race.

Font: Fundació de Navegació Oceànica de Barcelona.

5.1.1 Necessitats i planificació inicial.

Una volta al món sense escales i seguint el recorregut dels tres caps, que és el més habitual en les voltes al món actuals i es considera el sentit correcte, sol tenir sobre 24.000 milles i es recorre en aproximadament 3 mesos. Per a ser competitius s'ha de gestionar de manera correcta el que es duu a bord, permetent cobrir totes les necessitats però a la vegada no perjudicar en el rendiment per excés de pes. Podem dividir en 6 grups de material el què portarem a bord:

- Veles
- Equipament personal
- Eines
- Menjar
- Recanvis
- Material de seguretat

La meteorologia durant aquests tres mesos pot variar d'extrem a extrem; el vent el trobarem en intensitats des de 0 kn fins a 50-60 kn amb tot tipus de direccions. La humitat sol ser molt alta i extrema en punts com l'equador, igual que les temperatures, amb valors molt alts a l'equador i valors molt baixos a l'hemisferi sud.

Aquests factors meteorològics tant extrems fan que l'elecció de les veles i de l'equipament jugui un paper importantíssim on s'hi ha de dedicar especial atenció durant la preparació.

En el cas de les veles aquestes solen estar limitades en quantitat, per exemple a la Barcelona World Race el límit de veles és 10. Una d'elles és la vela major, la qual ha d'estar especialment preparada per aguantar durant tres mesos hissada.

Les altres 9, es divideixen en veles d'stay, les quals s'utilitzen en rumb tancats i les veles de portants, les quals s'utilitzen en rumb oberts. Les veles es fan a mida i la seva confecció es planifica entre els navegants i els velers. El més important és que siguin fiables, aconseguixin la velocitat òptima pel vaixell i tinguin el menor pes possible

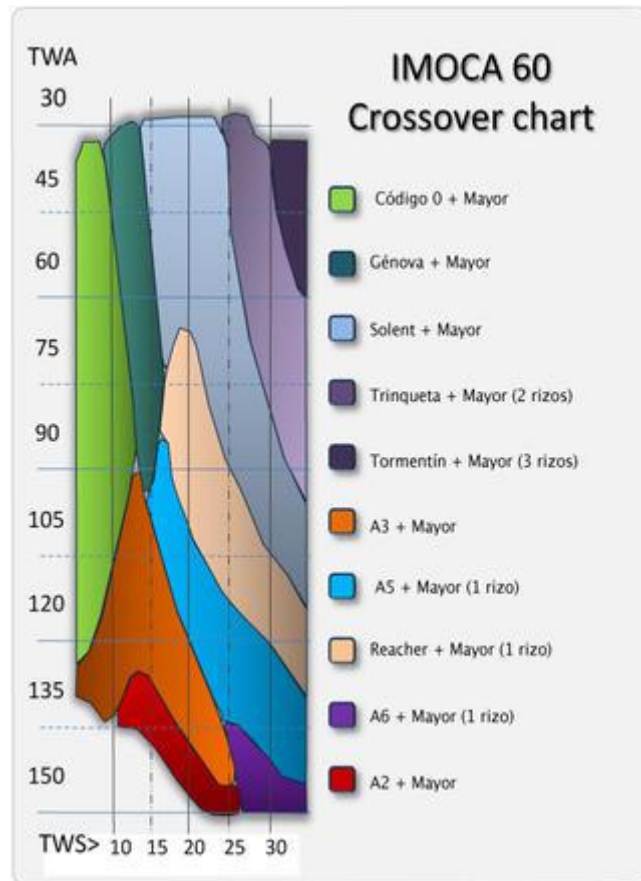


Figura 46. Gràfic de configuració de veles d'un Imoca 60 sense foils segons la direcció i intensitat del vent.

Font: barcelonaworldrace.org

La roba també juga un paper molt important, ja que ha de permetre als navegants estar confortables per mantenir el millor rendiment durant les maniobres i l'estada a coberta. Aquesta es confecciona tenint en compte el fred polar de l'hemisferi sud i normalment s'organitza en tres capes: Roba tèrmica, roba polar i roba impermeable. A part dins del vaixell s'aïlla de la humitat ambient, tancada en bosses al buit o zones estanques.

Conèixer la climatologia i tenir en compte que durant la travessia hi haurà gairebé totes les condicions meteorològiques possibles és basic per a una bona elecció de les veles i de la roba.

S'ha de tenir en compte tot el recorregut, on es navega per zones amb diferents climes.



Figura 47. Recorregut de la Barcelona World Race 2014-2015.

Font: barcelonaworldrace.org

En concret a la Barcelona World Race podem dividir la regata en zones climàtiques:

- **Barcelona a Estret de Gibraltar**

Primer tram de la regata, que comprèn unes 500 milles. Es recorre a principis de gener, en ple hivern a l'hemisferi nord. Les prediccions meteorològiques són difícils de realitzar per les condicions geogràfiques; la proximitat a la costa i l'orografia d'aquesta juga un paper decisiu en la impredecibilitat.

La zona mediterrània per on transcorre aquest tram pot tenir el pas de fronts amb molta força, que solen ser més freqüents a l'hivern. Es reconeixen perquè abans del seu pas el vent sol ser del sud-oest i acompanyat de mala visibilitat. Quan passa, el vent rola a nord nord-oest i la visibilitat millora considerablement.

A part d'aquest fet s'han de tenir en compte les següents característiques del mediterrani:

- Els vents tèrmics afecten molt a la navegació costanera, tant amb les marinades, vent tèrmic diürn de mar a terra, com amb els terrals, vents tèrmics nocturns de terra a mar.
- Al mar d'Alboran, per l'efecte de l'estret de Gibraltar (principi de Bernoulli) els vents de llevant i ponent s'acceleren, a part que no sol haver-hi vents de component sud ni nord degut a les condicions geològiques de la zona.
- Les corrents a l'estret de Gibraltar, en superfície la corrent va de oest a est però en profunditat va de est a oest, la corrent superficial que a l'anada perjudica a la flota pot arribar a tenir velocitats de 4 kn. Aquesta corrent varia segons el moviment de la lluna.

- **Gibraltar a Illes Canàries**

És un tram d'unes 600 milles, on es sol navegar amb vents portants del NE, els alisis. No sol presentar complicacions i es realitza amb velocitat.

El pas de les Illes Canàries s'ha de planificar correctament perquè:

- L'efecte de desventat a sotavent pot arribar fins a 500 milles.
- El pas entre les illes pot ser favorable perquè s'accelera el vent, però al sud d'aquestes hi ha zones d'encalmada perquè queden desventades.

Per tant, tot la longitud que es pugui guanyar a l'oest en el tram de Gibraltar a les Canaries serà útil per evitar més zones a sotavent.

- **Illes Canàries a Equador**

Tram que pot tenir entre 1700 i 1900 milles, segons la derrota que es segueixi per travessar les calmes equatorials. A la sortida de Canàries els alisis permeten la navegació amb portants a bona velocitat però com més prop de l'equador més es redueix la intensitat.

Si fins a les Illes Canaries s'ha guanyat el màxim de longitud Oest, permet passar amb suficient distància les Illes de Cap Verd, que poden causar encalmades. Aquest tram es basa en el millor aprofitament dels alisis del NE, que tenen la seva màxima velocitat entre l'anticicló de les azores i els doldrums, amb vents que oscil·len entre els 15 i els 25 kn.

- **Zona equatorial**

Aquesta zona és característica per la travessa dels doldrums. En l'època de l'any que es creua durant la regata la millor opció sol ser passar-los al voltant dels 30° W. Es poden arribar a creuar en 4 dies, passat aquest interval de temps una bona opció és buscar el vent en les tempestes que es generen.

Un bon posicionament i utilització dels alisis permet entrar abans als doldrums, i tot i que es produeix un re agrupament general de la flota, el vaixell que sol entrar primer surt primer.

- **Equador a Cap de Bona Esperança**

Tram que pot tenir entre 3200 i 3600 milles, depenent dels alisis del SE que es troben a l'hemisferi sud i de com evolucioni l'anticicló de Santa Elena. Amb l'aproximació als 40° els 40 rugents es van fent notables i també l'augment de la mida del mar.

En aquest tram per evitar els vents de proa, que són els alisis però a la inversa degut a trobar-se en l'hemisferi sud. Per tant, la ruta directa a cap de bona esperança és molt lenta i més per aquest tipus de vaixells, dissenyats per navegar en rumbos portants.

El que es fa és navegar fins davant la costa de Brasil, fent rumb a Recife i un cop allà començar el descens cap al sud per aprofitar els vents de l'oest que es troben a major latitud, és a dir es comença a entrar als 40 rugents. Durant aquest trajecte des de Brasil, sol trobar-se el front de Cabo Frío que provoca la majoria de ciclogènesis que es produeixen en aquella zona, aprofitades pels navegants per avançar el màxim i entrar a vents més constants, a més amb condicions de mar poc formada ja que no arriba a haver-hi temps per la formació d'un fetch constant.

- **Índic Sud**

Amb una llargada de 5000 milles o més. Es navega dins dels 40 rugents i s'han de suportar les borrasques del sud que comporten temperatures molt baixes a més a més d'una humitat molt alta. La millor estratègia es basa en l'optimització de la navegació dins d'aquestes borrasques. Aquest tram presenta constants preses de decisions, com més al sud més velocitat, més vent i menys milles a recórrer, però més possibilitats d'impactar amb gel. El que es fa per part de l'organització d'algunes regates, a part d'instaurar la zona d'exclusió d'icebergs és crear les anomenades portes de gel, que es succeeixen durant tot l'índic i pacífic sud, i creen una derrota virtual que va evitant les zones de més perill. Aquestes portes defineixen l'estratègia de la regata, motiu pel qual es considera que pot canviar les decisions dels navegants i restar esperit a aquest tipus de navegació.

El primer tram de l'índic sol realitzar-se durant l'estiu austral, i s'ha de tenir en compte que es creen ciclogènesis prop del golf de Bengala i els tròpics. Aquestes borrasques poden utilitzar-se positivament per obtenir més velocitat en certs punts.

El final de l'índic està definit pel pas proper a Austràlia, una zona límit amb les zones d'altas pressions del sud d'Austràlia, on s'han d'evitar les encalmades.

- **Pacífic Sud fins a Cap d'Hornos**

Més de 4000 milles on es torna a entrar als 40 rugents fins al Cap d'Hornos. L'aproximació al Cap és realment complicada per les denses boires que es generen a la zona. El pas del Cap es planifica tenint en compte les borrasques. Les condicions poden ser molt dures si el vent prové del NW, que a més s'accelera degut a la orografia de la zona.

De forma general la navegació dins dels 40 rugents pot semblar similar a l'índic, però hi ha diferències significatives:

- Hi ha dues zones propenses a la formació de ciclogènesis per la confluència de l'aire fred de l'Antàrtida amb l'aire càlid dels tròpics.

- La zona propera a cap d'Hornos és molt complicada ja que els Andes produeixen una acceleració molt forta dels vents de Nord-Oest que a més generen molt de mar i desordenada, ja que aquesta mar es creua amb el vent que bufa del sud.
 - L'aire és molt fred, sobretot el que ve dels andes essent molt dens.
- **Cap d'Hornos a Equador**

Tram amb aproximadament 4000 milles. S'han de gestionar diferents punts: el pas de les Malvines, el front del Cap Fred s'ha d'analitzar com evoluciona respecte al pas de l'anticicló de Santa Elena que genera vents de proa on la millor estratègia sol ser navegar prop de la costa de Brasil i finalment el pas dels doldrums, amb condicions com les de la baixada.

L'objectiu principal ha de ser arribar en el menor temps possible al Cap Fred, de manera que podem arribar als alisis del sud-est.

Amb l'arribada als doldrums, torna a donar-se la situació del pas a la baixada, normalment el primer que entri serà el primer a sortir.
 - **Equador a Estret de Gibraltar**

Tram amb aproximadament 2550 milles on s'ha de navegar gestionant l'anticicló de les Açores. És decisiu en el resultat final degut a la variabilitat de la intensitat del vent segons la derrota que s'escolleixi i per la seva llargada.

Un cop hem passat l'equador, l'anticicló de les azores s'ha d'estudiar bé per veure la seva possible evolució. El vent de proa sol ser predominant en aquesta última part, ja que la zona està compresa bàsicament pels alisis del NE i els vents a l'est de l'anticicló de les Açores.

Per passar l'anticicló s'aconsella deixar les Illes Canàries a estribord però a una distància reduïda, ja que si bé la ruta al límit per l'Oest és principalment amb vents portants, en el cas de la BWR no compensa al augmentar molt les milles fins a l'estret de Gibraltar. Sí que es sol realitzar aquesta estratègia per l'oest en regates que tenen com a arribada la costa bretona o la britànica.
 - **Estret de Gibraltar a Barcelona**

Últim tram on les condicions solen ser iguals que les d'anada, difícils de preveure. A més l'arribada coincideix amb el començament de la primavera a l'hemisferi nord, el temps al mediterrani de per si es inestable i a la primavera i la tardor aquesta inestabilitat s'accentua molt més. Poden donar-se temporals de llevant que poden dificultar l'arribada a Barcelona, essent molt dura degut a la navegació amb vent de proa i mar gran de vent.

La gestió de la meteorologia en cada zona requereix una planificació constant i actualitzada diàriament, a banda del coneixement climatològic previ.

5.1.2 Gestió externa de la meteorologia durant la regata.

En totes les regates oceàniques hi ha unes limitacions o pautes a seguir per la recepció d'informació meteorològica durant la navegació, buscant igualtat de condicions entre tots els navegants. En el cas de la Barcelona World Race, la transmissió de dades als navegants s'organitza així:

- Butlletí diari
- Previsió escrita amb anàlisi.
- Mapes amb fronts
- Butlletí escrit amb el temps del mateix dia i els dos següents.

A més, si les condicions són extremes s'actualitza la informació cada 6 hores i no cada 24.

Aquesta informació de forma general és la permesa a les regates al voltant del món, canviant en petits aspectes.

A la Barcelona World Race, per part de l'organització es proporciona:

- Arxius GRIB actualitzats cada 6 hores
- Imatges de satèl·lit actualitzades cada 3 hores
- Altra informació important

Tota aquesta informació és de lliure accés mitjançant internet, per tant qualsevol persona pot accedir a aquestes previsions. Els models que s'utilitzen són: GFS, CMC i ECMWF ja que són models globals i permeten l'organització de la meteorologia a bord a mig i llarg termini.

El que no és permès en aquesta regata és la gestió de la meteorologia de forma personalitzada per a un vaixell, és a dir routing, sinó que els tripulants han d'elaborar la millor estratègia de forma manual a partir de la informació que reben a bord. Aquesta tasca l'han de compaginar amb el descans, la navegació, la cuina, la neteja etc. És per això que també es limita la quantitat d'informació que se'ls proporciona, a part que la connexió per satèl·lit on es transmeten aquestes dades, és molt lenta. Cada equip firma un document anomenat certificat de non routing on declaren la no utilització d'aquesta tecnologia en tota la regata.



Anexo B :

Certificado de no routage

Nosotros, los abajo firmantes:

- Patrón.....
- Co-patrón.....
- Tripulante suplente.....
- Director del equipo.....

Declaramos bajo nuestro honor que hemos respetado el artículo 2.10 del Anuncio de Regata y de las finas instrucciones de regata referido al no-routage, y que la tripulación del barco anteriormente citado no habrá beneficiado de ningún routage por nuestra parte durante la regata.

En :

Fecha :

Firmas:

Patrón	Co patrón	Tripulante suplente (si hay)	Director del equipo	Director del equipo en nombre de los Patrocinadores

La firma irá precedida de la mención « leído y aprobado »

Barcelona World Race 2010 - Page 14 of 17
Instrucciones de Regata

Figura 48. Declaració responsable conforme no s'utilitzaran programes de routing durant la regata. Font: barcelonaworld.race.org

En cada regata oceànica hi ha un meteoròleg que treballa de manera conjunta amb l'organització, assegurant una navegació segura tenint en compte el factor de la competició i la velocitat. A la Barcelona World Race s'encarrega de proporcionar els butlletins meteorològics diaris que juntament amb la organització s'utilitzen per definir l'estratègia organitzativa a seguir:

- Si hi ha vents amb intensitats superiors a 40 kn o 35 kn segons la zona, s'actualitza la informació amb més freqüència, cada 6 hores.
- Si es detecta el desenvolupament d'algun fenomen inesperat, es decideix si actualitzar les prediccions o enviar una alerta.
- Es calculen el dia aproximat d'arribada del primer vaixell i de la resta segons va desenvolupant-se la regata.

- Si un vaixell ha de recalcar en algun port per problemes tècnics, gestiona l'arribada a port més segura.
- S'encarrega de la planificació de la navegació en zones amb gel mitjançant els satèl·lits específics de detecció de gels. Decideix conjuntament amb la organització quina és la zona d'exclusió segons el mal temps i el gel. Navegar massa pel nord comporta zones de poc vent, per tant s'ha d'arribar a un equilibri entre la navegació extrema i la navegació segura, per no perdre el sentit de la competició però garantint la seguretat dels navegants i els vaixells.

Tres mesos abans de la sortida es realitzen reunions sobre l'evolució de la formació de gels, i el dia de la sortida la informació s'intenta que sigui el màxim acurada, definint aquell dia la zona d'exclusió. Durant la baixada de l'atlàntic es va enviant la informació actualitzada sobre la zona d'exclusió en cas de canvis.

- S'encarrega del briefing pre-regata, en aquest cas la sortida és des del mediterrani, fet atípic ja que les regates oceàniques solen tenir la sortida en ports atlàntics. S'emfatitza en la navegació pel mediterrani fins al pas de l'estret de Gibraltar ja que pot ser un tram realment complicat per les condicions canviants del mediterrani. S'organitza una petita predicció de la navegació atlàntica seguint la costa africana fins a l'equador.

El meteoròleg proporciona tota aquesta informació al comitè de regata. El comitè de regata segueix el vaixell constantment de forma individual, monitoritzant el seu rumb i la seva velocitat tenint en compte les condicions meteorològiques de cada moment. És un equip que treballa per guàrdies durant exactament tots els dies de regata, garantint un control individual de cada participant per poder reaccionar de manera immediata en cas d'emergència.

5.1.3 Gestió a bord de la meteorologia durant la regata.

Per a poder garantir la transmissió de dades de forma efectiva, els vaixells disposen de sistemes de telecomunicació molt avançats. A part de permetre la recepció d'informació meteorològica la seva funció és la de garantir la seguretat en la navegació.

Els dispositius de telecomunicació que es duen a bord són destinats únicament a la recepció d'informació o bé permeten o estan dissenyats per a la transmissió de dades en cas d'emergència. Són els següents:

- Dues balises de seguiment de la derrota. Envien la posició GPS al comitè de regates cada 30 minuts. Operen sota el sistema de satèl·lits CLS TRACKER.

- Balisa EPIRB que permet la localització del vaixell en qualsevol punt de la regata independentment de les condicions meteorològiques.
- Una balisa dissenyada per en cas de bolcar, que permet treure l'antena a la superfície a través del casc del vaixell.
- Una VHF portàtil SMDSM. Permet rebre butlletins meteorològics prop de la costa, en un cas extrem.
- Un dispositiu AIS que permet ser visualitzat i visualitzar tots els vaixells que operen en aquest sistema.
- Un transponedor de radar.
- Comunicació via satèl·lit mitjançant Iridium i Inmarsat. Permet les comunicacions amb terra; enviament d'imatges i vídeos, trucades, recepció d'informació meteorològica i navegació per internet.
- Un radar que a part de tenir com a funció principal la prevenció d'abordatges, permet detectar icebergs i tempestes tropicals.

A part de la transmissió d'informació que fa la organització als navegants, aquests poden obtenir informació meteorològica sota les següents regles:

- Els participants accedeixin a compartir, si es requereix, les credencials de l'usuari que utilitzen en cada proveïdor d'informació, amb la finalitat que l'organització comprovi que compleix amb el reglament.
- L'organització pot prohibir la recepció d'informació a un participant, sempre que la consideri contrària a l'esperit de la regata.
- La informació que rebin ha de ser pública i accessible a tots els participants.
- Les dades seran: imatges de satèl·lit, mapes d'observació i previsió i fitxers de dades numèriques. En el cas dels fitxers de dades numèriques no seran permesos els que no vinguin directament d'un organisme oficial.

5.1.4 La importància de la meteorologia en la gestió de la seguretat a bord.

A bord del vaixell podem dividir la seguretat en dos:

- Seguretat activa: Tota aquella que va relacionada amb la capacitat de reacció dels tripulants davant d'una situació de risc.

- Seguretat passiva: Tota aquella que va relacionada amb la capacitat dels tripulants per evitar les situacions de risc. A la volta al món aquesta es basa principalment en el bon manteniment del vaixell i en la gestió de les prediccions meteorològiques. Per part de l'organització es prepara un pla molt elaborat de seguretat passiva, definint quins dispositius de telecomunicacions s'han de dur a bord, quines comunicacions de rutina s'han d'efectuar, com actuar en cas d'accident i sobretot el control de la zona d'icebergs, que tot i ser un factor oceanogràfic es gestiona dins la meteorologia.

Una gran part de la regata transcorre a l'oceà Índic i Pacífic, i a més, a latituds molt altes. Per tant, són moltes milles prop de la zona d'icebergs. L'organització de la seguretat durant el transcurs d'aquestes milles es fa principalment per mitjà de la tecnologia de detecció.

Durant la navegació diürna i mitjançant el radar els icebergs grans són un perill evitable, però l'amenaça a la navegació es causada pels *growlers*, són trossos de gel flotants indetectables pel radar i molt difícils de diferenciar a simple vista ja que sobresurten poc de l'aigua. Els *growlers* es formen de desprendiments d'icebergs en aigües de temperatures més altes.

Per la detecció d'aquests trossos de gel s'utilitza la detecció per satèl·lit, que actualment es divideix en dos sistemes:

- Sistema d'imatges: El més utilitzat fins l'actualitat, està basat en radars que abarquen quadrats de superfície de 400 km x 400 km, amb una resolució de 150 metres. Les imatges s'obtenen amb una cadència de 30 minuts d'ús cada 100 minuts. Com més onades i més vent, es a dir com menys calmat el mar més soroll tenen aquestes imatges, que s'ha de processar per obtenir definició suficient.
- Sistema de radar altimètric: Mesura les variacions en l'alçada del nivell del mar, en un perímetre de 5 km. Constituït per tres satèl·lits permet aconseguir una densitat d'imatge més que acceptable. La detecció és de pocs centímetres a partir de la superfície, per tant és molt precís.

Tot i ser dos sistemes diferents, s'utilitzen de forma conjunta a bord, permetent obtenir prediccions més acurades. El cost d'aquests sistemes és molt elevat ja que a l'hemisferi sud pocs vaixells realitzen navegacions, a diferència de l'hemisferi nord on s'utilitzen molt més aquests sistemes ja que hi naveguen molts més vaixells.

CAPÍTOL 6. Conclusions dels canvis en les regates al voltant del món.

Hem conegut les primeres regates oceàniques i la poca informació meteorològica de la que disposaven. Hem vist com s'apliquen els coneixements de la part 1 d'aquest treball a una volta al món actual. Si bé els conceptes que s'utilitzen ja els havíem vist anteriorment, hem conegut com arriben al vaixell i quina utilitat tenen a bord. La taula següent marca les diferències entre les tecnologies de la volta al món de Robin Knox Johnston, quasi bé nul·les, a les actuals voltes al món. Aquesta comparació es extrapolable a les altres regates que han tingut lloc en les mateixes èpoques.

	Volta al món de Robin Knox Johnston (1969)	Volta al món actual
Coneixement de la climatologia	Durant la primera volta al món sense escales ja es feia ús de les Pilot Charts, cartes que recollien informació climàtica del mar de les diferents èpoques de l'any. Tot i així, les dades eren poc precises i encara no es coneixien certs fenòmens.	Actualment les Pilot Charts estan molt desenvolupades degut a l'arribada de nova informació diària per part de vaixells mercants i militars. A part les imatges per satèl·lit han permès tenir un coneixement molt més ampli sobre la climatologia. Les tendències es predeien amb molta precisió per a tota la circumnavegació.
Delimitació zona d'icebergs	El poc coneixement climatològic, l'absència de satèl·lits dedicats a aquesta funció i l'absència de radars a bord no permetia navegar a latituds massa altes per precaució. El desconeixement de la zona d'icebergs era gairebé total.	Actualment la detecció per satèl·lit, l'ús de radar i la delimitació de la zona d'icebergs basada en dades amb tres mesos d'antelació permet una precisió molt alta en el fet d'esquivar les masses de gel, permetent una navegació a latituds límit.
Recepció d'informació meteorològica	Es duia ràdio d'Ona curta a bord, però acostumava a donar força problemes. En zones	L'ús de les telecomunicacions per satèl·lit i les noves ràdios HF, permeten la recepció d'arxius

<p>Recepció d'informació meteorològica</p>	<p>properes a la costa mitjançant la VHF podia rebre butlletins meteorològics, i quan la HF funcionava rebia els de llarg termini. L'absència de models variats i consolidats tampoc permetia unes prediccions fiables.</p>	<p>utilitzats a terra, si bé les connexions a bord són lentes, la informació que arriba és la mateixa que es troba a terra.</p>
<p>Observació in-situ</p>	<p>Bàsicament la navegació es basava en l'astronomia i en la observació de la meteorologia: El coneixement dels núvols, dels canvis de direcció del vent, dels canvis en la pressió atmosfèrica, les variacions de la temperatura i de la humitat. L'observació de tots aquests factors permetia al navegant realitzar prediccions a curt termini, d'unes 8 hores.</p>	<p>Tot i que no és la base de la navegació actualment es segueix realitzant la observació in-situ per a les decisions a molt curt termini, sobretot en zones com els doldrums on hi ha condicions molt variables i difícils de preveure amb total certesa. Les tempestes tropicals són de formació molt ràpida i els navegants han de saber detectar-les.</p>

Taula 2. Comparació entre la primera volta al món en regata i una volta al món actual.

Els avenços són molt significatius, sobretot perquè en la part més important de la regata que és tota la navegació per l'hemisferi sud, es coneix on hi ha el límit imposat per l'oceà antàrtic i els seus icebergs. Aquest fet ha causat el canvi més important: Abans no es coneixia amb certesa on hi havia aquesta zona de gels i es solia navegar a latituds més altes (tot i que en algunes edicions de la Whitbread s'havia arribat molt al límit i navegants havien arribat a fotografiar icebergs molt a prop dels vaixells) i a conseqüència tenint condicions d'una mica menys de vent.

Actualment, el fet de conèixer aquesta zona no ha implicat directament més facilitat en la navegació sinó que es navega molt al límit de la zona d'exclusió i es busquen els vents més forts, convertint la navegació en una autèntica prova de velocitat que a part es realitza amb vaixells molt potents.

CAPÍTOL 7. El futur de les previsions.

En el desenvolupament d'aquest treball he intentar divulgar els avenços en la meteorologia que hi ha hagut fins l'actualitat i com aquests han influenciat en les regates oceàniques. Quins són, però, els avenços que ens esperen en el futur proper?

7.1 Necessitats a cobrir.

El canvi climàtic és un factor que afecta i seguirà afectant la climatologia els pròxims anys, en conseqüència la meteorologia de cada zona geogràfica varia i variarà encara més. Per adaptar-nos a aquests canvis, haurem de seguir millorant les tecnologies que ens han permès tenir el coneixement del que gaudim actualment.

La forma d'entendre el que succeeix a l'atmosfera i a la superfície terrestre va per molt bon camí, i el que faltaria serà tenir capacitat per recollir encara més dades i poder extreure informació més acurada. Hi ha diversos projectes tant a escala global com a escala local, per exemple a Catalunya amb el projecte Oreneta, que permetran obtenir dades a nivell local i que processades conjuntament amb dades de molts altres llocs podran constituir aquestes prediccions molt més acurades i concretes.

Altres projectes s'enfoquen en la part de telecomunicacions, que poden millorar l'emissió d'informació meteorològica per satèl·lit en les navegacions oceàniques, permetent més velocitat i més capacitat d'informació.

7.2 Projectes a escala global.

- **Projecte Starlink:** És un projecte impulsat per l'empresa SpaceX que té com a finalitat instaurar una xarxa de 40.000 satèl·lits orbitant entre 500 i 1200 km de la superfície terrestre, que permetran connexió a internet a tot el món. Si bé ja s'utilitza aquest sistema, la innovació d'aquest es troba en que oferirà una velocitat molt més alta de connexió i una menor latència, que es el temps que es requereix per realitzar la connexió entre dos dispositius. Aquest temps de latència es preveu que sigui menor al que té actualment la fibra òptica. Actualment 2000 satèl·lits es troben ja en orbita.
- **International Satellite Cloud Climatology Project:** Projecte de la NASA en marxa des de l'any 1982, formant part del *World Climate Research Program*, i té com a finalitat recollir dades a

través dels satèl·lits sobre la distribució global dels núvols estudiant-ne les seves propietats, i les variacions diàries, mensuals i anuals. Les dades que van resultant del projecte s'utilitzen per estudiar el paper dels núvols en el clima, el seu paper en l'intercanvi d'energia per radiació i en el cicle global de l'aigua.

- **Global Climate Modeling:** Projecte de la NASA que es basa en el desenvolupament de modelitzacions atmosfèriques i oceàniques que serveixin per simular el clima de la terra. Té com a finalitat estudiar tant l'impacte dels humans en el clima com l'impacte d'aquest en la societat. Els paràmetres principals que es tenen en compte són els núvols i la convecció humida, la hidrologia terrestre i la interacció entre atmosfera, oceà i gel. També s'analitza la composició de l'atmosfera amb la finalitat d'apreciar els canvis de l'escalfament global.

Tots els projectes relacionats amb la climatologia es desenvolupen durant molts anys ja que requereixen la composició i l'anàlisi de moltes dades al llarg del temps. Les conclusions que s'extreuen d'aquests projectes tenen aplicació directe en la comprensió de la meteorologia.

7.3 Projectes a escala local.

A Catalunya el març d'aquest any 2021 s'ha dut a terme l'enlairament del nano-satèl·lit que engloba el projecte Enxeneta, mateix nom que rep el dispositiu. La seva finalitat és la comunicació i l'obtenció de dades de diferents sensors ubicats al territori català, sobretot dels que estan ubicats en zones de difícil accés i que no tenen cobertura amb les xarxes de telecomunicacions terrestres. D'aquesta manera es podrà, per exemple, monitoritzar el cabal de rius dels pirineus en zones complicades, amb les conseqüents dades climatològiques que genera.

Aquest projecte s'engloba dins de l'Estratègia NewSpace, un projecte públic català.

CAPÍTOL 8. Conclusions.

La realització d'aquest treball no l'he enfocat a l'obtenció de resultats o conclusions noves, sinó a divulgar el coneixement de la meteorologia i apropar-ho a les regates oceàniques, de forma que es pugui conèixer un aspecte tant important en aquestes regates des d'un coneixement nul o quasi nul abans de començar a llegir. M'ha servit per aprendre la majoria de conceptes que apareixen al treball, ja que fins ara tenia un coneixement molt limitat de la meteorologia.

He aplicat tot l'aprenentatge rebut durant el grau, tant en l'elaboració de treballs com en la recerca d'informació per aconseguir un resultat similar al que m'havia imaginat abans de començar aquest treball. M'hagués agradat aprofundir més en aspectes tècnics i de càlcul, però hauria d'haver enfocant el treball d'una forma totalment diferent des del principi.

Penso que he assolit l'objectiu inicial, explicar el funcionament de la meteorologia des d'un punt bàsic i progressivament anar entrant en conceptes més tècnics, per finalment acabar aplicant-los a les regates oceàniques. I es què al final, l'aplicació és relativament senzilla comparat amb tot el que hem conegut anteriorment, ja que com a navegants la nostra funció és entendre les prediccions meteorològiques i adequar la navegació a la finalitat que tinguem, sempre garantint la seguretat. Tot i així, considero que es molt important conèixer que hi ha darrere d'aquestes prediccions per poder detectar possibles errors que podessin afectar a la navegació.

Tot i així, el desenvolupament d'aquest treball m'ha permès obtenir diverses conclusions molt positives:

- M'he plantejat la idea de pensar com es podrien desenvolupar sistemes que permetessin aportar més dades extretes de les navegacions en regates oceàniques, amb la finalitat d'ampliar la precisió en les prediccions i aportar més dades a l'estudi de la oceanografia.
- L'entrevista a en Tomàs Molina em va permetre extreure dues conclusions:
 - La meteorologia és molt vocacional, i de fet veure com es treballa per part dels meteoròlegs em va fer veure que per sort els navegants tenim grans aliats a terra que treballaran per compartir la millor informació amb nosaltres.
 - Quan la volta al món pel Pol Nord sigui possible, es poden esdevenir diferents escenaris; regates amb més freqüència, regates de dues circumnavegacions seguides o nous tipus de vaixells oceànics més enfocats a les navegacions amb vents de proa. Sigui com sigui, produirà un abans i un després en aquest tipus de navegació.



9. BIBLOGRAFIA

Treball de camp

[1] Visita als estudis de TV3 per entrevistar a en Tomàs Molina. Tota l'entrevista va ser redactada a mà i posteriorment traslladada a aquest document.

Llibres

[1] Bernot, Jean-Yves. Meteorología y estrategia: Crucero y regata de altura. 1ª ed. Barcelona: Juventud, 2006. ISBN 8426135049.

[2] Butt, Tony. La ciencia del surf: Introducción al reconocimiento de las OLAS para surfear. 3ª ed. Madrid: Ediciones Tutor, 2018. ISBN 97884790216676507.

[3] Perkins, Oliver. Cómo leer las nubes: Una guía para predecir el tiempo. 3ª ed. Madrid: Ediciones Tutor, 2020. ISBN 9788416676859.

Articles científics

[1] Lezaun, M. Predicciones del tiempo y matemáticas. 2002, vol. 22, p. 61-100.

Webs d'interés

[1] Informació general sobre la meteorologia.

<https://www.nationalgeographic.es/ciencia/la-meteorologia>.

[2] Podcast sobre la historia de la meteorologia.

<https://www.rtve.es/play/audios/documentos-rne/documentos-rne-historia-meteorologia-mensajeros-del-tiempo-10-01-20/5480890/>.

[3] Informació sobre els satèl·lits meteorològics.

http://campusquindio.ddns.net/principal/tierra/unidad3/sat_mete.htm.

[4] Tipus de mapes del temps.

<https://geografia.laguia2000.com/climatologia/mapas-del-tiempo-descripcion>.

[5] Informació dels mapes d'altura.

<https://www.tiempo.com/ram/1177/mapas-de-altura-generalidades/>.

[6] Informació sobre l'observació meteorològica.

<https://sites.google.com/site/meteorologiamarinanvgn/5-avisos/meteorologiamarina>.

[7] Informació sobre l'observació meteorològica.

https://www.ecured.cu/Observaci%C3%B3n_meteorol%C3%B3gica.

- [8] Informació sobre els models meteorològics.
<https://www.meteorologiaenred.com/modelos-meteorologicos.html>.
- [9] Informació sobre els models ECMWF i GFS. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41182300>.
- [10] Informació general sobre els diferents models meteorològics.
<http://www.hydrakitesurf.com/mejores-modelos-prevision-viento/>.
- [11] Història de les regates oceàniques.
<http://www.barcelonaworldrace.org/es/educacion/programa-educativo/explora/ser-humano/navegacion-oceanica/historia-de-la-vela-oceanica/el-nacimiento-de-la-vela-oceanica>.
- [12] Informació sobre la primera regata oceànica.
<https://www.classicboat.co.uk/articles/first-transatlantic-yacht-race/>.
- [13] Informació sobre la volta al món de Joshua Slocum.
<https://www.boatsnews.es/noticias/29934/joshua-slocum-primera-vuelta-al-mundo-solitario>.
- [14] Informació sobre la volta al món de Vito Dumas.
<https://www.expansion.com/nauta360/turismo-puertos/2020/09/27/5f6e0a5b468aebf82b8b4572.html>.
- [15] Informació sobre els fronts i esquemes visuals.
<https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/el-tiempo-meteorologico/tipos-de-frentes-l36715>.
- [16] Informació sobre les ciclogènesis explosives.
<https://www.meteorologiaenred.com/ciclogenesis-explosiva.html>.
- [17] Informació sobre els 40 rugents.
<https://weatherwatch-assets.s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/02/23073625/picture-166393.png>.
- [18] Informació sobre els projectes de la NASA.
<https://isccp.giss.nasa.gov/about/>. <https://climate.nasa.gov/>.
- [19] Cours online sobre la meteorologia aplicada a la volta al món en regata.
<https://www.coursera.org/learn/estrategiasparaganar-meteorologia>.
- [20] Informació sobre els vents alisis.
https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/336_vientos-alisios
- [21] Informació sobre el projecte enxaneta.
<https://blocs.xtec.cat/cienciasesperimentals/tag/enxaneta/>
- [22] Informació sobre el projecte Starlink.
<https://www.20minutos.es/noticia/4154473/0/starlink-red-internet-espacial-spacex/>

ANNEX A1. Entrevista a en Tomàs Molina.

Com a part del treball de camp vaig trobar adient realitzar una entrevista a un meteoròleg i conèixer el seu punt de vista sobre alguns aspectes de la meteorologia que es treballen en aquest projecte. Vaig decidir intentar fer-li a en Tomàs Molina i Bosch (Badalona 1963), meteoròleg de TV3 des de fa 35 anys i amb molta vinculació al canvi climàtic i en l'Organització Mundial Meteorològica.

Ho vaig aconseguir gràcies a un bon amic també meteoròleg, el dia 23 de novembre de 2021 li realitzo l'entrevista als mateixos estudis de TV3.

S'ha de recalcar que el dia de fer l'entrevista va coincidir amb el posicionament d'una borrasca forta o gota freda sobre Catalunya, motiu pel qual vaig presenciar com es treballa durant períodes de tempesta amb afectacions severes. El més destacable és l'actualització constant de dades i la seva posterior publicació quan són prou importants per sobreesciure la última informació que s'ha fet pública.

Un cop allà i situat, vaig començar a fer-li l'entrevista:

- **Com va aparèixer el teu interès per la meteorologia?**

- El meu interès per la meteorologia va ser tardà. Vaig estudiar Física i m'agradaven molt les matemàtiques i l'Astronomia. Quan vaig entrar a TV3 no va ser com a home del temps. Finalment la vida professional m'hi va acabar portant i m'he especialitzat en la geofísica i la meteorologia.

- **Justament en el dia de realitzar aquesta entrevista ens trobem sota els efectes d'una gota freda o DANA. Fa 200 anys l'haguéssim predit? Sabíem el què era?**

- Si efectivament, ens trobem sota una borrasca que fins ara s'ha anomenat DANA. Ni fa 200 anys ni 35. Quan jo vaig entrar a la TV, fa 35 anys era molt difícil arribar a predir-les. La raó és que de mitja fan uns 200 km de diàmetre i la malla amb més resolució d'aquell moment era de 250 km. Per tant, com que eren més petites que la malla i només se'n podien arribar a conèixer 3 punts (que tot i ser el mínim, no era suficient per predir-la amb seguretat).

Actualment si que són previsible perquè les malles arriben fins i tot a tenir 1 km.

El fet que abans no es podessin predir amb facilitat feia que tinguessin un factor sorpresa molt important i causaven estralls als navegants que no es trobaven a port. Actualment aquestes previsions permeten als navegants tenir-les en compte dies abans i refugiar-se amb antelació.

No sabíem ben bé el que era ni fa 35 anys, de fet el concepte DANA ha entrat en desús ja que significava Depressió Aïllada a Nivells Alts simplement perquè no hi havia prou capacitat per

estudiar el seu reflex en superfície. Actualment amb les noves malles s'ha demostrat que té reflex en superfície.

Es pot dir que hem vençut aquest tipus de borrasca gràcies a la tecnologia.

- **Són bons coneixedors de la meteorologia els navegants? Popularment és coneguda aquesta relació entre els navegants i la meteorologia?**

- Sí, de fet el navegant ha de basar la navegació en l'observació del temps que farà les properes 6-8 hores, que és l'interval de temps previsible a partir de l'observació de nit. En les navegacions d'altura quan és de nit aquestes previsions són molt més difícils de realitzar. Sí és coneguda, popularment es coneix que els pagesos i pescadors són bons coneixedors de la meteorologia.

- **És conegut que tens afició per la navegació a vela, com hi apliques els teus coneixements de meteorologia?**

- Practico tant la navegació a vela lleugera com la de creuer. La navegació de vela lleugera es basa en la micro-meteorologia, veure els rols prop de la costa i la adequar-hi la navegació.

Per exemple, a les badies el vent perpendicular a la costa indica un rolle i ens pot ajudar a conèixer el bordo ideal. És molt important el coneixement de la costa en aquest tipus de navegació.

També he navegat en altura, participant diverses vegades a la ruta de la sal, la ruta de la tramuntana entre d'altres. A la ruta de la tramuntana hem guanyat diverses vegades gràcies a tenir en compte que passat el cap de Begur, que sol coincidir amb l'inici de la nit, si t'apropes a terra gaudeixes d'un terral que sol impulsar-te amb més velocitat que a la resta de flota que navegui més lluny de la costa.

- **El tema més important actualment, quina afectació pot tenir l'escalfament global en les regates oceàniques?**

- Els efectes de l'escalfament global tindran i tenen un clar impacte en la navegació. Les afectacions en les regates oceàniques seran diverses. Al mediterrani, per exemple, augmenta la freqüència de medicanes que són huracans mediterranis. Per tant s'hauran de començar a adoptar les maniobres de córrer i capejar temporals més sovint.

No fa molt, una tarda estava mirant els mapes i vaig veure la formació d'un medicane a partir d'una borrasca al canal de balears, havia passat tot molt ràpid. Tinc contacte amb Transmediterrània i vaig trucar-los, per explicar-los el que havia vist i que si tenien pensat no fer sortir el ferry entre balears i Barcelona. Em van dir que sí, que no sortiria fins que la situació millorés. Un vaixell de Balearia, amb els quals no tenia forma de contactar-hi, va sortir de

Menorca rumb Barcelona i poc després va tenir un corriment dels camions i cotxes que portava. Van haver de córrer el temporal intentant caure a estribord el màxim i van acabar a Mallorca, per sort van poder controlar la situació.

Aquest tipus de situacions és produirà cada vegada amb més freqüència.

- **Es podrà fer la volta al món per l'hemisferi nord?**

- Els mercants ho tindran fàcil per fer la volta al món pel Pol Nord. En el cas de la navegació a vela fent la volta al món sortint des de la Bretanya és més complicada. Per començar els vents que fan la volta a la terra en l'hemisferi sud partint dels 40° de latitud, al Pol Nord comencen als 60° ja que on a l'hemisferi sud hi ha aigua a l'hemisferi nord hi ha terra.

Els vents que hi ha a 60° solen tenir component est. Per arribar a aquestes latituds s'hauria de cenyir molt o aprofitar els vents de l'oest, arribar a Escòcia i passar pel Nord de Groenlàndia, i a la baixada tornarien a haver de cenyir amb els vents d'oest.

En definitiva es cenyiria molt més que fent la volta per l'hemisferi sud, i no es podria anar a buscar tant la velocitat.

El que no hi haurà serà gel, i això tu ho veuràs i segurament també veuràs una volta al món a vela pel Pol Nord.

- **Els vaixells de regates oceàniques recullen mostres del mar i dades dels llocs per on passen. És útil a nivell climatològic? Es podria emfatitzar més en aquest aspecte?**

- A nivell climatològic es recull poca informació. A nivell de plàstics, poblacions de plàncton i altres dades molt interessants, es recullen moltes dades.

La veritat és que tenim molt poc coneixement sobre els oceans, si bé és complicada la recollida de dades en aquest tipus de vaixell, penso que amb algun tipus de corredora es podrien recollir dades de les corrents.

- **I per últim... t'agradaria aportar la teva experiència com a meteoròleg en aquest tipus de regates?**

- Ja tinc experiència en fer de meteoròleg en regates d'altura. Com hem comentat abans sobre la ruta de la sal i la ruta de la tramuntana....

I sí, de fet vaig ajudar un noi en la seva preparació per la Mini-Transat i també vaig col·laborar des de l'organització de la Barcelona World Race.

És molt interessant perquè en aquestes regates s'ajunten dues coses: per una banda, les polars, és molt interessant calcular-les i encara més prendre la decisió de retallar milles o navegar a més velocitat tenint-les sempre en compte.

Un bon desenvolupament d'aquesta part de l'estratègia permet una avantatja clara.

Per altra banda, s'estudien els mapes climatològics, que segons un recull de dades defineixen el temps que és possible trobar en una zona concreta segons l'època de l'any, i realment les regates s'acaben basant en bona part amb les dades que se'n obtenen. Abans de la sortida es trien els mapes que es necessiten segons les zones on es navegarà i es fa un plantejament calculant aproximadament en quina època de l'any es passarà per cada zona. Aquest plantejament es va refinant durant la regata amb les previsions pertinents. Es pot dir que s'han de tenir en compte les polars quasi bé abans que la meteo, ja que l'ús que en fem va en funció de les polars del vaixell. Si és un vaixell amb un bon rendiment en rumbos portants potser sortirà més a compte fer més milles de llarg que menys de cenyida. En conclusió, és jugar amb el que sabem que acostuma a passar i amb el realment està passant.

Durant les dures hores que vaig estar als estudis en Tomàs va rebre moltes imatges i vídeos de fenòmens meteorològics que estaven tenint lloc com trombes d'aigua o calamarsades.

A part em va semblar molt admirable la passió que es despenia en aquell ambient, en Tomàs estava molt implicat en el minut a minut de la situació.

Tot i així, va tenir temps per respondre la meua entrevista, i a més vaig poder veure en directe, des de plató, com feia l'actualització del temps de les 18:00 h.

La veritat és que va ser una experiència increïble i que no oblidaré mai. A part m'emporto el plaer d'haver conegut la passió de compartir el món de la meteorologia i veure com es treballa per fer arribar la millor informació possible de la millor manera possible a les persones interessades.



Figura 49. En Tomàs Molina, i jo, l'autor d'aquest treball. Font: Pròpia.

