

**ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL**

# **DIRECTIVAS de ORIENTACIÓN**

## **LA ENSEÑANZA Y FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PERSONAL EN METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA OPERATIVA**

### **VOLUMEN I: METEOROLOGÍA**

Editores : I. F. Draghici, G. V. Necco, R. W. Riddaway  
J. T. Snow, C. Billard, L. A. Ogallo

Traducción y adaptación al castellano: R. A. Quintana Gómez

Preparadas bajo la guía del Panel de Expertos del Consejo Ejecutivo sobre  
Educación y Entrenamiento

**CUARTA EDICIÓN**

**OMM-NO. 258**  
Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial  
Ginebra – Suiza

2001, Organización Meteorológica Mundial  
ISBN 92-63-14258-0

**NOTA**

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican, por parte de la Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites.

# ÍNDICE

---

<b>PROLOGO</b> . . . . .	<b>vii</b>
<b>PREFACIO</b> . . . . .	<b>ix</b>
<b>PARTE A GUÍA.</b> . . . . .	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO 1 CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL DE LA OMM</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Antecedentes informativos . . . . .	2
Necesidad del cambio . . . . .	2
Suposiciones básicas. . . . .	2
Consultas subsiguientes . . . . .	3
1.2 Clasificación del personal en meteorología e hidrología. . . . .	3
Propósitos de la nueva clasificación . . . . .	3
Categorías del personal. . . . .	3
Progresión de la carrera. . . . .	4
Relación con la clasificación previa. . . . .	4
1.3 Personal meteorológico. . . . .	4
Calificación inicial de Meteorólogos . . . . .	4
Calificación inicial de Técnicos Meteorólogos. . . . .	6
Niveles de carrera para Meteorólogos. . . . .	7
Niveles de carrera para Técnicos Meteorólogos. . . . .	8
Habilidades colectivas y habilidades transferibles. . . . .	8
<b>CAPÍTULO 2 EL DOMINIO DE LA METEOROLOGÍA</b> . . . . .	<b>11</b>
2.1 Ciencias Atmosféricas – alcance y profundidad . . . . .	12
Matemáticas, física y química. . . . .	12
Disciplinas meteorológicas básicas . . . . .	12
Ciencia del Sistema Tierra . . . . .	14
2.2 Profesiones Meteorológicas – requisitos de aptitud. . . . .	15
Entrenamiento de competencia para el empleo . . . . .	15
Tiempo y clima – observación, monitoreo y pronóstico. . . . .	16
Aplicaciones meteorológicas y servicios públicos. . . . .	19
Meteorología – ramas soporte . . . . .	22
Especialidades académicas y especializaciones de trabajos – la brecha . . . . .	24
<b>CAPÍTULO 3 PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA METEORÓLOGOS (PIB-M).</b> . . . . .	<b>26</b>
3.1 Tópicos requeridos en matemáticas y en ciencias físicas . . . . .	27
Matemáticas. . . . .	27
Física . . . . .	27
Química. . . . .	27
Requisitos complementarios. . . . .	27
3.2 Tópicos obligatorios en ciencias atmosféricas. . . . .	27
Meteorología física . . . . .	27
Meteorología dinámica . . . . .	28
Meteorología sinóptica . . . . .	28
Climatología . . . . .	28
3.3 Campos electivos de especialización en meteorología. . . . .	28
Meteorología aeronáutica. . . . .	29
Meteorología agrícola. . . . .	29
Química atmosférica. . . . .	29
Monitoreo y predicción del clima. . . . .	29

Meteorología a mesoescala y pronóstico del tiempo. . . . .	29
Meteorología de radar. . . . .	30
Meteorología satelital . . . . .	30
El tiempo y el clima tropical . . . . .	30
Meteorología urbana y contaminación del aire. . . . .	30
3.4 Otros campos de especialización. . . . .	30
Biometeorología y salud humana. . . . .	30
Meteorología de la capa límite. . . . .	30
Nubes y precipitación; modificación del tiempo . . . . .	30
Meteorología económica; mercadotecnia y gerencia. . . . .	31
Hidrología general e hidrometeorología. . . . .	31
Oceanografía general y meteorología marina. . . . .	31
Meteorología de la atmósfera media y alta . . . . .	31
Métodos numéricos y modelos matemáticos. . . . .	31
3.5 Mas allá del PIB-M. . . . .	31
Anexo: Ejemplo del programa de estudios para meteorología dinámica. . . . .	33

**CAPÍTULO 4 PAQUETE DE INSTRUCCION BÁSICA PARA TÉCNICOS METEORÓLOGOS (PIB-TM). 35**

4.1 Tópicos requeridos en las ciencias básicas. . . . .	36
Matemáticas. . . . .	36
Física. . . . .	36
Química. . . . .	36
Habilidades comunicacionales. . . . .	36
4.2 Tópicos obligatorios en meteorología general . . . . .	36
Física introductoria y meteorología dinámica. . . . .	36
Elementos de meteorología sinóptica y climatología. . . . .	36
Instrumentos meteorológicos y métodos de observación. . . . .	36
4.3 Opciones electivas en meteorología operacional. . . . .	36
Observaciones sinópticas y mediciones. . . . .	37
Otras observaciones y mediciones especializadas. . . . .	37
Sondeo remoto de la atmósfera . . . . .	37
Meteorología aeronáutica para técnicos . . . . .	37
4.4 Más allá del PIB-TM . . . . .	37
Anexo: Ejemplo del programa de estudios para meteorología aeronáutica - nivel técnico. . . . .	38

**CAPÍTULO 5 EDUCACIÓN CONTINUA Y ENTRENAMIENTO (ECE) . . . . . 41**

5.1 Introducción. . . . .	42
Factores que afectan los SMN . . . . .	42
La organización de aprendizaje . . . . .	42
Aproximación estratégica de entrenamiento y desarrollo. . . . .	43
5.2 Conceptos básicos . . . . .	44
Educación Continua y Entrenamiento (ECE). . . . .	44
Entrenamiento y desarrollo . . . . .	45
5.3 Obteniendo lo máximo de la ECE. . . . .	46
Importancia de la ECE . . . . .	47
Haciendo un éxito de actividades de la ECE . . . . .	47
5.4 Métodos de la ECE . . . . .	48
Aspectos generales . . . . .	48
Impartiendo la ECE . . . . .	49
5.5 Algunas tendencias en la ECE. . . . .	50
Planes de entrenamiento . . . . .	50
Cursos cortos . . . . .	50
Calificación y acreditación vocacional . . . . .	52
Alistamiento e inducción . . . . .	52
Entrenamiento del instructor y supervisor. . . . .	53
5.6 Comentarios finales . . . . .	53

<b>PARTE B EJEMPLOS</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 6 EJEMPLOS DE PAQUETES DE INSTRUCCIÓN BÁSICA</b>	<b>55</b>
6.1 Ejemplo de un programa completo PIB-M	56
Introducción	56
Atributos de los programas de grado de Licenciado	56
Preparación para carreras seleccionadas en ciencia atmosférica	58
6.2 Ejemplo de un programa condensado PIB-M	59
Introducción	59
Esquema de evaluaciones	59
Materias curriculares esenciales	60
6.3 Ejemplo de un programa completo PIB-TM	64
Metas y organización del programa	64
Descripción de los cursos	64
Períodos de entrenamiento	65
Proyecto personal	66
6.4 Ejemplo de un programa condensado PIB-TM	67
Meteorología	67
Instrumentos y métodos de observación	68
Codificación de las observaciones de superficie	70
<b>CAPÍTULO 7 EJEMPLOS DE REQUISITOS ACTUALES DE COMPETENCIA PARA EL TRABAJO</b>	<b>71</b>
7.1 Análisis y pronóstico del tiempo	72
Producción de pronósticos genéricos	72
Producción de pronósticos para el usuario	73
Provisión de especialista o apoyo al trabajo	74
Administrando el ambiente de trabajo	75
7.2 Monitoreo y predicción del clima	75
Monitoreo del clima y servicios de predicción	75
El clima en el área de responsabilidad	76
Relación entre el clima a gran escala y el clima en el área de responsabilidad	76
Predicción del clima	76
Métodos usados en monitoreo y predicción del clima	76
Verificación del pronóstico (predicción)	76
Datos usados en el monitoreo y la predicción del clima	77
Operaciones del monitoreo del clima	77
Operaciones de la predicción del clima	77
Provisión y explicación de la información climática	77
7.3 Observaciones y mediciones; instrumentos	77
Introducción	77
Gerencia de la dependencia	78
Gerencia de la red	79
Observancia de estándares	80
Ingeniería de sistemas	80
Aprovisionamiento y almacenaje	81
Planificación y manejo de proyectos	81
Estándares de mediciones; calibración de instrumentos; confiabilidad de la calidad	81
Instalaciones de campo e ingeniería de mantenimiento	82
7.4 Tecnología de la información y el procesamiento de datos	83
Sistemas de información en operación	83
Administración y programación de la base de datos	83
La red en operación	84
Telecomunicación meteorológica internacional	85
Diseño y mantenimiento de sistemas de operación/aplicación	85
Ingeniería de software	85
7.5 Agrometeorología	86

Desarrollo de pronósticos de tiempo para la agricultura; productos para el usuario . . . . .	86
Desarrollo de un servicio de asesoría agrometeorológica . . . . .	89
Sistema de información computacional para aplicaciones operacionales. . . . .	91
7.6 Meteorología aeronáutica. . . . .	91
Riesgos principales para la aviación. . . . .	92
Habilidades de pronosticar el engelamiento en la aviación . . . . .	92
Habilidades de pronóstico de niebla y de estratos a baja altura . . . . .	95
Herramientas para el pronóstico . . . . .	97
Divulgación del producto . . . . .	97
Tareas de rutina en una oficina regional de meteorológica aeronáutica . . . . .	98
Conocimiento y habilidades en la vigilancia y monitoreo del tiempo. . . . .	98
Habilidades comunicacionales con las oficinas centrales y estaciones vecinas . . . . .	99
Derivación de pronóstico orientado hacia el usuario y productos de advertencia . . . . .	99
Información oral a los pilotos y despachadores; enlace con el CTA . . . . .	100
Entrenamiento en la marcha del usuario . . . . .	101
7.7 Meteorología marina . . . . .	101
Pronósticos marinos. . . . .	102
Observación de las características de la CLA y la CSO. . . . .	102
Descripciones de régimen de áreas marinas. . . . .	103
Investigación del sistema CLA-CSO . . . . .	103
Preparación de productos para los usuarios. . . . .	103
Realización de otras tareas . . . . .	104
7.8 Meteorología ambiental . . . . .	104
Entendiendo el rol de los SMHN en dirigir los asuntos ambientales . . . . .	104
Entendiendo las ciencias ambientales y sus aplicaciones . . . . .	105
Provisión de servicios; provisión de asesoría científica e información . . . . .	105
Ejecución de otros servicios relacionados . . . . .	108
7.9 Meteorología satelital . . . . .	109
Antecedentes. . . . .	109
Requisitos de aptitud fundamental en la meteorología satelital . . . . .	110
Rama de la Meteorología Satelital (RMS) . . . . .	111
<b>APÉNDICES. . . . .</b>	<b>114</b>
<b>APÉNDICE 1 PREFACIO A LA PRIMERA EDICIÓN DE LA OMM-NO. 258 . . . . .</b>	<b>115</b>
<b>APÉNDICE 2 LAS CLASES ANTERIORES DEL PERSONAL METEOROLÓGICO . . . . .</b>	<b>120</b>
Clase I. . . . .	120
Clase II. . . . .	120
Clase III . . . . .	120
Clase IV. . . . .	120
<b>APÉNDICE 3 OPINIONES SOBRE LA REVISIÓN DE LA PUBLICACIÓN OMM-NO. 258 . . . . .</b>	<b>122</b>
El cuestionario de OMM. . . . .	122
Opiniones de los Miembros . . . . .	122
<b>APÉNDICE 4 GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIACIONES . . . . .</b>	<b>124</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS SELECTAS . . . . .</b>	<b>128</b>

## PROLOGO

La disponibilidad de recursos humanos adecuadamente entrenados en cualquier institución es lo más crítico para el éxito; la educación y el entrenamiento juegan un rol significativo en este sentido. Esto es algo fundamental inherente de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). De hecho, uno de los propósitos de la OMM, tal y como está establecido en su Convención, es impulsar y fortalecer el entrenamiento en meteorología y las áreas relacionadas, así como asistir en la coordinación de los aspectos internacionales de dicho entrenamiento. Desde su inicio en 1950, la OMM ha estado contribuyendo significativamente a la promoción de actividades pertinentes en educación y entrenamiento.

El Programa de Educación y Entrenamiento (PEE) es uno de los mayores Programas científicos y técnicos de la OMM. A través de este Programa, las actividades de la OMM han jugado un rol vital en el desarrollo y fortalecimiento de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), especialmente en el mundo en desarrollo. Esto ha sido llevado a cabo a través de la educación y el entrenamiento del personal de estos Servicios en campos relevantes de la meteorología, la hidrología y otras áreas relacionadas; así como también a través de la provisión del soporte de entrenamiento apropiado. La promoción de las facilidades físicas (edificaciones) y del desarrollo de los recursos humanos han sido áreas claves del PEE. Esto ha contribuido a sortear la brecha entre el nivel de los servicios provistos por los SMHN de los países desarrollados, por una parte, y aquellos provistos por los países en desarrollo con economías en transición, por la otra parte.

Actividades recientes de la OMM en educación y entrenamiento incluyen una redefinición de la clasificación del personal meteorológico e hidrológico, reforzamiento del rol de los Centros Meteorológicos Regionales de Entrenamiento, entrenamiento de los instructores, provisión del soporte técnico, organización de eventos de entrenamiento, implementación de los programas de becas y la preparación de publicaciones de entrenamiento, tales como esta publicación intitulada *Directivas de Orientación para la Enseñanza y Formación del Personal en Meteorología e Hidrología Operativa*.

Estas actividades son emprendidas para responder a las tendencias, desarrollos y necesidades en evolución originadas por las cambiantes circunstancias socioeconómicas, tales como la globalización y los rápidos avances tecnológicos, incluyendo la información y la tecnología de las comunicaciones. Estas también responden a la necesidad de una mayor eficiencia y efectividad en el manejo de los SMHN y la prestación de unos servicios más relevantes.

Ahora, que recién iniciamos los desafíos del siglo veintiuno, nuevos y formidables retos y oportunidades están ya en el horizonte. Responsabilizarse por esos nuevos desafíos y aprovechar las oportunidades emergentes requerirá más y mejor personal calificado en hidrología y meteorología. Para asumir esta necesidad evidente, considerables mejoras en educación y en métodos de entrenamiento, herramientas y actitudes son necesarias. Esto conllevará:

- A realzar la carrera profesional en aras de la educación continua y el entrenamiento, a mantener y acrecentar la competencia en un mundo de rápidos avances científicos y tecnológicos y de desafíos socio-económicos complejos;
- A expandir el uso de la tecnología de la enseñanza-aprendizaje a distancia, incrementando las oportunidades para el entrenamiento así mismo, personal, dentro de una cultura más amplia de aprendizaje para toda una vida;
- A redirigir aún más la instrucción profesional desde la certificación del entrenamiento formal a la competencia comprobada para el trabajo.

Esto es en contexto general la razón del porque la anterior edición de esta publicación (OMM-No. 258), que contenía la clasificación tradicional de la OMM del personal meteorológico e hidrológico así como los currícula para su educación y entrenamiento hayan sido revisados sustancialmente. La presente edición, la cuarta, está orientada y pretende proveer líneas directrices en esta materia, las cuáles deberían ser:

- Aplicables en un contexto internacional, en particular en la planificación de eventos de entrenamiento internacional y en la evaluación de los candidatos para esos eventos, incluyendo aquellos financiados bajo los Programas de la OMM;
- Adaptables a un contexto nacional, en particular en los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de los países en desarrollo.

Consecuentemente, esta nueva edición de *Directivas de Orientación para la Educación y el Entrenamiento del Personal en Meteorología e Hidrología Operativa* provee un marco referencial internacional para el entendimiento común de la calificación básica requerida de individuos realizando funciones operacionales identificadas y funciones relacionadas. Este material debe asistir a los SMHN en diseñar sistemas de categorización del personal y programas de entrenamiento aplicables a sus necesidades específicas.

Deseo aprovechar esta oportunidad para expresar la gratitud de la Organización a los miembros del Consejo Ejecutivo del Panel de Expertos Internacionales en Educación y Entrenamiento, particularmente a su presidente el Dr. J. W. Zillman por la conducción de esta publicación. También deseo expresar mi gratitud a los presidentes de las Comisiones Técnicas quienes han brindado su consejo y propuesto expertos que han contribuido con ejemplos y muestreos de los requerimientos de aptitud para el trabajo en los diferentes Servicios Meteorológicos Nacionales.

La Secretaría fue asistida en la preparación de estas líneas directrices por Mr. C. Billard (Francia), Prof. L. A. Ogallo (Kenya), Dr. R. W. Riddaway (UK) y el Prof. J. T. Snow (USA), a quienes expreso mi gratitud. También agradezco al Prof. R. P. Pearce (UK) por la revisión inicial de este manuscrito y a la Prof. María A. F. da Silva Dias (Brasil) por la revisión final de este manuscrito.

Me gustaría también aprovechar la ocasión para recordar con gratitud la contribución de aquellas personas quienes han servido en el Comité Ejecutivo del Panel de Expertos en Educación y Entrenamiento desde su establecimiento en 1965. Todos ellos han sido liderados por presidentes quienes han contribuido en mucho para lograr el progreso que tenemos en el presente; estos incluyen al Prof. J. V. Van Mieghem (Bélgica) quien sirvió como el primer presidente. El fue exitosamente seguido en 1971 por el Dr. Alf Nyberg (Suecia) quien estuvo en el cargo hasta 1979, cuando el Dr. R. I. Kintanar (Filipinas) asumió la presidencia. El elevado prestigio concertado por el Panel es demostrado por el hecho de tanto el Dr. Nyberg como el Dr. Kintanar sirvieron cada uno ocho años como Presidentes de la OMM.

El trabajo exitoso en educación y entrenamiento ha sido apoyado en una forma altamente satisfactoria por la Secretaría General de la OMM. El trabajo llevado a cabo por la Secretaría está en deuda con el Dr. H. Taba (Irán), quien inició y fomentó la pequeña unidad de trabajo establecida en 1964, la cual tuvo que ver con todas aquellas materias de entrenamiento bajo la supervisión del Secretario General. Esta unidad sirvió como un núcleo alrededor del cual los esfuerzos de la Secretaría en todos los aspectos de educación y entrenamiento fueron llevados a cabo. De ello siguió una expansión rápida en las actividades de entrenamiento y el entrenamiento se convirtió en parte de una División reorganizada en Investigación, Educación y Entrenamiento. Subsecuentemente, en 1976, fue necesario establecer un Departamento separado para Educación y Entrenamiento dentro de la Secretaría General de la OMM. Esto es un asunto de interés personal para mí, habiendo tenido el honor de servir como su Director desde 1978 hasta 1983, antes de asumir las responsabilidades como Secretario General de la OMM.

Finalmente, el conjunto de tópicos conducidos en las "Directrices" se ha beneficiado en mucho de las experiencias de los países Miembros, particularmente de sus SMHN, los cuales generosamente han participado. Deseo reconocer tributo especial a los Miembros Representantes Permanentes de la OMM quienes han estimulado y contribuido con la preparación de esta publicación. Espero que esta publicación sea de asistencia particular para ellos, así como para toda la gran comunidad meteorológica e hidrológica.

G. O. P. Obasi  
Secretario General de la OMM

## PREFACIO

Aun cuando el establecimiento de normas y líneas directrices para la educación y el entrenamiento de los equipos humanos científicos y técnicos que llevan a cabo el trabajo de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), tanto de los países desarrollados como de los países en vías de ello siempre ha sido una de las prioridades primordiales de la Organización Meteorológica Mundial, el entrenamiento es el único propósito básico de la OMM establecido en su Convención que nunca le ha sido asignado para su implementación a una Comisión Técnica especial en la cual todos los Miembros de la OMM no dejen de estar representados.

Consecuentemente, después de un número de iniciativas preparatorias importantes a través de los años de la década de 1950 e inicios de la de 1960, entonces el Comité Ejecutivo (CE) de la OMM, en 1965, estableció un Panel de Expertos del CE en Educación y Entrenamiento, dirigido por un distinguido investigador meteorológico y educador, el Profesor Jacques Van Mieghen, de Bélgica para proporcionar una guía global y la coordinación de la educación y las actividades de entrenamiento de la Organización. En 1966, el CE le requirió al Panel que preparase una guía comprensiva que contuviese programas de estudios tanto para las áreas básicas como las especializadas de entrenamiento meteorológico. En 1969, la primera edición de qué actualmente se ha hecho ampliamente conocida simplemente como la OMM-NO. 258: *Directivas de Orientación para la Enseñanza y la Formación Profesional del Personal Meteorológico* fueron publicadas por la OMM, estableciendo un sistema de cuatro clases (I-IV) para la clasificación del personal meteorológicos y los programas de estudios para su educación y entrenamiento. En el Prefacio de la primera edición (reproducido como Apéndice 1 de esta publicación), el Profesor Van Mieghen explicó los antecedentes para el desarrollo de las Directrices de Orientación y la filosofía que dio forma a su preparación.

A partir del año 1969 y subsiguientes y siguiendo la enmienda de la Convención de 1975 para incluir responsabilidades en la hidrología operacional, dos ediciones adicionales de la OMM-NO. 258 fueron editadas, en 1977 y 1984, bajo el título *Directivas de Orientación para la Enseñanza y la Formación Profesional del Personal en Meteorología e Hidrología Operativa*; y a través de la contribución generosa de numerosos y distinguidos autores, la OMM ha patrocinado la preparación de una serie de publicaciones de entrenamiento de vital importancia, las así llamadas *Series Azul*, para ayudar y asistir al personal docente de los Centros Meteorológicos Regionales de Entrenamiento (CMRE) y las instituciones de entrenamiento de los Servicios Meteorológicos Nacionales individuales (SMN), así como también las mayores comunidades meteorológicas e hidrológicas académicas, en la educación y el entrenamiento de estudiantes según las normas requeridas para un desempeño efectivo en sus responsabilidades en apoyo a la seguridad y la eficiencia de embarcaciones internacionales y la aviación, así como también para llenar las expectativas de los usuarios de servicios meteorológicos e hidrológicos a nivel nacional. Al respetar las prerrogativas de los países que individualmente establezcan sus propias normativas detalladas y programas de estudios, y por consiguiente no transmitiendo el mismo status legal de una *Guía*, como así definida por la Resolución N° 18 del Segundo Congreso Meteorológico Mundial, la publicación OMM-NO. 258 ha provisto, bajo los auspicios del ahora Panel del Consejo Ejecutivo (CE), cuya membresía ha incorporado numerosos y distinguidos expertos en la educación y entrenamiento meteorológico e hidrológico, el universalmente reconocido marco de referencia para las actividades de entrenamiento, en conformidad con el Artículo 2 (f) de la Convención de la OMM. Esto ha jugado un papel profundamente importante de varias décadas en conformar la educación y el entrenamiento de los equipos de trabajo de los SMHN de la gran mayoría de los Estados Miembros y los Territorios de la OMM.

Ya para 1982, sin embargo, el CE había concluido que, en vista de los diversos cambios y los desarrollos que han tenido lugar durante los últimos quince años, había la necesidad de revisar las definiciones de las Clases y Categorizaciones I, II, III y IV del personal meteorológico. Numerosas consultas fueron subsecuentemente iniciadas, tanto directamente con los Miembros a través de sus Representantes Permanentes en la OMM, e indirectamente a través de las Comisiones Técnicas acerca de las enmiendas y las actualizaciones deseables para la clasificación del personal meteorológico. Pero, ya que no hubo un consenso para una nueva clasificación, y con una mayoría de Miembros sesgados a mantener el sistema de cuatro clases para estos efectos, entonces sólo enmiendas menores se introdujeron para las definiciones de las clases (ver el Suplemento No.1 de la tercera edición, febrero de 1987) y algunos pocos tópicos adicionales se introdujeron en el programa de estudios de telecomunicaciones meteorológicas (Suplemento No. 2, marzo de 1987).

Propuestas para una revisión más sustancial de la clasificación del personal meteorológico emergieron de nuevo en el XI Congreso Meteorológico Mundial en 1991, y en el XII Congreso en 1995. Subsecuentemente una reunión mundial de educadores y entrenadores meteorológicos participaron en el Simposio Météo Francés de la OMM: *Necesidades de Currículo Más Allá del 2000*, en Toulouse en 1995; recomendándose una revisión del sistema de cuatro clases; una aproximación multidisciplinaria para el currículo, con más flexibilidad y receptividad al cambio; poniendo en fase la educación y el entrenamiento para lograr una mejor progresión de la carrera.

En respuesta a estos desarrollos e iniciativas, el CE del Panel de Expertos en Educación y Entrenamiento, en su decimosexta sesión en Nanjing en abril de 1996 revisó el rango completo de materias relacionadas con la clasificación, la educación y el entrenamiento del personal meteorológico e hidrológico a la luz de los cambios principales teniendo lugar internacionalmente en la meteorología y la hidrología, y desarrollaron propuestas iniciales para la preparación de una nueva cuarta edición de la publicación OMM-NO. 258. El Panel reconoció y admitió que los impactos de la globalización económica en la operación de los SMHN, necesitaban equipararse con la circunstancia que tenía que ver con la reducción de los desastres naturales, la interdisciplinariedad en el estudio del clima y en asuntos ambientales, y especialmente en los propósitos globales de la sustentabilidad; todo ello requiriendo más personal experta y convenientemente educado, con mayor flexibilidad para el desarrollo a través de las áreas de responsabilidad diversas de los SMHN en los inicios de las décadas del siglo veintiuno. También se previó la necesidad de un personal profesional entrenado de los SMHN mas orientado hacia el usuario; trabajando en las áreas principales de aplicación hidrológica meteorológica y servicios conexos. El Panel concluyó que ese sistema de clasificación y los currícula de la publicación OMM-NO. 258 urgían de una de revisión sustancial. Se requirió del Departamento de Educación y Entrenamiento de la Secretaría de la OMM que se comenzase el trabajo acerca de las opciones para un sistema nuevo de clasificación y nuevos avances para el desarrollo de los currícula en educación y entrenamiento.

Después de consultar extensivamente a los directores de CMRE, otros directores, investigadores e instructores de numerosas instituciones reconocidos de los SMN y de universidades, así como también con los miembros del Panel, la Secretaría desarrolló las propuestas para implementar un sistema nuevo de clasificación y currícula, los cuáles fueron exhaustivamente examinados con todos los Miembros de OMM durante 1997. La propuesta consolidada desarrollada por la Secretaría sobre la base de las respuestas de los Miembros fue examinada, revisada y endosada por el Panel en su decimoséptima sesión en enero de 1998 y fue aprobada por la quincuagésima sesión del CE en junio de 1998. La propuesta implicó la transición a un sistema simplificado común de clasificación para la meteorología e hidrología operacional; preparados en volúmenes separados de la publicación OMM-NO. 258, para Meteorología (Volumen I) e Hidrología (Volumen II), y el establecimiento de los Equipos de Trabajo de Editoriales (ETE) para preparar los currícula detallados y supervisar la preparación de los dos volúmenes en forma separada.

En su decimooctava sesión en enero de 1999, el Panel examinó el texto en borrador del Volumen I (Meteorología) preparado por la ETE y propuso un conjunto de revisiones. Sobre la base de las observaciones introducidas por los miembros del Panel y a la luz de lo sugerido y expresado por un número de delegaciones durante el desarrollo del XIII Congreso Meteorológico Mundial en mayo 1999, un texto en borrador final fue propuesto para la revisión por un experto independiente a inicios del año 2000; subsecuentemente revisado, siguiendo las recomendaciones y sugerencias del experto antes de ser nuevamente considerado por el Panel en su decimonovena sesión en abril del 2000. El Panel acordó que, en vista de los cambios mayores contemplados en la estructura global en la educación y entrenamiento meteorológico y los currícula detallados en consonancia con el nuevo sistema de clasificación, era importante que hubiese una nueva oportunidad para una revisión adicional por los Miembros, incluyendo al rango completo de los expertos interesados y a los directores de los CMRE. Como quiera que la clasificación nueva del sistema aprobado por el XIII Congreso se hizo efectivo desde el 1° de enero de 2001, se decidió, por consiguiente, producir primero un ejemplar preliminar de la cuarta edición, como una publicación Departamental. Las copias de este ejemplar preliminar fueron distribuidas (junio-julio de 2000), para todos los lectores potenciales, para información y comentarios posibles. El manuscrito fue de nuevo revisado por la ETE, a la luz de comentarios y sugerencias recibidas por la Secretaría antes del 31 de diciembre de 2000.

Las principales características de esta cuarta edición de la publicación OMM-NO. 258, la cual en principio debería tener el consenso de una gran mayoría de los Miembros de la OMM, están siendo impresas ahora como una publicación formal del Programa Soporte de la OMM, la cual puede resumirse como sigue:

- (a) Está escrita en términos del sistema nuevo de clasificación, común tanto para la meteorología como para la hidrología, la cual reconoce exactamente las dos categorías del personal – a los profesionales graduados y a los técnicos – dentro de cada uno de los cuales a su vez hay tres niveles de desarrollo de la carrera (nivel de entrada o principiantes, nivel medio y el nivel superior o de antigüedad);
- (b) La calificación del nivel de entrada del personal asume la terminación exitosa de Paquete de Instrucción Básica (PIB), específicamente diseñado para Meteorólogos (PIB-M), para Hidrólogos (PIB-H), para Técnicos Meteorológicos (PIB-TM), y para Técnicos Hidrólogos (PIB-TH);
- (c) Consiste de dos volúmenes separados: El Volumen I (Meteorología) y el Volumen II (Hidrología). El Volumen I es el presente volumen y el Volumen II está actualmente en preparación bajo la guía de un ETE separado y con el concurso de otras organizaciones relacionadas con la hidrología además de la OMM.

Este Volumen I (Meteorología) consta de dos Partes, la Parte A que cubre los capítulos del 1 al 5 y la Parte B

correspondiente a los capítulos 6 y 7 y cuatro apéndices. El capítulo 1 describe los orígenes y las características esenciales del sistema nuevo para la clasificación del personal en meteorología e hidrología y explica en detalle la nueva aproximación para empleados meteorológicos. El capítulo 2 introduce las disciplinas básicas implicadas en la meteorología, los campos principales de especialización y el campo de las ciencias del sistema tierra a nivel amplio; también perfila las funciones y competencias esenciales de un SMN y las aptitudes principales involucradas en su operación. Los capítulos 3 y 4 describen el Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M) a nivel de graduados en la universidad, y para Técnicos Meteorológicos (no graduados a nivel universitario), el PIB-TM, respectivamente. El capítulo 5 presenta los conceptos esenciales y la estrategia para la educación continua y el entrenamiento en un SMN; el capítulo 6 provee dos muestras de un PIB-M y dos muestras de un PIB-TM. El capítulo 7 provee, a su vez, un conjunto de ejemplos de requisitos de aptitud para el trabajo de cada una de las ramas principales de actividades generales encontradas en un típico SMN, como un estímulo y ayuda para los gerentes, y da instrucciones en definir y elaborar los requisitos para sus propios propósitos. El apéndice 1 reproduce el Prefacio correspondiente a la primera edición de la Publicación OMM-NO 258. El Apéndice 2 describe el anterior sistema de las Clases I a la IV para la clasificación del personal empleado meteorológico, sobre la base de extractos de la tercera edición. El apéndice 3 resume las respuestas de los Miembros del Cuestionario de la OMM del 26 de marzo de 1997 sobre la revisión de la clasificación y currícula. El apéndice 4 contiene un corto glosario sobre educación trascendental y términos de entrenamiento; seguido por una bibliografía seleccionada.

Deseo expresar el aprecio del CE del Panel para todo aquellos que han contribuido en la elaboración de este de este volumen; especialmente para los cinco miembros del Equipo de Trabajo Editorial, Mr C. Billard (Francia), Dr. Draghici (Secretaría de la OMM), Dr G.V. Necco (Secretaría de la OMM), Prof. L.A. Ogallo (Kenia), Dr R.W. Riddaway (GB) y el Prof. J.T. Snow (EUA), por sus continuos esfuerzos en la escritura del manuscrito y la revisión del texto. También deseo expresar mi aprecio por la valiosa contribución de los dos evaluadores externos, Prof. R.P. Pearce (GB) y la Prof. Maria A.F. da Silva Dias (Brasil).

Deseo también aprovechar esta oportunidad para hacer llegar mi aprecio a todos los miembros presentes y pasados del Panel: Mr H. Abu-Taleb (Egipto), Mr J.P. Chalon (Francia), Dr M. Diarra (Níger), Dr C. Garcia-Legaz (España), Mr F. Gnomou (Níger), Dr S. La A Khodkin (Rusia), Mr. Lagha (Algeria), Mr H. Pinheiro (Brasil), Prof. R. Quintana-Gómez (Venezuela), Dr R. Riddaway (GB), Mr D. Rousseau (Francia), Dr T. Spangler (EUA), Prof. Sun Zhaobo (China), y el Prof. A. Van Der Beken (Bélgica), cuyas experiencias y compenetración en las muchas y variadas facetas de la educación meteorológica e hidrológica y el entrenamiento han permitido que la OMM dirija esta complicada tarea, tan vitalmente importante, en forma tanto constructiva como productivamente significativa en los pasados seis años.

(Dr J. W. Zillman)

Presidente del Consejo Ejecutivo del Panel de Expertos en Educación y Entrenamiento

## PARTE A

# GUÍA

---

Clasificación del personal de la OMM

El Dominio de la meteorología

Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M)

Paquete de Instrucción Básica para Técnicos Meteorólogos (PIB-TM)

Educación continua y entrenamiento (ECE)

El alcance y los cambios en la educación en la década pasada no tuvieron precedentes; este patrón muy probablemente continuará en los años venideros. Dentro de la tendencia global hacia una sociedad de la información, la palabra clave es “reestructurar”, lo cual trata cada aspecto de la educación incluyendo el desarrollo del currículo, los métodos pedagógicos, una cultura del aprendizaje para toda la vida, enlaces a través de Internet, etc.

No hay razones para considerar que la educación meteorológica (e hidrológica) y el entrenamiento escapen de estas tendencias fundamentales. Al contrario, como lo señala el Secretario General de la OMM en su mensaje de celebración del Día Meteorológico Mundial del año 2000, el dominio meteorológico en sí mismo está rápidamente cambiando y avanzando vigorosamente, tanto como una ciencia como una profesión; ver también Obasi (1999).

Este clima de cambio continuo demandó una gran medida de ‘flexibilidad de enfoque’ en el diseño de la presente Directriz, lo cuál requerirá una ‘adaptación específica’ por parte de los potenciales usuarios quienes deberán concebir que estos son cambios considerables en comparación con los de ediciones previas, aun cuando la meta global permanezca esencialmente la misma:

- (a) Asistiendo a los educadores, particularmente de los países en vías de desarrollo, en el diseño de la educación profesional y en los programas especializados de entrenamiento en meteorología;
- (b) Facilitando un entendimiento común y un grado de uniformidad y estabilidad en un contexto internacional, a la vez de fomentar la innovación y adaptación para las circunstancias del entorno nacional y local.

La Parte A provee recomendaciones para: la clasificación del personal; las disciplinas principales; la competencia y los requisitos de aptitud; la instrucción obligatoria y el desarrollo profesional continuo. Se asume que los educadores y los gerentes ajustarán estas recomendaciones de desarrollo de los recursos humanos según las prioridades en evolución de sus Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN), así como también de otras organizaciones relacionadas tales como universidades, centros de investigación, empresas particulares, etc.

Estas Directrices serán complementadas con una publicación departamental de la OMM, conteniendo un compendio de ejemplos detallados de programa de estudios para cada disciplina bajo el PIB-M y PIB-TM. Una versión periódicamente actualizada de este trabajo será mantenida en una página Web específicamente dedicada en el sitio Web de la OMM.

## CAPÍTULO 1

# CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL DE LA OMM

---

Antecedentes informativos

Clasificación del personal en meteorología e hidrología

Personal meteorológico

*'No hay duda que el personal meteorológico puede ser calificado y clasificado en un número variado de formas, cada una con su propio mérito particular y conveniencia. Es igualmente cierto, sin embargo, que ningún sistema definirá adecuadamente todos los tipos del personal requerido. Es por lo tanto necesario aceptar un compromiso de clasificación, reconociendo sus deficiencias y limitaciones. Con esto en mente, se puede desarrollar un sistema de clasificación que puede ser eficazmente utilizado como una base para establecer programas de estudios para la educación y el entrenamiento del personal meteorológico.'*

(OMM-NO.  
258, primera edición, página 11)

Seguidamente de la presentación de la nueva clasificación de la OMM del personal en meteorología e hidrología operativa, la segunda parte de este capítulo se asigna al personal meteorológico – sus requisitos iniciales de calificación y la subsiguiente progresión de sus carreras. Aunque la clasificación está enfocada a dos categorías principales de empleados, el usuario puede adaptarla a sus condiciones y circunstancias específicas, por ejemplo para estar en concordancia con las normativas y regulaciones nacionales para la clasificación del servicio civil.

## 1.1 ANTECEDENTES INFORMATIVOS

Esta sección describe el nuevo sistema de clasificación y explica porque fue introducida.

### Necesidad del cambio

Fue considerado necesario revisar el sistema de clasificación y los currícula usados en la publicación debido a que han habido:

- (a) Importantes adelantos en la meteorología como una ciencia física aplicada, resultantes de una mejor comprensión del sistema acoplado atmósfera-tierra-océano, mejores técnicas de predicción del tiempo y por la revolución en constante progreso de las Tecnologías de la Información y Comunicación;
- (b) Nuevos patrones económicos, sociales y políticos evolucionando en muchas partes del mundo, lo cuál muy probablemente no sólo darán lugar a nuevas demandas a los servicios meteorológicos e hidrológicos, sino que también traerán cambios mayores en muchas facetas de las profesiones meteorológicas e hidrológicas;
- (c) Cambios significativos en el aspecto filosófico y pedagógico para la instrucción profesional y la especialización, particularmente como resultado de la importancia creciente de la educación y el entrenamiento continuo.

### Suposiciones básicas

Un cuestionario comprensivo sobre la revisión y actualización de la clasificación del personal de la OMM y de los currícula para entrenamiento fue distribuido a todo los Miembros de la OMM en 1997. La evaluación de las respuestas de los Miembros a este cuestionario (ver Apéndice 3) y otros análisis relacionados condujo a las siguientes conclusiones consolidadas:

- (a) La publicación OMM-NO. 258 debería proveer líneas directrices generales aplicables a un ámbito internacional, y tanto como sea posible, ajustable a un contexto nacional, en particular para el uso de las unidades de entrenamiento de los Servicios Meteorológicos Nacionales en vías de desarrollo (SMN) o los Servicios Meteorológicos e hidrológicos Nacionales (SMHN);
- (b) La publicación debería enfocarse a lograr: un sistema flexible de clasificación con dos o tres categorías principales del personal; y un currículo marco referencial que le permita a los instructores individuales arreglar en forma específica los programas de estudios según las necesidades particulares y las posibilidades de sus SMN o SMHN;
- (c) Graduarse con un programa a nivel universitario en meteorología en forma total consolidada, o con una calificación equivalente, debería proveer el criterio básico para diferenciar a Meteorólogos graduados (antiguamente personal Clase I) de los Técnicos Meteorólogos (antiguamente el personal de las Clases II, III y IV). Siguiendo la calificación inicial de principiante, la continuación de la carrera profesional y el entrenamiento deberían ser requeridos para el subsiguiente desarrollo profesional;
- (d) Meteorólogos y Técnicos Meteorólogos deberían progresar para alcanzar grados superiores en conformidad con las etapas de la carrera nacionalmente determinadas, por ejemplo, según los esquemas nacionales del servicio civil. Un técnico meteorólogo podría ser reclasificado como meteorólogo después de completar un programa nivelador de estudios en la universidad en meteorología o con una educación equivalente;
- (e) La nueva edición de la OMM-NO. 258 debe tener dos volúmenes separados: El Volumen I: Meteorología y Volumen II: Hidrología. El volumen I debe ocuparse de aquellos temas que son fundamentales y relativamente invariables en el tiempo (que constituirán los currícula esenciales para la instrucción inicial del personal meteorológico); y en segundo lugar, cubriría los requisitos principales de aptitud o competencia de trabajo, para proveer el conocimiento pertinente y las habilidades requeridas en las áreas operacionales específicas.

Consultas Subsecuentes Una edición preliminar del presente volumen fue distribuida para un evaluó inicial en el mes de junio de 2000 a todos los Miembros de la OMM, Centros Meteorológicos Regionales de Entrenamiento (CMRE), miembros del Consejo Ejecutivo del Panel de Expertos en Educación y Entrenamiento, Comisiones Técnicas de la OMM, diversos centros educativos, agencias especializadas, profesores de reconocido prestigio y especialistas. Las respuestas recibidas fueron cuidadosamente evaluadas, y cada esfuerzo individual fue tomado en cuenta así como las diversas sugerencias en esta nueva versión.

Con respecto a la nueva clasificación del personal, la mayor parte de los que respondieron apreciaron su flexibilidad; algunos Miembros y los CMRE expresaron su interés en revisar las clasificaciones de su personal para estar más en conformidad con el nuevo sistema de la OMM.

Con relación a los nuevos currícula, mientras la mayoría de los encuestados dieron la bienvenida a la flexibilidad global, hubo algunas pocas reservas acerca del nivel de detalle y alcance. Fue sugerido que:

- (a) Debería haber más detalle en los diferentes currícula, especialmente para las especializaciones meteorológicas;
- (b) Los requisitos básicos de ciencia, particularmente aquellos de matemáticas y ciencia de la computación, deberían ser fortalecidos;
- (c) Teniendo en cuenta que los currícula son demasiado flexibles, existe el riesgo que esto podría animar a reducir la educación profesional inicial de los meteorólogos.

Para solventar estas preocupaciones, un programa de estudios detallado será presentado separadamente como una publicación departamental, el cuál estará disponible a todos los Miembros de la OMM. Se asume que los instructores interesados extraerán y ajustarán de esta publicación los temas del programa de estudios que les son más adecuados para sus objetivos de entrenamiento.

## 1.2 CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL EN METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Este capítulo describe el esquema de clasificación aprobado por el Consejo Ejecutivo de la OMM en su quincuagésima sesión (Ginebra, 1998), y endosado por el Congreso de la Organización en su decimotercera sesión (Ginebra, 1999). En contraste con la clasificación de tradicional de la OMM, este esquema nuevo clasifica al personal empleado en meteorología e hidrología operativa según un solo esquema consolidado.

### Propósitos de la nueva clasificación

El propósito del sistema nuevo de la OMM para la clasificación del personal en meteorología e hidrología operativa debe:

- (a) Proveer un marco internacional para el común entendimiento de las calificaciones básicas requeridas de personas que realizan funciones meteorológicas e hidrológicas establecidas en la Convención de la OMM;
- (b) Facilitar el desarrollo de programas referenciales de estudios para la educación y el entrenamiento del personal en meteorología e hidrología operativa que realiza estas funciones;
- (c) Asistir a los SMHN de cada país individual, particularmente aquellos en vías de desarrollo, en:
  - Elaborar sistemas de clasificación de empleados para sus necesidades particulares;
  - Desarrollar programas de entrenamiento aplicables a sus propias estructuras de clasificación y necesidades.

### Categorías del personal

Dos categorías mayores del personal son identificadas, como profesionales graduados y técnicos. Para el personal meteorológico e hidrológico, estas categorías son designados como sigue:

(a) *Personal meteorológico:*

**Meteorólogo** – una persona que posee un grado a nivel universitario o equivalente; quien ha adquirido un nivel apropiado de conocimientos en matemáticas, física, química y ciencia de la computación y que ha completado el Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M);

**Técnico Meteorólogo** – una persona que ha completado el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos Meteorólogos (PIB-TM).

(b) *Personal Hidrológico:*

**Hidrólogo** – una persona que posee un grado a nivel universitario o equivalente y ha completado el Paquete de Instrucción Básica para Hidrólogos (PIB-H);

**Técnico Hidrólogo** – una persona que ha completado el Paquete de Instrucción Básico para Técnicos Hidrólogos (PIB-TH).

**Progresión de la carrera** Dentro de ambas categorías del personal, dependiendo de las circunstancias nacionales, las personas normalmente progresarán desde posiciones de responsabilidad modesta bajo cierta supervisión, hasta las posiciones con más responsabilidad y menor supervisión. Algunos individuos avanzarán a las posiciones más altas, con responsabilidades para la supervisión y el liderazgo. Cualquier progresión se basa en la experiencia acrecentada, la culminación de la educación continua apropiada y permanente y el entrenamiento y la aptitud demostrada.

Las designaciones para el trabajo, a nivel de entrada o principiante, medio y nivel superior o avanzado, se usarán para denotar los tres niveles genéricos de progresión de la carrera dentro de cada categoría principal del personal.

**Relación con la clasificación previa** Para propósitos generales de orientación, una relación amplia entre la clasificación previa y el sistema nuevo de categorización sería como sigue:

(a) *Personal Meteorológico*

La nueva categoría de Meteorólogo es equivalente a la Clase I anterior. Las nuevas subcategorías Meteorológicas Técnicas a nivel avanzado o superior, medio y de entrada o principiante, son normalmente equivalentes a las anterior Clases II, III y IV, respectivamente.

(b) *Personal Hidrológico*

La nueva categoría de Hidrólogo es equivalente a la anterior categoría de hidrólogo profesional. Las nuevas subcategorías Hidrológicas Técnicas a nivel avanzado o superior, medio y de entrada o principiante, son normalmente equivalentes a las anteriores categorías de técnico superior, técnico medio y observador hidrológico, respectivamente.

No es sin embargo aconsejado, que estas asociaciones cualitativas deban usarse para establecer cualquier equivalencia formal entre las clases anteriores y las categorías actuales propuestas.

1.3 **PERSONAL METEOROLÓGICO** Este capítulo elabora brevemente la principal acometida del nuevo esquema de clasificación para el caso del personal meteorológico.

**Calificación inicial de meteorólogos** Los tres requisitos de calificación para un Meteorólogo pueden ser reunidos a través de la terminación de uno de los dos siguientes programas (ver también Figura 1.1):

(a) *Grado a nivel universitario en meteorología*

Un prerrequisito de conocimientos adecuados en matemáticas, física y química, al nivel requerido por el sistema de admisión de las correspondientes facultades

universitarias, se requiere antes de comenzar el PIB-M.

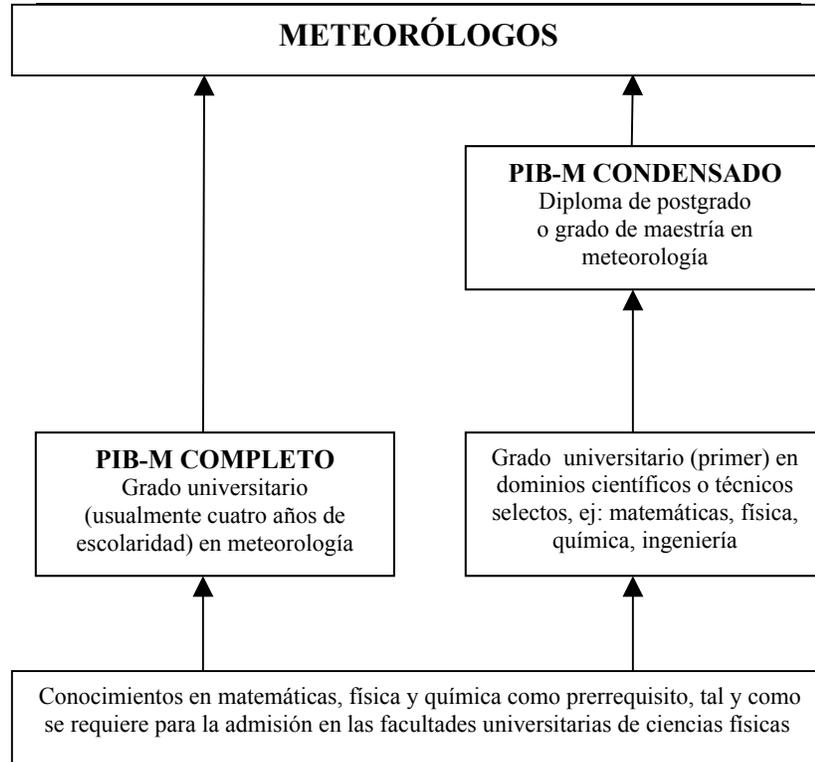
Normalmente, el programa PIB-M requeriría cuatro años académicos, pero el período real puede variar entre las diversas instituciones académicas. Típicamente, la primera mitad del programa estará enfocado a la educación fundamental en ciencias, mientras la segunda mitad será dedicada esencialmente a la educación meteorológica, la cual puede estar especializada dentro de tres corrientes principales: Tiempo, Clima y Ambiente.

Los componentes principales del PIB-M completo son:

- (i) Tópicos requisito en matemáticas y ciencias físicas: matemáticas y ciencia de la informática, física y química al nivel de materias 'Principales' en facultades de ciencias físicas. Los tópicos complementarios requeridos son: la comunicación y técnicas de exposición y los lenguajes internacionales de comunicación;
- (ii) Tópicos obligatorios en las ciencias atmosféricas: meteorología física, meteorología dinámica, meteorología sinóptica (sujeto principal del Tiempo), la climatología (sujeto principal del Clima), y la química atmosférica (sujeto principal para el Medio Ambiente);
- (iii) Materias o áreas electivas de especialización en meteorología: meteorología aeronáutica, meteorología agrícola, química atmosférica, seguimiento y predicción del clima, mesometeorología y el pronóstico del tiempo, meteorología radárica, meteorología satelital, tiempo y clima tropical, meteorología urbana y la contaminación del aire; otras áreas adicionales se detallan en el capítulo 3.4.

Además de los requisitos básicos para completar los tópicos (i) y (ii), los estudiantes que tengan el deseo de obtener una especialización rápida, también pueden completar un tema optativo de entre los ítems listados en (iii). El logro del grado final puede especificar la especialización adquirida.

Figura 1.1.  
Diagrama de flujo  
educacional principal  
para las calificaciones  
iniciales de meteorólogos



(b) *El diploma de postgrado o grado de maestría en meteorología*

Un grado a nivel de universidad en dominios científicos o técnicos seleccionados, tales como matemáticas, física, química, electrónica o ingeniería en ciencias de la tierra, es requerido junto con el conocimiento de matemáticas, física y química al nivel del PIB-M completo.

Los componentes de instrucción de este programa PIB-M condensado son esencialmente similares a aquellos del PIB-M completo, pero el desarrollarlo puede ser considerablemente más rápido, particularmente cuando los estudiantes ya poseen el estándar requerido en matemáticas, física y química. Normalmente, un PIB-M condensado requeriría uno o dos años académicos.

Calificación inicial de los Técnicos Meteorólogos

Los Miembros de la OMM han utilizado diversas técnicas en educación y entrenamiento para capacitar a sus Técnicos Meteorólogos: Desde la educación formal en una escuela de artes y oficios o universidad, con programas específicos de entrenamiento en la meteorología, al simple entrenamiento vocacional y/o entrenamiento en el trabajo en observaciones y mediciones meteorológicas.

Para convertirse en un Técnico Meteorólogo hay que completar el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos Meteorológicos (PIB-TM). Este requerimiento puede lograrse al completar uno de los programas siguientes (Ver también la Fig. 1.2):

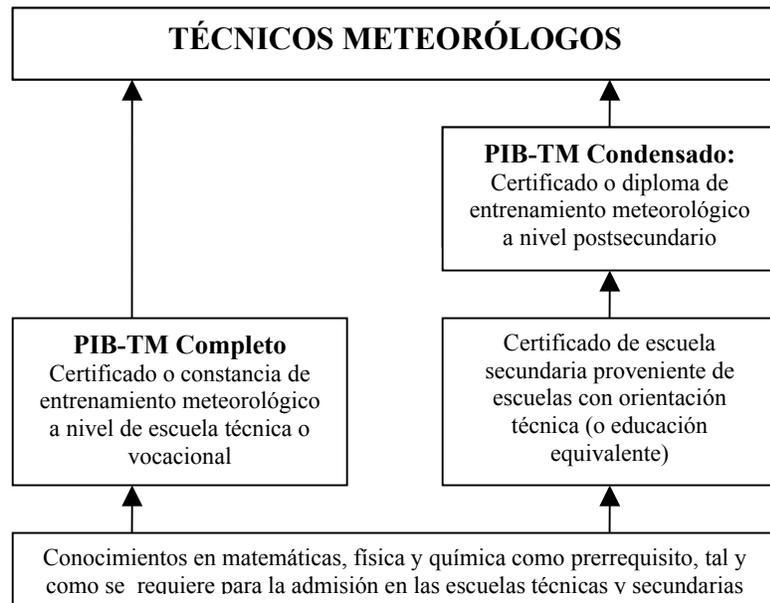
(a) *Certificado de entrenamiento meteorológico a nivel técnico/vocacional.*

Después de completar la educación en la escuela general, elemental u obligatoria, existe un requisito para la educación continua en una escuela técnica o vocacional, donde el programa de instrucción incluye al menos un semestre de entrenamiento en meteorología. Esta instrucción debería ser suplementada por un período extensivo de práctica realizando observaciones y mediciones meteorológicas y en el manejo de la tecnología de la información y comunicación.

Los principales componentes del programa PIB-TM completo son:

- (i) Tópicos requeridos en las ciencias básicas: matemáticas, física, y química al nivel de la escuela secundaria. Habilidades básicas de comunicación;
- (ii) Tópicos obligatorios en meteorología general: física introductoria y meteorología dinámica, elementos de meteorología sinóptica y climatología, instrumentos meteorológicos y métodos de observación;
- (iii) Tópicos electivos en meteorología operativa: observaciones sinópticas y mediciones, otras observaciones y mediciones especializadas, sondeo remoto de la atmósfera y meteorología aeronáutica para técnicos.

Figura 1.2.  
Diagrama de flujo  
educacional principal  
para la calificación inicial  
de los Técnicos  
Meteorólogos



(b) *Certificado o diploma de entrenamiento meteorológico a nivel post-secundario*

En el caso que se posea un prerrequisito de conocimientos previos en matemáticas, física, química al nivel de la escuela secundaria (12 años mínimos de escolaridad), será suficiente completar un PIB-TM condensado. Los componentes de este programa son esencialmente los mismos que para el PIB-TM completo, pero su desarrollo puede ser más rápido. Generalmente, un PIB-TM condensado puede tomar entre algunos meses y un año, dependiendo de la calificación deseada.

Niveles de carrera para Meteorólogos

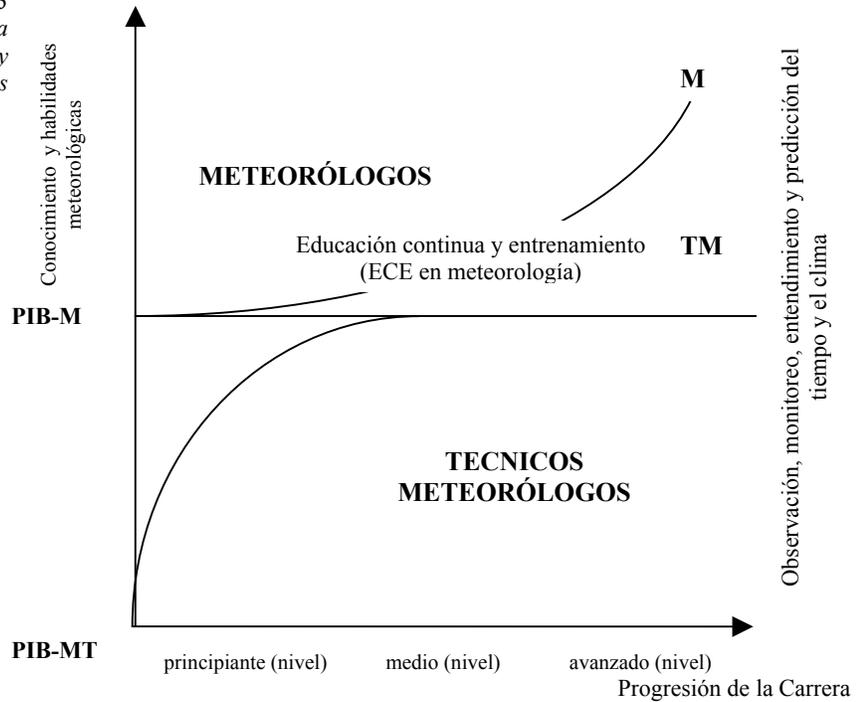
Los potenciales meteorólogos, previa terminación del programa PIB-M, entran al mundo profesional y, después de un período de orientación y entrenamiento en el trabajo, gradualmente asumen trabajos y servicios operacionales en análisis y pronóstico del tiempo, monitoreo y predicción del clima y otros servicios pertinentes. Algunos meteorólogos pondrán involucrarse como consultores, directores y en aspectos de toma de decisiones y de gerencia; otros se involucrarán en investigación y desarrollo o en actividades de enseñanza, etc. Las responsabilidades genéricas para estos tres niveles de carrera se pueden sumarizar así:

*Nivel principiante o inicial*

Los meteorólogos principiantes básicamente llevan a cabo servicios de rutina, a ser realizadas bajo supervisión y, más a menudo, en colaboración con otros. Es deseable un nivel de autonomía individual dentro de un menú establecido de responsabilidades.

<i>Nivel medio</i>	Los meteorólogos a nivel medio llevan a cabo un amplio rango de actividades que son realizadas en una gran variedad de contextos, algunas de ellas complejas y poco rutinarias. Se requiere tanto capacidad para aplicar conocimiento y habilidades en una forma integrada como habilidades en el la solución de problemas; la autonomía personal es importante y de esperarse así como también la responsabilidad, inclusive para el control o guía de otros. También es de esperarse el saber dirigir y gerenciar los servicios operacionales locales e idear soluciones creativas e imaginativas para solventar problemas técnicos y administrativos.
<i>Nivel superior o avanzado</i>	Los meteorólogos de nivel avanzado o superior requieren aptitudes que implican la aplicación de un significativo espectro de principios básicos y de técnicas complejas, a través de una amplia variedad, y a menudo imprevisible, de contextos. La aptitud para transferir significativamente conocimientos y habilidades en tareas nuevas, la responsabilidad y una sustancial autonomía personal son requeridas. A menudo, la responsabilidad es significativa para con el trabajo de otros – el análisis y el diagnóstico, la planificación y la ejecución, el control y la evaluación, el entrenamiento y el re-entrenamiento. Son responsables para un servicio o división; planificando, coordinando y gerenciando la unidad respectiva en cooperación con asociados inmediatos.
Niveles de carrera para Técnicos Meteorólogos	El trabajo de los Técnicos Meteorólogos incluye lo referente a la observación del tiempo, el clima y otras del medio ambiente; asistiendo a los pronosticadores del tiempo en la preparación y la divulgación de los análisis, pronósticos y advertencias meteorológicas e información relacionada, productos y servicios. Los SNM usualmente utilizan muchos tipos de técnicos, como técnicos mecánicos, eléctricos y electrónicos para instalar y mantener equipos como aparatos receptores de superficie para observaciones aerológicas, equipos de estaciones meteorológicas automáticas, de radares meteorológicos para el tiempo o de telecomunicación. Las responsabilidades genéricas para los tres niveles de carrera se pueden resumir como sigue:
<i>Nivel principiante o inicial</i>	Los técnicos al nivel de principiantes básicamente llevan a cabo servicios rutinarios y previsibles, a ser realizados bajo supervisión y, muy a menudo, en cooperación con otros; generalmente no se requiere la toma de decisiones en el desarrollo de su trabajo. Usualmente se especializan en determinado trabajo particular (por ejemplo con las observaciones de superficie, sondeos de aire superior, mediciones de la radiación, procesamiento de datos operacionales, etc.).
<i>Nivel medio</i>	Los técnicos a nivel medio, además de realizar los servicios estándar, también puede requerirse que lleven a cabo actividades no tan rutinarias que implican cierta autonomía personal en el contexto de requisitos explícitos y criterios propios. La responsabilidad para guiar a otros también puede ser asignada a ciertos técnicos en este nivel. Generalmente trabajan bajo la supervisión técnica de Meteorólogos o aún de Técnicos Meteorólogos de nivel avanzado o superior.
<i>Nivel superior o avanzado</i>	Los técnicos del nivel avanzado requieren aptitudes y competencias en una amplia variedad de trabajos profesionales a menudo complejos, para ser realizados en una variedad de contextos y con un grado sustancial de responsabilidad personal, incluyendo responsabilidades de supervisar el trabajo de otros Técnicos Meteorólogos. Deberían ser capaces de tomar decisiones técnicas y solucionar los diferentes problemas técnicos en su rango especializado de actividad.
Habilidades colectivas y transferibles	La calificación inicial y el desarrollo profesional subsiguiente de Meteorólogos son esencialmente diferentes a los de los Técnicos Meteorológicos. Las dos curvas de la Figura 1.3 muestran la ruta probable de carrera para las dos categorías del personal.

Figura 1.3  
Progresión de la carrera  
de Meteorólogos y  
Técnicos Meteorólogos



Del diagrama, se puede notar que exactamente encima del nivel PIB-M, las rutas para el técnico de nivel medio/superior y para los del meteorólogo de nivel principiante/medio, muestran un nivel aparentemente similar de conocimientos y habilidades en meteorología. Ciertamente, en la práctica, algunos técnicos del nivel medio/superior pueden realizar trabajos que son similares o se sobrepone con trabajos u oficios de meteorólogos del nivel principiante/medio. Sin embargo, para los técnicos el énfasis está en el conocimiento operacional y en las habilidades prácticas, mientras que para meteorólogos el énfasis es hacia un conocimiento y entendimiento más profundo.

El hecho que la ruta-TM está "limitada" se refiere principalmente a las restricciones en el conocimiento teórico prescrito bajo el programa PIB-TM. Sin embargo, los Técnicos Meteorólogos pueden convertirse en meteorólogos al adquirir una mayor educación y entrenamiento (o sea adquiriendo el correspondiente grado en la universidad que los estándares del PIB-M). Es de esperarse que ambas categorías emprendiesen y siguiesen una educación permanente y entrenamiento continuo (lo que incluye el auto-estudio), para estar actualizado y en ascenso en su competencia profesional.

Más a menudo, los Meteorólogos y los Técnicos en Meteorología deberían actuar conjuntamente, como un equipo, dentro de sus SMN, dónde no sólo necesitan ser competentes en su ocupación, sino que también necesitan poder adaptarse a las condiciones cambiantes, así como desarrollar sus carreras. También necesitan la extensión y profundidad de los conocimientos relevantes, el entendimiento y la experiencia acompañada por la habilidad de adaptación, la flexibilidad e independencia en el trabajo.

Obviamente, que tener el conocimiento básico apropiado y las debidas habilidades técnicas es lo fundamental para ser competente, pero también es necesario ser capaz de:

- Tratar con las limitantes y riesgos físicos que puedan ocurrir, siguiendo los procedimientos de salud y de seguridad establecidos;
- Tener una comunicación eficaz y trabajar eficientemente con otros;
- Resolver problemas en tareas u oficios no rutinarios;

- Manejar tareas y servicios variados y diferentes a la vez;
- Manejar el aprendizaje propio y el desempeño profesional;
- Adquirir habilidades nuevas, conocimientos y el entendimiento demandado por los nuevos cambios en productos, tecnología y prácticas; y
- Comprender cómo el trabajo personal contribuye grandemente con los compromisos nacionales e internacionales.

En esta publicación no se pretende definir lo que se ha denominado ‘habilidades colectivas y habilidades transferibles’, dado que ello dependerá crucialmente del tipo y nivel del trabajo, de los requisitos específicos de cada organización, y el alcance para lo cual las personas individualmente son responsables de su propio desempeño y desarrollo.

## CAPÍTULO 2

# EL DOMINIO DE LA METEOROLOGÍA

---

---

Ciencias atmosféricas – alcance y profundidad

La profesión meteorológica – requerimientos de competencia

Especialidades académicas y la especialización en el trabajo – la brecha

La primera sección de este capítulo nos da una breve visión de las disciplinas meteorológicas principales, las cuales se distinguen más bien para facilitar el diseño estructural de los currícula, más que para diferenciar la materia en si misma. La segunda sección describe los requisitos principales de aptitud para el trabajo de las diversas actividades en las diferentes dependencias de un Servicio Meteorológico Nacional típico (SMN). La presentación provee un primer paso en identificar los requisitos en términos del conocimiento y las habilidades. El lector interesado (por ejemplo el instructor) pudiere desear refinar lo atinente a las aptitudes para el de acuerdo con unas más específicas misiones y funciones de su Servicio Meteorológico. La última sección trata superficialmente la brecha que existe entre las especialidades académicas y los campos de especialización requerida en las profesiones meteorológicas.

El siguiente paso será desarrollado en los Capítulos 3 y 4, donde los currícula de marco referencial de los Paquetes de Instrucción Básica para Meteorólogos y Técnicos Meteorólogos (PIB-M/TM) estarán orientados, en la mayor extensión posible, de acuerdo con el conocimiento y las habilidades requerido para el nivel de entrada de trabajo. Así, los ejemplos del Capítulo 7 destacarán requisitos adicionales de aptitud para el trabajo, facultando la práctica actual del trabajo individual en el nivel actual de operaciones.

2.1 CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA – ALCANCE Y PROFUNDIDAD Como una ciencia física, la meteorología esencialmente estudia la física, química y la dinámica de la atmósfera; también se ocupa de muchos efectos directos de la atmósfera en la superficie de la Tierra, los océanos y la vida en general. Sus objetivos finales son el mejor entendimiento posible y la predicción de los fenómenos atmosféricos, desde la escala local a la escala planetaria, y desde algunos segundos, minutos y horas hasta varios días, semanas y estaciones o temporadas del año (aun décadas y siglos). Para el propósito de estas Líneas Directivas, los términos ciencias atmosféricas y meteorología tienen el mismo significado.

Matemáticas, física y química Un conocimiento integral de matemáticas, física y química es requerido para facultar a los estudiantes a entender la relación entre los fenómenos atmosféricos y la naturaleza de la materia, como expresado en los principios físicos básicos. Consecuentemente, al organizar los programas básicos de instrucción en meteorología, las debidas provisiones deben tomarse referente a cursos de co-requisito y refrescamiento en física y matemáticos, con énfasis en los conceptos básicos y los métodos requeridos en los estudios de dinámica de fluidos y termodinámica.

Al igual que con las matemáticas, puede haber la necesidad de cursos como co-requisito y refrescamiento en física y química. Hay, sin embargo, una distinción significativa entre el estudio de ciencias atmosféricas y el estudio común de física o química, donde más a menudo el foco se centra en procesos individuales, para revelar las características de fundamentales de la materia. En contraste, el estudio de ciencias atmosféricas concierne a un sistema grande y complejo, dónde los efectos y las interacciones no pueden ser completamente comprendidas si son consideradas separadamente de su ambiente. El objetivo final es entender, no sólo cualitativa sino también cuantitativamente, el funcionamiento coherente del sistema como un todo. Consecuentemente, los cursos de co-requisito y refrescamiento en física y química deberían proveer el conocimiento de apuntalamiento necesario para una cabal comprensión de las ciencias atmosféricas.

Disciplinas meteorológicas básicas Las disciplinas meteorológicas básicas – distinguidas más en función del estado de la ciencia que de la materia en sí misma – pueden ser designadas como sigue:

- Meteorología física, incluyendo química atmosférica y calidad de aire;
- Meteorología dinámica, incluyendo el Pronóstico Numérico del Tiempo (PNT);
- Meteorología sinóptica, incluyendo el pronóstico y la meteorología a mesoescala; y
- Climatología, incluyendo tanto la descripción estadística tradicional como el más moderno estudio dinámico de interpretación del clima, así como también la predicción de clima.

*Meteorología física* La meteorología física se ocupa de la explicación científica de los fenómenos atmosféricos. Un conocimiento cabal y la comprensión del los principios físicos básicos de termodinámica y de la teoría de radiación electromagnética es esencial. Esto proveerá los antecedentes y basamentos necesarios para el estudio de tópicos tales como: La estructura física y composición química de la atmósfera, la radiación solar y terrestre, la física y química de los aerosoles, los procesos de la capa-límite, la microfísica de nubes y la precipitación, la electricidad atmosférica, los procesos físicos a pequeña escala (por ejemplo la turbulencia) y la atmósfera media y superior, y las bases de la tecnología del sondeo remoto de la atmósfera.

*Meteorología dinámica* La meteorología dinámica involucra el estudio de los movimientos atmosféricos como soluciones de las ecuaciones fundamentales de hidrodinámica y termodinámica u otros sistemas de ecuaciones apropiadas para situaciones especiales, como en el caso de la teoría estadística de turbulencia. Un sólido antecedente en matemáticas superiores y en dinámica de fluidos es requerido, puesto que esto provee la base científica para la comprensión del rol físico de los

movimientos atmosféricos en la determinación del tiempo y el clima en todas las escalas – la planetaria, la sinóptica, de mesoescala y microescala. Fundamentalmente, es este conocimiento lo que posibilita la metodología práctica para el moderno pronóstico del tiempo y la predicción del clima por los métodos dinámicos.

### *Meteorología sinóptica*

La meteorología sinóptica ha sido tradicionalmente concernida con el estudio y el análisis de la información del tiempo, tomada concurrentemente con la identificación del estado atmosférico a escala sinóptica, para diagnosticar su estructura y cualitativamente anticipar su evolución a futuro. La meteorología sinóptica de hoy se ocupa de analizar y pronosticar el clima desde los niveles de mesoescala hasta la escala planetaria (por ejemplo, ‘Los regímenes del tiempo’); y su sofisticada base técnica incluye bases de datos operacionales, conjuntos estandarizados de mapas y diagramas de diagnósticos meteorológicos automáticamente ploteados, resultados de PNT, así como también otros productos y material auxiliar. La interpretación tradicional de la situación sinóptica fue fortalecida por herramientas modernas de diagnóstico (por ejemplo, el satélite y las imágenes de radar) y los modelos conceptuales nuevos (por ejemplo el cinturón de transmisión, sobre la vorticidad potencial o el análisis de vector-Q). La marcada distinción que solió existir entre pronosticadores sinópticos y meteorólogos dinámicos se ha hecho bastante difusa.

Con la aplicación en ascenso continuo de métodos objetivos, particularmente el desarrollo sostenido de la percepción remota, las técnicas sofisticadas de adquisición de datos y la aplicación operacional de pronóstico de conjunto, la contribución de los pronosticadores humanos ya no es dominante. Sin embargo, los pronosticadores experimentados pueden realizar ciertas interpretaciones subjetivas útiles que añaden valor a los productos objetivos numéricos (por ejemplo, al utilizar la integración de los pronósticos del conjunto y el grado de incertidumbre en conjunción con las necesidades específicas del usuario y las restricciones, incluyendo las limitaciones de alto riesgo). La buena presentación y las habilidades de comunicación son requeridas en la interacción con los usuarios.

### *Climatología*

La climatología, según el *Vocabulario Meteorológico Internacional* de la OMM (OMM-NO. 182), es el ‘estudio del estado físico promedio de la atmósfera conjuntamente con sus variaciones estadísticas tanto en espacio como en el tiempo, reflejado en el comportamiento del tiempo atmosférico en un período de muchos años’. Implícito en esta definición está la limitación del concepto de clima para el trasfondo atmosférico, un hecho que genuinamente refleja el surgimiento y el desarrollo histórico de la climatología. Sin embargo, durante las décadas pasadas los científicos atmosféricos se han dado cuenta que el sistema climático debe incluir no sólo la atmósfera, sino también las porciones relevantes del sistema geofísico más amplio, el cual progresivamente influencia la atmósfera, como el período de tiempo bajo consideración aumenta o se extiende.

Los climatólogos de hoy en día, al enfocar la atención en los procesos meteorológicos, progresivamente estudian el papel de los procesos físicos y químicos dentro de los océanos y a lo largo y ancho de la gran diversidad de regímenes de terrenos en la superficie del planeta. La integración de datos y conocimiento de la meteorología, oceanografía e hidrología se hace esencial. El clima es visto como ‘la estadística a largo plazo que describe el sistema acoplado atmósfera-océano-tierra, promediado sobre un período de tiempo apropiado’ (National Academy Press, 1998).

Al tratar con la descripción pasada, presente y futura del completo sistema del clima, la climatología moderna ha obtenido un alcance mayor; así concierne además no sólo a la evolución natural del clima sino también a los cambios potenciales en el clima global y regional, inducido por el agregado de las actividades humanas que han cambiado tanto las concentraciones de gases de invernadero y los aerosoles en la atmósfera como el patrón de la cobertura vegetal del planeta. La meta es lograr la mejor comprensión posible de la base dinámica, física y química del clima y su evolución, para predecir tanto la

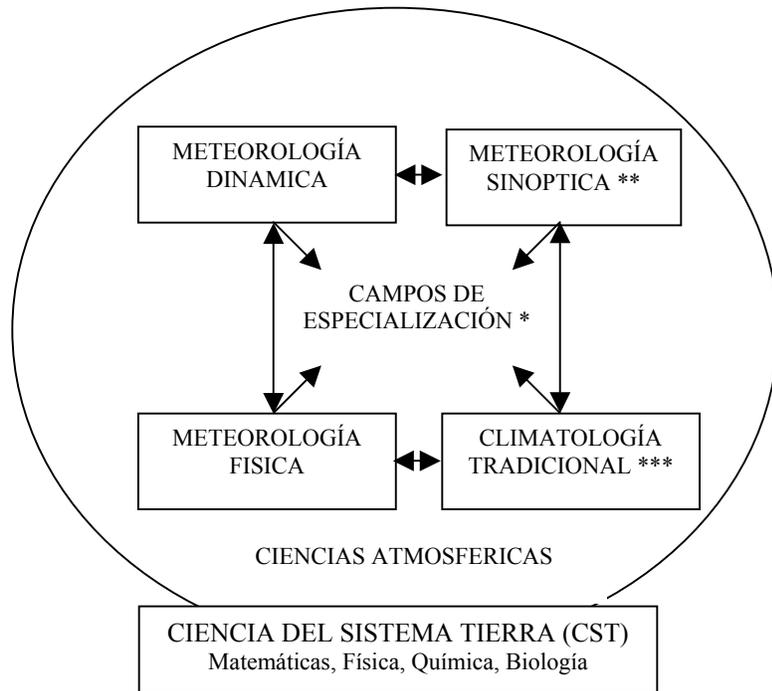
Ciencia del sistema  
tierra

variabilidad como el cambio climático desde el nivel de las estaciones del año hasta varias décadas, y aún para períodos de tiempo más largos en el futuro.

Diversas subdisciplinas o especialidades concernientes con los sujetos y materias de estudio y de investigación particular o de aplicaciones específicas, coexisten y evolucionan dentro de las anteriormente citadas disciplinas convencionales. Al mismo tiempo, los límites entre las disciplinas diversas y las subdisciplinas se están gradualmente volviendo menos diferenciadas, y el conjunto de ciencias atmosféricas se está haciendo menos apartado de otras geociencias (ver también Figura 2.1).

Figura 2.1  
Las principales disciplinas  
meteorológicas en el contexto  
de la Ciencia del Sistema  
Tierra (CST)

- \* Las áreas comunes de especialización se discuten en las secciones 3.3 y 3.4;
- \*\* la meteorología sinóptica debería incluir la meteorología a mesoescala y pronóstico de tiempo;
- \*\*\* la ampliación del alcance de la ciencia climatológica ya fue reconocida en la discusión precedente de climatología



La tendencia es hacia una Ciencia del Sistema Tierra en conjunto (CST), lo cual implica una aproximación integrada del estudio de la Tierra para explicar su dinámica, su evolución y el cambio global. En esta aproximación, la Tierra es considerada como un sistema unificado de componentes que interactúan, incluyendo:

- *La Geosfera* – los elementos físicos de la superficie de la Tierra, la corteza y el interior; los procesos pertinentes incluyen la deriva de los continentes, las erupciones volcánicas, los terremotos y los procesos del suelo implicando calor y agua;
- *La Hidrosfera* – el agua y el hielo en o cerca de la superficie de la Tierra; también, el vapor de agua en las nubes, las capas de hielo y los glaciares; y el agua en los océanos, ríos, lagos, y acuíferos; los procesos relevantes incluyen el flujo de ríos, la evaporación, la lluvia y la contaminación de aguas;
- *La Atmósfera* – la capa delgada de gas o el aire que rodea la Tierra; los procesos relevantes incluyen los sistemas de viento, el clima, el intercambio de gases con las formas de vida y la contaminación del aire;
- *La Biosfera* – el acervo y la diversidad de los organismos vivos en la Tierra; los procesos relevantes incluyen la vida y muerte, la evolución y extinción, en particular, la evolución de la vegetación y su papel en el ciclo hidrológico y en la composición atmosférica del gas.

La CST no solamente cubre los procesos naturales de su compleja esencia

2.2 PROFESIONES  
METEOROLÓGICAS-  
REQUISITOS DE  
APTITUD

Entrenamiento de  
competencia para el  
empleo

trifásica, sino también los efectos de los cambios humano-inducidos en el medio ambiente global. La meta es obtener una comprensión científica del sistema tierra completo, cómo han evolucionado sus componentes y las interacciones entre sí, como funcionan ellas, y especialmente que puede esperarse para continuar evolucionando en todas las escalas del tiempo; notando las cercanas conexiones entre el alcance del CST y los estudios del clima contemporáneo; animando a los educadores a incluir en sus programas PIB-M cursos introductorios en el CST, lo cual facultaría a los estudiantes a ver el sistema del clima desde una perspectiva más amplia.

Progresivamente, el entrenamiento se viene definiendo en términos del rendimiento o productividad de este proceso de entrenamiento (lo que puede hacer el aprendiz), más que del gasto de inversión (lo que se enseña al aprendiz). Esta aproximación conduce al concepto de aptitud: La habilidad para realizar las actividades dentro de un área ocupacional para los niveles de desempeño esperados en el trabajo. Por lo tanto, el resultado del proceso de entrenamiento debería verse como una persona que ha demostrado las aptitudes requeridas versus ciertas normas de desempeño.

En principio, cualquier estándar de desempeño de trabajo debería incluir información sobre:

- Los deberes y tareas a ser realizados (el servicio a ser expresado en términos de trabajos específicas);
- El conocimiento y la comprensión requeridas; habilidades y requerimientos de experiencia;
- Los criterios de desempeño para la culminación exitosa de obligaciones y servicios individuales.

Esta sección está enfocada a los deberes y servicios a ser realizados como trabajos comunes de meteorología; la meta es identificar competencias y aptitudes claves para derivar el background subyacente para el conocimiento y la comprensión profesional requeridas (a ser descrito en los Capítulos 3 y 4). Las habilidades y los requerimientos de experiencia, así como también los criterios de desempeño necesitan ser definidos de forma que tomen en cuenta la situación nacional – ambas en términos de las condiciones de tiempo-clima y las prácticas de empleo. Tales aspectos, al ser demasiados específicos, no se considerarán en detalle.

Generalmente, la misión de un SMN típico debe:

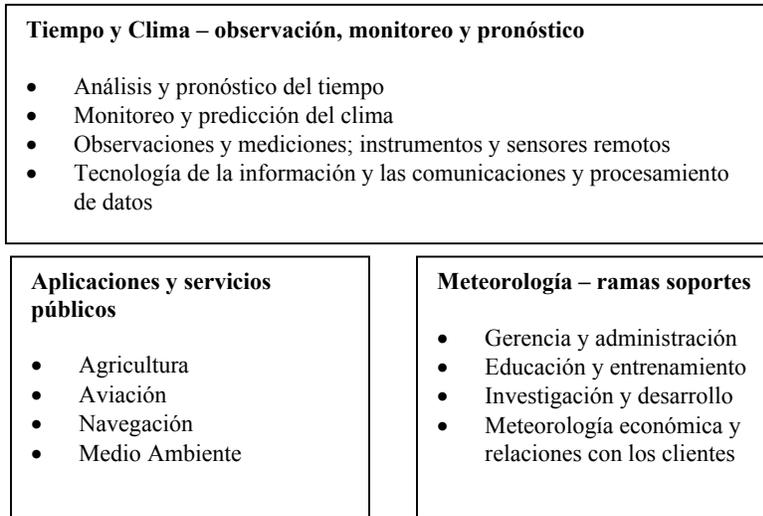
- Comentar, monitorear, y predecir el tiempo y el clima del país;
- Proveer servicios meteorológicos y relacionados a esto en apoyo de las necesidades nacionales;
- Responsabilizarse por los compromisos internacionales pertinentes bajo las Convenciones de la OMM.

(Debería notarse que en varios países hay también una comunidad grande extra los SMN que contribuye al logro de estos cometidos).

La implementación práctica de esta misión requiere una gran variedad de actividades organizadas en un número grande de trabajos, lo cual puede estar ensamblado en un número más pequeño de unidades técnicamente específicas que pueden ser caracterizadas como ramas o estructuras de actividad. Un modelo simple de estas ramas es demostrado en Figure 2.2.

*Figura 2.2*  
*Ramas genéricas de actividad*  
*en un SMN típico*

Nota: Dada la diversidad en la misión y estructura de los SMN en el planeta, es inevitable que exista considerable variación en el agrupamiento de actividades y en las denominaciones de las diferentes ramas. La meta es ilustrar el amplio rango de competencias requeridas para el personal de los SMN como un todo.



Entre estas ramas genéricas hay diferencias importantes con relación al número del personal empleado y sus requisitos de trabajo. Apuntalando estas ramas están también ciertas actividades cruzadas o transversales como la Predicción Numérica del Tiempo (PNT) o el radar- y la percepción por satélites\*, no mostradas explícitamente en este Figura; la mayoría de los SMHN utilizan la productividad de estas actividades, pero estos Servicios pueden tal vez no tener los recursos técnicos/humanos para emprenderlos internamente.

Los trabajos típicos y los requisitos generales de aptitud para el personal empleado en ramas diversas de actividad se describirán en las siguientes tres subsecciones. La presentación no es integral, ni es exclusiva o normativa, dado que las competencias tienen que estar definida de tal manera que se refieran a responsabilizarse por necesidades locales. Así, un alto grado de flexibilidad es menester al considerar los requisitos de aptitud dados abajo.

**Tiempo y clima – observación, monitoreo y pronóstico**

Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud para el personal empleado en las ramas profesionales que se ocupan del tiempo y el clima estarían, normalmente, al nivel de Meteorólogos graduados y/o Técnicos Meteorológicos de nivel avanzado. En las ramas tecnológicas de observaciones y mediciones, los instrumentos, la Tecnología de la Información y la Comunicación y el procesamiento de datos el trabajo está cada vez más automatizado y el personal tradicional está decreciendo. Tanto Meteorólogos como Técnicos Meteorólogos deberían familiarizarse con los métodos básicos de observaciones e instrumentos y ser capaces de usar procesadores de textos de computadores y el software común.

*Análisis y pronóstico del tiempo*

La misión bajo esta rama consiste en el monitoreo permanente del tiempo sobre un área geográfica asignada; elaborando y distribuyendo pronósticos de tiempo generales y específicos, incluyendo advertencias del tiempo con énfasis particular en la seguridad pública y el bienestar. Los trabajos individuales típicos incluyen al pronosticador operacional del tiempo (el subalterno, el de campo o el principal); al pronosticador agrícola; al aeronáutico; al pronosticador marino y el de calidad de aire o pronosticador ambiental. Los servicios operacionales y los requisitos de competencia incluyen:

- *Los procesos atmosféricos y los fenómenos.* Conocer y entender los procesos atmosféricos principales y los fenómenos desde una escala planetaria a una escala local; conocer los fenómenos específicos en la región de clima y entender las particularidades principales a nivel de la mesoscala-local de la dinámica atmosférica sobre el área asignada;
- *Analizando y monitoreando el tiempo.* Analizar e interpretar cartas sinópticas, diagramas y gráficos; integrar todos los datos disponibles para producir un diagnóstico consolidado; realizar el monitoreo del tiempo en tiempo real, especialmente utilizando radares de vigilancia e imágenes de satélites; constantemente monitoreo de la evolución actual del tiempo, particularmente los aspectos severos del mismo en el área asignada;
- *El pronóstico del tiempo.* Conocer y ser capaz de aplicar los principios del pronóstico del tiempo, los métodos y las técnicas; entender la operación de los modelos del PNT, su fortaleza y debilidades;
- *La productividad del post- o re-procesamiento del PNT.* Realizar post- o re-procesamiento seleccionado de la productividad del PNT y agregar valor a los modelos o guías de pronóstico donde apropiado; identificare procesos que son significativos en las diferentes y pertinentes escalas para las áreas específicas de aplicación. Generar campos predecidos e interpretan esos campos en términos de la condición futura de los elementos apropiados del tiempo; evaluar su relevancia y exactitud versus la evolución actual del tiempo.
- *Pronósticos específicos del usuario.* Elaborar y distribuir regional y localmente pronósticos específicos para el usuario; verificar los pronósticos corrientes; identificar errores y enmendar y corregir pronósticos erróneos según el caso; emitir las debidas advertencias; proveer servicios de emergencia fidedignos.
- *Necesidades de los usuarios.* Entender las necesidades de los usuarios y las limitaciones de ‘tomar el riesgo’; asistir y aconsejar a estos en la toma de decisiones técnicas que son dependientes del tiempo.

Mientras esta lista se refiere a una rama genérica de análisis de tiempo y pronóstico, un ejemplo de requisitos reales de aptitud en tal rama es dado en el capítulo 7.1.

### *Monitoreo y predicción del clima*

La misión bajo esta rama consiste en documentar, monitorear y evaluar las características de clima sobre el área geográfica designada (en un contexto regional/global); Preparar y distribuir resúmenes/sumarios de clima y predicciones, usualmente para períodos de tiempo estacionales; elaborando y distribuyendo advertencias de clima severo.

Los trabajos individuales típicos incluyen ser: climatologista operacional; micro-climatologista; agrometeorologista; meteorólogo ambiental. Los deberes y servicios operacionales y los requisitos de competencia incluyen:

- *Los Principios físico/dinámicos.* Entender los principios de física y dinámica gobernando el funcionamiento del sistema del clima de la Tierra, desde un contexto global hasta escalas nacionales y locales; conocer ser capaz de aplicar métodos de análisis de clima, prognosis y técnicas;
- *Los fenómenos específicos del tiempo en la región y sus impactos.* Conocer y entender las características específicas del clima en la región y los fenómenos del tiempo y sus patrones subregionales detallados; entender el impacto normal del clima en sectores económicos diversos, particularmente la vulnerabilidad de actividades humanas en los acontecimientos severos relacionados con el clima;
- *Monitoreo de datos climáticos.* Monitorear datos del clima; utilizar imaginería de satélites para identificar patrones característicos en la evolución de sistemas atmosféricos; ensamblar registros de clima y realizar otras operaciones de rutina;
- *Procesamiento de datos de clima.* Ejecutar el procesamiento apropiado (estadístico y dinámico) de datos para bosquejar patrones de clima y su variabilidad; interpretar los datos del clima; evaluar la evolución de los patrones, anomalías y tendencias, e interpretarlos en términos de una condición futura de elementos relevantes del clima; preparar y distribuir pronósticos específicos para el usuario, incluyendo advertencias de acontecimientos severos del clima;
- *Modelos de Circulación General (MCG).* Entender la operación de los MCG;

utilizar, si están disponibles, los productos usuales de predicción de clima de los grandes centros climáticos;

- *El impacto del cambio climático.* Usar la integración a largo plazo de los modelos de clima para un rango de escenarios de emisión, conjuntamente con los registros nacionales del clima y las técnicas regionales de adaptación, para preparar anuncios precautorios sobre un posible impacto de cambio climático.

Un ejemplo de requisitos reales de competencia en la rama se da en el capítulo 7.2.

*Observaciones y mediciones; instrumentos*

La misión bajo esta rama consiste en producir datos basados en la observación en una base operacional para los propósitos de servicios del tiempo y del clima; operando y controlando la red; especificando y estandarizando lo referente a los instrumentos y los métodos de observación; calibrando, manteniendo y reparando los instrumentos. Los trabajos individuales típicos incluyen a los observadores meteorológicos; técnicos de radio-sondas; técnicos instrumentistas; técnicos de EMA (Estaciones Meteorológicas Automáticas). Los trabajos y servicios operacionales y los requisitos de competencia incluyen:

- *Observaciones de superficie.* Hacer observaciones de superficie: observar y registrar los parámetros que conforman un mensaje meteorológico; codificar las observaciones en el formato estándar; transmitir la información codificada;
- *Sondeos de aire superior.* Hacer radio-sondeos del aire superior; realizar mediciones de la radiación, y otras mediciones meteorológicas; codificar las observaciones en el formato estándar; transmitir la información codificada;
- *Observación del tiempo.* Analizar las observaciones en el área local y estar en posición de identificar posibles cambios significativos en el tiempo en el área de la estación y los alrededores; conocer y entender los fenómenos del tiempo específicos en la región; estar alerta y en cuenta de secuencias probables del tiempo que se espera puedan afectar la estación;
- *Alertas del tiempo.* Entender el resumen básico del tiempo o pronóstico para poder identificar cambios de la evolución del tiempo esperada en la estación; alertar al pronosticador en servicio y a los usuarios externos de los cambios observados en el tiempo dentro del área local;
- *Distribución del producto.* Distribuir los datos e informaciones; diseminar los mensajes para los usuarios; emitir reportes rutinarios y no rutinarios de conformidad con la práctica normal de trabajo; responder preguntas de los usuarios;
- *Mantenimiento del equipo.* Llevar a cabo el mantenimiento de rutina de los equipos de observación/oficina; operar y mantener las estaciones meteorológicas automáticas, según el caso.

Un ejemplo de requisitos de competencia actuales se da en el capítulo 7.3.

*Tecnología de la Información, Comunicación y el procesamiento de datos*

La misión bajo esta rama consiste en ensamblar y procesar los datos de la observación entrante; crear conjuntos de datos para el análisis y el pronóstico del tiempo; archivo de conjuntos de datos específicos; entrega y facilitación de productos para los usuarios; mantenimiento de la TIC. Los trabajos individuales típicos incluyen al técnico operacional del tiempo; al gerente meteorológico de datos; al ingeniero informático o de sistemas. Los servicios operacionales y los requerimientos de competencia incluyen:

- *El hardware y el software.* Reconocer el hardware básico y componentes informáticos; entender los sistemas operativos básicos, particularmente la transmisión y los sistemas de computación;
- *El procesamiento de datos.* Aplicar métodos estándar y técnicas para el procesamiento, control de calidad, y análisis de error de las fuentes diversas de datos de entrada de estaciones de superficie convencional y automática y datos de aire de superior, observaciones de radar y del satélite;
- *La generación de datos meteorológicos.* Saber las operaciones generales usadas para generar campos de variables meteorológicas, eventualmente incluyendo asimilación de datos de sensores diversos y plataformas;

- *Manipulación de datos meteorológicos.* Manipular y procesar datos meteorológicos, incluyendo la recolección, organización, puesta en orden y preservación de la información; habilidad para la operación para operar mensajes de sistemas cambiantes;
- *Los sistemas internacionales de telecomunicación.* Saber el propósito del sistema meteorológico de telecomunicación internacional y las reglas del a OMM para organizar este sistema;
- *El desarrollo de sistemas TCI.* Asistir en el desarrollo y/o el mejoramiento de la información y sistemas de tecnología de comunicación.

Un ejemplo de requisitos actuales de aptitud está dado en el capítulo 7.4.

## Aplicaciones meteorológicas y servicios públicos

Generalmente, estas ramas fomentan estudios meteorológicos y proveen servicios dirigidos a incrementar la seguridad pública, el bienestar y la productividad de la economía nacional con relación a los factores del tiempo y del clima. Normalmente, estas ramas no están directamente vinculadas con la elaboración de pronósticos meteorológicos operacionales o predicciones del clima, pero pueden utilizar pronósticos pertinentes y predicciones, y las pueden adaptar (agregar valor) para propósitos muy específicos. Al mismo tiempo, una buena parte de las actividades públicas usualmente referidas como Servicios Públicos del Tiempo son emprendidas bajo las ramas profesionales de la sección previa; ver también a *Guía de los Servicios Público* (OMM-NO. 834).

Algunos de los servicios operacionales y los requisitos de aptitud descritos debajo quedan al nivel de Meteorólogos; otros son al nivel de Técnicos Meteorológicos.

## Meteorología Agrícola

La misión bajo esta rama consiste en definir y aplicar el conocimiento de la interacción entre los factores meteorológicos, climatológicos e hidrológicos y los sistemas biológicos para el uso práctico en la agricultura, incluyendo horticultura, cría de animales de granja y silvicultura. Los trabajos individuales típicos incluyen al meteorólogo agrícola profesional; al técnico agrícola de meteorología; al ingeniero agrónomo.

Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Las ciencias agrícolas y biológicas.* Conocer conceptos básicos en las ciencias agrícolas y biológicas; entender la adaptación de plantas y los animales al clima;
- *El impacto del clima y los factores climáticos.* Entender la relación del crecimiento del cultivo y su desarrollo, el rendimiento de cosechas en factores climáticos diversos; entender el impacto de estados atmosféricos (tiempo) severos y eventos de clima extremo en la agricultura y la silvicultura; conocer el impacto del tiempo y las condiciones climáticas en las plagas por insectos y enfermedades de las plantas;
- *Las observaciones y el procesamiento de datos.* Producir observaciones de meteorología agrícola; realizar procesamiento rutinario de datos; determinar la fotosíntesis neta y el uso de agua en los cultivos; determinar las demandas de irrigación;
- *La percepción remota y SIG.* Utilización del satélite de base multiespectral y otros productos de percepción remotos y otras herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG) para monitorear los parámetros de la superficie y la radiación solar;
- *Los modelos de cultivo.* Conocer los principios de modelos dinámicos de simulación, sus aplicaciones y adaptaciones; calibración y uso de los modelos de cultivo-tiempo y modelos estadísticos empíricos para fenología y pronóstico de rendimiento de cosechas;
- *La asesoría agrícola y otros productos.* Preparar puntos de vista agrícolas específicos de meteorología; proveer productos agrícolas especializados de meteorología y servicios ex -profeso; asistir a la industria agrícola a producir económicamente artículos de consumo y reducir riesgo; mantener estrecho contacto con los usuarios finales con miras a mantenerlos informados de servicios que los meteorólogos pueden proveer;
- *La planificación estratégica.* Promover aplicaciones estratégicas para asistir en una planificación agrícola sostenible; llevar a cabo valoraciones de recursos

climáticos agrícolas en varias escalas; identificar estrategias para adaptarse (en lo posible) al cambio climático.

Un ejemplo de requisitos actuales de aptitud se da en el capítulo 7.5.

### *Meteorología aeronáutica*

La misión bajo esta rama consiste del estudio, el análisis y el pronóstico de la influencia de la atmósfera – particularmente aquella inherente a los fenómenos riesgosos del tiempo – en la operación de las aeronaves. Los efectos considerados incluyen: baja (reducida) visibilidad y nubes bajas sobre aeródromos; el efecto de cizalla o cortante debido al viento; la turbulencia (incluyendo turbulencia en aire claro); el engelamiento; las tormentas; los ciclones tropicales; los vientos y las temperaturas de aire superior; la corriente en chorro y la tropopausa y la ceniza volcánica. Los trabajos individuales típicos incluyen al meteorólogo aeronáutico; al técnico meteorológico aeronáutico.

Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Los fenómenos del tiempo.* Entender los fenómenos del tiempo riesgosos para la aviación y su análisis y pronóstico; entender cuáles parámetros meteorológicos son cruciales para la seguridad y las operaciones regulares de grupos de usuarios de aviación;
- *Los códigos meteorológicos.* Conocer todos códigos meteorológicos aeronáuticos y todos los criterios aplicados para las advertencias y grupos de cambio en los pronósticos TAF y TREND; seguir las normativas estándar contenidas en Las Regulaciones Técnicas de la OMM; conocer los principios de costos de recuperación y guía de la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional); Cooperar operacionalmente con las unidades del Servicio del Tránsito Aéreo (STA);
- *Las organizaciones internacionales.* Entender el funcionamiento y el uso de productos del Sistema de Pronóstico Mundial de Área (SPMA); entender el funcionamiento de la Vigilancia Internacional Aérea de Volcanes (VIAV) y el servicio asesor provisto por los Centros de Asesoría sobre Ceniza Volcánica (CACV);
- *El monitoreo del tiempo.* Realizar monitoreo continuo de fenómenos del tiempo relevantes para la aviación y entender la evolución de los fenómenos del tiempo observados en el aeródromo; llevar a cabo las observaciones requeridas y las mediciones;
- *El pronóstico del tiempo.* Conocer y aplicar los métodos estándar, las técnicas, y otras herramientas numéricas para pronosticar nubes bajas, vientos (incluyendo turbonadas), niebla y visibilidad reducida, tormentas, fuertes precipitación, granizo y ciclones tropicales; conocer y aplicar algoritmos acostumbrados y métodos de pronosticar engelamiento, ondas de montaña y turbulencia (incluyendo la turbulencia de aire claro);
- *El satélite y la interpretación de radar.* Conocer como interpretar los satélites y la imaginería de radar, incluyendo análisis de la evolución de sistemas convectivos, sistemas frontales y ciclones tropicales, la localización de nieblas/estratus, topes de cumulonimbus activos, ondas gravitacionales en nubes cirrus y corrientes en chorro; la detección de engelamiento potencial en capas de nubes; la ceniza volcánica y el viento cortante o cizalla;
- *Las responsabilidades locales de pronosticadores.* Realizar competentemente las responsabilidades de ‘pronosticador local’, incluyendo la emisión de mensajes de advertencias de aeródromos, mensajes SIGMET y AIRMET;
- *Los reportes especiales de aire.* Poder identificar de las informaciones especiales de aire los fenómenos relevantes del tiempo; evaluar esas informaciones y, si es pertinente, emitir el correspondiente mensaje SIGMET.

Los ejemplos de requisitos actuales de aptitud en el campo de meteorología aeronáutica están dados en el capítulo 7.6.

### *Meteorología Marina*

La misión bajo esta rama es poner a disposición de los usuarios marinos en el mar o en las costas oceánicas la información meteorológica marina y la oceanográfica relacionada que requieren, con intención de maximizar la seguridad de operaciones marinas y promover la eficiencia y la economía de

actividades marinas. Para contribuir hacia la exploración eficiente y optimizar explotación de recursos costeros y marinos (vivientes y no vivientes) y la protección del ambiente marino. Los servicios afectados pueden estar especializados para alta mar, para áreas costeras y más allá de la costa y para puertos y fondeaderos de navíos. Los trabajos individuales típicos incluyen a los observadores marinos a bordo de los barcos, los navegantes en travesías en el mar y en las escuelas de navegación, Oficiales Meteorológicos de Puertos (OMP), y empleados meteorológicos contratados para la observación, pronóstico y servicios climatológicos para propósitos marinos. Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Los fenómenos del tiempo.* Entender los fenómenos del tiempo riesgosos para las operaciones marinas; conocer los criterios para tormentas y otras advertencias;
- *Observaciones.* Ejecutar observaciones meteorológicas de superficie y mediciones; realizar mediciones de aire superior y del fondo oceánico; conocer los códigos meteorológicos y oceanográficos pertinentes (ejemplo el SYNOP, SHIP, DRIBU, BATHY, TESAC); estar alerta de las actividades de los OMP, barcos voluntarios de observación y barcos ocasionales;
- *La percepción remota.* Saber interpretar datos remotos de los satélites y de boyas a la deriva y ancladas; determinar características de masas de agua, el comportamiento de las corrientes oceánicas y el oleaje y el estado o condición del tiempo;
- *La climatología marina.* Preparar resúmenes marinos climatológicos; proveer datos climáticos requeridos por los diseñadores y los operadores de instalaciones de exploración mar adentro y facilidades de explotación;
- *Pronóstico.* Conocer las técnicas del pronóstico meteorológico basadas en métodos empíricos, estadísticos, analógicos y dinámicos; saber cómo y donde obtener productos marinos y pronosticar cuáles están disponibles a partir de modelos regionales y numéricos como ondas, la topografía del nivel del mar, de temperaturas superficiales y sub-superficiales, termoclinas; emitir advertencias de vientos fuertes, mares agitados, visibilidad reducida, fuertes precipitaciones, acumulamientos de hielo, marejadas u oleaje fuerte, tsunamis de puertos y seiches (ondas) anormales;
- *La provisión de servicios de pronóstico y asesoría experta.* Proveer servicios para circunstancias de alta mar (por ejemplo en la búsqueda y operaciones de rescate y salvamento, el tiempo en la ruta o travesía y para la industria pesquera); proveer servicios para las áreas costeras y mar adentro; proveer servicios para puertos y fondeaderos (por ejemplo en el manejo y manipulación de la carga, proyectos industriales, actividades comerciales, litigación y seguros, rompehielos, actividades transportadas en barco y recreativas y operaciones para combatir la contaminación del medio ambiente marina). Estar familiarizado con modelos marinos dispersión de la contaminación.

Un ejemplo de requisitos actuales de aptitud está dado en el capítulo 7.7.

### *Meteorología ambiental*

La misión bajo esta rama consiste de la utilización de información meteorológica (tiempo, clima, y calidad de aire) y los descubrimientos científicos relacionados, para los aspectos ambientales tales como la contaminación del aire y del agua, el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono, o la radiación solar dañina, en una forma tal que pretenda optimizar el uso de los recursos naturales y fortalecer la salud humana y la seguridad. La meteorología ambiental también concierne con procesos diversos en la atmósfera y la interrelación de la atmósfera con las fases sólidas y líquidas de la Tierra, con ecosistemas naturales y el espacio exterior. Los trabajos individuales típicos incluyen aquellos como los ambientales, forenses, urbanos o biometeorológicos.

Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Los impactos del tiempo y del clima.* Entender el impacto, la extensión y el potencial de los efectos del tiempo y del clima en la vida, la sociedad y el ambiente en general; entender los efectos del uso de la tierra y otras influencias antropogénicas en el tiempo y el clima;
- *Métodos y técnicas.* Conocer y entender los principios, los métodos y las

técnicas usadas en la física y la química atmosférica y su uso en la protección de la calidad del aire, en el diseño urbano y la construcción; los problemas ambientales en las grandes ciudades; comprender los principios generales, los métodos y las técnicas usadas en otras geociencias; tener un acercamiento interdisciplinario para el ‘ensamblaje de conocimientos’;

- *Datos del satélite.* El uso los datos basados en satélites para monitorear el efecto y la distribución de inundaciones, plumas de humo, nubes de polvo, de ozono y de ceniza volcánica;
- *Políticas y asesoría en planificación.* Asistir en el desarrollo de políticas de planificación y en las decisiones para asuntos ambientales; proveer consejo experto en la política y para los ‘tomadores de decisión’ en los problemas operacionales diversos en los cuales los usuarios/clientes intentan utilizar (o limitar) en forma óptima la influencia de los factores meteorológicos;
- *La meteorología forense.* Proveer información meteorológica y consejo para los casos legales (por ejemplo determinando la secuencia de afectación-del tiempo-y el clima en los acontecimientos que están sujeto a litigación);
- *Políticas ambientales.* Estar en cuenta de las políticas ambientales principales en desarrollo científico, técnico y económico; y en la salud pública y el turismo; facilitar la aplicación de los avances integrados para desarrollo sostenible, la gerencia y el uso racional de los recursos ambientales.

Los requisitos de competencia para el meteorólogo ambiental son ilustrados bajo el capítulo 7.8

## Meteorología – ramas soportes

El personal empleado en las ramas soportes de la meteorología pueden no siempre estar obligados o requeridos de poseer una calificación meteorológica básica (por ejemplo aquellos que trabajan en aspectos administrativos o de gerencia o de relaciones con el cliente), o pueden estar obligados a poseer mucho más que una calificación meteorológica básica (por ejemplo aquellos involucrados en la educación o en las ramas de la investigación). Sin embargo, cierto conocimiento general de meteorología es deseable aún en las ramas administrativas o gerenciales o de relaciones con los clientes.

## Gerencia y administración

La misión bajo esta rama consiste en supervisar, guiar y dirigir para maximizar el uso de los recursos humanos, técnicos y financieros disponibles; representar los SMN en arenas nacionales e internacionales. Los trabajos individuales típicos incluyen al gerente operacional y el inspector de la red. Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Los principios de gerencia.* Saber y entender los principios de gerencia y administración que son aplicado a una institución científica y técnica (ejemplo los SMN);
- *Manejo del desempeño.* Conocer la organización de las actividades operacionales a ser emprendidas; establecer y priorizar los objetivos; monitorear los desempeños versus las actividades planeadas; anticipar problemas y desarrollar planes de contingencia; tomar decisiones efectivas y considerar soluciones alternativas;
- *Manejo de recursos.* Manejar los recursos humanos y financieros eficazmente; manejar los cambio pro-activamente; administrar el tiempo; facultar al equipo de trabajo para desarrollar experticias, planificación de carreras y mejoramiento de su desempeño continuamente;
- *El equipo de trabajo.* Participar positivamente en actividades de equipo; desarrollar relaciones cooperativas con clientes internos y externos; entender sus necesidades;
- *Liderazgo.* Proveer liderazgo; escoger métodos apropiados de comunicación y comunicarse eficazmente; poder motivar otros; demostrar sensibilidad ante las necesidades de otros y lograr su compromiso; responder positivamente a la innovación;
- *El tiempo y el clima.* Estar en cuenta de fenómenos del tiempo específicos en la región y de la climatología regional.

El papel de los gerentes y administradores en planificar e implementar programas

continuos de desarrollo profesional para el equipo de trabajo de los SMN es esencial, ver capítulos 5.1 y 5.5.

### *Educación y entrenamiento*

La misión bajo esta rama consiste en emprender y facilitar el entrenamiento y el desarrollo del personal para realizar trabajos actuales y futuros; educación de los usuarios (público en general incluido) en el uso de productos meteorológicos y servicios.

Las competencias individuales típicas incluyen al entrenador meteorológico; el instructor; el científico; los profesores.

Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *Los requisitos de entrenamiento.* Identificar los requerimientos organizacionales de entrenamiento y desarrollo; identificar los requerimientos de aprendizaje de los individuos; planificación y diseño de estrategias de entrenamiento para los SMN;
- *El diseño del entrenamiento.* Diseñar el entrenamiento y el desarrollo de programa, así como también diseñar materiales de enseñanza y aprendizaje;
- *La facilitación y suministro del entrenamiento.* Manejar la implementación de programas de entrenamiento y de desarrollo; entender y usar los nuevos avances pedagógicos para la educación y el entrenamiento, incluyendo las técnicas modernas de presentación; facilitar el aprendizaje con personas individuales y grupos;
- *La Evaluación del entrenamiento.* Revisar el progreso y la efectividad del entrenamiento; evaluar los logros, incluyendo aquellos individuales de aptitud y competencia;
- *El conocimiento meteorológico.* Conocer y entender los fenómenos meteorológicos específicos en la región; mejorar continuamente el conocimiento de la CST.

Nótese que el Capítulo trata específicamente con métodos y estrategias referentes a la educación y el entrenamiento continuo en los SMN.

### *Investigación y desarrollo*

La misión bajo esta rama consiste en el entendimiento de la investigación aplicada y el desarrollo para asegurar un realce permanente de las operaciones futuras y los servicios; en el desarrollo de nuevas ideas en la ciencia meteorológica o la tecnología. Los trabajos individuales típicos incluyen al investigador meteorológico; el científico aplicado; el meteorólogo de desarrollo de sistemas. Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *La especialización profesional.* Entender la especialización propia al profundo nivel de un experto nacional o de un asesor; demostrar habilidades en el aprendizaje de toda la vida; la aplicación de métodos científicos; la investigación; la investigación experimental; la invención y la búsqueda de la información; la identificación y la selección;
- *El conocimiento de computadoras.* Conocer, entender y utilizar el conjunto de paquetes informáticos, habilidades básicas en programación de computadoras en las diferentes arquitecturas de las computadoras;
- *La aplicación de la investigación y el desarrollo.* Asimilar los resultados de la investigación en el ambiente operacional; posiblemente en el desarrollo de nuevos productos, procedimientos y técnicas; realizar también investigaciones de problemas y de aplicaciones relacionados con la atmósfera en el contexto del sistema tierra;
- *La creatividad y la solución de problemas.* Demostrar pensamiento crítico e independiente; reconocer y estimular la creatividad, el análisis innovador y la solución de problemas de otros; demostrar un alto grado de innovación en el análisis de problemas y usar la ciencia y la tecnología inteligentemente para solucionar esos problemas;
- *El tiempo y el clima.* Conocer y entender el tiempo y el clima, desde aquellos fenómenos del tiempo localmente inducidos hasta los patrones globales del clima;
- *La educación, el entrenamiento y la enseñanza.* Asistir, según el caso, en la implementación de programas de educación y entrenamiento continuo.

### *Meteorología económica y relaciones con los clientes*

La misión bajo esta rama consiste en planear, promocionar y comercializar los datos meteorológicos, información y otros productos; proporcionando servicios

especialmente solicitados, dar soporte a las actividades habituales de los usuarios finales y a las decisiones estratégicas de planificación. Los trabajos individuales típicos incluyen al meteorólogo económico; al de mercadeo o expendedor meteorológico; al oficial de los servicios al cliente. Los servicios operacionales y los requisitos de aptitud incluyen:

- *La mercadotecnia.* Conocer y entender los aspectos básicos necesarios de métodos de mercadotecnia, técnicas y procedimientos; manejar un conjunto de estrategias promocionales alternativas; estar familiarizado con paquetes estándar del software de estudio de mercado y bases de datos actualmente en uso;
- *Los beneficios económicos.* Entender cómo opera el sistema del mercado del tiempo; entender el uso de modelos de decisión; los estudios del comportamiento humano y la técnica contingente de valoración para estimar beneficios económicos;
- *Las regulaciones contractuales.* Entender las reglas contractuales y los procedimientos de los SMN; estar en cuenta de las implicaciones legales (para los SMN) en caso de fallas para seguir el proceso;
- *La innovación.* Demostrar puntos de vista empresarial e innovación en el análisis de problemas y en el uso de técnicas para solucionarlos; aplicar principios de mercadeo y comercialización y utilizar los instrumentos apropiados;
- *La gerencia de recursos.* Desarrollar y manejar proyectos y ejecutar recursos financieros y contables;
- *Las habilidades de comunicación.* Demostrar habilidades en las relaciones personales, particularmente en la comunicación y la presentación; habilidad para manipular quejas y reclamos;
- *Las necesidades del cliente.* Entender un conjunto de necesidades del cliente y las restricciones, así como para relacionar y presentar sus necesidades;
- *Los fenómenos del tiempo.* Estar en cuenta de los conceptos generales de la meteorología y los principales fenómenos específicos del tiempo en la región.

## 2.3 ESPECIALIDADES ACADÉMICAS Y ESPECIALIZACIONES DE TRABAJO – LA BRECHA

En el contexto de los avances científicos y tecnológicos dentro y a través de ciencias atmosféricas hay es una multitud de campos de especialización, lo cual puede ser observado bajo enfoques diferentes; por ejemplo poniendo más énfasis en el desarrollo científico o en los aspectos de aplicación práctica.

Consecuentemente, una distinción puede hacerse entre el personal especializado en el trabajo y los especialistas – como individuos, quienes, a través del estudio y la experiencia, desarrollan conocimientos profundos o habilidades en una especialidad dada. Un especialista no sólo conoce y entiende una temática particular o un tópico particular de un tema sino que también desarrolla ese tópico o tema. Este no es necesariamente el caso de la especialización usual en el trabajo, dónde el personal es requerido esencialmente para aplicar apropiadamente conocimiento convencional de una especialidad dada. Por ejemplo, un pronosticador del tiempo no necesita conocer la parametrización del PNT al nivel del especialista, sino que este personal debería saber como interpretar y usar pronósticos de humedad de los modelos operacionales.

Además, mientras algunos campos de especialización son ‘meteorológicos’ en su esencia (ejemplo, el PNT o nubosidad y precipitación), otras especialidades ‘solicitar en préstamo’ conocimientos de otras disciplinas no meteorológicas. Por ejemplo, el compendio o programa de estudios para la climatología urbana puede incluir no sólo temas meteorológicos (por ejemplo, la química atmosférica o la capa límite), sino también tópicos sobre diseño urbano, transporte, construcción de edificios, arquitectura, etc.

El aspecto importante es la brecha que existe entre las especialidades académicas como se describen en los libros de texto convencionales y las especializaciones de trabajo según lo requerido en la práctica meteorológica. Consecuentemente, al diseñar entrenamiento especializado en el trabajo es necesario ensamblar paquetes específicos de temas relevantes tomados de más de una disciplina convencional. Entonces, los compendios o programas de estudios y el nivel en profundidad del tratamiento de los temas diversos tendrían que ser determinados

por los instructores locales, correspondientemente con los requerimientos de la aptitud para el trabajo específicamente precisados por quienes son entrenados o aprendices.

Aunque ninguna guía o directriz 'externa' efectiva puede ser provista en estas materias específicas, el lector interesado puede utilizar los servicios u obligaciones operacionales arriba descrito y las aptitudes para el trabajo, como antecedentes de requerimientos o requisitos al diseñar los currícula fundamentales para el conocimiento básico y las habilidades esperadas del personal meteorológico (ver capítulos 3.3 y 3.4 del siguiente capítulo para la más información).

## CAPITULO 3

# PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA PARA METEORÓLOGOS (PIB-M)

---

Tópicos requeridos en matemáticas y ciencias físicas

Tópicos obligatorios en ciencias atmosféricas

Campos electivos de especialización en meteorología

Otros campos de especialización

Más allá del PIB-M

Ejemplo del programa de estudio para la meteorología dinámica

Este capítulo describe el Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M) en términos de un currículo marco - un listado de los temas principales que como un conjunto proveen el basamento necesario para iniciarse o de entrada a la profesión, así como también la base para el desarrollo profesional futuro. Es enfatizado que este listado de tópicos (*(a)*, *(b)*, *(c)*, etc. bajo cada disciplina) no es ni un 'currículo' ni un listado de 'cursos'. Más bien, a partir de los temas recomendados en el PIB-M, un currículo correcto debería ser desarrollado localmente por los profesores miembros de la facultad, con experticia en disciplinas pertinentes, con aprecio y la atención debida según los recursos disponibles y los intereses del entorno regional, por ejemplo los SMN. El currículo real debería especificar la materia efectiva a ser enseñado para cada tema central de fondo (*(a)*, *(b)*, *(c)*, etc., de la disciplina pertinente.

Como indicado en el párrafo 1.1.3, los ejemplos detallados de compendio y programa de estudios para cada disciplina se proveen en un publicación departamental adicional; tal programa de estudios o compendio detallado, para el caso particular de la meteorología dinámica, es ilustrado en el Anexo de este capítulo.

El nivel en profundidad de instrucción y extensión de la cobertura de los tópicos del PIB-M debería ser similar a aquellos usados en las ciencias físicas, matemáticas aplicadas o ingeniería. Diversos tópicos no sólo requieren instrucción del aula sino también la experiencia de participación activa en los laboratorios y las experiencias prácticas en el campo.

3.1 TÓPICOS  
REQUERIDOS EN  
MATEMÁTICAS Y  
CIENCIAS FÍSICAS

Los primeros tres sub-capítulos conciernen los prerrequisitos o correquisitos de tópicos básicos de ciencia que son esenciales para cualquier estudio en profundidad de aspectos meteorológicos. El último sub-capítulo concierne tópicos complementarios en la comunicación oral y escrita incluyendo un posible uso de un lenguaje internacional; es notado, sin embargo que estos temas son usualmente incluidos en los requisitos universitarios generales para completar el grado de Licenciado.

Matemáticas

- (a) Álgebra lineal y cálculo vectorial;
- (b) Cálculo diferencial e integral;
- (c) Ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales;
- (d) Teoría de las probabilidades y estadísticas;
- (e) Información y tecnología de la comunicación;
- (f) Métodos numéricos.

Física

- (a) Principios de mecánica;
- (b) Termodinámica básica;
- (c) Teoría ondulatoria;
- (d) Mecánica de fluidos;
- (e) Turbulencia en fluidos;
- (f) Fundamentos de radiación electromagnética; El electromagnetismo.

Química

- (a) Físicoquímica básica;
- (b) Termodinámica química;
- (c) Soluciones acuosas;
- (d) Fotoquímica introductoria.

Requisitos  
complementarios

- (a) Comunicación y técnicas de presentación;
- (b) Lenguajes internacionales de comunicación.

3.2 TÓPICOS  
OBLIGATORIOS EN  
LAS CIENCIAS  
ATMOSFÉRICAS

La culminación de la temática de la meteorología física y la meteorología dinámica de esta sección es obligatoria para cualquier programa PIB-M, ya que éstas proveen el conocimiento meteorológico básico y fundamental así como la comprensión requerida, para mayores desarrollos específicos bajo las tres corrientes o ramas principales de la carrera: Tiempo, Clima y Ambiente.

Para los temas requeridos en meteorología sinóptica, climatología y en química atmosférica, cierta flexibilidad puede ser considerada, en la función de la rama o especialidad aspirada:

- Bajo la especialidad del ‘Tiempo’, mayor énfasis será dado a la meteorología sinóptica, particularmente al pronóstico del tiempo a nivel de mesoescala, y menos énfasis a la climatología;
- Bajo la especialidad o rama ‘Clima’, lo que mayor énfasis recibirá será la climatología, particularmente el pronóstico estacional, y menos énfasis a la meteorología sinóptica;
- Bajo la rama ‘Ambiente’, el mayor énfasis lo recibirá la química atmosférica, los procesos de la capa límite y las interacciones suelo-vegetación-atmósfera, y menos énfasis en la meteorología sinóptica y la climatología.

Se recuerda que los requisitos para la meteorología física y dinámica bajo la especialidad ‘Ambiente’ permanecen esencialmente los mismos como para las ramas del ‘Tiempo’ y ‘Clima’.

Meteorología física

- (a) Radiación en la atmósfera;
- (b) Acústica atmosférica, óptica y electricidad;
- (c) Balance global de energía;
- (d) Las nubes y la precipitación; el ciclo del agua;
- (e) Termodinámica Atmosférica;
- (f) La capa límite y la turbulencia; micrometeorología;
- (g) Sistemas satelitales;

- (h) Radar meteorológico;
  - (i) Introducción a la química atmosférica; la contaminación urbana;
  - (f) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.
- Meteorología dinámica
- (a) Elementos básicos de mecánica de fluidos;
  - (b) La aproximación hidrostática y geostrofica;
  - (c) La vorticidad y las ecuaciones termodinámicas de energía;
  - (d) El movimiento quasi-geostrofico
  - (e) Ondas atmosféricas; inestabilidad baroclínica y barotrópica;
  - (f) La circulación general;
  - (g) Dinámica estratosférica; física y química;
  - (h) Pronóstico numérico del tiempo;
  - (i) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.
- Meteorología sinóptica
- (a) Repaso de observaciones meteorológicas y mediciones;
  - (b) Relaciones entre el viento, la presión y los campos de temperatura;
  - (c) Sistemas sinópticos de latitudes medias;
  - (d) Ciclogénesis y frontogénesis;
  - (e) Sistema del tiempo tropical;
  - (f) Circulación atmosférica a mesoscala;
  - (g) Monitoreo en tiempo real del tiempo, pronóstico momentáneo;
  - (h) Pronóstico del tiempo;
  - (i) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.
- Climatología
- (a) Introducción al sistema de ciencias de la tierra;
  - (b) Datos climáticos;
  - (c) Climatología descriptiva; estadísticas y teoría de la probabilidad;
  - (d) La clasificación climatológica;
  - (e) La física y la química del sistema del clima;
  - (f) La dinámica del clima;
  - (g) El cambio climático;
  - (h) La climatología y las estaciones del país;
  - (i) Trabajo de laboratorio y ejercicios prácticos.

### 3.3 CAMPOS ELECTIVOS DE ESPECIALIZACIÓN EN METEOROLOGÍA

En principio, los aspectos en los campos de especialización descrita en esta sección pueden ser considerados como más allá de (o sobrepasando) los requisitos normales para un PIB-M completo (o sea, el programa de licenciatura o B.Sc en meteorología). Algunos estudiantes no graduados (del último año) podrían aspirar, sin embargo, para profundizar su educación profesional básica, una especialización inicial, lo cual los prepararía más fácilmente para ciertos trabajos específicos. Bajo un PIB-M condensado (o sea, un Diplomado o postgrado en el programa de grado de Master en meteorología), los temas obligantes del capítulo previo se cubrirían en un lapso de tiempo mucho más corto que en caso del PIB-M completo. A su vez, el estudio integral de una especialización meteorológica particular es esencial para aquellos estudiantes asistiendo a cualquier PIB-M condensado.

Así, la profundidad y el alcance en estudiar cualquier campo de especialización pueden ser diferente bajo los programas PIB-M completo o condensado. En este sentido, las presentaciones de esta sección no son ni normativas ni integrales, y las instituciones educacionales tienen plena libertad para adaptar los currícula marco referenciales sugeridos a sus propias necesidades expresadas, a fin de que puedan por ejemplo, ser consistentes con la misión y los requisitos básicos de los SMN pertinentes, o según requisitos específicos de trabajo. Además, las instituciones educativas relevantes son animadas para explorar el mundo real de trabajo y evaluar prospectos de trabajo, no sólo dentro de los SMN, sino también en relación con un más amplio campo hidrológico, meteorológico, oceanográfico y muchas otras profesiones ambientales del sector público y privado. Consecuentemente, estas instituciones deberían proveer oportunidades adecuadas para especializaciones profesionales iniciales en los temas 'actuales, novedosos' según lo solicitado por el mercado real de trabajo en la meteorología y los dominios ambientales relacionados.

Debería ser acentuado que al completar las ciencias básicas y las disciplinas meteorológicas mencionadas en las secciones 3.1 y 3.2, constituyen los prerrequisitos esenciales necesarios para cualquier campo de especialización de esta (y la siguiente) sección.

#### Meteorología aeronáutica

- (a) Engelmiento en aeronaves;
- (b) Turbulencia;
- (c) Otros fenómenos peligrosos;
- (d) Aspectos meteorológicos de planificación de vuelo;
- (e) Definiciones;
- (f) Procedimientos para los servicios meteorológicos en la navegación aérea internacional;
- (g) Los servicios del tránsito aéreo;
- (h) Aeródromos;
- (i) Operación de aeronaves;
- (j) Servicios aeronáuticos de información;
- (k) Telecomunicaciones aeronáuticas;
- (l) La documentación OMM;
- (m) La documentación OACI.

#### Meteorología agrícola

- (a) Fisiología de plantas;
- (b) Interrelaciones biometeorológicas;
- (c) Balance de energía de la superficie;
- (d) Balance de agua;
- (e) Observaciones y mediciones; procesamiento de datos;
- (f) Pronósticos operacionales;
- (g) Planificación de la asistencia;
- (h) Previsión del impacto de condiciones atmosféricas adversas.

#### Química atmosférica

- (a) Evolución de la atmósfera; composición química y estructura vertical;
- (b) Atenuación de la radiación solar por los gases atmosféricos y aerosoles;
- (c) Absorción y emisión de radiación terrestre de onda larga;
- (d) Compuestos químicos en la troposfera;
- (e) Aerosoles atmosféricos;
- (f) Nubes y química de la precipitación;
- (g) Ciclos químicos troposféricos;
- (h) Química estratosférica;
- (i) Calidad de aire y salud humana.

#### Monitoreo y predicción del clima

- (a) El sistema del clima;
- (b) Monitoreo del clima; redes climatológicas; principios;
- (c) Circulación general de la atmósfera;
- (d) Interacción aire-mar; el ciclo hidrológico y el impacto de características de los diversos terrenos;
- (e) Fuentes de pronóstico del clima;
- (f) Métodos de pronóstico estadístico;
- (g) Métodos de pronóstico dinámico;
- (h) Cambio climático; aspectos humanos;
- (i) Incertidumbres de las proyecciones corrientes del clima;
- (j) Pronóstico estacional.

#### Meteorología a mesoescala y pronóstico del tiempo

- (a) Repaso de mesoescala y el rol del pronosticador;
- (b) Características de la mesoscala de las latitudes medias;
- (c) Circulaciones y fenómenos a mesoescala no convectiva;
- (d) Circulaciones y fenómenos a mesoescala convectiva;
- (e) Nubes y precipitación en los modelos numéricos operacionales;
- (f) Series operacionales de PNT;
- (g) Monitoreo del tiempo; pronóstico instantáneo;
- (h) Pronóstico de fenómenos específicos del tiempo; servicios públicos del tiempo;
- (i) Pronósticos a largo y mediano plazo;

- Meteorología de radar
- (j) Estado y verificación de pronósticos.
  - (a) Principios del radar de tiempo;
  - (b) Señales del tiempo;
  - (c) Espectros Doppler de señales del tiempo;
  - (d) Procesamiento de señales del tiempo;
  - (e) Observación del tiempo;
  - (f) Mediciones de la precipitación;
  - (g) Observación de vientos, tormentas y fenómenos relacionados;
  - (h) Observación de buen tiempo;
  - (i) Aplicaciones; ejemplos de exhibiciones y productos.

- Meteorología satelital
- (a) Evolución de la meteorología del satélite;
  - (b) Naturaleza de la radiación;
  - (c) Absorción, emisión, reflexión y dispersión;
  - (d) Balance de la radiación;
  - (e) La ecuación de transferencia de radiación;
  - (f) La temperatura de la superficie;
  - (g) Detección de las nubes;
  - (h) Técnicas para determinar parámetros atmosféricos;
  - (i) Técnicas para determinar movimientos atmosféricos;
  - (j) Órbitas de satélites.

- El tiempo y el clima tropical
- (a) Repaso del tiempo tropical;
  - (b) Circulaciones a gran escala;
  - (c) Circulaciones a escalas sinópticas;
  - (d) Meteorología del Monzón;
  - (e) El Niño y la Oscilación Austral (ENOA);
  - (f) La Convección y los sistemas convectivos a mesoescala;
  - (g) Ciclones tropicales.

- Meteorología urbana y contaminación del aire
- (a) Repaso de la atmósfera urbana;
  - (b) Monitoreo del tiempo y el clima urbano;
  - (c) Radiación térmica;
  - (d) Capa límite atmosférica; aplicación de conceptos básicos;
  - (e) Plumas y humos flotantes; dispersión de contaminantes del aire;
  - (f) Aplicación de conceptos en la meteorología de la capa límite;
  - (g) Pronósticos de la contaminación urbana;
  - (h) Efectos de los contaminantes sobre la salud.

### 3.4 OTROS CAMPOS DE ESPECIALIZACIÓN

Además de lo anteriormente citado sobre los campos de especialización real y verdaderamente ‘meteorológicos’ existen otros campos relacionados en la meteorología, como la biometeorología, la hidrometeorología, la meteorología marina, sensores remotos avanzados, así como también métodos numéricos para los modelos matemáticos en las ciencias atmosféricas, o la meteorología económica y la gerencia y administración. Los currícula marco referenciales para estas especializaciones disciplinarias ‘cruzadas’ o combinadas, particularmente para Meteorólogos postgraduados, se planteará brevemente en esta sección.

- Biometeorología y salud humana
- (a) Alcance de la biometeorología humana;
  - (b) Adaptación biofísica; balance de energía del cuerpo-medio ambiente;
  - (c) Adaptación biofísica; vestuario y vivienda;
  - (d) Epidemiología y fisiología humana ambiental;
  - (e) Confort climático; el índice eólico sentido y el inconfort debido al calor;
  - (f) Monitoreo de los recursos bioclimáticos.

- Meteorología de la capa límite
- (a) Física de la capa límite;
  - (b) Turbulencia atmosférica;
  - (c) Parametrizaciones de la capa límite planetaria;
  - (d) Transporte aparente de contaminantes;
  - (e) Modelaje del transporte por los modelos de la ecuación primitiva.

- Nubes y precipitación; modificación del tiempo
- (a) Aerosoles atmosféricos;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>(b) Formación de nubes;</li> <li>(c) Proceso de la precipitación;</li> <li>(d) Convección de cumulonimbus;</li> <li>(e) Supresión del granizo;</li> <li>(f) Despeje de la niebla; manejo de la precipitación;</li> <li>(g) Tecnología de la modificación del tiempo.</li> </ul>
Meteorología económica; comercialización y gerencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Información meteorológica; productos y servicios;</li> <li>(b) Usuarios y beneficiarios de la información meteorológica;</li> <li>(c) Introducción a la econometría estadística;</li> <li>(d) Verificación de pronósticos; el marco de referencia conceptual;</li> <li>(e) Métodos de verificación;</li> <li>(f) Estimación de los beneficios económicos usando modelos de decisión;</li> <li>(g) Bases de los modelos estándar de costo-pérdida; el valor económico de los pronósticos;</li> <li>(h) Extensión de los modelos estándar de costo-pérdida; aplicaciones de los modelos de decisión;</li> <li>(i) Técnicas para la estimación de los beneficios económicos;</li> <li>(j) Comercialización de productos y servicios meteorológicos.</li> </ul>
Hidrología general e hidrometeorología	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Desarrollo de la hidrología;</li> <li>(b) Precipitación;</li> <li>(c) Evaporación y evapotranspiración;</li> <li>(d) Recursos de aguas subterráneas;</li> <li>(e) Recursos de aguas superficiales;</li> <li>(f) Balance de aguas;</li> <li>(g) El ciclo hidrológico; la hidrometeorología.</li> </ul>
Oceanografía general y meteorología marina	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Repaso de física oceanográfica;</li> <li>(b) Introducción a la dinámica del océano;</li> <li>(c) Corrientes inducidas por el viento; transferencia de la turbulencia; circulación termohalina;</li> <li>(d) Ondas (olas) de superficie; oscilaciones de la interfase aire-mar;</li> <li>(e) Mareas;</li> <li>(f) Balance de calor del océano;</li> <li>(g) del mar en aire;</li> <li>(h) Mediciones desde las plataformas e instrumentos;</li> <li>(i) Aplicaciones meteorológicas.</li> </ul>
Meteorología de las atmósferas media y alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Subregiones de la alta atmósfera;</li> <li>(b) Radiación solar en la alta atmósfera; el 'tiempo' del espacio;</li> <li>(c) Química de la alta atmósfera; el ozono estratosférico;</li> <li>(d) Transferencia radiativa;</li> <li>(e) Mareas atmosféricas; fenómenos del geomagnetismo; la ionosfera;</li> <li>(f) Dinámica de la estratosfera y la mesosfera.</li> </ul>
Métodos numéricos para el modelaje matemático	<ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Método básico de las diferencias finitas;</li> <li>(b) Sistemas de ecuaciones;</li> <li>(c) Método espectral y otros;</li> <li>(d) Métodos semi lagrangianos;</li> <li>(e) Condiciones de límite.</li> </ul>

### 3.5 MAS ALLÁ DEL PROGRAMA PIB-M

La culminación del PIB-M es sólo el primer paso en el desarrollo profesional de los individuos que siguen una carrera en meteorología. Las actualizaciones de rutina y el entrenamiento de refresco serán subsiguientemente requeridos para mantenerse en contacto con el desarrollo continuo de las ciencias atmosféricas y los avances rápidos en la tecnología. La progresión de carrera para los niveles de posición media y superior requiere de una experiencia práctica demostrada y de una instrucción adicional especializada, que extienda más allá el conocimiento científico y la comprensión provistos por el PIB-M. Algunas posiciones al nivel superior o avanzado, por ejemplo en la investigación y desarrollo normalmente requieren estudios a nivel formal de postgraduado en meteorología o en un campo

relacionado. Otras posiciones, especialmente aquellas de gerencia en los niveles medio y superior, pueden requerir grados avanzados en administración, economía o mercadotecnia, complementadas con un basamento técnico en meteorología.

Sin embargo, además de la educación formal e informal, la progresión de la carrera requiere un individuo que continuamente demuestre competencia técnica en aumento en el trabajo, así como también que demuestre señales de liderazgo, voluntad y habilidad para adquirir destrezas fuera de la meteorología, prueba o evidencia de habilidades administrativas y gerenciales, y el deseo de tener más responsabilidades.

## ANEXO

### EJEMPLO DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS PARA LA METEOROLOGÍA DINÁMICA

---

#### *Dinámica de fluidos básica*

Campos escalar y vectorial; Teoremas de Gauss y Stokes; cinemática de campos de flujo; derivación material o finita; tasas de cambio Euleriana y Lagrangeana; conservación de masa, momento y la energía. Las ecuaciones de Navier-Stokes. Marcos rotacionales de referencia; ecuaciones del movimiento en forma de coordenadas: coordenadas esféricas; aproximaciones preliminares para las ecuaciones en la forma de las coordenada esféricas; parámetro Coriolis; geometría del plano tangente; aproximaciones planos  $f$  y  $\beta$ .

#### *La aproximación hidrostática y geostrófica*

Análisis de escala para los sistemas del tiempo a gran escala en las latitudes medias. El número de Rossby; balance hidrostático y geostrófico; flujo inercial; flujo ciclostrófico; balance del flujo y el viento gradiente para un vórtice circular estable. Cortante vertical del viento del geostrófico; viento térmico; coordenadas de presión y altura geopotencial.

#### *La vorticidad y las ecuaciones de la energía termodinámica*

Teorema de circulación de Bjerknes; la función de corriente y la velocidad potencial; El teorema de Helmholtz; trayectorias y líneas de corriente; coordenadas naturales. La vorticidad y la ecuación de vorticidad; relación entre vorticidad absoluta y vorticidad relativa; los mecanismos principales para la generación de la vorticidad y cambio. La primera ley de la termodinámica, formulación meteorológica; el forzamiento diabático en las atmósferas baja y media; el movimiento adiabático: La conservación de la temperatura potencial.

#### *Movimiento cuasi- geostrófico*

La aproximación Boussinesq; la frecuencia (flotabilidad) Brunt-Väisälä; El teorema de Taylor-Proudman; la aproximación cuasi geostrófica. La ecuación de tendencia geopotencial. La ecuación omega; movimiento vertical; cancelación entre los términos de forzamiento; interpretación alternativa; el diagnóstico vector-Q del movimiento vertical. La conservación de la ecuación de vorticidad potencial cuasi geostrófica para flujos sin fricción y adiabático. La ecuación general de la vorticidad potencial de Ertel-Rossby; anomalías de la vorticidad potencial en los procesos de ciclogénesis; el rol del calentamiento diabático como una fuente/sumidero de vorticidad potencial; interacciones no lineales; la aproximación del valor inicial, el principio de invertibilidad; uso de la ecuación del viento gradiente como la condición de balance para encontrar el campo del viento y la masa de la distribución de la vorticidad potencial.

#### *Ondas atmosféricas; inestabilidad baroclínica y barotrópica*

El comportamiento cuasi-lineal de los movimientos atmosféricos; la teoría de las de las perturbaciones pequeñas; la ecuación clásica de las ondas; relaciones de dispersión; velocidad de fase y de grupo. Tipos de ondas simples: la acústica y las ondas de sonido; ondas de gravedad de aguas poco profundas; ondas de gravedad interna (flotabilidad); ondas de gravedad inercial, oscilaciones inerciales. Ondas barotrópicas (Rossby); propagación hacia el oeste; el efecto beta; dispersión fuerte. Inestabilidad baroclínica; modelos Eady y Charney; influencia estabilizante del efecto beta en las ondas largas y de la estabilidad estática en las ondas cortas. La inestabilidad Barotrópica; El criterio de Rayleigh-Kuo para una corriente zonal básica con fuerza cortante meridional horizontal; distribución estable e inestable del campo de la vorticidad absoluta.

#### *Energética de la circulación general*

La energía cinética, potencial e interna; relación entre la energía potencial e interna en un flujo cuasi estático; energía potencial disponible; Los teoremas de conservación. Las ecuaciones de energía para una atmósfera confinada a un canal zonal en una plano  $f$ , con paredes laterales rígidas. Conversión de energía

potencial disponible a energía cinética; La generación de energía potencial disponible. Tratamiento de la energía potencial disponible y la energía cinética en sus formas zonal y de remolino y su interacción. El balance del momento; dinámica de las circulaciones zonalmente simétricas. El papel selectivo de escalas diversas de movimientos atmosféricos; generación, conversión y transferencia de energía como una función de número de onda. Introducción al tiempo y la pronosticabilidad del clima; la no linealidad, la complejidad, el caos, y los elementos extraños atrayentes.

*Dinámica  
estratosférica; física y  
química*

Interacciones dinámicas entre la estratosfera y la troposfera, ondas a escala planetaria cuasi estacionarias ultra grandes; ondas planetarias de propagación vertical. Energética de la estratosfera baja; calentamiento estratosférico repentino; ondas en la estratosfera ecuatorial; ondas de Kelvin y mezcla de ondas gravitacionales y de Rossby; la oscilación cuasi bienal; la capa de ozono; balance estratosférico del calor. El transporte de químicos; La circulación troposférica-estratosférica de Brewer-Dobson (ecuador-polos) y la circulación estratosférica-mesosférica solsticial (invierno-verano de los polos). Nubes 'estratosféricas polares antárticas'; fotólisis de los clorofluorocarbonos hechos por el hombre (CFCs) debido a la radiación ultravioleta; mezcla de químicos, dinámica y procesos de transporte que conducen a la producción de hueco(s) en el ozono estratosférico.

*Pronóstico numérico del  
tiempo (PNT)*

Diferencias finitas y errores de truncamiento, exactitud, consistencia, estabilidad, convergencia, tiempo y espacio diferenciadores. Solución numérica de ecuaciones Laplace, Poisson y Helmholtz por los métodos iterativos; Técnicas de distensión. Introducción a los métodos espectrales, armónicos esféricos, métodos de transformación, aproximación semi lagrangian. Modelos de la ecuación primitiva: modelos variables; inclusión de la humedad y efectos de la radiación; condiciones de límite e iniciales. Análisis de objetivos y asimilación de datos; método óptimo de interpolación, métodos variacionales; inicialización dinámica, la inicialización no lineal del modo normal; asimilación de datos en 4-D. Los modelos operacionales corrientes: modelos globales, regionales y locales; modelo de ecuaciones; sistemas de coordenadas y formulación numérica; parametrización de los procesos físicos. Pronósticos del conjunto; Las variaciones internas imprevisibles. La aplicación de productos modelo para la predicción de parámetros de rutina y acontecimientos específicos; deficiencias y fuentes de error en los modelos; el rol del pronosticador humano.

*Sugerencias para el  
trabajo de laboratorio y  
ejercicios prácticos*

La demostración física de los conceptos dinámicos: El teorema de Bernoulli, la vorticidad, los números de Reynolds, Rossby, Richardson y Burger. Ondas y turbulencia. Corrientes de densidad, convectivos termales y plumas, convección celular en una capa estable de fluido, giro de un fluido rotatorio, ondas baroclínicas en coronas o anillos rotativos calentados, ondas superficiales de gravedad y ondas barotrópicas de Rossby. La información y tecnología de la comunicación y los sistemas de procesamiento de datos; arquitectura de la computadora, visualización, y funcionamiento en red; técnicas y lenguajes de programación. Métodos numéricos, alrededor de los errores, fórmulas de diferencias finitas, regla trapezoidal para la integración, sistemas lineales tridiagonales; ecuación de difusión 1-D y ecuación de advección 1-D. Conservación de la vorticidad potencial de cuasi geostrófica, la ecuación omega cuasi geostrófica, aproximación del vector Q para movimientos verticales, inestabilidad baroclínica y el modelo Eady. La solución numérica a la ecuación de la vorticidad barotrópica. Los métodos Euleriano, Lagrangeano y espectral, procesamiento vectorial y paralelo el procesamiento; aplicación en la asimilación de datos, PNT; otras simulaciones por computadora.

## CAPITULO 4

# PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BASICA PARA TÉCNICOS METEORÓLOGOS (PIB-TM)

---

Tópicos requeridos en las ciencias básicas

Tópicos obligatorios en meteorología general

Opciones electivas en meteorología operacional

Más allá del Programa PIB-TM

Ejemplo del Programa de estudios para meteorología aeronáutica – a nivel de técnicos

Los Técnicos Meteorológicos pueden realizar una amplia variedad de funciones, que incluyen aquellas de realizar y transmitir las observaciones del tiempo y del clima y las mediciones respectivas; hacer el mantenimiento de rutina de los equipos de observación; asistir a los Meteorólogos en la preparación de los análisis y pronósticos; responder las preguntas y dudas de rutina para información de los usuarios y clientes, etc. Usualmente, los SMN también usan a los ‘tecnólogos’ para instalar, mantener y mejorar los sofisticados sistemas de observación así como también los equipos de información y de tecnología de las comunicaciones; sin embargo, sus calificaciones iniciales serían diferentes de las de los Técnicos Meteorológicos.

Este capítulo describe el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos Meteorológicos (PIB-TM). Lista los temas fundamentales (items *(a)*, *(b)*, *(c)* bajo cada disciplina) requeridos para adquirir el conocimiento y las habilidades necesarias para el trabajo al nivel de entrada o de principiante. Los ejemplos detallados del programa de estudios para los temas fundamentales bajo cada disciplina son presentados en una publicación departamental acompañando esta publicación. Un ejemplo de un programa de estudios de meteorología aeronáutica es reiterado como un anexo de este capítulo.

El nivel de instrucción y la profundidad de cobertura de los temas del PIB-TM deberían ser equivalentes a aquellos usados en la post-secundaria o en las escuelas técnicas que preparan individuos para carreras tales como las de técnicos electrónicos, mecánicos o químicos. Muchos de los temas requerirán tanto la instrucción de aula y experiencia de participación activa en el laboratorio y/o la experiencia práctica en el campo.

4.1 TÓPICOS REQUERIDOS EN LAS CIENCIAS BÁSICAS

Cualquier individuo que se inicia en el programa PIB-TM debería haber completado la escuela general, elemental u obligatoria y debería poseer un fundamento en matemáticas y en ciencias físicas que incluye álgebra elemental, geometría plana simple y trigonometría, así como también física y química. Si la educación adquirida no provee este basamento-soporte, entonces el individuo debería emprender el trabajo preparatorio necesario antes del comienzo del programa PIB-TM.

Esta sección perfila los temas requeridos en matemáticas, ciencias físicas y computación operacional que son necesarias para desarrollar la base general de conocimientos y habilidades esperadas de cualquier técnico meteorológico. La culminación de esos temas es también esencial en facultar la adquisición correcta de la instrucción meteorológica y el entrenamiento en el trabajo que se desea bajo el propio PIB-TM.

Matemáticas

- (a) Revisión de álgebra elemental, geometría y trigonometría;
- (b) Introducción al cálculo diferencial e integral;
- (c) Estadística elemental;
- (d) Introducción a la tecnología de la información.

Física

- (a) Mecánica básica;
- (b) Naturaleza de los fluidos; el calor;
- (c) Acústica y óptica;
- (d) Electricidad y magnetismo.

Química

- (a) Conceptos básicos de química;
- (b) Elementos de bio y geo-química.

Habilidades comunicacionales

- (a) Expresión y habilidades de comunicación: Trabajo de curso y actividades prácticas para desarrollar la presentación oral y escrita y habilidades de comunicación.

4.2 TÓPICOS OBLIGATORIOS EN METEOROLOGÍA GENERAL

Los temas descritos bajo este capítulo proveen una visión general de la meteorología como un todo, conjuntamente con una introducción para los métodos de observación básica y mediciones e instrumentos. Estos temas, obligatorios para cualquier programa PIB-TM, son esperados para facultar a los aprendices en el desempeño satisfactorio al nivel de entrada o inicial de trabajo.

Física introductoria y meteorología dinámica

- (a) El Sol, la Tierra y la radiación electromagnética;
- (b) Introducción a la termodinámica atmosférica;
- (c) Humedad atmosférica; el proceso de condensación;
- (d) Movimientos atmosféricos; el flujo geostrófico;
- (e) Elementos de óptica atmosférica y electricidad.

Elementos de meteorología sinóptica y climatología

- (a) Observación de la atmósfera de la Tierra y los océanos;
- (b) Tecnología de la información; procesamiento de datos;
- (c) Masas de aire; ciclones y anticiclones;
- (d) Introducción al método de análisis sinóptico;
- (e) Climatología general; aplicaciones de rutina;
- (f) Mediciones climatológicas;
- (g) Organización de la meteorología.

Instrumentos meteorológicos y métodos de observación

- (a) Repaso de la observación meteorológica e instrumentación;
- (b) Realización de las observaciones;
- (c) Control de calidad, codificación y transmisión de observaciones;
- (d) Operación y mantenimiento de instrumentos;
- (e) Estaciones de observación automáticas.

4.3 OPCIONES ELECTIVAS EN

Las opciones listadas abajo conciernen el conocimiento fundamental para la especialización al nivel de entrada o inicial de trabajo. Cada aprendiz elegirá una

## METEOROLOGÍA OPERACIONAL

opción, la cuál entonces será obligatoria para ese aprendiz. Se tiene por entendido que las clases serán acompañadas y/o seguidas por un trabajo extensivo de prácticas de laboratorio/campo supervisado por instructores con experticia en las disciplinas relevantes y pertinentes, sin menoscabo de los requisitos futuros de trabajo del aprendiz.

### Observaciones sinópticas y mediciones

- (a) Temperatura de la superficie; presión; humedad; viento;
- (b) Precipitación; evaporación; visibilidad; nubes; niebla;
- (c) Insolación y radiación;
- (d) Hidro-, foto-, lito- y electro-meteoros; tiempo del pasado y presente;
- (e) Observaciones de aire superior.

### Otras observaciones y mediciones especializadas

- (a) Observaciones y mediciones marinas;
- (b) Observaciones agrometeorológicas y biológicas;
- (c) Mediciones de química atmosférica.

### Sondeo remoto de la atmósfera

- (a) Satélites meteorológicos;
- (b) Radar del tiempo;
- (c) Lidar y sodar;
- (d) Espectrofotómetro de ozono;
- (e) Sondeos especiales; cohetes meteorológicos.

### Meteorología aeronáutica para técnicos

- (a) Técnicas de observación;
- (b) Fenómenos riesgosos;
- (c) Aspectos meteorológicos de planeación de vuelo;
- (d) Reporte, codificación y disseminación de la información del tiempo;
- (e) Definiciones;
- (f) Procedimientos de los servicios meteorológicos para la aviación internacional;
- (g) Servicios del tránsito aéreo;
- (h) Operación de aeronaves;
- (i) Telecomunicaciones aeronáuticas;
- (j) Documentos de la OMM;
- (k) Documentos de la OACI.

## 4.4 MAS ALLÁ DEL PIB-TM

El PIB-TM provee los fundamentos necesarios para el inicio en una carrera técnica en la meteorología. Los individuos que siguen este desarrollo de la carrera requerirán actualizaciones periódicas y entrenamiento de refresco y/o una instrucción formal especializada adicional que fundamenta y expande el conocimiento y la comprensión provista bajo el PIB-TM. Esta instrucción también podría concernir temas complementarios dirigidos a tópicos tales como conocimientos en cultural general, comunicación oral y escrita y destrezas de presentación, incluyendo eventualmente comunicación en uno de los lenguajes internacionales comúnmente usados.

También se contempla que la instrucción formal para los técnicos de nivel medio y avanzado pueda incluir tópicos de los campos de especialización descritos en Capítulo 3 para el PIB-M, pero adaptados al conocimiento al nivel de técnicos y a las necesidades prácticas de los empleadores (por ejemplo los SMN). Por ejemplo, muchos temas del compendio/programa de estudios PIB-M en meteorología agrícola, biometeorología, meteorología marina, meteorología económica, meteorología urbana y contaminación del aire, modificación del tiempo, etc., fácilmente puedan ser adaptados para el entrenamiento al nivel de técnicos. Naturalmente, el tratamiento de esos temas será enfocado principalmente en la aplicación de los mismos mas que en aspectos teóricos.

Finalmente, además de la instrucción formal e informal, la progresión de carrera para técnicos a nivel superior requiere que el individuo demuestre un crecimiento en la aptitud técnica en el lugar de trabajo, y un deseo de tomar más responsabilidad (por ejemplo, para el diseño, la implementación o la supervisión de redes, sistemas de observación y estándares y otras actividades relevantes).

## ANEXO

### EJEMPLO DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS PARA METEOROLOGÍA AERONÁUTICA – NIVEL TÉCNICO

---

*(Basados en un extracto de la Publicación OMM-NO. 258, tercera edición, revisado por N. Gordon, Presidente de la Comisión de la OMM para Meteorología Aeronáutica y T. Fox, Director de Meteorología Aeronáutica, OACI)*

Las observaciones con propósitos aeronáuticos son sustancialmente diferentes de aquellas para propósitos sinópticos. Las observaciones sinópticas pretenden ser representativas del tiempo de una vasta área, amplia, y se realizan rutinariamente en horarios espaciados en intervalos de varias horas. Las observaciones meteorológicas para propósitos aeronáuticos son realizadas para satisfacer los requisitos operacionales aeronáuticos, y se pretende que sean representativas del tiempo en un aeródromo o de parámetros meteorológicos particulares en áreas limitadas adyacentes o cerca las pistas de aterrizaje. Rutinariamente, estas son efectuadas más frecuentemente que las observaciones sinópticas, así como también están hechas en una base no necesariamente rutinaria con la finalidad de cubrir cambios significantes del tiempo y satisfacer los requisitos de los pilotos y los servicios del tráfico aéreo.

El programa de estudios que se presenta suplementa el Paquete de Instrucción Básica para Técnicos Meteorológicos (PIB-TM) provisto en las secciones 4.1 y 4.2 del Capítulo 4. Los primeros cuatro aspectos se refieren al conocimiento meteorológico; los siguientes cinco aspectos para el conocimiento de aviación y los últimos dos items para documentos y reglamentos básicos y publicaciones relacionadas de la OMM y la OACI. Los técnicos meteorológicos aeronáuticos necesitan tener un conocimiento adecuado de:

#### *Técnicas de observación*

Dirección y velocidad del viento a nivel de la superficie, incluyendo cambios y variaciones. La visibilidad y el rango visual en la pista de aterrizaje, incluyendo variaciones espaciales y temporales en las observaciones RVR, por medios visuales o por uso de instrumentos automáticos tales como el transmisómetro y el dispersómetro de dispersión delantera. La cantidad de las nubes, la altura y el tipo y las variaciones espaciales y temporales; visibilidad vertical, observaciones que usan instrumentos automáticos como el ciclómetro. Mediciones de la presión con el objeto de determinar el QFE y QNH.

#### *Fenómenos riesgosos*

El engelamiento en la aeronave; conocimiento elemental de los tipos de engelamiento; formación, acrecencia, tasas de formación de acrecencia y la asociación del engelamiento con las nubes, lluvia engelante, ascensos orográficos y frontales. La turbulencia: conocimiento elemental de turbulencia cerca del suelo relacionado con la topografía, estabilidad de masas de aire, nubes, frentes y tormentas. El conocimiento elemental de la turbulencia de niveles altos (TAC) y su asociación con la corriente en chorro. El esfuerzo al corte (cizalla) del viento. La ceniza volcánica.

#### *Aspectos meteorológicos de la planeación de vuelos*

La base meteorológica para el vuelo por patrón de presión; requisitos meteorológicos para vientos y temperaturas en-ruta; el tiempo y los pronósticos de aeródromo. Interpretación de área, ruta y pronósticos del terminal y preparación de material de resúmenes de vuelo para la tripulación.

#### *Reporte, codificación y divulgación de la información del tiempo*

El conocimiento completo de los códigos meteorológicos internacionales relacionados con las observaciones, tales como el METAR, SPECI, SYNOP,

PILOTO y TEMP, y pronósticos aeronáuticos tales como el TAF y ROFOR. El conocimiento de procedimientos para la disseminación de información del tiempo en el aeródromo, incluyendo las necesidades especiales de las unidades de CTA. El conocimiento de los procedimientos para la preparación de las formas de lenguaje claro de los mensajes meteorológicos.

### *Definiciones*

El parte meteorológico, la observación. Visibilidad, rangos visuales en la pista de aterrizaje. Altitud, elevación, altura, la elevación del aeródromo, el nivel de vuelo. Mínima meteorológica del aeródromo, instrumento de pista de aterrizaje, zona de aterrizaje. Pronóstico de aterrizaje, pronóstico del aeródromo, pronóstico, pronóstico de área GAMET, SIGMET y AIRMET (información), sesión oral de información del tiempo, informe de rutina e informe especial de aire. El operador, agente local del operador, piloto-comandante.

### *Procedimientos de los servicios meteorológicos para la aviación internacional*

La organización del servicio meteorológico y particularmente las funciones de los tipos diversos de oficinas meteorológicas. Estaciones meteorológicas aeronáuticas y sus funciones, la rutina local y observaciones y reportes especiales, los reportes en las formas codificadas METAR y SPECI. La vigilancia meteorológica. Las observaciones requeridas de las aeronaves y los procedimientos relacionados con la difusión tierra a tierra de estas observaciones. Introducción a las responsabilidades de la OACI y la OMM en la meteorología aeronáutica.

### *Servicios de Tráfico Aéreo (STA)*

Demandas, requerimientos de servicios meteorológicos, incluyendo los tipos de información meteorológica requerida por los varios tipos y unidades del tráfico aéreo y actualización de esta información por medio de los despliegues duplicados en las unidades SAT, o por la transmisión temprana de datos originados por la oficina meteorológica o la estación correspondiente. Familiaridad con los requerimientos especiales referentes a las operaciones Categorías II y III, particularmente con relación al rango visual en la pista de aterrizaje y la información de las bases de las nubes y otros requisitos locales específicos de usuarios aeronáuticos de información meteorológica.

### *Operación de aeronaves*

Planificación de vuelos. Los deberes de los oficiales de operaciones de vuelo cuando el ejerzan el control operacional. Las ayudas de navegación y aterrizaje. Efectos de la densidad del aire, engelamiento, turbulencia, viento, el esfuerzo de corte o cizalla del viento y la ceniza volcánica en el desempeño de las aeronaves. Los procedimientos calibración y ajuste del altímetro, la atmósfera estándar o patrón. Características de desempeño u operación incluyendo las de consumo de combustible en aeronaves de la aviación civil; características de aeronaves de propulsión por hélice, de turbo-hélice y de turbo-jet y, donde sea aplicable, las supersónicas. Los efectos de fenómenos diversos del tiempo en las operaciones aeronáuticas y en los servicios de tierra de los aeródromos.

### *Telecomunicaciones aeronáuticas*

Entendimiento elemental de la organización general de las telecomunicaciones aeronáuticas, conocimiento básico de trabajo de la operación del servicio aeronáutico fijo (particularmente AFTN y ATN), y cualquier radiodifusión especial y/o redes de telecomunicaciones regionales aplicables a la región respectiva, ejemplo AMBEX y ROBEX. Tal conocimiento debería incluir: los titulares o encabezamiento de los mensajes, a quienes van dirigidos dichos mensajes, prioridades de mensajes y cualquier procedimientos regionales apropiados. Los técnicos meteorológicos deben tener conocimiento de las abreviaciones de la OACI usadas en los mensajes en el Servicio Aeronáutico Fijo (SAF). Las abreviaciones más frecuentemente usadas deberían ser aprendidas de memoria.

### *Documentos de la OMM*

*Regulaciones Técnicas*, (OMM-NO. 49), Vol. II — Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional. *Manual de Códigos* (OMM-NO. 306). *Guía de Instrumentos Meteorológicos y Métodos de Observación* (OMM-NO. 8). *El Reporte del Tiempo* (OMM-NO. 9).

### *Documentos de la OACI*

Anexo 3 — *Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional. Procedimientos Suplementarios Regionales* (Doc. 7030). *Procedimientos para los*

*Servicios de la Navegación Aérea — Abreviaciones y Códigos de la OACI (PAN-ABC, Doc. 8400). Localizadores de Posición (Doc. 7910). Manual de Prácticas de Meteorología Aeronáutica (Doc. 8896). Manual de Observación del Rango Visual en la Pista de Aterrizaje y Prácticas de Reporte (Doc. 9328). Manual sobre Coordinación entre los Servicios de Tránsito Aéreo, el Servicio de Información Aeronáutica (SIA) y los Servicios Meteorológicos Aeronáuticos (Doc. 9377) y Planes Relevantes de la Navegación Aérea (PAN y FASID;)*

Nota: Algunas administraciones civiles de aviación en circunstancias específicas autorizan a los empleados del STA a que realicen observaciones meteorológicas en un aeródromo. Como indicado en OACI Anexo 1 — Personal Licenciando (permitido), los programas de estudios de entrenamiento de los empleados del STA concernientes deberían ser instruidos y complementados con algunas partes pertinentes del Programa de Estudios del Técnico Meteorológico Aeronáutico, el cuál es dado bajo los artículos desde (a) a (d) anteriormente reseñados.

## CAPITULO 5

# EDUCACIÓN CONTINUA Y ENTRENAMIENTO (ECE)

---

Introducción

Conceptos Básicos

Obteniendo lo máximo de la ECE

Métodos de la ECE

Algunas tendencias de la ECE

Comentarios finales

Para entender la importancia de la ECE, primeramente es necesario considerar cómo y porque las organizaciones cambian, y cómo puede ser este cambio manejado. Esto conduce al concepto de la 'organización de aprendizaje'. Lo fundamental de este concepto está en la autorización, la habilitación de las personas y la necesidad para ellas de buscar aprender nuevas oportunidades. El cambio asociado en la cultura es sólo posible si hay un compromiso total para tal reorganización a través de toda de la organización.

Es probable que progresivamente las organizaciones sólo serán exitosas si emplean al máximo la creatividad y el potencial de aprendizaje de las personas dentro de la organización. Para hacer esto, es necesario tener y contar con un plan estratégico de identificación de las necesidades de entrenamiento y de desarrollo. También los procedimientos y los sistemas necesitan estar en lugar de asegurar que la organización tiene un compromiso claro de entrenamiento y desarrollo, que lleva a cabo los entrenamientos apropiados y planes de desarrollo, que ejecuta la acción debida para implementar los planes y que se evalúa la efectividad de las actividades.

En este capítulo, conceptos tales como entrenamiento, desarrollo y desarrollo profesional continuo se usarán para ilustrar las maneras en las cuáles las personas dentro de una organización, como un SMN, pueden mejorar su desempeño y desarrollar sus carreras. Sin embargo, estos conceptos deberían considerarse en el contexto de aprendizaje de toda la vida – el proceso por el cual las personas continúan participando de actividades formales e informales de aprendizaje a todo lo largo de su vida activa.

## 5.1 INTRODUCCIÓN

El cambio es un proceso natural en todas las organizaciones. Ciertamente, sin cambio es difícil que una organización pueda continuar teniendo éxito.

### Factores que afectan los SMN

Los cambios que afectan los SMN se agrupan en tres grandes categorías:

- Cambios asociados con la evolución de la tecnología que permite que ‘cosas viejas’ puedan hacerse mejor (o sea más eficaz y eficientemente) y que ‘cosas nuevas’ puedan ahora ser realizadas, las cuáles fueron previamente imprácticas;
- Cambios que provienen de mejoras en nuestra comprensión de los procesos físicos en el sistema Tierra, lo cual apuntala el desarrollo de nuevos productos y servicios;
- Cambios asociados con el ambiente político, económico y legal en el cual los SMN funcionan.

Los siguientes son algunos de los ejemplos específicos de los factores que influyen la forma como operan los SMN :

- El uso incrementado de la tecnología para proveer tanto las observaciones terrenas como las espaciales; estas observaciones están creciendo en calidad y cantidad;
- El mejor entendimiento de los procesos que tienen lugar en la atmósfera y en los océanos, y una mayor destreza en el uso de modelos numéricos para pronosticar el tiempo hasta por espacio de cerca de diez días y simular el sistema de clima acoplado atmósfera-océano;
- El mejor uso de estaciones de trabajo (workstations) para exhibir y manipular la información meteorológica;
- La aplicación incrementada de datos nuevos, modelos nuevos, nuevas técnicas de investigación y pronóstico para proveer servicios meteorológicos en beneficio para el usuario;
- El incremento de presión de muchos gobiernos por la comercialización y/o el costo de recuperación de los servicios prestados;
- El crecimiento de provisión de servicios meteorológicos por el sector privado;
- El incremento de participación de servicios regionales en el interior de un país (a nivel de estados o provincias, por ejemplo) en la red de observación y en proveer servicios meteorológicos para los destinatarios finales; y
- El incremento de la cooperación interdisciplinaria entre las ciencias de la Tierra.

Debería ser destacado que en las últimas décadas pasadas haya habido un incremento en la tasa con la cual los SMN han necesitado cambiar, como resultado de los desarrollos rápidos en la tecnología de la información, las telecomunicaciones y la globalización.

Como el cambio es natural e inevitable, tanto para las organizaciones como para los individuos, es entonces deseable que esto debería ser planeado y dirigido más que como una respuesta ante una crisis simplemente. Esto requiere una cultura de aprendizaje y desarrollo dentro de la organización. El resultado es una fuerza de trabajo laboral flexible y ágil que pueda responder al cambio positivamente y que también contribuya activamente a crear el cambio.

### La organización de aprendizaje

Existen beneficios estratégicos en una organización que pueden manejar los cambios a fin de que estén siempre en armonía con la tecnología cambiante y el ambiente en el cual funcionan. La necesidad de una organización en cambiar de

este modo ha conducido al concepto de la 'organización de aprendizaje'. Algunas de las características de una organización de aprendizaje son como sigue:

- Los individuos buscan aprender oportunidades;
- El entrenamiento es aprendizaje centrado;
- La autorización y deseo de las personas es la norma;
- El trabajo de equipo es fomentado;
- Las reglas burocráticas son eliminadas;
- La retroalimentación en el desempeño es provista;
- Los errores son tolerados por los intereses del aprendizaje.

Convertirse en una organización de aprendizaje a menudo requiere un cambio completo en la cultura. Ciertamente, la estructura entera y la operación de la organización pueden necesitar ser redirigidas, reorganizadas. Necesita ser reconocido, sin embargo, que esto no puede ser hecho exitosamente sin un compromiso total para el proceso a través de la organización completamente.

Hay muchos factores que necesitan ser examinados si una organización quiere convertirse en una organización de aprendizaje. Estos factores tratan con aspectos tales como la estrategia y la visión a futuro; la práctica ejecutiva y administrativa; la estructura del trabajo; y el flujo de la información. Con referencia al entrenamiento y el desarrollo las siguientes preguntas podrían tener cabida:

- ¿Es la organización pro-activa en identificar los requerimientos de habilidad y destreza futuros y proveer educación y entrenamiento para reunir y responsabilizarse por estos requerimientos?
- ¿Anima y promueve la organización actividades planificadas de desarrollo profesional?
- ¿Son la identificación del entrenamiento y el desarrollo profesional necesidades integradas en el proceso de avalúo de la organización?

Parece poco dudable que en estos tiempos cambiantes e inciertos, los SMN pudieran beneficiarse de responder 'sí' a estas preguntas y convertirse en una organización de aprendizaje.

### Aproximación estratégica de entrenamiento y desarrollo

En 1993 La Real Sociedad de Artes en el Reino Unido produjo un reporte llamado 'La Compañía del Futuro'. En este informe es notable observar que:

- El centro de gravedad en el éxito comercial está ya cambiando desde la posición de explotación de los activos físicos de una compañía, a la realización de la creatividad y el potencial de aprendizaje de toda las personas con quienes se tuvo contacto;
- La educación y el entrenamiento están siendo visto menos como una materia de costo y más como una condición previa para el éxito competitivo.

Adicionalmente, fue notado que las compañías necesitan esforzarse en desarrollarse y usar el total potencial de sus empleados con el fin de:

- Anticipar y responder al cambio en el empleo de patrones y las expectativas de las personas;
- Apoyar y motivar a los individuos en desarrollar sus capacidades;
- Adaptar sus estructuras organizativas para posibilitar el uso efectivo de la contribución de las personas.

Si este análisis es correcto, entonces es esencial que una aproximación estratégica sea llevada a la planificación del ECE. Esto es tan aplicable a un SMN cómo a una compañía comercial.

La buena práctica en la educación continua y en el entrenamiento de los empleados podría ser logrado si los SMN:

- Tienen un claro compromiso con el desarrollo de la carrera de sus empleados;

- Prevé el desarrollo y crecimiento del empleado;
- Llevan a cabo acciones para promover a los empleados;
- Evalúan el desarrollo de las actividades.

El Cuadro 5.1 da una indicación de cómo puede demostrar una organización que sigue una buena práctica para la educación continua y el entrenamiento de sus empleados.

Estas consideraciones señalan que la ECE tiene que ser ubicada dentro de un contexto organizacional. Sin embargo, para el éxito a largo plazo, debería haber una asociación que tome en cuenta integralmente las metas y aspiraciones del individuo, así como también los requerimientos de la organización. La educación continua y el entrenamiento de los individuos requiere dirección, soporte y reconocimiento desde el interior de la organización.

<i>Principio</i>	<i>Indicador</i>
<p><b>Compromiso</b> Existe el compromiso desde la cabeza para el desarrollo de todos los empleados en lograr los objetivos organizacionales.</p> <p><b>Planificación</b> Las necesidades y planes de entrenamiento y desarrollo de todos los empleados son regularmente revisados.</p> <p><b>Acción</b> La acción es realizada para desarrollar y entrenar a los individuos en el reclutamiento y a todo lo largo de sus empleos.</p> <p><b>Evaluación</b> La inversión en entrenamiento y desarrollo es evaluada para asegurar los logros y mejorar la efectividad futura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La organización ha considerado que los empleados en todos los niveles contribuirán con el éxito de la organización; y</li> <li>• Que ha comunicado efectivamente esto a ellos.</li> <li>• Un plan escrito identifica los recursos que se usarán para reunir las necesidades de entrenamiento y desarrollo;</li> <li>• Se establecen los objetivos para las acciones de entrenamiento y desarrollo en la organización, el individuo y al nivel del equipo;</li> <li>• Todos los empleados nuevos son introducidos efectivamente en la organización, y a todos los nuevos empleados a un trabajo se proveen con el entrenamiento y desarrollo ellos necesitan;</li> <li>• Todos los empleados son animados a reunir sus necesidades de entrenamiento y desarrollo relacionadas con su trabajo;</li> <li>• El director-gerente entiende el elevado costo del desarrollo y entrenamiento de sus empleados;</li> <li>• Las acciones se llevan a cabo para implementar las mejoras en el entrenamiento y desarrollo identificadas como resultado de la evaluación.</li> </ul>

Cuadro 5.1 – Indicadores de si una organización está siguiendo las prácticas correctas de un programa de ECT

5.2                    **CONCEPTOS BÁSICOS**      Con la finalidad de describir el papel de la ECE es importante que el significado de los términos tales como educación, educación formal, no formal e informal, entrenamiento o competencia sea comprendido.

**Educación Continua y Entrenamiento (ECE)**      Las siguientes definiciones podrían resultar ser útiles, aunque ellas no son únicas.

*Educación*      El proceso de aprendizaje en el cual la transferencia del conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico son las metas principales. Progresivamente el proceso educativo enfoca la atención en el proceso por el cual el estudiante o aprendiz llega a conocer, entender y ser capaz de aplicar el conocimiento acumulado y el entendimiento en un campo particular de estudio.

Parte de este aprendizaje es adquirido en forma poco estructurada y caótica y depende del ambiente socio-cultural en el cual las personas viven. Esto es algunas veces referido como ‘la educación informal’. Para los niños mucho de esto se da dentro del ambiente familiar pero hay también muchas influencias exteriores. La

educación informal es un proceso permanente y continuo teniendo la más grande influencia en el comportamiento durante la infancia. Es independiente del trabajo o la profesión de un individuo.

La educación que forma parte de un proceso planificado y sistemático puede dividirse en ‘educación formal’ y ‘educación no formal’.

*La educación formal* Es la educación que se provee en un sistema regular y altamente estructurado (por ejemplo en escuelas e instituciones académicas).

*La educación no formal* Es la educación que se provee después que un individuo ha dejado la educación formal y/o asume responsabilidades de adulto. La educación continua o permanente consiste principalmente de educación no formal, aunque la educación algunas veces formal puede tener un rol.

*La educación continua* El aprendizaje que se provee después de que un individuo ha dejado educación formal y tiene un empleo y/o asume responsabilidades de adulto, en las cuales la transferencia de conocimiento es la meta principal.

La educación continua puede ser provista en una amplia variedad de formas (por ejemplo, cursos cortos, seminarios, talleres, congresos) y normalmente apunta hacia las necesidades específicas del individuo y/o el organismo en el cual esa persona trabaja. Habiendo definido los aspectos diversos de educación, es apropiado definir el entrenamiento.

*El entrenamiento* Un proceso planificado de aprendizaje directo enfocado en el logro de objetivos de desempeño específicos asociados con cierto trabajo. El entrenamiento puede modificar el conocimiento, las habilidades y actitudes. El entrenamiento es a menudo concentrado en impartir destrezas y habilidades técnicas (o sea, la habilidad para llevar a cabo una tarea establecida en una forma especificada). El conocimiento más allá de lo esencial requiere llevar a cabo la tarea que son a menudo de consideraciones secundarias.

En realidad es a menudo difícil diferenciar claramente entre la educación continua y el entrenamiento, así que es apropiado considerarlos como dos aspectos complementarios de la forma en la cual el desempeño mejorado en el lugar de trabajo puede ser logrado el aprendizaje apropiado directo. Consecuentemente la combinación de lo dos será a la que se refiere como la ECE.

La ECE está usualmente dirigida a ayudar a un individuo a adquirir toda la competencia o aptitud requerida para un trabajo particular, o proveer al individuo de la aptitud o competencia necesaria para tomar responsabilidades nuevas o para progresar en su carrera.

*La competencia o aptitud* Es la habilidad para realizar las actividades dentro de un área ocupacional a los niveles de desempeño esperados en el trabajo.

*Entrenamiento y desarrollo* El concepto de ‘desarrollo’ está haciéndose ahora más ampliamente usado; esto abarca a la ECE, pero también incluye el concepto de personas que alcanzan su total potencial.

*El desarrollo* Es el proceso que anima o estimula el crecimiento y el potencial de una persona. Esto incluye tanto el desarrollo profesional (transformando conocimientos y habilidades) como el desarrollo personal (modificando actitudes y rasgos). Las características del entrenamiento y el desarrollo reciben están dadas en el Cuadro 5.2.

Para una organización saludable y vibrante es importante que el papel de entrenamiento y el desarrollo sean debidamente reconocidos. Sin el desarrollo de las personas una organización no hará uso efectivo de su componente más importante – esas mismas personas que trabajan en esa organización.

El Desarrollo Profesional Continuo (DPC) es el proceso por el cual los individuos desarrollan sus habilidades a lo largo de sus vidas activas.

<i>Entrenamiento</i>	<i>Desarrollo</i>
Imparte conocimiento específico, habilidades e ideas para facultar a un individuo a hacer su desempeño mejor.	Anima o estimula el crecimiento y el potencial de un individuo.
Evento especificado inicial o una serie de ellos con uno terminal especificado.	Un proceso continuo sin un punto fijo terminal.
Hecho principalmente fuera del trabajo (por ejemplo en un ambiente educativo controlado en un tiempo específico y lugar).	Logrado en su mayor parte en el trabajo (por ejemplo a través de la experiencia, el entrenamiento y la práctica).
Controlado y bajo la dirección del instructor.	Controlado y bajo la dirección del individuo.
Usualmente vinculado para la organización específica más que para las necesidades individuales.	Específico para el individuo y sus necesidades y habilidades.
A menudo un acontecimiento de grupo.	A menudo un evento o acontecimiento 'solitario o único'.

Cuadro 5.2 — Las características del entrenamiento y del desarrollo

*Desarrollo Profesional Continuo (DPC)*

La adquisición planificada de conocimientos, experiencias y habilidades, y el desarrollo de cualidades personales necesarias para la ejecución de los servicios profesionales a todo lo largo de la vida activa.

Un componente importante del DPC es a menudo el movimiento meticulosamente planificado de las personas de una posición a otra dentro de la organización, para desarrollar diferentes tipos de conocimiento, comprensión y habilidades a través de las experiencias de participación activa. Este proceso puede ser institucionalizado en organizaciones por políticas en desarrollo apropiadas del personal.

Claramente, el DPC y la ECE están estrechamente vinculados y puede haber poco valor en tratar de diferenciarlos entre sí. Hay dos aspectos del DPC que son de beneficio para el individuo y la organización:

- Los individuos adquieren habilidades actualizadas, modernas y conocimientos que son valiosos en su trabajo actual;
- Los individuos adquieren habilidades transferibles que son de valor para el desarrollo de la carrera y su status social.

El aprendizaje de y para toda la vida es una extensión del concepto del DPC.

*Aprendizaje de toda la vida*

El proceso por el cual los individuos continúan participando de actividades formales e informales de aprendizaje en todo lo largo de su vida activa. Un aspecto esencial del aprendizaje de toda la vida es que reconoce la necesidad para el desarrollo personal así como también el trabajo enfocado hacia el desarrollo profesional. La meta global es que cada individuo debería esforzarse a encontrar su completo potencial en ambos, su vida personal y profesional.

5.3 OBTENIENDO LO MÁXIMO DE LA ECE

La ECE es de importancia para ambos, tanto para las organizaciones como para las personas dentro de cada organización. Para una organización puede ser valioso invertir en la ECE debido a que:

## Importancia de la ECE

- Compensa o llena una deficiencia en las habilidades básicas cuando no existe disponibilidad de un equipo de trabajo adecuadamente experto;
- Conduce a una mejora en la eficiencia/efectividad;
- Permite nuevas prácticas de trabajo o la introducción de nuevas tecnologías;
- Cambia la cultura de la organización;
- Provee un mecanismo para actualizar regularmente las habilidades del equipo de trabajo;
- Induce a los empleados nuevos en los métodos de trabajo y la cultura organizativa;
- Incrementa la moral y la satisfacción al trabajo del equipo;
- Permite al equipo a apreciar cómo su trabajo encaja dentro de unas actividades empresariales más amplias de la organización.

Sin embargo, la organización necesita manejar actividades de ECE asegurando que:

- Las actividades de ECE tomen en cuenta las necesidades de entrenamiento y los objetivos comerciales de la organización; y
- El costo de ECE es evaluado, aunque debería ser reconocido que la ECE conduce a beneficios que son muy difíciles de expresar en términos financieros (por ejemplo, incremento en la motivación).

Para un individuo, la ECE es importante ya que puede:

- Salvar la brecha entre la educación formal y la adquisición de competencias y aptitudes requeridas en el empleo;
- Mejorar el nivel de competencia; desarrollar habilidades interpersonales y administrativas;
- Permitir y dar una contribución mayor a la empresa;
- Incrementar las ganancias;
- Conducir a la propia superación;
- Proveer un nuevo reto y una mejor satisfacción de trabajo;
- Ampliar la experticia más allá del trabajo existente, permitir movilizaciones en áreas diferentes del trabajo y mejorar los prospectos de empleo; y la acreditación profesional provista.
- Proveer una acreditación profesional.

Figura 5.1 ilustra el impacto de la ECE en el conocimiento de un individuo y sus habilidades. Sin la ECE el conocimiento y las habilidades requeridas para realizarse efectivamente en el empleo declinarán y el desempeño sufrirá.

En general, la ECE conlleva a incrementar la motivación de las personas. Esto puede ser de beneficio para la organización, bien sea en términos de un incremento directo en la eficiencia/efectividad o en aumentar la moral, lo cual puede tener beneficios indirectos para la organización. Sin embargo, es esencial que la organización haga uso del incremento de las habilidades adquiridas a través de las actividades de ECE. Si esto no ocurre, entonces la frustración y una moral baja puede resultar.

## Haciendo un éxito de actividades de la ECE

El éxito de actividades de la ECE depende de:

- La capacidad o aptitud de un individuo en aprender;
- La motivación del individuo la cuál puede depender de su compromiso personal, los incentivos o la presión externa;
- La elección de actividades de ECE y técnicas de soporte;
- El apoyo o aporte para actividades de ECE dentro de la organización;
- Identificando claramente las necesidades del individuo y de la organización.

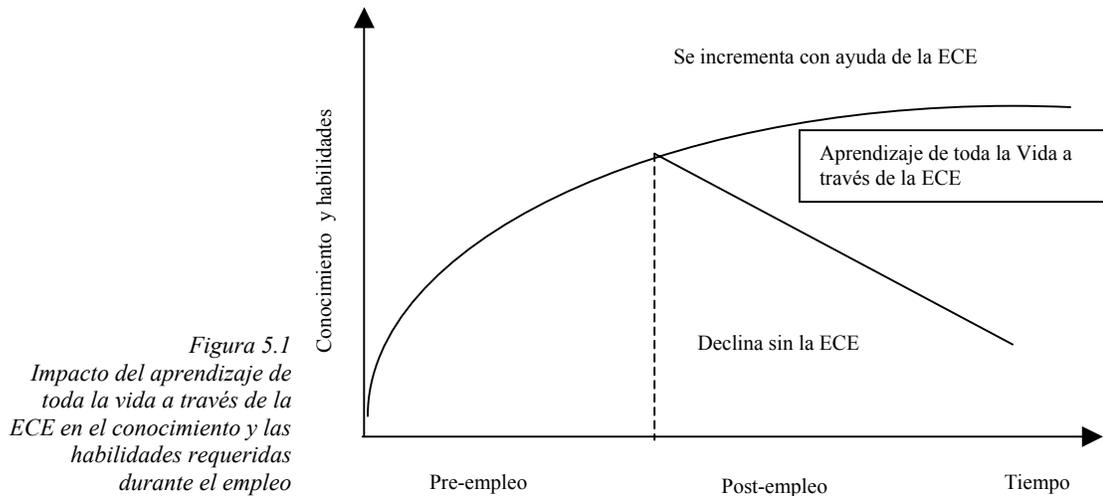
Esto indica nuevamente que las actividades de ECE deberían ser consideradas dentro de un contexto de organizacional.

Surge un número de preguntas que deberían ser preguntadas por un individuo

bajo consideración de desarrollo a través de la ECE:

- ¿Dónde he estado yo?
- ¿Dónde estoy yo ahora?
- ¿Dónde quiero estar?
- ¿Por qué quiero ir hacia allá?
- ¿Cómo lograré llegar?
- ¿Qué soporte/apoyo requiero?
- ¿Cómo sabré cuándo llegue?

Las respuestas a estas preguntas deberían determinar cómo y cuando las actividades de ECE son implementadas.



#### 5.4

#### MÉTODOS DE LA ECE

Para que la ECE sea más efectiva es importante que el método de facilitarla o entrega sea apropiado por:

- Las preferencias de aprendizaje del individuo;
- Los objetivos de aprendizaje del programa.

La satisfacción de estos requisitos debería asegurar que los objetivos de aprendizaje sean logrados y el individuo permanece altamente motivado.

#### Aspectos generales

Hay cuatro factores de fondo que necesitan ser considerados al acordarse un programa de ECE para un individuo, estos son:

- *La localización;* puede ser que la actividad de ECE más apropiada no esté disponible localmente. Esto quiere decir que algunas veces el costo se convierte en un factor decisivo en decidir cómo debería la ECE desarrollarse;
- *El monitoreo;* se necesita tomar una decisión sobre el nivel de monitoreo requerido por un individuo que esté involucrado en actividades de ECE. La decisión dependerá del tipo de actividad de ECE, las calidades personales y la experiencia del individuo;
- *La tecnología educativa;* para algunas actividades de ECE un nivel alto de tecnología educativa es requerido. Por lo tanto, la disponibilidad de recursos costosos y el nivel de experticia del individuo deben ser tomadas en consideración;
- *La acreditación;* algunas actividades de ECE pueden conducir a una calificación de la acreditación formal o profesional. Esto puede ser muy deseable, pero se puede incurrir en gastos adicionales considerables. Por lo tanto la decisión necesita tomarse en función de si los beneficios adicionales que se derivan de la

acreditación (los cuáles son usualmente difíciles de cuantificar), pueden justificar el costo adicional.

**Impartiendo la ECE** Hay una amplia variedad de métodos que pueden usarse para facilitar o impartir la educación continua y el entrenamiento. Los métodos disponibles incluyen los siguientes (por orden alfabético, según el original en inglés):

- *Entrenamiento*; el instructor da un pre-resumen y post-resumen asociado con actividades en el trabajo;
- *Conferencia/seminario*; asistencias a congresos, seminarios o talleres para beneficiarse del conocimiento de otros;
- *Aprendizaje asistido por computadoras*; uso interactivo de material de aprendizaje disponible en computadoras;
- *Cursos*; entrenamiento para un grupo dirigido por un instructor;
- *Lecturas dirigidas*; programas dirigidos de lectura para un individuo;
- *Por observación*; observando a un colega llevar a cabo una tarea particular;
- *Pasantía secundaria/temporal*; movilización planeada para cierto trabajo temporalmente;
- *Material de auto-estudio*; entrenamiento estructurado provisto por libros o manuales;
- *Por simulación*; el trabajos del individuo a través de una situación hipotética asociada a su trabajo; y
- *Aprendizaje basado en videos*; entrenamiento provisto por el uso de videos.

La elección de método dependerá de:

- El resultado deseado del entrenamiento;
- Las fortalezas y debilidades del método;
- La disponibilidad de recursos de entrenamiento;
- El estilo preferido de aprendizaje del individuo; y
- El tiempo disponible para completar el entrenamiento.

El Cuadro 5.3 da una indicación de si los métodos de entrenamiento son efectivos en cambiar la actitud, el conocimiento o la habilidad, y si el entrenamiento es dado o facilitado en el trabajo o fuera del mismo; ciertamente, hay ventajas y desventajas asociadas con cada método de entregar o facilitar la ECE. Estos están perfilados en el Cuadro 5.4.

<i>Método</i>	<i>Actitud</i>	<i>Conocimiento</i>	<i>Habilidad</i>	<i>Entrega</i>
Entrenamiento	Si	Si	Si	En el trabajo
Conferencia/seminario	No	Si	No	Fuera del trabajo
Aprendizaje asistido por computadoras	No	Si	No	Fuera del trabajo
Cursos	Si	Si	Si	Fuera del trabajo
Lecturas dirigidas	Si	Si	No	Fuera del trabajo
Por observación	No	Si	Si	En el trabajo
Pasantía	Si	Si	Si	En el trabajo
Material de auto-estudio	No	Si	No	Fuera del trabajo
Por simulación	Si	No	Si	Fuera del trabajo
Aprendizaje basado en videos	No	Si	No	Fuera del trabajo

*Cuadro 5.3-Impacto de varios métodos de la ECE en la actitud, el conocimiento y las habilidades, y la forma cómo son usualmente entregados o facilitados*

## 5.5

### ALGUNAS TENDENCIAS EN LA ECE

Cualquier programa desarrollado dentro de un SMN debería tomar en cuenta:

- Las necesidades y la cultura de la organización;
- La brecha entre las competencias y aptitudes de los individuos y aquellos que estos requieren en el futuro;

- La disponibilidad y la propiedad de los diversos métodos de entregar o facilitación de la ECE.

Consecuentemente, no es posible definir en forma única lo que debería ser un programa de ECE para todos los SMN. Es posible, sin embargo, identificar algunas tendencias en el desarrollo de esos programas.

## Planes de entrenamiento

Progresivamente los programas de ECE están siendo fundamentados en un análisis de las necesidades de entrenamiento de la organización. Sin embargo esto puede ser una tarea difícil de llevarse a cabo; esto tiene el beneficio de asegurar que el programa de ECE tiene una base firme y que está vinculado con las metas estratégicas de los SMN. El resultado del análisis y la identificación de actividades apropiadas de ECE son a menudo contemplados en un Plan de Entrenamiento. Por ejemplo, el Plan de Entrenamiento podría señalar que las metas estratégicas de los SMN deben:

- Incrementar la habilidad de los pronosticadores para actuar como asesores meteorológicos;
- Aumentar el conocimiento de sistemas a mesoscala;
- Asegurar que el uso efectivo está hecho en base a sistemas nuevos de satélites y radar;
- Hacer mayor uso de Internet para entregar servicios de pronóstico; y
- Mejorar la exactitud en el pronóstico del tiempo severo.

El Plan de Entrenamiento también debería definir la estrategia a ser seguida y las acciones específicas asociadas con la implementación de la estrategia. Adicionalmente, debería establecerse usualmente una valoración de los recursos requeridos. Por ejemplo, la estrategia podría ser en proveer a todos los pronosticadores con entrenamiento acerca de los nuevos sistemas del satélite y del radar dentro de los siguientes dos años por venir. La acción asociada puede ser desarrollar el aprendizaje asistido por computadora que sería usado en las oficinas de pronóstico. Alternativamente la decisión podría ser en hacer que los pronosticadores atendiesen un curso corto en esta materia, bien sea a través de uno facilitado centralmente o en la misma oficina de pronóstico.

## Cursos cortos

En el pasado ha habido una tendencia con cursos de fundación o institucionales largos, con la expectativa que este entrenamiento prepararía al personal para una gran variedad de colocaciones dentro de los SMN, y que el conocimiento y las habilidades adquiridas no pasarían de moda rápidamente. Hoy día, sin embargo, las demandas hechas a los SMN y el desarrollo de la ciencia meteorológica están cambiando rápidamente. También los altos costos de los entrenamientos de fundación están siendo escudriñados por lo de las presiones financieras sobre los SMN. Una respuesta para estas presiones es:

- Limitar el entrenamiento de fundación o institucional a la adquisición de las competencias requeridas para un trabajo particular tanto ahora como en un futuro cercano.

<b>Método</b>	<b>Características</b>
Entrenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una buena vía de practicar habilidades nuevas en el trabajo;</li> <li>• El éxito depende de la efectividad de las sesiones meteorológicas orales informativas y desinformativas antes y después una ejecución de tarea;</li> <li>• El apoyo del entrenador es requerido;</li> <li>• El individuo debe estar preparado para discutir francamente áreas en las cuales el desempeño no es adecuado;</li> </ul>
Conferencia/seminario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De mayor valor en complementar otras actividades de ECE;</li> <li>• Los participantes tienden a ser pasivos;</li> <li>• Puede ser una experiencia estimulante y enriquecedora;</li> </ul>
Aprendizaje asistido por computadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede contener tanto información instruccional como ilustrativa;</li> </ul>

Cursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aprendizaje puede hacerse en el tiempo propicio del individuo y a su forma;</li> <li>• Las computadoras y el software pueden ser costosas;</li> <li>• Necesita ser apoyado por otras actividades para desarrollar habilidades en usar los conceptos aprendidos;</li> <li>• El contenido puede no reflejar la estructura de la organización y sus necesidades;</li> <li>• Útil cuando varias personas tienen la misma necesidad de entrenamiento;</li> <li>• Necesita tener en cuenta la presión del tiempo y los compromisos de trabajo de todos los participantes;</li> <li>• Necesita ser programado por adelantado;</li> <li>• Removerá temporalmente al individuo del lugar de trabajo;</li> </ul>
Lecturas dirigidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuado para adquirir conocimiento nuevo;</li> <li>• Necesita ser apoyado por otras actividades para desarrollar habilidades en usar los conceptos aprendidos;</li> <li>• Esencialmente una actividad 'sola o única', puede no ser atractiva a personas que prefieren interactuar con otros y aprender en grupos;</li> </ul>
Observación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una buena forma para estudiar las aplicaciones basadas en trabajos prácticos de conceptos teóricos;</li> <li>• Útil cuando un individuo quiere ver cómo un concepto nuevo es puesto en práctica antes de aplicarlo en su propio trabajo;</li> <li>• El entendimiento mutuo entre el individuo y su imagen es esencial;</li> <li>• La imagen no debe sentirse amenazada;</li> </ul>
Pasantía/colocación temporal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede proveer una buena experiencia de ampliar los horizontes;</li> <li>• Los objetivos debe estar claramente definidos;</li> <li>• La inducción efectiva es necesaria;</li> </ul>
Material de auto-estudio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Útil para adquirir conocimiento;</li> <li>• Para ser efectivo el material necesita estar bien estructurado y toma en cuenta cómo aprenden las personas;</li> <li>• Apoyo/soporte en usar el material es a menudo requerido;</li> </ul>
Simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una buena vía de dar exposición a las prácticas basadas en trabajos y problemas reales;</li> <li>• Puede servir para someter a prueba sin los riesgos de la vida real de aplicación del aprendizaje;</li> <li>• Las simulaciones complicadas tardan mucho tiempo en montarse y hacerlas correr;</li> <li>• Requieren el soporte de al menos otra persona;</li> </ul>
Aprendizaje basado en videos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser una forma rápida de aprender;</li> <li>• Puede ser usado por un individuo o con un grupo;</li> <li>• Los videos pueden costar caro y ser de calidad variable.</li> </ul>

Cuadro 5.4 — Características de métodos diversos para facilitar/entregar las actividades de ECE

- Institucionalizar un programa de ECE que permita a los empleados actualizarse y desarrollar sus aptitudes y competencias cuando sea requerido. Este programa usualmente consta de un conjunto de cursos cortos apuntados a áreas específicas de competencia; por ejemplo, la interpretación de productos PNT, uso del satélite y la imaginería de radar y provisión de pronósticos de probabilidad.

Esta aproximación a la ECE permite una respuesta muy flexible a las necesidades cambiantes de los SMN y sus empleados. Sin embargo, el proceso tiene que ser administrado efectivamente para asegurar que todo el equipo que necesita actualizar sus habilidades y conocimientos, participe de las actividades apropiadas de ECE. También hay que ser pro-activo en identificar las recién emergentes áreas de actividad a fin de que la dependencia de ECE puedan oportunamente ser puestos en lugar.

Calificación y En estos últimos años ha habido una tendencia en desarrollar calificaciones o

**acreditación vocacional** aptitudes vocacionales las cuales son acreditadas a por un cuerpo calificador de méritos. Las aptitudes vocacionales se basan en una definición clara de las competencias requeridas en un área particular de empleo – el estándar ocupacional. Consecuentemente, la calificación es directamente relevante para ambos el empleador y el empleado. En el sector meteorológico algunas aptitudes vocacionales están siendo establecidas para los observadores y pronosticadores para responsabilizarse por una necesidad nacional particular.

Para obtener una calificación vocacional, un individuo usualmente tiene que demostrar que ha adquirido todas las competencias definidas en el estándar ocupacional. Idealmente, la forma en la cual estas competencias son adquiridas debería ser considerada como irrelevante – no tiene importancia si resultan de cursos, lectura dirigida, entrenamiento, etc. Hay dos ventajas principales de tener una calificación vocacional:

- Para un entrenamiento de fundación, la calificación establece un estándar reconocido que puede ser usado por una variedad de instituciones educativas o de entrenamiento;
- El estándar ocupacional provee un marco de referencia para las actividades ECE; por ejemplo, un curso corto podría ser ofrecido que apunte al mantenimiento o acrecentamiento de un conjunto particular de competencias que forman parte del estándar ocupacional.

Así como las aptitudes o calificaciones vocacionales son desarrolladas, existe un interés creciente en el establecimiento de esquemas de acreditación por cuerpos profesionales. En el sector de meteorológico, el cuerpo profesional es usualmente una Sociedad Meteorológica Nacional o un Cuerpo Profesional a nivel Nacional, aunque en algunos casos es el Servicio Meteorológico Nacional que toma este papel. El esquema de la acreditación define el estándar, ambos en términos de las habilidades profesionales y las cualidades personales que necesitan ser satisfechas. Para algunos de estos esquemas existe un requerimiento para demostrar un compromiso al desarrollo profesional por estar activamente involucrados en actividades de ECE. Esto quiere decir que la ECE es un requisito básico en vez de ser algo opcional.

### Alistamiento e inducción

Un aspecto crucial de tener una fuerza de trabajo adecuadamente motivada y competente es reclutar a las personas correctas. Así como hay que considerar el logro, la inteligencia y la aptitud, hay que evaluar la personalidad y la motivación. Los Servicios Meteorológicos Nacionales necesitan empleados que estén dispuestos y sean capaces de adquirir habilidades nuevas con el propósito de desarrollar sus carreras o adaptarse a los requerimientos cambiantes.

Considere los requerimientos de los pronosticadores. Una vez el papel principal de los pronosticadores fue usar sus conocimientos meteorológicos para pronosticar el tiempo. Sin embargo, progresivamente los modelos PNT están produciendo los pronósticos. Esto quiere decir que el papel del pronosticador está cambiando, hay ahora mucho más énfasis en presentar la información en la forma requerida por el usuario de los servicios, o actuar como un asesor meteorológico. Consecuentemente, se está haciendo progresivamente importante reclutar a los pronosticadores que tengan:

- Un buen nivel de habilidades interpersonales y de comunicación;
- La capacidad de trabajar como miembro de un equipo; y
- La habilidad para responder positivamente al cambio.

Si los reclutas de pronóstico tienen estas características, entonces debería ser posible tener un programa efectivo de ECE para pronosticadores.

Es de apuntarse también que la inducción adecuada es vital en desarrollar la aproximación correcta para el desarrollo profesional desde principio de la carrera de un individuo en el SMN. La inducción debería resaltar los derechos y las responsabilidades asociadas con el desarrollo profesional y dar una clara

## Entrenamiento del instructor y supervisor

indicación de cómo ganar acceso a las oportunidades disponibles a la ECE. Para que los programas de ECE sean tan efectivos como sea posible es importante que las personas involucradas en la entrega o facilitación del programa estén verdaderamente adiestradas. Por ejemplo, los instructores requieren conocimiento sobre:

- Los temas que son cubiertos por la actividad de ECE;
- Una aproximación sistemática al entrenamiento – identificación de necesidades de entrenamiento, el plan de entrenamiento, el diseño y la entrega del entrenamiento y la evaluación del entrenamiento; y
- La forma de aprendizaje de los adultos y cómo estos están motivados.

Hubo una tendencia del entrenamiento de los instructores en concentrarse en la primera parte de estos aspectos arriba mencionados, pero ahora es reconocido que las otras dos áreas del conocimiento son vitales. Esto ha influenciado la manera en que los instructores son adiestrados.

No es únicamente el instructor profesional quien requiere las habilidades apropiadas; progresivamente el supervisor está jugando un papel crucial en el encauzamiento y apoyo a las actividades de ECE. Por consiguiente, los supervisores necesitan tener entrenamiento apropiado. Sin esto, existe el peligro que los beneficios de la ECE no tendrían un impacto significativo en el desempeño.

5.6

## COMENTARIOS FINALES

La ECE debería ser vista dentro del contexto de cómo y porque una organización cambia; también, para que la educación y el entrenamiento sean de valor real para el individuo y la organización se necesita:

- El compromiso integral de toda la organización para el entrenamiento y desarrollo de los individuos;
- Un claro entendimiento del propósito y las necesidades de la organización y el papel del individuo en esa organización;
- La planificación efectiva del entrenamiento y desarrollo a fin de que las necesidades del individuo y la organización sean ambas tomadas en cuenta;
- La información sobre cómo las actividades de entrenamiento y de desarrollo pueda ser accesible;
- La acción tomada al implementar un plan de entrenamiento del individuo;
- Un claro entendimiento de lo que espera ganar un individuo de una actividad de entrenamiento y desarrollo; y
- La evaluación de la efectividad de la actividad de entrenamiento y desarrollo.

Estos pueden ser difíciles de lograrse pero yendo hacia estas metas debería esperarse beneficios tanto para el individuo como para la organización.

## PARTE B

### EJEMPLOS

---

#### Ejemplos del Paquete de Instrucción Básica

Ejemplos de los requerimientos actuales de competencia o aptitud para el trabajo

El espíritu de ‘flexibilidad enfocada’ y ‘la adaptación específica’ seguidas en la Parte A, es, en cierta forma, puesta a la inversa o reversada bajo la Parte B presente, dónde los ejemplos de la vida real son ‘específicamente enfocados’, pero estos aún pueden ser ‘flexiblemente adaptados’ a las prioridades locales.

Los cuatro ejemplos del Capítulo 6 ilustran el Paquete de Instrucción Básica (PIB) para Meteorólogos y Técnicos Meteorológicos que califican al nivel de trabajo de entrada o principiantes. Los directores o principales de las instituciones educativas pertinentes, los maestros e instructores pueden inspirarse así mismos de estos ejemplos al diseñar e implementar sus programas educativos para la formación inicial de empleados meteorológicos.

Los nueve ejemplos del Capítulo 7 resaltan los requerimientos de competencia o aptitud de trabajo al nivel operacional actual en algunos SMN. Se recuerda que definir las competencias para el trabajo es sólo el primer paso en identificar los requisitos o requerimientos en términos del conocimiento y las habilidades. Una vez que estos requisitos son conocidos, los programas apropiados y los currículos para el entrenamiento especializado más allá del PIB-M y los estándares o normas PIB-TM pueden ser diseñados. Se espera que las actividades resultantes de entrenamiento, mientras estén enfocadas a las necesidades reales de los SMN, deberían tomar en cuenta también las posibles limitaciones en recursos financieros y humanos, así como también la disponibilidad de oportunidades de entrenamiento y las instalaciones y otras facilidades.

## CAPÍTULO 6

# EJEMPLOS DEL PAQUETE DE INSTRUCCIÓN BÁSICA

---

Ejemplos de:

Un Programa Completo PIB-M:  
*Grado de Licenciado en Ciencias Atmosféricas*

Un Programa Condensado PIB-M:  
*Diploma de Postgraduado en Meteorología*

Un Programa Completo PIB-TM:  
*Diploma de Técnico Superior en Meteorología*

Un Programa Condensado PIB-TM:  
*Certificado de Observador Meteorológico*

Las descripciones del PIB-M y PIB-TM en los Capítulos 3 y 4 sólo presentan un marco referencial de currícula para la calificación inicial de empleados meteorológicos, los ejemplos reales PIB de este capítulo podrían facilitar una descripción más completa de la efectiva organización de programas relevantes de enseñanza.

El primer ejemplo describe la mínima composición curricular composición y opción de carrera para un dependencia o división de grado de cuatro años en las ciencias atmosféricas. El segundo ejemplo describe un curso de diploma de postgraduado de 12 meses en meteorología para estudiantes graduados, con un grado en dominios selectos (por ejemplo, en matemáticas, física o química). El tercer ejemplo ilustra un curso completo de dos años para Técnicos Superiores Meteorológicos y el cuarto ejemplo describe un programa de cinco meses para Técnicos Medios Meteorológicos (ejemplo, los Observadores Meteorológicos).

Estos ejemplos pueden inspirar a los instructores y gerentes a desarrollar sus programas para la educación básica en meteorología; también pueden ser de ayuda para los estudiantes prospectivos que exploran alternativas educativas en las ciencias atmosféricas. Dependiendo de las circunstancias actuales, particularmente del prerrequisito básico de conocimientos de los estudiantes principiantes, lo extenso de tales programas puede ligeramente ser diferente de la duración arriba indicada. Por ejemplo, un programa condensado PIB-M puede tomar hasta dos años académicos, en caso de un grado a nivel de Maestría, mientras que un programa completo PIB-TM podría ser implementado en un año académico en caso de estudiantes con buena formación en matemáticas y física.

## 6.1 EJEMPLO DE UN PROGRAMA COMPLETO PIB-M

Adaptado por J. T. Snow del Grado de Licenciado en Ciencias Atmosféricas; Declaración de Políticas por la Sociedad Meteorológica Americana (AMS, por sus siglas en inglés), 1999; USA.

### Introducción

Esta declaración describe la composición del curricular mínimo, el dimensionamiento del cuerpo facultativo y la disponibilidad de facilidades recomendadas por la Sociedad Meteorológica Americana para un programa de pre-grado en la ciencia atmosférica. Para los propósitos de esta declaración, los términos 'ciencia atmosférica' y 'meteorología' son considerados equivalentes. Se basa en el modelo estadounidense, en donde la educación inicial y el entrenamiento de los individuos aspirando a ser meteorólogos profesionales se completa en una universidad usualmente en un período de cuatro años (ocho semestres de 15 semanas). Los graduados de tales programas quienes entran al servicio del gobierno, normalmente completan un entrenamiento especializado adicional en un centro federal de entrenamiento y sirven por un período de capacitación largo. Los graduados, quienes obtienen empleo en el sector privado o en los medios noticiosos, típicamente no reciben entrenamiento adicional al nivel de entrada o inicial del trabajo. Finalmente, muchos graduados siguen el grado de Maestría (requiriendo usualmente dos años de estudio adicional en un área de especialidad y la realización de una tesis de grado en investigación) antes de buscar un empleo inicial; otros regresan a la universidad posteriormente en sus carreras para obtener también el grado de Maestro para realzar su progresión de carrera. Consecuentemente, el programa descrito en la declaración de la AMS está estructurado para preparar a los estudiantes para iniciarse según los diversos caminos de carrera.

El propósito primario de esta declaración es proveer consejo al cuerpo académico universitario y los administradores que buscan establecer y mantener los programas universitarios de pre-grado en la ciencia atmosférica. También aporta información que puede ser de ayuda para los estudiantes prospectivos que exploran alternativas educativas en la ciencia atmosférica.

Un programa académico contemporáneo en la ciencia atmosférica debe proveer a estudiantes de un background fundamental en la ciencia atmosférica básica y las ciencias relacionadas y las matemáticas. También debe proveer flexibilidad y holgura de manera que los estudiantes puedan prepararse para proseguir una variada gama de vías profesionales de carrera.

Los atributos del programa listados en la siguiente sección son aquellos comunes para cualquier carrera en la ciencia atmosférica. Cursos de trabajo adicional puede ser de ayuda para iniciarse en algunos caminos específicos de carrera; las sugerencias se dan en el último capítulo para unas pocas carreras seleccionadas.

Mientras muchas similitudes existen, el programa curricular descrito para el grado de Licenciado difiere en algo de lo requerido para el empleo como meteorólogo por el gobierno federal. Aunque los requisitos federales proveen una guía excelente de preparación para una carrera en el pronóstico operacional del tiempo, los requisitos académicos universitarios son diseñados para apoyar un espectro o gama de opciones de carrera.

### Atributos de los programas de grado de Licenciado

Los objetivos del programa de grado de Licenciado en la ciencia atmosférica deberían incluir uno o más de lo siguiente:

- Estudio en profundidad de meteorología a servir de culminación para ciencias o educación en artes liberales;
- Preparación para la educación como graduado;
- Preparación para el empleo profesional en meteorología o en un campo estrechamente relacionado.

### *Ofertas de cursos*

El curriculum que conduce a un grado de Licenciado en Ciencias (o un grado de Licenciado en Artes) en la ciencia atmosférica debería contener:

Al menos 24 horas/semestre de crédito en la ciencia atmosférica que incluye:

- (i) • Doce horas/semestre de clases y cursos de laboratorio, con cálculo como un prerrequisito o co-requisito, en termodinámica atmosférica y dinámica, sinóptica, y meteorología a mesoscala, que proveen un tratamiento amplio de los procesos atmosféricos en todas las escalas;
  - Tres horas/semestre de física atmosférica con énfasis en la física de nubes/precipitación y radiación solar y terrestre;
  - Tres horas/semestre de mediciones atmosféricas, instrumentación o percepción remota, incluyendo tanto las clases como los componentes de laboratorio, y
  - Tres horas total en el semestre en uno o más de lo siguiente: Un curso en algún aspecto de meteorología aplicada, como la meteorología de la contaminación del aire, meteorología de aviación, meteorología agrícola, hidrología o hidrometeorología, técnicas de pronóstico de tiempo o climatología aplicada; un internado enfocado en una carrera en la ciencia atmosférica o en un campo estrechamente relacionado; un proyecto de investigación de pre-grado.
  - Tres horas/semestre adicionales en materias electivas de ciencia atmosférica.
- (ii) Matemáticas, incluyendo cálculo y las ecuaciones diferenciales ordinarias en los cursos diseñados de área principal bien sea en matemáticas, ciencias físicas o ingeniería;
- (iii) Un año secuencial de clases de física y cursos de laboratorio, con cálculo como un prerrequisito o co-requisito;
- (iv) Un curso de química, apropiada para la especialización en ciencia física;
- (v) Un curso en ciencia de la computación, apropiada para la especialización en ciencia física;
- (vi) Un curso en estadísticas, apropiadas para la especialización en ciencia física;
- (vii) Un curso en escritura profesional, técnica o científica;
- (viii) Un curso enfocado primariamente en desarrollar habilidades orales de comunicaciones de los estudiantes.

Los requerimientos de los cursos deberían incluir componentes que utilicen las facilidades departamentales y/o institucionales computacionales modernas.

Como en cualquier currículo de ciencias, los estudiantes deberían tener la oportunidad y ser animados en suplementar los requerimientos mínimos exigidos con curso de trabajo adicional en su especialización y áreas de apoyo. Este curso de trabajo suplementario puede incluir materias o cursos diseñados para ampliar la perspectiva del estudiante acerca del planeta Tierra y las ciencias de ambientales (ejemplo, la hidrología, la oceanografía y las ciencias de la parte sólida de la Tierra) y las ciencias de la administración y las ciencias políticas, así como los cursos adicionales en las ciencias básicas, matemáticas e ingeniería. También, los estudiantes deberían ser fuertemente urgidos en prestar atención considerable al trabajo adicional de curso u otras actividades diseñadas para desarrollar habilidades efectivas de comunicaciones tanto en la parte escrita como la oral.

### *El Cuerpo de Profesores*

Debería haber un mínimo de tres profesores regulares a tiempo completo o integral con experiencia suficientemente amplia, para dirigir las áreas objetivas identificadas en el ítem (i) anterior. El papel de este cuerpo facultativo debería traspasar la enseñanza y la investigación e incluir el asesoramiento y la consejería a los estudiantes con diversos antecedentes y fundamentos educativos y culturales.

### *Instalaciones y facilidades*

Debería existir un espacio coherente para el programa atmosférico de ciencia y sus estudiantes. Contenidas dentro de este espacio debería haber instalaciones y facilidades, donde los datos meteorológicos en tiempo real y los archivados pueden ser accesibles a través de los sistemas de adquisición de datos basados en computadoras y sistemas de muestreo y exhibición, e instalaciones interiores y externas adecuadas para la enseñanza moderna de la observación y las técnicas

de mediciones atmosféricas.

Para dar apoyo a los cursos descritos en (i) – (viii) de arriba, el programa atmosférico de ciencia debería proveer a los estudiantes las modernas ayudas computacionales, con las aplicaciones del software adecuado para el diagnóstico de los procesos físicos y dinámico en la atmósfera. Alternativamente, los estudiantes deberían tener vías de acceso sin dificultad a las instalaciones institucionales que proveen estas capacidades y facilidades.

*Enrolamiento y  
permanencia de los  
estudiantes*

Las instituciones deberían proveer programas académicos con recursos y la flexibilidad necesaria para reclutar o enrolar y retener a los estudiantes con diversos fondos educativos y culturales.

*Preparación para  
carreras seleccionadas  
en ciencia atmosférica*

Esta sección provee consejo acerca de los cursos adicionales que podrían ser útiles para aquellos estudiantes que desean seguir un camino específico de carrera en la ciencia atmosférica.

Las carreras listadas se considera que proveen particularmente buenas oportunidades para el nivel de entrada, sin embargo cubren sólo una fracción pequeña de las oportunidades profesionales de empleo en meteorología. Desde que esta declaración está concernida con el grado de Licenciado y los estudiantes de hecho ya se les exigen muchos requisitos de curso, solamente algunos cursos adicionales están listados por carrera. No se pretende presentar una lista exhaustiva de todos los cursos que podrían ser útiles para una carrera particular.

Los estudiantes deberían tener presente que muchos de los cursos sugeridos pueden tener prerrequisitos que no están listados aquí y que pueden diferenciarse de institución a institución.

Por regla general, realizando un período de capacitación en el área de interés y/o completando un proyecto de investigación de pre-grado en un tópico en el área son complementos excelentes para los cursos adicionales aquí listados.

*Carreras en pronóstico  
del tiempo*

Los estudiantes que tienen la intención de seguir este campo de carrera o especialización deberían seriamente considerar incluir los siguientes cursos de trabajo o tipos de experiencias en su programa de estudio:

- (i) Tres cursos en meteorología sinóptica y meteorología a mesoscala, incluir una introducción al PNT (estos cursos incluirían cualquier otro tomado como parte de los cursos recomendables en los requisitos básicos bajo el ítem (i) de la subsección de Ofertas de Cursos);
- (ii) Un curso en análisis operacional del tiempo y técnicas de pronóstico que incluye un componente de laboratorio;
- (iii) Un curso sobre sensores remotos que incluya un componente de laboratorio (tal curso también reuniría los requerimientos básicos bajo el ítem (i) de la subsección de Ofertas de Cursos).

*Carreras en  
contaminación del aire*

Los estudiantes que tienen la intención de seguir este campo de carrera o especialización deberían seriamente considerar incluir los siguientes cursos de trabajo o tipos de experiencias en su programa de estudio:

- (i) Un curso adicional de química (en la mayoría de las universidades este curso sería una continuación del curso requerido para completar los requisitos de un curso de química, ítem (iv) de la subsección de Ofertas de Cursos);
- (ii) Un curso en química atmosférica o ambiental;
- (iii) Un curso en turbulencia atmosférica, micrometeorología, o meteorología de la capa límite;
- (iv) Un curso de meteorología de la contaminación del aire con cursos tales como los de (ii) y (iii) de arriba, como prerrequisitos;
- (v) Un curso que implique análisis de la dispersión y el uso de modelos de calidad de aire.

Los estudiantes que tienen la intención de seguir una carrera en el sector

*Carreras relacionadas  
con empresas*

privado o de meteorología comercial sería aconsejable que obtuviesen algún conocimiento del mundo comercial. Los siguientes cursos pueden ser de ayuda:

- (i) Un curso en mercadeo o comercialización;
- (ii) Un curso en principios de gerencia y administración;
- (iii) Un curso en sistemas de información de gerencia y administración; y
- (iv) Un curso en comportamiento o conducta organizacional o uno en empresariado o de gerencia y administración comercial de pequeñas empresas.

## 6.2 EJEMPLO DE UN PROGRAMA CONDENSADO PIB-M

Adaptado de L. A. Ogallo del currículo de Diploma de Postgraduado en Meteorología, Universidad de Nairobi, 1999; Kenya

### Introducción

El Departamento ofrece los cursos del Diploma de Postgraduado en Meteorología provisto para aquellos estudiantes quienes tienen un título académico en las áreas diferentes de meteorología, que desean para tomar el campo de la meteorología como una profesión. Los estudiantes admitidos en este programa deberían tener un grado de Licenciado o equivalente en cualquiera de las siguientes combinaciones:

- Matemáticas y física;
- Matemáticas con física, tomadas el primer año;
- Matemáticas y química con física, tomadas el primer año; y
- Física con química.

Los cursos ofrecidos en este programa son los mismos que aquellos cubiertos en el programa de pre-grado o de licenciatura en meteorología. En muchos casos, los estudiantes postgraduados pueden compartir las mismas clases con los estudiantes no graduados en el segundo, tercero y cuarto año. El número total de unidades de crédito para este curso es 15, dividido en partes iguales para cada uno de los dos semestres universitarios. La duración del curso es un año calendario (12 meses). Los últimos tres meses son asignados a un proyecto de trabajo.

### Esquema de evaluaciones

(a) Para todos los cursos aparte del proyecto de trabajo, las evaluaciones continuas constituirán 30 por ciento de la nota del puntaje total, mientras que los exámenes escritos constituyen el 70 por ciento remanente. Los estudiantes emprenderán proyectos de investigación en los campos de aplicación de la meteorología o las aplicaciones meteorológicas bajo la supervisión de un(os) miembro(s) académico(s) de cuerpo profesoral. El proyecto de trabajo es presentado oralmente ante un panel de examinadores incluyendo a un examinador externo. Las presentaciones orales finales constituyen el 50 por ciento de las notas. Los estudiantes deben submitir los reportes del proyecto mecanografiado, debidamente firmados por su(s) supervisor(es) respectivo(s). Estas informaciones serán examinadas por al menos dos examinadores internos de lo cual el estudiante obtendrá el 50 remanente;

(b) La nota aprobatoria para cada unidad de curso es de 50 por ciento;

(c) Para ser elegible a la concesión del Diploma de Postgraduado en Meteorología, el candidato debe pasar al menos 13 de las 15 unidades con un grado promediado mayor o igual del 50 por ciento;

(d) Un candidato que falle entre 7 – 12 unidades con un promedio de 50 por ciento le será permitido presentar exámenes suplementarios en las unidades reprobadas;

(e) Un candidato que falle en cumplir los requisitos citados anteriormente puede permitírsele repetir el año, con la provisión que haya aprobado al menos 6 unidades;

(f) El Diploma será clasificado basado en el promedio de todas las 15 unidades, de la manera siguiente:

- 50 – 59 por ciento – aprueba;

- 60 – 69 por ciento – aprueba con crédito;
- $\geq 70$  por ciento – aprueba sobresaliente.

### Materias curriculares esenciales

Para obtenerle a un Diploma de Postgraduado en Meteorología, los cursos fundamentales ofrecidos son como sigue:

SMR 201: Instrumentos meteorológicos y métodos de observación  
 SMR 202: Radiación atmosférica y óptica  
 SMR 301: Meteorología dinámica I  
 SMR 302: Meteorología tropical I  
 SMR 303: Circulación general y climatología  
 SMR 304: Meteorología sinóptica y análisis del tiempo  
 SMR 305: Aplicaciones de métodos estadísticos en meteorología I  
 SMR 307: Termodinámica y física de nubes  
 SMR 308: Hidrometeorología I  
 SMR 309: Agrometeorología I  
 SMR 401: Meteorología dinámica II  
 SMR 402: Meteorología tropical II  
 SMR 403: Proyecto de Trabajo  
 SMR 405: Aplicaciones de métodos estadísticos en meteorología II  
 SMR 407: Micrometeorología y contaminación atmosférica

Nota: Cada curso equivale a 1 unidad de crédito.

### *Instrumentos meteorológicos y métodos de observación*

La necesidad de la vigilancia de la atmósfera. Los instrumentos meteorológicos estándar; sus usos, su exactitud y las fuentes de errores en las observaciones meteorológicas. Las características y los usos de las plataformas especiales de observación: satélites, globos meteorológicos a nivel constante, boyas automáticas y cohetes. Observaciones sinópticas del tiempo tomadas desde la superficie y de las plataformas espaciales. Los usos de la imaginería del satélite. Los códigos meteorológicos. *In situ* y las técnicas óptimas de interpolación en el procesamiento de datos, especialmente con el SST. Implementación de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM). Diseño de redes óptimas y mínimas para observaciones meteorológicas.

### *Radiación atmosférica y óptica*

Características del Sol y del sistema Sol-Tierra, movimientos y la duración aparente del Sol sobre el horizonte, actividad de las manchas solares, sistema Tierra-Luna, eclipses, mareas, etc. Técnicas de medición de la radiación solar; absorción, emisión y dispersión de la radiación. Reducción o disminución de la radiación solar (directa/difusa) bajo condiciones de cielos despejados y nublados, la reducción promedio de la radiación, la reflexión en la superficie de la Tierra y los océanos. El balance de calor en el sistema Atmósfera-Tierra y el papel del dióxido de carbono, el vapor de agua y el ozono en la calidad y cantidad de la radiación; cartas o gráficas de la radiación. Introducción a la óptica atmosférica con aplicación para fenómenos tales como el arco iris, halos (solares y lunares) y otros fenómenos; transparencia de la atmósfera y el rango visual.

### *Meteorología dinámica I*

Fuerzas reales y aparentes que afectan los movimientos atmosféricos. La ecuación del movimiento en sistemas de coordenadas inercial y rotacional. La ecuación relativa del movimiento y sus componentes en diferentes sistemas de coordenadas (cartesiano, de presión, natural y de coordenadas esféricas). Análisis de escala de la ecuación relativa del movimiento. Las aproximaciones geostrófica e hidrostáticas. El flujo horizontal sin fricción de movimientos balanceados: El flujo geostrófico, flujo inercial, flujo ciclostrófico y flujo gradiente. El viento térmico, barotrópico y atmósfera baroclínica. Divergencia y teoremas de vorticidad, sus análisis de escala.

### *Meteorología tropical I*

Las diferencias entre los trópicos y las zonas extra-tropicales. La circulación general tropical: Campos medios observados; la temperatura, el viento zonal, movimientos meridionales medios, la humedad, la presión atmosférica al nivel del mar. Balance del momento angular y mantenimiento de campo de temperatura; balance de agua en la atmósfera. La ZCI, características verticales y estacionales. El tiempo en los alrededores de la ZCI, la doble vaguada ecuatorial.

Los monzones y el clima asociado con referencia particular para África y el sudeste de Asia. La corriente tropical en chorro y su relación con el viento térmico: Subtropical, tropical del este, la corriente en chorro a nivel bajo del este africano y del oeste de África, ondas del Este, principales anticiclones africanos, ciclones tropicales, líneas de turbonada del oeste africano. La localización estacional, intensidad y estructura de los sistemas que controlan el tiempo sobre África con referencia al África oriental.

### *Circulación general y climatología*

Características principales de la circulación general atmosférica: La corriente en chorro, celdas de la circulación global, dinámica de la circulación del monzón y fluctuaciones de los sistemas generales de circulación. El momento angular: Transportes meridionales y verticales del momento angular, calor y vapor de agua. El mantenimiento de la circulación media, viento zonal y temperatura. Introducción a la energética atmosférica: La energía cinética, energía potencial, energía potencial total y la energía potencial disponible. Clasificaciones climatológicas: Uso de vegetación, balance de agua, balance de energía, la de Budyko como índice de radiación de sequedad; los datos del satélite y otros métodos. Limitaciones de la observación instrumental en meteorología. Estimación de datos faltantes: Método del punto de retícula o malla y por los registros de área. Cambio climático, impactos potenciales y estrategias de adaptación. Climatología general de África; climatología regional de África oriental. Procesos del clima; factores que controlan el sistema global del clima. Procesos del clima global: Fluctuaciones pasadas, presentes y futuras del clima global y regional. Estadística climatológica; el uso del paleoclima y los registros instrumentales. Las causas de la variabilidad y cambio climático: Causas naturales y antropogénica, variaciones aleatorias. Interacciones Tierra-océano-mar y el clima global. Historia y aplicaciones de los modelos climáticos. Microclimas. Cambio de clima: Suelos, vegetación, animales, agricultura, hidrología, vivienda, la economía, industria del transporte, las comunicaciones, etc. Distribuciones espaciales y temporales de los parámetros climáticos principales: La radiación, la temperatura, la presión, el viento, hidrometeoros, la precipitación, la nubosidad, la nieve, la evaporación, la humedad, la niebla y tormentas. Cambio climático: Clima, sequía y desertización. Factores que controlan el clima, fluctuaciones climáticas pasadas, presentes y futuras.

### *Meteorología sinóptica y análisis del tiempo*

Los diferentes tipos de gráficas usadas en una oficina de pronóstico. Las diferentes escalas de movimiento identificable en las cartas sinópticas diarias. Análisis e identificación de perturbaciones de latitudes medias y altas: Ondas en los Vientos del Oeste, el índice zonal, ondas largas y cortas (Rossby), relación viento- presión, cuasi geostrofico, análisis de líneas de corriente-isotacas, masas de aire y frentes. Transformaciones de las masas de aire. Pendiente frontal, el tiempo asociado con las masas de aires, ciclones y anticiclones extra-tropicales, sistemas bloquadores, estructura de la corriente en chorro. Análisis e identificación de las características de espacio-tiempo de los sistemas sinópticos tropicales del tiempo en África y África Oriental. Inclínación vertical de los sistemas de escala sinópticos. Pronóstico para aviadores: Para las fases de despegue, vuelo de crucero, el descenso y el aterrizaje. Los códigos METAR y TAF, la visibilidad, engelamiento de aeronaves, turbulencia de aire claro, los factores meteorológicos en los vuelos supersónicos. Pronostico para marineros, agrónomos, hidrólogos y otros usuarios. La aplicación del satélite en la meteorología sinóptica. La meteorología sinóptica aplicada a las técnicas modernas de pronóstico: Desarrollo, interpretación de pronósticos numéricos y simulaciones por computadora. El análisis tridimensional de sistemas atmosféricos, por secciones transversales y temporales de cartas sinópticas de aire superior. Análisis por líneas de contorno o isóbaras y por líneas de corriente: Patrón de continuidad. Confluencia y difluencia: Computación de la verticidad y divergencia. El análisis, la identificación y pronóstico de sistemas sinópticos a mesoescala: La ZCI y la DIT, Monzones, corrientes en chorro, anticiclones, ondas del Este y del Oeste, el viento geostrofico, viento gradiente, las tormentas, ráfagas de viento máximas, sistemas marinos, como el estado del mar, olas y ondas oceánicas, marejadas, ciclones y otros sistemas a escalas sinóptica/meso/micro. El uso de la climatología en el pronóstico. Sistemas

<i>Aplicación de métodos estadísticos en meteorología I</i>	<p>regionales y sinópticos diarios, mensuales y estacionales dominantes. Métodos de presentación y análisis de los datos meteorológicos. Análisis de frecuencia, de densidad de probabilidad y de funciones acumulativas. Distribuciones de probabilidad y parámetros como descriptores de las características de las distribuciones. La aplicación de las funciones de densidad de probabilidad en la meteorología. Las distribuciones Normal, Log-normal, Chi-cuadrado, Test-t del Estudiante, Fisher y Gamma. Los métodos de estimación de parámetro. El teorema del límite central. Normalidad, bondad de arreglo o ajuste de pruebas, la prueba de hipótesis y los intervalos de confianza. Análisis de correlación y regresión. Estimación de registros meteorológicos faltantes. Control de calidad de datos: La homogeneidad, promedios de área, polígonos de Thiessen y el método de las isoyetas. Características deterministas y probabilísticas de fenómenos naturales. La probabilidad de ensamble, marginal y condicional. Las distribuciones binomial y de Poisson. Análisis de Series de Tiempo Univariadas, modelos ARMA y ARIMA.</p>
<i>Termodinámica y física de nubes</i>	<p>La ecuación de estado para los gases perfectos y sus mezclas aplicado al aire seco y al vapor de agua. Los diferentes conceptos para la especificación del contenido del vapor de agua en la atmósfera. Las leyes de la termodinámica y los procesos irreversibles, el concepto de entropía. El cambio de fase en la termodinámica: La relación de <math>T</math>, <math>T_e</math>, <math>e</math>, etc., Nivel de condensación por ascenso y punto de saturación. Los diagramas termodinámicos y sus usos. La ecuación hidrostática y su importancia en la meteorología: Geopotencial, altimetría, hidrostática de atmósferas especiales, la atmósfera patrón. Gradiente vertical adiabático seco y saturado, estabilidad estática. Criterios de estabilidad para el aire seco y húmedo; métodos de la partícula y del estrato, el arrastre hacia el interior y la flotabilidad en nubes cúmulo, mezclado superior. Variación diurna de la estabilidad. Enfriamiento por radiación, la subsidencia, formación de niebla.</p>
<i>Hidrometeorología I</i>	<p>El ciclo hidrológico, la historia de la hidrología, aplicaciones hidrológicas. Concepto del balance de agua. El análisis de intensidad de área-profundidad-duración. Distribución areal de la precipitación, análisis de lluvia extrema y estimación. El proceso físico de la evaporación, la evaporación desde una superficie de agua libre, la evapotranspiración real y potencial, métodos de estimar la evapotranspiración. Hidrometría y la red hidrometeorológica de medición, hidrogramas, análisis de hidrogramas, síntesis de hidrogramas; teoría y aplicaciones del hidrograma unitario; inundaciones y flujos bajos (de sequía). Diseño relacionado con inundaciones: Rendimiento/capacidad de reservorios.</p>
<i>Agrometeorología I</i>	<p>Alcance de la agrometeorología y de la agro-silvicultura (agro-forestal). Mediciones agrometeorológicas. Observaciones fenológicas. El clima cerca de la superficie: La temperatura, el viento, el dióxido de carbono, la radiación y los perfiles de humedad dentro de un estrato completamente integrado de comunidades de plantas. Intercepciones de la luz y la radiación en un cultivo solo, inter-cultivos y sistemas de agro-silvicultura en relación a los rendimientos. Modificación del microclima: Barreras rompe-vientos y cinturones de abrigo, irrigación, Tierras cultivadas, cubrimiento de plantas por hierbas, hojas, estiércol, sistemas de agro-forestería, etc. Descripción del perfil del suelo, características físicas de suelos, el agua del suelo y sus métodos de medida, temperatura del suelo y fertilidad. Determinación de la capacidad de campos de marchitamiento y densidad de masa. Degradación del suelo; la erosión, el uso de la Tierra, la salinidad, etc. Crecimiento de la planta y el desarrollo; Monitoreo de la vegetación. El clima, el tiempo y la producción agrícola, los requerimientos de irrigación, las enfermedades, pestes, etc.</p>
<i>Meteorología dinámica II</i>	<p>Cinemática: resolución de un campo horizontal lineal del viento en campos de traslación, rotacionales, de divergencia y deformación. Líneas de corriente, trayectorias y rectilíneas. El teorema Helmholtz para resolver el campo horizontal del viento en componentes rotacionales e irrotacionales, la función de corriente y la velocidad-potencial. Ecuaciones de vorticidad y divergencia en diferentes sistemas de coordenadas. Ecuación de continuidad. Ecuación de la tendencia de presión. Fluidos barotrópicos y baroclínicos. Teoremas de circulación:</p>

Ilustraciones de las circulaciones térmicamente conducidas; Brisas de mar y tierra, vientos de valle y montaña, los monzones, etc., circulaciones directas e indirectas. La teoría ondulatoria generalizada, el movimiento armónico y la descomposición de Fourier de funciones periódicas. Movimientos oscilatorios libres, forzados amortiguados; ejemplos de oscilaciones atmosféricas. Ondas de Rossby, ondas de sonido, ondas de gravedad y ondas de Kelvin. Procesos de filtración. Introducción al Pronóstico Numérico del Tiempo (PNT): diferenciadores finitos, de inicialización, delimitación lateral, etc. Los problemas del PNT en los trópicos. Inestabilidad dinámica: Inestabilidad baroclínica, barotrópica e inercial.

### *Meteorología tropical II*

Procesos de la capa límite tropical. Convección tropical, CISK (inestabilidad condicional de segundo orden), CISK y ondas de CISK. Ciclones tropicales, sus causas y aspectos observacionales, modelaje numérico y predicción: Reconocimiento y estudio de ondas de perturbación tropical, aglomeraciones de nubes, líneas de turbonada, interacción de escalas entre los sistemas tropicales del tiempo; mecanismos de forzamiento de las perturbaciones tropicales. Variabilidad temporal observada en los trópicos: El ciclo diario, los ciclos anuales y semi-anuales, oscilaciones inter-estacionales e intra-estacionales. La estratosfera y la mesosfera tropical; la oscilación cuasi bienal, las ondas cuasi estacionarias, características zonales asimétricas de los trópicos; interacciones entre Tierra-atmósfera-océano, circulaciones este-oeste; El Niño y la Oscilación Sur (ENOS). El modelaje y la predicción de la atmósfera tropical, variaciones a largo plazo y las anomalías tropicales del tiempo.

### *Proyecto de Trabajo*

Los estudiantes deben emprender proyectos de investigación en campos específicos de aplicación de la meteorología o de aplicaciones meteorológicas, bajo la supervisión de un (o varios) miembro(s) académico(s) del cuerpo profesoral. Los estudiantes están obligados a consultar al (o los) supervisor(es) pertinente(s) al menos una vez cada quince días para aspectos de la asesoría. Los estudiantes serán asesorados de cómo preparar una propuesta de proyecto en sus áreas de elección. El proyecto de trabajo es presentado oralmente antes de un panel de examinadores incluyendo al Examinador Externo. Las presentaciones Orales Finales constituyen el 50 por ciento del puntaje o nota total. Los estudiantes deben submitir reportes del proyecto mecanografiado debidamente firmados por su(s) supervisor(es) respectivo(s). Estos reportes serán evaluados por examinadores internos, de las cuales el estudiante obtendrá el 50 por ciento remanente. Previo a que el estudiante emprenda su investigación designada, está obligado a escribir una propuesta del proyecto, la cual es presentada en forma de seminario ante un panel de supervisores para su evaluación.

### *Aplicaciones de métodos estadísticos en meteorología II*

Teoría del muestreo. Análisis de variancia. Correlación multivariada y análisis de regresión. Diseño de experimentos, el diseño aleatorio y el diseño de bloques al azar. Análisis de covarianza. La predicción estadística y la probabilidad en la meteorología. Tests de habilidad: Evaluación de pronósticos meteorológicos. Las expectativas bivariadas. Introducción a las estadísticas no paramétricas y de análisis de valor extremo. Análisis multivariado de series de tiempo, funciones ortogonales empíricas. Zonificación del riesgo. Análisis discriminado. Suavizamiento y filtrado en la meteorología. ARIMA y los modelos de función de transferencia.

### *Micrometeorología y contaminación atmosférica*

Flujo laminar y turbulento, número de Reynolds, fuerza cortante (o cizalla), el movimiento molecular en un sustrato laminar. Análisis newtoniano de la viscosidad, el camino medio libre, la ecuación del movimiento de fluidos viscosos, efectos de la inercia y la viscosidad, zona de transición zona entre capas laminares y turbulentas. La capa turbulenta, la fricción, fuerzas de los remolinos y flujos de momento, estructura vertical del viento en la capa superficial. La masa, el calor y la transferencia del momento en la capa turbulenta, coeficiente de intercambio en la capa turbulenta, longitud o altura de mezcla, superficies lisas y rugosas, ley del poder del viento, perfil logarítmico del viento. La relación entre la turbulencia y el perfil de la

temperatura. El número de Richardson, perfiles del viento diabático. El balance de energía de la superficie de la Tierra, ciclos diarios y anuales de la temperatura. Zona de transición entre el estrato turbulento y el geostrófico. Variación vertical de viento en la capa espiral, vientos en espiral, la espiral de Ekman. Naturaleza y fuentes de contaminación del aire. Ecuaciones diferenciales parciales de difusión turbulenta para fuentes instantáneas puntuales, fuentes de punto continuo y de la línea. La teoría estadística de la difusión turbulenta. La fórmula de difusión Gaussiana, la naturaleza y las fuentes de contaminación del aire. Métodos de estimación de niveles de concentración de la contaminación del aire. Reacción química y fotoquímica de contaminantes del aire. Depositiones secas y húmedas, acidificación de la lluvia, la capa de ozono, el efecto de invernadero. Los efectos de la contaminación del aire, su control y manejo. Los efectos nucleares en la atmósfera. La contaminación del aire y el clima urbano. La contaminación sónica.

### 6.3 EJEMPLO DE UN PROGRAMA COMPLETO PIB-TM

Adaptado por C. Billard del currículo para obtención del Diploma de Técnico Superior Meteorológico, Météo-France, 1998, Francia

Metas y organización del programa	Este programa tiene como meta el entrenamiento de los estudiantes para facultarlos en la realización de las observación y mediciones meteorológicas, el procesamiento de información de actividades meteorológicas, estudios climatológicos y para asistir en las tareas del pronóstico del tiempo. Además, al finalizar el programa, los estudiantes tienen que ser capaces de poder adaptarse según el caso en las actividades futuras como Técnicos Meteorológico.
Descripción de los cursos	La duración del programa es dos años académicos, e incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cursos teóricos y prácticos a su vez, en la École Nationale de la Météorologie en Toulouse, Francia;</li> <li>• Un corto período en una unidad meteorológica operacional local;</li> <li>• Un proyecto personal, cuyo objetivo es evaluar la habilidad del estudiante en aplicar los conocimientos y las competencias previamente adquiridas.</li> </ul>
<i>Matemáticas</i>	Veinte horas (en un período de 10 semanas): Nociones complementarias para facultar a los estudiantes en beneficiarse correctamente de las lecciones meteorológicas. Funciones, límites y funciones derivativas; cálculo integral; derivadas parciales y diferenciales; cálculo vectorial; análisis vectorial y los operadores relacionados (gradiente, divergencia, vórtice).
<i>Física</i>	Veinte horas (período de 10 semanas): Nociones complementarias para facultar a los estudiantes en beneficiarse adecuadamente de las lecciones meteorológicas. Termodinámica general: Primer y segundo principios (leyes) básicos; Fundamentos de mecánica elemental, estáticas y dinámica de una partícula; velocidades derivadas y aceleraciones.
<i>Meteorología general</i>	Cien horas (período de 25 semanas): Curso clave en el programa del técnico meteorológico, determinante del plan de los otros cursos; esto incluye dos temas principales, a saber la termodinámica atmosférica y la dinámica. Repaso de la atmósfera y el sistema terrestre: Descripción del medio ambiente atmosférico; haciendo énfasis en aspectos básicos sobre radiación electromagnética; radiación solar y terrestre. Termodinámica de la atmósfera ‘seca’ y ‘húmeda’. Descripción de la estructura vertical de la atmósfera en función de documentos o cartas apropiadas (tefigrama); aproximaciones del equilibrio vertical y la hidrostática; la ecuación del movimiento horizontal (el viento); la circulación general (a nivel superficial y en la altura); masas de aire y sistemas frontales; formación y desarrollo de perturbaciones atmosféricas; fenómenos locales (efecto Föhn).

### *Meteorología dinámica*

Quince horas (período de 5 semanas): Curso complementario en Meteorología General, así como también una introducción breve al pronóstico numérico del tiempo. Introducción a la meteorología dinámica – ecuaciones básicas que describen la evolución atmosférica en el tiempo; herramientas numéricas del modelaje; visión general e interés.

### *Oceanografía*

Veinte horas (período de 7 semanas): Curso general con el objetivo específico de proporcionar una descripción del sistema acoplado océano-atmósfera. El ambiente oceánico; las corrientes marinas y los movimientos oceánicos; interacciones aire-mar; ondas marina y marejadas.

### *Observación meteorológica*

Cien horas (período de 25 semanas): Aproximación cualitativa, medición y codificación de los parámetros meteorológicos, observaciones de la alta atmósfera, métodos automatizados. Organización general de las actividades del monitoreo atmosférico (redes *ad hoc*, esquemas de la OMM); descripción de nubes y meteoros; codificación de datos meteorológicos recolectados para su transmisión; los procesos principales involucrados en la formación de la precipitación y los meteoros diversos; la observación general del cielo y el tiempo local habitual.

### *Mediciones y sensores meteorológicos*

Cien horas (período de 35 semanas): Este curso se ocupa de los principios físicos subyacentes a la medición de los diferentes parámetros meteorológicos tanto en la superficie como en niveles superiores: radiación, presión, temperatura, humedad, viento, y precipitación. Aspectos operacionales del equipo y su mantenimiento; las estaciones automáticas o sistemas; monitoreo de la calidad de las mediciones; desarrollos relacionados.

### *Análisis y pronóstico del tiempo*

Ciento veinte horas (período de 40 semanas): Curso que incluye las lecciones y actividades prácticas apuntadas a proporcionar el conocimiento básico y la habilidad para los estudiantes acerca del análisis y pronóstico del tiempo. Principios básicos del pronóstico del tiempo; importancia del análisis por pasos; la extrapolación, la persistencia y los esquemas análogos; métodos a ser usados para pronósticos de diferente rango; capacidad de los modelos numéricos y guía de procedimientos para preparar pronósticos. Esquema global de procesamiento de datos en meteorología; adaptación de pronósticos generales a una predicción de menor escala; preparación de boletines y otros productos de pronóstico; pronósticos especializados para la aviación, las actividades marinas, la agricultura, la calidad del aire; el modelo del tiempo; algunas características de las actividades del pronóstico en regiones tropicales.

### *Interpretación de imagerie del satélite*

Quince horas (período de 5 semanas): Este curso está orientado hacia el uso eficiente de la imagerie del satélite y otra información remota en el análisis y la predicción. Las órbitas; los diferentes tipos de satélites; las características de satélites meteorológicos; interpretación de imágenes del satélite y datos.

### *Météotel y estaciones de sinergia*

Quince horas (período de 4 semanas): Presentando estaciones operacionales dedicadas y técnicas para los pronosticadores profesionales y los usuarios. Presentación de estas herramientas y pruebas por los estudiantes.

### *Estadísticas*

Cincuenta y dos horas (período de 17 semanas): Curso sobre una herramienta fundamental para la meteorología con algunos ejemplos proviniendo de este campo de aplicación; vinculación con la climatología. Leyes de la probabilidad; suposiciones básicas para la aproximación estadística; muestras de estudios; estudio de casos en la meteorología.

### *Ciencia de la computación*

Setenta horas (período de 25 semanas): Las herramientas de la computadora son esenciales para procesar la inmensa cantidad de datos recolectados en meteorología. Lenguajes de programación; algoritmos y métodos usados en las ciencias de la computación; desarrollo de software.

### *Uso del PC y del*

<i>software relacionado</i>	Veinte horas (período de 10 semanas): Facultando a los estudiantes a usar software estándar de la oficina.
<i>Telecomunicaciones meteorológicas</i>	Doce horas (período de 3 semanas): El sistema global de telecomunicaciones de la OMM; la red de telecomunicación meteorológica nacional; diferentes técnicas usadas para las telecomunicaciones en la meteorología.
<i>Geografía</i>	Diez y ocho horas (período de 9 semanas): Ploteo de mapas; la climatología y la geografía de los climas: Definición y clasificación; las regiones climáticas; aspectos básicos acerca de los sistemas geográficos numéricos de información.
<i>Meteorología tropical</i>	Catorce horas (período de 4 semanas): El balance de energía de la Tierra; Repaso sobre los aspectos notorios de la circulación general; el ecuador meteorológico; Las perturbaciones tropicales y los huracanes.
<i>Servicios y productos meteorológicos</i>	Noventa y una horas (período de 25 semanas): Estos tópicos se replantean según las necesidades de los diversos tipos de usuarios y los diferentes sectores económicos involucrados.
<i>Reglamento administrativo</i>	Veinte horas (período de 10 semanas): Los orígenes del reglamento o ley; las instituciones políticas nacionales y europeas; la organización administrativa a niveles centrales y territoriales; reglas específicas para la gerencia de las finanzas en un organismo público; gerencia del manejo de los recursos humanos y las regulaciones.
<i>Lenguas extranjeras, especialmente inglés</i>	Cien horas (período de 40 semanas): El lenguaje ‘meteorológico’ extranjero general y específico; sistemas estándar de evaluación, ejemplo el TOEFL; Presentación de boletines meteorológicos en lenguaje extranjero.
<i>Deportes</i>	Dos horas a la semana (período de 30 semanas).
<i>Sesiones de taller</i>	(Período de 25 semanas): Dos sesiones en la segunda parte del programa para practicar y ser entrenado en las condiciones cercanas a la realidad (casi las mismas como en una unidad operacional): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocho semanas de trabajo de taller cubriendo: El análisis (2 semanas); la observación (2 semanas); técnicas de la computadora (2 semanas); comunicación oral (1/2 semana); métodos comerciales (1/2 semana);</li> <li>• Nueve semanas: Análisis/pronóstico (3 semanas); observación/climatología local (3 semanas); técnicas de climatología/computación (3 semanas).</li> </ul>
<i>Períodos de entrenamiento</i>	Dos períodos de capacitación están previstos durante el programa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un período de una semana de entrenamiento al inicio o en una etapa temprana en un equipo profesional, facultando al aprendiz a familiarizarse con las normas profesionales requeridas dentro de un SMN;</li> <li>• Un período de dos semanas de entrenamiento posteriormente en un equipo profesional similar aquel en el cuál el aprendiz finalmente se unirá después del programa de entrenamiento; los objetivos de esta estadía son para facultar al aprendiz a completar, en un ambiente operacional, su conocimiento y sus habilidades en la observación, el análisis del tiempo y el pronóstico, la climatología, la meteorología ambiental y aplicada y todas las otras tareas a ser realizadas por un Técnico Meteorológico.</li> </ul>
<i>Proyecto personal</i>	Ésta es la actividad final del programa de seis semanas desarrolladas en un equipo profesional externo. El estudiante tiene que trabajar con cierta autonomía y con espíritu creativo, tratando un sujeto o tema concreto y bien definido de interés en la meteorología. Esta acción, conjuntamente con los resultados, es reportada en un documento escrito y presentada por el estudiante antes de un jurado

examinador.

## 6.4 EJEMPLO DE UN PROGRAMA CONDENSADO PIB-TM

Adaptado por G. V. Necco del Instituto Ezeiza de la Fuerza Aérea Argentina, Curso de Entrenamiento para Observadores Meteorológicos; Febrero de 2001

### Meteorología

Número total de horas: 90

#### *Objetivos*

- Entender los conceptos fundamentales de meteorología.
- Entender los objetivos de los deberes confiados al observador de superficie.

#### *Sujetos, contenidos y horas de teoría y práctica*

*Meteorología* (Teoría 2 hrs):

- Definición de meteorología.
- Relación de la meteorología con diferentes actividades humanas.

*La atmósfera* (Teoría 3 hrs):

- Composición de la atmósfera. Composición del aire. Componentes constantes y variables. Ozono atmosférico. Vapor de agua en la atmósfera.
- Las capas de la atmósfera. Capas de la atmósfera. La importancia de la troposfera.
- Intercambios de calor en la atmósfera. Radiación solar. Radiación terrestre. Otros procesos de intercambio de calor. Balance de energía de la atmósfera. Efecto de la radiación en la superficie del globo. Diferencia de temperatura entre continentes y mares.

*Parámetros de la atmósfera* (Teoría 20 hrs):

- Temperatura del aire. Escala Kelvin de temperatura. Variación diurna de la temperatura superficial del aire. Variación de la temperatura con la altura.
- Presión atmosférica. Naturaleza de la presión atmosférica. Unidades de la presión atmosférica. Variación de presión con la altitud. Variación semi diurna de la presión. Gradiente de presión.
- El aire húmedo. Humedad del aire. Los tres estados del agua. Presión del vapor. El proceso de condensación. Proceso adiabático. Proceso isobárico. Proceso de solidificación (o la congelación). El calor latente. Indicadores del contenido del vapor de agua contenido en el aire. La humedad relativa. Principios del termómetro húmedo. Densidad del aire húmedo.
- El viento. Fuerzas que actúan en el movimiento del aire. Viento geostrófico. Viento gradiente. La ley de Buys-Ballot. El viento en la capa límite. Convergencia horizontal y divergencia. Advección del aire.
- Los vientos locales. Brisas marinas. Brisas de tierra. Brisas de montaña (viento katabático). Brisas del valle (viento anabático). Viento Föhn. Viento Zonda.

*Las nubes* (Teoría 10 hrs):

- Formación y disipación de nubes. Condensación, congelamiento y sublimación. Causas generales de la formación de nubes. Convección. Ascensos orográficos. Nubes asociadas a zonas frontales. Disipación de nubes.
- Procesos de la precipitación. Tamaño de las gotas de nubes. Crecimiento de las gotas de nubes. El mecanismo de la coalescencia. Formación de cristales de hielo. El proceso de Bergeron. Crecimiento de cristales de hielo por colisión. Tipos diferentes de precipitación.

*La estabilidad vertical de la atmósfera* (Teoría 7 hrs):

- Procesos adiabáticos en la atmósfera. El gradiente vertical de temperatura. La estabilidad. Método de la parcela. Movimientos verticales del aire no saturado. La inestabilidad condicional. Índices de inestabilidad. Turbulencia atmosférica. Tipos diferentes.
- Las inversiones de temperatura. Inversiones frontales.

*La visibilidad* (Teoría 2 hrs):

- Factores que influyen la visibilidad. El efecto de la precipitación.
- Niebla y neblina. Grado de importancia para las diferentes actividades.

*Las masas de aire y los frentes* (Teoría 8 hrs):

- La importancia meteorológica de la escala. Definición de masas de aire. Clasificación de masas de aire locales. Símbolos usados. Evolución de las masas de aire.
- Definición de frentes. Fenómenos asociados a los tipos diferentes de frentes. El modelo de los frentes fríos. Los fenómenos asociados. Modelos de frentes cálidos. Los fenómenos asociados.
- Los ciclones extra-tropicales. Perturbaciones en el frente polar. Los frentes ocluidos. Los fenómenos asociados a los frentes ocluidos.

*Las masas de aire y los frentes. Fenómenos severos* (Teoría 4 hrs):

- Las tormentas. Formación y evolución de células de tormenta. Tipos de tormentas. Detección de tormentas. Tornados.

*Análisis sinóptico* (Teoría 10 hrs):

- Los mapas sinópticos al nivel de mar. Anticiclones y collados. Depresiones y vaguadas. Otras configuraciones isobáricas. Sistemas frontales en mapas al nivel del mar. Relaciones entre configuraciones sinópticas y el tiempo.

*Circulación general* (Teoría 3 hrs):

- La circulación promedio en la troposfera. Definición de corriente en chorro. Corriente en chorro subtropical y polar. Modelos de circulación general.

*Metodología a aplicar*

*Bibliografía para el profesor*

*Instrumentos y métodos de observación*  
*Objetivos*

Por exhibición, demostración, diálogo e interrogación; evaluación oral y escrita.

*Compendio de Lecturas y Notas para Entrenamiento del Personal Meteorológico Clase; Volumen II Meteorología, OMM – No. 266.*

Número total de horas para el módulo: 214 horas

- Usar los instrumentos y métodos para la observación de los diferentes parámetros meteorológicos.
- Entender la operación de una estación meteorológica y sus funciones.
- Participar positivamente en el trabajo de equipo de empleados de la estación.
- Llevar a cabo el mantenimiento primario de instrumentos.
- Preparar la documentación para registrar y dar cuenta de las observaciones.
- Conocer técnicas nuevas para obtener información por medio del radar y los satélites meteorológicos.
- Aprender la necesidad de proveer sólo la información que corresponde a su rol.

*Sujetos, contenidos y horas de teoría y práctica*

*Operación y administración de una estación meteorológica* (Teoría 10 hrs):

- Principios de operación administrativa de una estación meteorológica. La meteorología. Planes de trabajo. Tareas y funciones. Planificación y administración de los medios disponibles.
- Atención a los usuarios. Documentación. Coordinación con otras dependencias de protección de vuelo.

*La observación meteorológica* (Teoría 4 hrs, Práctica 3 hrs):

- Alcance de las observaciones, diferencia entre medición y estimación. Clasificación de las estaciones meteorológicas.
- Los elementos que se miden y los que se estiman. Las horas de observación. Las observaciones de rutina y las de uso aeronáutico. Los husos horarios.
- El registro de la observación. Archivo y récord de las observaciones.

*Meteoros* (Teoría 4 hrs, Práctica 4 hrs)

- Hidrometeoros, fotometeoros, litometeoros y electrometeoros: Definiciones y símbolos. Relación entre tipos de nubes y meteoros.
- Información sobre el tiempo presente y el pasado. Intensidad de los fenómenos. Normas de anotación e información. Tablas de códigos. Definición de términos de uso corriente, referido al tiempo presente ( $W_1$ ) y pasado ( $W_2$ ).

#### *Nubes*

- Clasificación de nubes (Teoría 6 hrs, Práctica 20 hrs). Géneros de nubes, especies y variedades. Anotación en el cuaderno de apuntes meteorológico.
- Medida de la altura de las nubes. Globos meteorológicos para el cálculo del techo o base de las nubes, nefo-álmetros. Techos aeronáuticos y mínimos. Información en tiempo real: FVR, IFR, VMC.
- Codificación de nubes. Evolución de los estados y condiciones nubladas del cielo. Prioridades en codificar nubes coexistentes en un mismo estrato.

#### *Medida de la presión atmosférica* (Teoría 4 hrs, Práctica 12 hrs).

- Unidades de medida de la presión atmosférica. Conversión y transformación de unidades. Instrumentos de medición. Barómetros de cubetas ajustables (Fortín) y fija (Kew). Barógrafos. El vernier.
- Correcciones a realizarse a la lectura barométrica. Niveles de comparación. Tablas de d2 y d4. La atmósfera patrón o estándar. Cálculo y codificación de QFE, QFF y QNH. Cálculo y codificación de app.

#### *Medida de la temperatura del aire* (Teoría 3 hrs, Práctica 10 hrs):

- Unidades de medida de la temperatura. Transformación de unidades. Termómetros. Diferentes tipos de termómetros. Garita o caseta meteorológica.
- Lectura y registro de la temperatura. La temperatura actual. Temperaturas máximas y mínimas diarias. La temperatura del suelo. Geotermómetros.
- Calibración de termómetros.
- Codificación de la temperatura en los diferentes mensajes. El termógrafo. Lectura y registro.

#### *Medida de la humedad del aire* (Teoría 3 hrs, Práctica 12 hrs):

- Medida de la presión del vapor, la humedad relativa y el punto de rocío. Definiciones y unidades de medida.
- Instrumentos de medida de la humedad del aire. El psicrómetro y el higrógrafo. Tipos diferentes.
- Lectura y registro. Cálculo de parámetros diferentes de medida de la humedad. Tablas psicrométricas.
- Codificación y registro de la temperatura del punto de rocío.

#### *Medida de la precipitación* (Teoría 2 hrs, Práctica 6 hrs):

- Precipitación líquida y sólida. Instrumentos para su medición. Pluviómetros. Pluviógrafos. Medidores de nieve.
- Horas de lectura. Registro de los datos pluviométricos y la libreta de apuntes de las observaciones. Codificación de la información.

#### *Medida del viento* (Teoría 3 hrs, Práctica 12 hrs):

- Medida de la dirección del viento. Veletas. Unidades de medida de la dirección del viento. La Rosa de los vientos. Medida de la velocidad del viento. Las unidades de medidas de la velocidad. Equivalencia. Transformación de unidades.
- Lectura, reporte y registro del viento. Codificación en los diversos mensajes.
- Definición y registro de ráfagas, su información.

#### *Medida de la visibilidad* (Teoría 4 hrs, Práctica 10 hrs):

- Definición de la visibilidad horizontal. Factores que la afectan. Cartas de referencia. Relación entre las condiciones del cielo, los meteoros y la visibilidad.
- Registro en la libreta de notas. Reportes en tiempo real. Divulgación a los usuarios directos. El rango visual en la pista de aterrizaje. Definición de RVR. Reportes para el uso aeronáutico.
- El transmisómetro: VFR, IFR, VMC.

Medición integrada de los diferentes parámetros (Práctica 56 hrs):

*El mensaje climático* (Prácticas de 12 hrs):

- Mensajes estadísticos. Normas de preparación. Mensaje adicional CLIMAT. Preparación de mensajes CLIMAT. Registro de valores extremos mensuales.

*Mantenimiento de instrumentos* (Prácticas de 15 hrs):

- Mantenimiento primario de instrumentos.
- Sistemas electromecánicos. Sistemas de cuerda.
- Sistemas electrónicos.

*Radares meteorológicos* (Teoría 6 hrs):

- Ondas electromagnéticas. Principios de operación del radar. Conceptos generales de las mediciones. Identificación de hidrometeoros.
- Aplicaciones de información del radar en pronóstico a corto plazo.

*Información del satélite* (Teoría 8 hrs):

- Breve historia de la era del espacio. Orbitas de los satélites. Las leyes de Kepler. Puntos del sub-satélite y trayectorias. Conceptos básicos para el cálculo de órbitas.
- Sensores visibles e infrarrojos. Conceptos generales en la interpretación de imagen.

*Metodología a aplicar*

Exhibición, demostración, diálogo, integración; evaluaciones orales y escritas. Pasantías de práctica en las diferentes premisas del instituto y en las estaciones meteorológicas de observación.

Codificación de las  
observaciones de  
superficie  
*Objetivos*

Número total de horas de la unidad: 210 hrs

- Entender la operación de los diferentes sistemas de información meteorológica empleados en los servicios de protección de vuelo.
- Codificar y decodificar los diferentes tipos de mensajes meteorológicos.
- Aprender la importancia de la codificación adecuada para la transmisión de la información de meteorológica.

*Sujetos, contenidos y  
horas de teoría y  
práctica*

*Meteorología y protección de vuelo* (Teoría 10 hrs):

- El Servicio Meteorológico Nacional.
- El Sistema Global de Observación de la OMM. El Sistema Global de Telecomunicaciones. El Sistema Global de Procesamiento de datos. La coordinación de STA-MET.
- Las estadísticas meteorológicas.

Los mensajes meteorológicos (Teoría 180 hrs, Práctica 20 hrs):

- Mensaje SYNOP. Símbolos y tablas de códigos. Codificación y decodificación.
- Mensaje METAR y SPECI. Símbolos y tablas de códigos. Codificación y decodificación.
- Mensajes PILOT. Símbolos y tablas de códigos. Codificación y decodificación.
- Mensaje RAOB. Símbolos y tablas de códigos. Codificación y decodificación.
- Mensaje SATOB y SATEM.

*Metodología a aplicar*

Las prácticas con los diferentes códigos serán efectuadas en el local del instituto.

## CAPITULO 7

# EJEMPLOS DE REQUISITOS ACTUALES DE COMPETENCIA PARA EL TRABAJO

---

Análisis y pronóstico del tiempo  
Monitoreo y predicción del clima  
Observaciones y mediciones; instrumentos  
Tecnología de la información y procesamiento de datos  
Agrometeorología  
Meteorología aeronáutica  
Meteorología marina  
Meteorología ambiental  
Meteorología satelital

Este capítulo ilustra la competencia y aptitud para el trabajo, el conocimiento relevante y las habilidades requeridas del personal meteorológico asignados a las dependencias de la actividad identificado en el Capítulo 2. Los expertos de los diferentes SMN individuales u otras instituciones pertinentes, dieron ejemplos de la 'vida real' en respuesta a solicitudes específicas de la OMM. Excepto para alguna edición general, la estructura de las respuestas solicitadas originales fue esencialmente mantenida. Consecuentemente, hay ligeras diferencias en el nivel de detalle y un cierto grado de sobreposición en el reportaje de algunos ejemplos.

Los nueve ejemplos pueden inspirar a los educadores y gerentes a identificar los requerimientos de sus SMN para el conocimiento especializado y las habilidades, y luego traducir esos requisitos en términos de resultados de entrenamiento. El usuario puede tener que adaptar esos ejemplos a sus prioridades específicas. Consecuentemente, varios tópicos diversos pueden recibir mayor o menor énfasis que el sugerido aquí. Puede ser que algunos ejemplos ni siquiera sean aplicables a un SMN dado (por ejemplo un país rodeado de tierra, sin acceso al mar no puede estar interesado en meteorología marina).

Obviamente, ningún individuo es exigido de poseer todas las competencias y aptitudes ilustradas a través de este capítulo. Sin embargo, es deseable que los gerentes y los instructores hiciesen todo lo necesario, para asegurar que el aprendizaje necesitado en sus SMN está adecuadamente cubierto por personal apropiadamente entrenado como un todo.

## 7.1 ANALISIS Y PRONOSTICO DEL TIEMPO

Por B. W. Riddaway, Oficina Meteorológica del Reino Unido

### Producción de pronósticos genéricos

Para producir un pronóstico genérico, se requiere que el pronosticador:

*Asuma una estrategia metodológica apropiada al principio del cambio para asimilar rápidamente todos los datos relevantes. Para esto, el pronosticador describe lo siguiente en los primeros 15 minutos de llegada:*

- La situación general;
- Las puntos principales en el procedimiento o guía;
- Cómo el tiempo se está comportando ahora;
- Los factores claves del tiempo para las siguientes 24 horas;
- Cualquier técnica de pronóstico que sea relevante para hoy;

*Interprete el procedimiento guía correctamente en términos del tiempo local, y asegure que los pronósticos son consistente con ello, es decir:*

- Saber cuando y donde puede obtener la última guía;
- Leer la guía más reciente;
- Identificar cuales partes de la guía son para el área local;
- Usar la guía para describir el tiempo en cualquier lugar dado;
- Identificar cuando el tiempo local es diferente del esperado en la guía;
- Justificar las ocasiones cuando su pronóstico local no esté de acuerdo con la guía;

*Interprete los productos del pronóstico PNT correctamente en términos de las condiciones del tiempo local inferidas para el área de responsabilidad, tomando debida nota de comentarios pertinentes en los boletines de guía, es decir:*

- Saber cuando y donde puede obtener la última guía PNT;
- Mantenerse al día con la última guía PNT;
- Identificar cuales partes de la guía se refieren al área local;
- Usar la guía PNT para describir el tiempo en cualquier lugar dado;
- Identificar cuando el tiempo local es diferente del esperado en la guía PNT;
- Poder justificar las ocasiones cuando el pronóstico local propio no está de acuerdo con guía PNT;
- Identificar cualquier comentario sobre el desempeño del PNT dado en la guía escrita o verbal, especialmente cuando afecta el pronóstico local producido.

*Interprete la producción del modelo estándar correctamente con valoración de sus fortalezas y debilidades, es decir:*

- Mostrar un conocimiento de cual modelo de corrida es actualmente válida;
- Describir el tiempo en el modelo de la atmósfera por translación de símbolos y campos sobre las cartas modelo;
- Traducir el tiempo en el modelo a la atmósfera real teniendo en cuenta fortalezas y debilidades;
- Describir el significado de cualquier cambios entre cada corrida del modelo;

*Identifique, y preste particular atención a, aquellas fuentes de datos probables de proveer una indicación de cualquier desviación de las condiciones atmosféricas esperadas, es decir:*

- Saber donde encontrar la información del último satélite disponible, de radar y los datos de observación;
- Seleccionar los datos apropiados para cada pronóstico en cualquier situación del tiempo;
- Interpretar cualquier dato seleccionado y compararlo con la guía corriente y el pronóstico;
- Reaccionar apropiadamente ante los efectos de los últimos datos en los pronósticos corrientes;

*Aplique correctamente las técnicas apropiadas del pronóstico local para el viento, la temperatura, la visibilidad, la niebla, las nubes, la precipitación, y los peligros para la aviación, es decir:*

- Usar eficazmente los métodos de pronóstico apropiado tomados del Libro de Referencia del Pronosticador;
- Usar el tefigrama para hacer lo siguiente:
  - Pronosticar la temperatura máxima;
  - Pronosticar las bases de las nubes, topes de las nubes y la estructura de la nube;
  - Encontrar el punto de niebla;
  - Deducir cambios en la estabilidad.

*Use la guía, el PNT y las técnicas del pronóstico local para desarrollar un pronóstico que pueda ser adaptado para satisfacer los requerimientos locales, es decir:*

- Dar una visión amplia del tiempo esperado en el área local para las siguientes 36 horas dentro de los 15 minutos de venir al servicio;
- Establecer aquellos factores del pronóstico que puedan ser inciertos y puntualizar la forma de los posibles errores en el pronóstico establecido;
- Expresar el nivel de confianza en el pronóstico corriente:
  - Estar consciente de, y hacer uso apropiado de, las principales características disponible en la estación de trabajo, es decir;
  - Utilizar la estación de trabajo para determinar lo siguiente:
    - El punto Normands;
    - El punto de niebla;
    - La temperatura máxima usando el MOS (Model Output Statistics);
    - La temperatura mínima usando el MOS y el método McKenzie;
    - La probabilidad de ondas de montaña usando el método Casswell;
    - La refractividad atmosférica;
    - Las temperaturas de los topes de las nubes por imaginaria IR;
    - Usar la estación de trabajo para encontrar y aplicar las facilidades de simultaneidad.

## Producción de pronósticos para el usuario

En la producción de pronósticos para el usuario es esencial que el pronosticador:

*Pueda establecer los criterios típicos y el léxico apropiado para emitir las advertencias, es decir:*

- Establecer cuáles advertencias son emitidas por la oficina de pronóstico, ya sea de memoria o por acceso inmediato al libro de advertencias;
- Identificar los criterios para una cierta advertencia;
- Producir advertencias para ediciones que no contienen ambigüedades y son claramente fáciles de leer.

*Sea familiar con los criterios de enmienda entregados y los procedimientos para los principales productos de pronóstico, es decir:*

- Identificar cualquier criterio de enmienda para cualquier pronóstico cuando sea requerido;
- Establecer el procedimiento de enmienda para cualquier pronóstico;
- Usar el procedimiento correcto de enmienda.

*Pueda usar el software del PC para preparar productos de pronóstico, es decir:*

- Evocar cualquier pronóstico disponible en la estación de trabajo;
- Usar el paquete de software MS-OFFICE para producir pronósticos;
- Usar cualquier otro sistema del PC necesario para hacer el trabajo.

*Pueda hacer uso correcto de los códigos TAF y TREND al producir pronósticos de aeródromos, es decir:*

- Usar todas las partes del TAF y del TREND apropiadamente;
- Aprender las diferencias en los cambios de criterio entre los dos códigos;
- Aprender las diferencias entre los códigos militares y civiles;

*Seguir las reglas acordadas con el cliente para producir los pronósticos, es decir:*

- Establecer u obtener fácilmente las reglas convenidas para todos los pronósticos;
- Producir pronósticos que sigan las reglas convenidas.

*Producir el material de pronóstico escrito en un estilo apropiado para el cliente, es decir:*

- Apreciar los diferentes estilos preferidos por clientes;
- Hacer el uso correcto del tiempo y la puntuación en las oraciones;
- Producir material escrito sin faltas de ortografía;
- Producir material escrito fácil de leer al primer intento;
- Producir material escrito sin ambigüedad.

*Presentar los pronósticos verbales en un estándar aceptable, es decir:*

- Tener una entrega vocal clara y confiada;
- Ser natural al leer el material escrito;
- Responder adecuadamente las preguntas;
- Mantener buen contacto visual con la cámara de TV cuando se dé el reporte;
- Ajustarse al sujeto o tema;
- Evitar la ambigüedad.

## Provisión de especialista o apoyo al trabajo

Para proveer al especialista o dar soporte al trabajo, el pronosticador debe ser (o estar):

*Experto en el uso de sistemas de TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN de la oficina, para poder emprender al usuario mantenimiento de rutina y solventar problemas que se presenten en tales sistemas, es decir:*

- Recuperar cualquier sistemas de TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN para ponerlo a la orden, en funciones, como los dejados en instrucciones del equipo local;
- Entender y llevar a cabo cualquier tarea de comunicaciones, como las dejadas en instrucciones del equipo local;
- Cambiar papel y cintas en impresoras y fotocopiadoras y llevar a cabo cualquier otro mantenimiento de rutina, como los dejados en instrucciones del equipo local.

*Capaz de hacer, codificar, y transmitir observaciones precisas del tiempo, es decir:*

- Observar con precisión todos los parámetros necesitados para la entrada al SAMOS;
- Asegurar la puntualidad de la observación;
- Usar el SAMOS rápida y eficazmente;
- Hacer las observaciones sin error.

*Capaz de accionar cualquier equipo especializado que el pronosticador esté requerido de usar como parte de sus servicios u obligaciones normales, es decir:*

- Uso del equipo del radio-estudio;
- Uso del retro-proyector o cualquier otro equipo requerido para la sesión informativa principal;
- Usar cualquier equipo del teléfono contestador.

*En posesión de cualquier otras habilidades necesarias, como definidas localmente, para poder trabajar en esa oficina sin supervisión directa, es decir:*

- Conocer cualquier política local de fijación de precios y aranceles;
- Conocer donde encontrar la política local de fijación de precios;
- Buscar y tomar debida nota del consejo de los colegas cuando corresponda;
- Buscar la guía de los colegas para aclarar cualquier cosa que no entienda;
- Consultar a los colegas en las formas para mejorar las técnicas de pronóstico;
- Ensayar nuevos métodos y técnicas sugeridas por colegas;
- Mantener los precedentes convenidos localmente con los colegas al producir los

pronósticos;

- Tratar de mejorar los pronósticos futuros a través de pronósticos anteriores y analizando pronósticos ya expedidos.

*Al tanto de, y hacer el uso apropiado de, todas las características relevantes disponibles en la exhibición de los datos del pronosticador de las estaciones de trabajo, es decir:*

- Saber donde encontrar, cambiar y conectarse con cualquier estación de trabajo del pronosticador;
- Poder personalizar el sistema;
- Seleccionar y manejar los mapas y gráficas de áreas;
- Obtener impresión de cualquier datos;
- Establecer horarios de impresión.

*Familiar con, y apreciar la importancia de, cualquier esquema de verificación de pronóstico en uso operacional, es decir:*

- Estar en cuenta de cualquier esquemas local de verificación y su impacto en los servicios futuros de pronóstico, así como también los desempeño propios y de los colegas relacionados;
- Suplir cualquier detalle requerido por los esquemas locales de verificación;
- Usar esquemas de verificación para determinar cualquier sesgo o tendencia optimista o pesimista en los pronósticos propios.

## Administrando el ambiente de trabajo

Para manejar el ambiente de trabajo, el pronosticador:

*Trabaja efectivamente a través de un esquema de obligaciones, es decir:*

- Estar consciente del esquema del cambio corrientemente bajo uso;
- Asegurar que las fechas toques o plazos se cumplen;
- Anteponer la seguridad pública como la prioridad máxima;
- Estar consciente de la importancia/sensitividad relativa de un pronóstico en relación a otro pronóstico.

*Asegura la consistencia con los colegas durante el pronóstico, es decir:*

- Conducir un diálogo regular y efectivo sobre la situación meteorológica con los colegas;
- Ser capaz de estar de acuerdo con un 'argumento' con los colegas.

*Se relaciona bien con los colegas y trabaja como un miembro del equipo, es decir:*

- Trabajar con los colegas en forma abierta y amigable;
- Prestar el debido respeto a la igualdad de oportunidades;
- Mostrarse consciente con los colegas que están experimentando dificultades y responder apropiadamente;
- Compartir la carga de trabajo las veces inusuales de exceso del mismo.

*Trata con los clientes en un forma profesional y apropiada, es decir:*

- Contestar el teléfono en una forma clara y acogedora;
- Tratar cara a cara las indagatorias en forma amplia y amigable;
- Hacer preguntas para aclarar los requerimientos del cliente;
- No demostrar molestia aún si es provocado y responde a las críticas o quejas en forma constructiva;
- Conocer el procedimiento de quejas y lo implementa si es necesario.

## 7.2 MONITOREO Y PREDICCIÓN DEL CLIMA

Por Y. Kimura, Agencia Meteorológica Japonesa

### Monitoreo del clima y servicios de predicción

*El climatólogo debe:*

- Estar en cuenta de los impactos de las fluctuaciones del clima (tiempo) en la sociedad;

- Entender el valor del monitoreo del clima y la información de la predicción;
- Estar consciente de cómo es usado el monitoreo del clima y la información de la predicción;
- Estar en cuenta de las necesidades de la sociedad sobre el monitoreo del clima y los servicios de predicción.

#### El clima en el área de responsabilidad

*El climatólogo debe:*

- Tener conocimiento de la geografía del área de su responsabilidad;
- Conocer la representatividad espacial de los datos climáticos de cada estación observadora dentro del área de su responsabilidad;
- Conocer las características del clima en el área de su responsabilidad:
  - La normalidad y la variabilidad (desviación estándar) de los elementos climáticos;
  - Los cambios estacionales e interanuales de los elementos climáticos;
  - Los cambios estacionales de los patrones dominantes del tiempo;
  - Conocer la influencia del urbanismo en el clima en el área de responsabilidad.

#### Relación entre climas a gran escala y climas en el área de responsabilidad

*El climatólogo debe:*

- Tener conocimiento de las condiciones normales del clima a gran escala:
  - Los patrones de presión a nivel superficial y los patrones de circulación que aparecen frecuentemente;
  - Los balances entre los diversos parámetros físicos;
  - Las variaciones estacionales de los dos anteriores;
- Tener conocimiento de la relación entre el clima a gran escala y el clima en el área de responsabilidad:
  - El estado normal;
  - Los años climáticos anómalos en el pasado;
  - Los resultados de estudios anteriores sobre la relación entre las variaciones del clima a gran escala y las variaciones del clima en el área de responsabilidad;
  - Los resultados de estudios anteriores sobre la relación entre las condiciones de la capa límite inferior de la atmósfera a gran escala, tales como la temperatura de la superficie del mar y las áreas nevadas y el clima en el área de responsabilidad.

#### Predicción del clima

*El climatólogo debe:*

- Entender la predictabilidad del clima y lo que puede predecirse;
- Entender el pronóstico determinista y el pronóstico probabilístico.

#### Métodos usados en monitoreo y predicción del clima

*El climatólogo debe:*

- Tener conocimiento de los métodos usados en el análisis del clima:
  - El análisis de series de tiempo (medias móviles, análisis espectral, análisis de tendencia, etc);
  - El análisis de la Función Ortogonal Empírica (EOF, por sus siglas en inglés);
  - El análisis de correlación, Análisis de Correlación Canónico (CCA, idem);
  - El análisis del Valor Singular de Descomposición (SVD, idem), etc.;
- Tener conocimiento de los métodos usados en la predicción de clima:
  - Los métodos estadísticos-empíricos: Persistencia, método análogo, análogo/antianálogo, periodicidad, regresión lineal múltiple, CCA, análisis de discriminante, Normal Climática Óptima (OCN, por sus siglas en inglés), etc.;
  - Los métodos dinámicos: El modelo de circulación general atmosférico, el modelo acoplado de circulación general de la atmósfera-océano, el modelo híbrido, el de predicción del conjunto;
  - Los pronósticos objetivos: El MOS, siglas idem (Model Output Statistics), el Método de Prognosis Perfecta (PPM, siglas idem), etc.

#### Verificación del pronóstico (predicción)

*El climatólogo debe:*

- Tomar en cuenta los propósitos de la verificación del pronóstico;
- Tener conocimiento de los métodos en la verificación del pronóstico:
  - El pronóstico categórico determinista: El cuadro de contingencia, sesgo o parcialidad, rata de aciertos, puntuación de habilidad Heidke, etc.;
  - Los pronósticos probabilísticos: El diagrama de fiabilidad, la puntuación por Probabilidad Ordenada (RP, siglas idem), la puntuación Brier, Las Características de Operación Relativa (ROC, siglas idem), etc.;

- Los pronósticos de variables continuas: Sesgo, correlación de anomalías, error de la raíz media al cuadrado, etc.

Datos usados en el monitoreo y la predicción del clima

*El climatólogo debe:*

- Estar en cuenta de las características de los datos usados:
  - Datos meteorológicos de observación de superficie, datos de observación aerológica;
  - Datos de observación oceanográficos;
  - Datos de observación del satélite;
  - Datos objetivamente analizados, de re-análisis, datos de sistemas de asimilación.

Operaciones del monitoreo del clima

*El climatólogo debería:*

- Familiarizarse con los procedimientos de trabajo para el monitoreo del clima;
- Estar en cuenta de las formas de interpretar datos observados y analizados correctamente, con una comprensión de las características y la resolución de espacio-tiempo de estos datos y de los métodos de análisis usados;
- Tener en mente la importancia del monitoreo no de sólo del clima en el área de responsabilidad, sino también del clima a gran escala y el sistema climático completo;
- Tener en mente la importancia de investigar las causas de climas anómalos y atesorar los resultados para una utilización futura.

Operaciones de la predicción del clima

*El climatólogo debería:*

- Familiarizarse con los procedimientos de trabajo para la predicción del clima;
- Tomar en cuenta las formas de interpretar los datos del pronóstico correctamente, con una comprensión de las fortalezas y las debilidades de estos datos, las habilidades (verificación de resultados) de los métodos de pronóstico usadas en las escalas de espacio-tiempo que los métodos representan;
- Tener en mente la importancia de atesorar los resultados de verificación del pronóstico de datos y los pronósticos emitidos.

Provisión y explicación de la información climática

*El climatólogo debe:*

- Hacer uso apropiado de los términos, tales como el clima normal, climas inusuales, etc.;
- Al explicar el clima monitoreado y la predicción de la información para los usuarios, considerar el principal impacto que tiene el clima (el tiempo) o que es esperado tener en la sociedad;
- Explicar el clima monitoreado y la predicción de la información para los usuarios explícitamente y sin ambigüedades;
- Aplicar el conocimiento apropiado de meteorología y climatología al explicar el clima monitoreado y la predicción de la información para los usuarios.

### 7.3 OBSERVACIONES Y MEDICIONES; INSTRUMENTOS

By. I. Pannett, Servicios Meteorológicos Limitados de Nueva Zelanda

Introducción

Los conjuntos de datos meteorológicos pueden ser empleados en una variedad de aplicaciones, en el pronóstico del tiempo, en climatología, en investigación meteorológica y numerosas aplicaciones agrícolas, industriales y comerciales. Para asegurar la calidad particular de los datos de la forma más económica posible para las diversas aplicaciones, ello conlleva a una alta demanda en el diseño de sistemas modernos de adquisición de datos y el régimen de muestreo y prueba de los datos.

Ya que el proceso de adquisición de datos involucra una alta proporción del presupuesto total de un SMN, hay la presión continua de asegurar la máxima utilización efectiva de los recursos, y buscar formas de reducir los costos, a la par de mantener la requerida calidad de desempeño.

Como los procesos de adquisición de datos se están haciendo progresivamente automatizados para mejorar la calidad de ellos y reducir los costos, existe un movimiento en las Dependencias de Observaciones y Mediciones (O&M) de la base de habilidad necesaria para manejar y mantener las redes de observación. El énfasis se traslada desde la concentración que existía en los previos métodos manuales, visuales y los instrumentos ‘mecánicos’ individuales a los sistemas automáticos, de percepción remota que emplean componentes electrónicos, con microprocesadores de muestreo y procesamiento de datos con software controlado, y con entrega para el usuario en tipos diversos de servidores de telecomunicaciones.

En el equipo de especialistas del personal de la dependencia O&M existe una tendencia en reducir el personal global, a la vez de especializar o acrecentar las habilidades del equipo de trabajo existente, para ser más competente en las nuevas tecnologías. El personal del equipo igualmente, puede ser ‘multi-experto’ a fin de ser competentes en un rango más amplio de tareas, y pueden ser más flexiblemente destacados en responsabilizarse por necesidades emergentes. Esta práctica también conduce a una mayor satisfacción en el trabajo.

La lista de competencias siguiente está dada en términos de responsabilidades funcionales o ‘resultados claves de área’. En algunos casos éstos serán los dominios de un especialista, pero a menudo las competencias serán distribuidas a través de la dependencia o división y de varias personas, o un equipo funcional ofrecerá habilidades complementarias.

Las siguientes habilidades básicas y avanzadas, y actitudes adecuadas y las prácticas para la seguridad ocupacional y la salud, serán comunes para la Dependencia O&M:

#### *Habilidades básicas*

- Meteorología básica;
- Ciencia básica de las mediciones;
- Sistemas de calidad;
- Seguridad y riesgos de peligro; práctica básica de primeros auxilios;
- Uso de aplicaciones del software de la computadora personal: Procesamiento de palabras, hojas de cálculo, trazado y dibujo de ingeniería, diagrama de flujo, correo electrónico y el uso de Internet; otras herramientas de productividad.

#### *Habilidades avanzadas*

- Planificación de recursos;
- Gerencia de proyecto;
- Diseño electrónico;
- Diseño de sistemas;
- Ingeniería del software;
- Ingeniería de comunicaciones;
- Ingeniería de calibración.

#### *Seguridad ocupacional y salud*

- Uso apropiado de ropas de seguridad y del equipo protector;
- Gases venenosos y vapores (solventes, el mercurio);
- Productos químicos corrosivos (productos químicos cáusticos);
- Peligros con la corriente eléctrica;
- Caída de objetos;
- Síndrome ocupacional de sobre empleo;
- Entrenamiento de primeros auxilios sobre lesiones (entrenamiento certificado).

#### *Gerencia de la Dependencia Tareas*

- Establecer y manejar contratos para los datos básicos, incluyendo: Las observaciones de aire superior; observadores voluntarios; barcos voluntarios; datos del clima; METAR y AMDAR;
- Establecer acuerdos de nivel de servicio con otras divisiones de los SMN para suministro de los servicios de calidad de datos y de mantenimiento;
- Proveer sistemas nuevos y mejorados de adquisición de datos para responsabilizarse por el costo-efectivo de las necesidades en marcha de los SMN y sus clientes;

- Mantener una calidad óptima y fiabilidad en la colección meteorológica de datos a través de un programa efectivo de calibración regular y mantenimiento preventivo;
- Arreglar los preparativos para chequeo de fallas operacionales en el monitoreo y respuesta y la reparación oportuna del equipo;
- Arreglar la participación en los programas cooperativos internacionales, por ejemplo en el programa de boyas errantes;
- Arreglar los preparativos para la provisión de material apropiado de guía y entrenamiento sobre los procedimientos de la colección de datos para el equipo o personal y contratistas, y para monitorear la adherencia a los procedimientos;
- Actuar como un portavoz experto en los asuntos de la red global de adquisición de datos;
- Tener prevista la participación en las Comisiones de la OMM sobre Instrumentos y Métodos de Observación (CIMO);
- Implementar sistemas de calidad conforme a los requisitos ISO 9000;
- Proveer recursos financieros y materiales (preparar y monitorear presupuestos de gastos);
- Reportar la calidad y el desempeño del sistema global de adquisición de datos según lo solicitado;
- Mantener, mejorar y manejar en forma óptima los bienes y equipos;
- Reclutar el personal con las habilidades requeridas;
- Proveer el entrenamiento y formación del personal técnico;
- Conducir los avalúos personales del equipo de trabajo.

#### *Competencias*

- Manejo de personal y liderazgo del equipo de empleados;
- Fuerte enfoque en responsabilizarse por lo requerido por el cliente;
- Excelentes habilidades orales y escritas de comunicación;
- Amplio conocimiento de todos los procesos del SMN que dependen de los datos meteorológicos;
- Establecimiento de presupuestos y control de gastos;
- Manejo de activos para mantener el desempeño económico;
- Planificación estratégica;
- Habilidades de negociación;
- Familiaridad con los programas de la OMM, particularmente la VMM;
- Planificación del trabajo para lograr objetivos operacionales;
- Capacidad de trabajar bajo presión y lograr cometidos en fechas establecidas.

#### *Gerencia de la red Tareas*

- Manejar los programas de observación superficial y de aire superior para proveer redes óptimas, representativas y eficientes en base a costos;
- Manejar el programa de observación marina (barcos y boyas a la deriva) para proveer una red óptima;
- Contribuir en la planificación de la red;
- Inspecciones de rutina de los sitios relevantes;
- Enrolar y entrenar contratistas, observadores voluntarios y barcos de observación;
- Contratar la implementación de las boyas y el procesamiento de los datos de las boyas;
- Suministrar las instrucciones de operación y los procedimientos estándar para contratistas y observadores;
- Asegurar el suministro de artículos de consumo de la estación;
- Manejar la entrega de datos de las estaciones de observación para la Oficina Central con la calidad requerida incluyendo puntualidad;
- Mantener los registros de la estación;
- Negociar con contratistas sobre la operación de los programas de observación.

#### *Competencias*

- Entender el pronóstico y los requerimientos de los datos climatológicos;
- Tener conocimiento práctico detallado y la experiencia de todas las normas y las técnicas de observación;
- Tener habilidad de solucionar problemas;
- Usar la diplomacia; habilidad de tener buenos enlaces con otras agencias y los

miembros del público;  
• Tener habilidades de negociación.

Observancia de  
estándares  
*Tareas*

- Asegurar que la calidad de los datos (incluyendo puntualidad y representatividad) cumple con los requerimientos del pronosticador y del climatólogo, y las normas de la OMM del intercambio internacional;
- Desarrollar y mantener los procedimientos ISO 9000 de calidad para la recolección de datos;
- Mantener un programa de inspecciones y de auditorías de calidad sobre contratistas y estaciones;
- Coordinar la introducción de sistemas nuevos de recolección de datos, técnicas y códigos, y arreglar el entrenamiento apropiado para contratistas y observadores;
- Evaluar y seleccionar los sitios de observación;
- Monitorear la red y el desempeño de contratistas; mantener y analizar las estadísticas.

*Competencias*

- Entendimiento del pronóstico y los requerimientos climatológicos de datos;
- Conocimiento práctico detallado y la experiencia de todas las normas de observación y las técnicas relacionadas con el contexto del área;
- Entendimiento con las Regulaciones de la OMM, las prácticas referentes a los códigos OMM, y las recomendaciones de la OMM-NO. 8, *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación*;
- Tener una cultura de calidad bien desarrollada;
- Tener habilidad analítica suficiente en los métodos estadísticos; aptitud para la solución de problemas.

Ingeniería de sistemas  
*Tareas*

- aconsejar en las nuevas oportunidades técnicas en la adquisición meteorológica de datos provenientes de nuevas fuentes de datos, mejor desempeño y los costos operativos más reducidos;
- Introducir sistemas nuevos de adquisición de datos en el uso operacional y mejorar los sistemas existentes;
- Manejar proyectos de desarrollo de sistema;
- Desarrollar, en consulta con usuarios, resúmenes de requisitos y especificaciones técnicas de sistemas;
- Evaluar opciones de sistema para concretar las necesidades del usuario;
- Estimar costos de los proyectos y manejar el presupuesto de proyecto;
- Documentar los proyectos con especificaciones, planos de ingeniería, ofertar y contratar documentos;
- Arreglar y manejar las procuras técnicas y el enlace con proveedores;
- Mejorar/desarrollar hardware de tecnología de la información y el software según lo solicitado;
- Diseñar para la instalación; arreglar para subcontratistas en proveer servicios públicos;
- Tener previstos comunicaciones de datos desde sitios remotos;
- Coordinar sistema de comunicaciones, formatos de datos y códigos con las Divisiones de Tecnología de la información de los SMN;
- Comisionar y probar sistemas nuevos para las especificaciones del usuario;
- Proveer manuales técnicos adecuados para la operación y el mantenimiento;
- Proveer entrenamiento de 'transferencia de tecnología' para calibración, mantenimiento y operación.

*Competencias*

- Entendimiento excelente de las necesidades de datos de usuarios;
- Alto nivel de conocimiento técnico sobre los sistemas modernos de adquisición de datos;
- Conocimiento integral de ciencia de las mediciones y análisis de error;
- Habilidades avanzadas en diseño electrónico; ingeniería de software e integración de sistemas;
- Excelentes habilidades técnicas y orales y comunicaciones escritas (incluyendo la ingeniería de documentación);

- Capaz de sintetizar soluciones apropiadas; habilidades excelentes para solucionar problemas;
- Capaz de manejar proyectos ajustados en tiempo y costos.

Aprovisionamiento y  
almacenaje  
*Tareas*

- Asegurar el suministro confiable, eficiente en base a costos de artículos meteorológicos a contratar y referente a las estaciones voluntarias y los barcos;
- Mantener un almacenaje eficiente, seguro de artículos de uso y piezas de recambio para el mantenimiento;
- Monitorear el consumo de almacenes, adquirir por adelantado lo necesario, mantener los inventarios de los artículos listados como suministros, para facilitar la operación de una política de compras efectiva en el tiempo y fidedigna;
- Mantener una base de datos de los proveedores preferidos y las especificaciones de compra y adquisición;
- Negociar con los proveedores potenciales por las mejores condiciones posibles en artículos de inventario;
- Producir balances e inventarios mensuales de artículos, y cada seis meses realizar auditorias, según lo solicitado por la División de Finanzas de los SMN.

*Competencias*

- Familiaridad con el rol de los equipos y artículos de uso en las prácticas de la observación meteorológica;
- Habilidad para establecer y manejar sistemas adecuados para el control de existencias, la compra y el suministro oportuno para los usuarios;
- Conocimiento cabal de las prácticas comerciales para ofertar y contratar por suministro de bienes, condiciones de pago, tasas de cambio internacionales, seguro, carga, despacho de aduanas, facturación, valoración y depreciación y auditoria;
- Habilidades de negociación para lograr suministros en condiciones favorables;
- Habilidades computacionales para manejar y mantener bases de datos de estado de acciones de inventarios, de orden y de pago y rentas o tarifas para los usuarios.

Planificación y manejo  
de proyectos  
*Tareas*

- Manejar proyectos que involucran recursos significantes y diversos para el establecimiento de instalaciones principales de adquisición de datos de los SMN, por ejemplo estaciones para recepción de aire superior, radar y satélite;
- Aplicar por recursos y acuerdos de planificación; solicitud de permisos construcción de autoridades locales y arrendamientos de tierras;
- Establecer contratos para el suministro de servicios públicos y otros servicios;
- Vinculación y nexos con proveedores de bienes y contratistas de trabajos;
- Vinculación y negociaciones con autoridades de dueños de tierras, otras agencias y autoridades locales;
- Nexos con abogados y asesores de planificación.

*Competencias*

- Excelente aprecio técnico de las operaciones de adquisición de datos del SMN;
- Buena práctica en el uso apropiado de proyectos basado en la computadora y herramientas de programación;
- Competencia en escribir especificaciones, en producir diseños de ingeniería y reportes de proyectos;
- Capacidad de estimar recursos financieros y laborables y manejar presupuestos de proyecto y recursos para lograr metas definidas;
- Conocimiento práctico de especificación e instalación segura de servicios públicos: Abastecimiento de aguas, desagües, gas, energía eléctrica y telecomunicaciones (tanto de líneas como transmisión por radio);
- Familiaridad con la ley nacional de gestión del recurso, ley contractual y de edificaciones y otras regulaciones de gobierno;
- Habilidades demostradas para la solución de problemas y de negociación.

Estándares de  
mediciones; calibración  
de instrumentos;  
confiabilidad de la

- Manejar y mantener los estándares del SMN y su adherencia a las normas nacionales e internacionales, según el sistema de calidad ISO 9000;
- Manejar calibraciones de los instrumentos según un programa convenido, para mantener la calidad y responsabilizarse por demandas operacionales;
- Documentar los procedimientos de calibración y mantener un registro de

- calidad  
*Tareas*
- calibración;
  - Proveer consejo especializado y evaluar los sensores meteorológicos;
  - Entrenar al personal técnico en los procedimientos de calibración;
  - Confiabilidad de la calidad;
  - Mantener un sistema de calidad ISO 9000 o similar;
  - Mantener estadísticas y registros de inspecciones y de auditorías de calidad;
  - Analizar y revisar el desempeño de calidad.

- Competencias*
- Profundizar el conocimiento técnico de los sistemas de sensores meteorológicos, de mediciones y normas empleadas en el programa de adquisición de datos del SMN y las necesidades de datos de los usuarios;
  - Entendimiento con las *Regulaciones Técnicas* de la OMM (OMM-NO. 49) y la *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación* (OMM-NO. 8);
  - Conocimiento sólidos de los estándares y normas nacionales e internacionales de las mediciones físicas que son relevantes en la meteorología;
  - Compromiso con el sistema seleccionado de calidad y competente en su aplicación para la calibración de los instrumentos;
  - Comprensión práctica adecuada de las medida físicas, el tratamiento de errores y la derivación de las estadísticas apropiadas;
  - Habilidades manuales excelentes en establecer y ajustar equipo de calibración (incluyendo aquellos con control por computadora) y los sensores bajo calibración;
  - Competencia con sistemas de base de datos de la computadora para mantener los registros de calibración, y capaz de mantener registros meticulosos de las calibraciones y de las fichas del instrumental.

- Instalaciones de campo  
e ingeniería de  
mantenimiento  
*Tareas*
- Preparar sitios de trabajos (zócalos o fundaciones de concreto, montajes, cables tirantes, protecciones y refugios del equipo); vinculaciones con subcontratistas;
  - Hacer fabricaciones de taller e instalaciones de instrumentos en el campo y otros sistemas;
  - Realizar pruebas y tests si así se comisiona;
  - Prever mantenimiento de rutina;
  - Actuar acorde con la llamada por algún defecto dentro de lo acordado en el tiempo y prioridades;
  - Operar y manejar la asistencia técnica para responder efectivamente al reporte de fallas y de problemas del cliente;
  - Realizar mantenimiento del taller y del campo de electro-mecánico, electrónico y el equipo meteorológico óptico, incluyendo la prevención de la corrosión y el remozamiento de equipos;
  - Preparar planos del sitio y trazados y dibujos del equipo;
  - Preparar las instrucciones de operación y mantenimiento, incluyendo correcciones;
  - Mantener registros de las instalaciones físicas del equipo, modificación, calibración y reparación;
  - Mantener seguras las prácticas de campo y el taller.

- Competencias*
- Tener buen entendimiento de cómo los datos meteorológicos se aplican en los procesos de los SMN;
  - Sólidos conocimientos técnicos de electrónica y de instrumentos meteorológicos electromecánicos y sistemas;
  - Familiaridad con las propiedades y el procesamiento de materiales de ingeniería: Concreto, madera, metales ferrosos y antimagnéticos y recubrimientos protectores;
  - Demostrar habilidades prácticas y experticia en el mantenimiento electrónico y/o electromecánico tanto en el campo como en el taller;
  - Tener buenas habilidades de diagnóstico y de análisis, particularmente cuando el apoyo es limitado;
  - Capaz de trabajar efectivamente ya sea como un miembro del equipo o cómo líder con otros técnicos especialistas;
  - Ser bien organizado con buenas habilidades de planificación y de atención para los detalles.

## 7.4 TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y EL PROCESAMIENTO DE DATOS

Por J. Koppert, Deutscher Wetterdienst, Alemania

Las tareas realizadas en los Departamentos de Tecnología de la Información (TI) de los SMN difiere poco hoy de aquellas de cualquier institución de investigación científica. Las diferencias significantes pueden ser encontradas en el área de telecomunicación internacional y en la ingeniería del software, donde dicho software que tiene que ser implementado y mantenido es muy específico para la meteorología.

Las principales competencias de trabajo en un Departamento de TI requieren habilidades y conocimiento en ciertas áreas (ver los seis sub-secciones de abajo). Para todas esas áreas, un conjunto básico de habilidades de TI es necesario, esto incluye:

- Reconocer el hardware básico y los componentes informáticos;
- Entender las funciones operativas básicas del sistema, como archivos y directorios, menús y computadores de escritorio y redes;
- Experimentar con aplicaciones del procesador/editor de palabras; y
- Uso del correo electrónico e Internet.

Las especificaciones detalladas de conocimiento y experiencia en este escrito reflejan el área de la TI de hoy (a partir de agosto de 1999). La base del conocimiento descrita abajo puede no estar bajo la responsabilidad de una sola persona, sino que un subconjunto apropiado debe estar disponible dentro del equipo del SMN.

### Sistemas de información en operación

Típicamente los SMN confían en los servidores de computadoras. Los modelos PNT son ejecutados sobre vectoriales o en supercomputadoras masivamente paralelas. El post-procesamiento está hecho en servidores poderosos. Algunos SMN operan Modelos de Área Limitada (MAL) en poderosas estaciones de trabajo.

*Un operador de sistemas de información tiene que:*

- Monitorear el desempeño del sistema de tecnología de la información;
- Monitorear el estado de los trabajos funcionando con estos sistemas;
- Usar software de sistemas de gerencia para monitorear todos los servidores y los clientes en el sistema de tecnología de la información del SMN;
- Investigar cualquier cosa que parezca inusual;
- Tomar la acción apropiada en caso de fracasos y fallas;
- Comenzar, reanudar o desechar las aplicaciones;
- Arrancar o poner en marcha y cerrar o apagar las computadoras.

*El operador hace esto por:*

- La experiencia en las utilidades del Sistema Operador;
- El conocimiento de las herramientas del mantenimiento del sistema;
- La pericia en los sistemas específicos de planificación de trabajo (ejemplo, el SMS del Centro Europeo de Pronósticos Meteorológicos a Mediano Rango);
- La pericia en el manejo de sistemas UNIX/Windows NT;
- los comandos del sistema, las herramientas y las aplicaciones;
- La programación UNIX.

### Administración y programación de la base de datos

Los SMN tienen que almacenar grandes cantidades de datos de observación procesados y reticulados. Estos datos son almacenados en una relativa base de datos comercial.

*Un administrador asociado a la base de datos:*

- Es responsable del almacenamiento y la recuperación de datos del SMN;
- Desarrolla e implementa interfaces del usuario a la base de datos;

- Opera el respaldo de la base de datos y recuperaciones;
- Es capaz de configurar, instalar, entonar y correr la base de datos SQL;
- Es capaz de desarrollar e implementar modelos de datos conjuntamente con usuarios internos y externos.

*El administrador realiza todo lo anterior con:*

- El conocimiento profundo de todos los aspectos de la administración de la base de datos, con el propósito de:
  - Establecer mecanismos de respaldo y recuperación usando las herramientas proveedoras de la base de datos;
  - Afina, optimiza el desempeño (especialmente de los datos para el PNT) y monitorea la base de datos;
  - Valida los usuarios;
  - Implementa cuadros de espaciamiento e índices;
- El conocimiento de códigos de datos meteorológicos (los códigos GRIB y BUFR de la OMM, algunos reportes GTS, si el reporte original GTS está almacenado);
- Experimenta con el modelaje de los datos OO relativos y/o de objeto orientado de estaciones relacionadas, imaginería de satélites o datos numéricos que usan herramientas comerciales como el modelador de relación de entidad;
- Experimenta con interfaces de programación del usuario, con SQL, PLSQL, JAVA (interfaces Web), SQL enclavada, C, C ++, y FORTRAN (interactuando con código del legado).

## La red en operación

Los SMN dependen enormemente del flujo de datos y la información en sus redes. Las arquitecturas del cliente-servidor de hoy separan datos de la aplicación del cliente.

*Un especialista de la red tiene que:*

- Analizar los requerimientos de las necesidades de la red del SMN para asegurarse que cumple a cabalidad las necesidades de transmisión de datos en forma oportuna y segura;
- Establecer la Red Local de Área del SMN (RLA) y el Área Ampliada de la Red (AAR) según la valoración de necesidades del SMN;
- Conecta sistemas de TI (por ejemplo, supercomputadoras, estaciones de trabajo, terminales X, PC, impresoras, etc.) a través de cables, fibra óptica, enrutadores, enchufes y modems;
- Aplicar y evaluar la tecnología disponible como Fast y Gigabit Ethernet, FDDI, HIPPI, ATM, DSL;
- Proteger la red de accesos no deseados, instalando las debidas barreras protectoras y accesos restringidos;
- Monitorear el desempeño de la red con las herramientas apropiadas de administración de la red;
- Solventar problemas en la red.

*El especialista de la red debe tener:*

- Un conocimiento profundo de:
  - Los protocolos de línea como: X.25, PPP, HDLC, Frame Relay y ATM;
  - El protocolo de red TCP/IP y de aplicaciones basadas en TCP/IP;
  - Los protocolos de rutina como: OSPF, BGP, RIP, EIGRP;
- La habilidad para configurar e instalar enchufes, interruptores y enrutadores (la configuración está mayormente centralizada);
- La pericia en configurar barreras de protección e implementar políticas de seguridad en el SMN en estas barreras,
- Conocimiento de Administración del Sistema de la Red basado en el SNMP;
- Experiencia con la ejecución de análisis pro-activos de desempeño, por ejemplo con los sistemas de pruebas Ramon y analizadores de la red;
- Experiencia con la optimización del desempeño RLA por la conmutación layer2/layer3.

## Telecomunicación

Los SMN mas avanzados operan como parte de las Telecomunicaciones

## meteorológica internacional

Meteorológicas Internacionales, especialmente equipadas con sistemas de tecnología de la información (“clustered, hot standby o fault tolerant”). Un mensaje software de conmutación es ejecutado en estos sistemas.

*El equipo responsable del SMN por las telecomunicaciones internacionales o por el Centro Regional de Telecomunicación (CRT) debería tener:*

- Un conocimiento integral del software de aplicación del Sistema de Conmutación de Mensajes (CMS) en uso, especialmente:
  - Para instalar y actualizar la aplicación del CMS;
  - Para configurar y dar los parámetros de las conexiones internacionales operadas;
  - Para configurar las conexiones in situ desde y hacia el centro de computación;
  - Para instalar y actualizar la lista de distribución de mensajes;
  - Para definir la extensión de la conexión y el monitoreo de operaciones;
- El conocimiento de la configuración del hardware en uso, incluyendo el sistema operativo (ejemplo, el UNIX):
  - Los procedimientos de instalación;
  - El monitoreo la operación de componentes para eliminar defectos;
  - La comprobación que la condición del sistema sea apropiada para las tareas a realizar;
  - Las operaciones de respaldo;
  - Los programa mejorados;
- Conocimiento de:
  - La red y los protocolos de comunicación en uso, ejemplo el X.25 y el TCP/IP;
  - El intercambio de datos vía Internet;
  - Los parámetros para ser establecidos para cada una de las conexiones en coordinación con la instalación remota;
- Conocimiento de:
  - Los códigos usados para la información meteorológica en los mensajes;
  - Las prácticas comunes en manejar el intercambio internacional de datos;
  - Las regulaciones de la OMM sobre la organización del intercambio internacional de mensajes meteorológicos;
  - La estructura global del Sistema Global de Telecomunicaciones (SGT).

## Diseño y mantenimiento de sistemas de operación/aplicación

Los SMHN tienen que implementar y mantener una variedad de hardware de tecnología de la información y el software incluyendo supercomputadoras que ejecuten el sistema operativo UNIX, servidores de alto desempeño y estaciones de trabajo meteorológicas también operando el UNIX y PC que ejecuten el sistema Windows.

*Un analista/programador de sistemas operativos tiene que:*

- Evaluar, implementar y actualizar el software operativo de los sistemas y todo el software relacionado, como compiladores y gabinetes;
- Integrar todo el hardware de sistemas de la computadora, tales como los CPU, cartas de gráficos, memoria, discos y dispositivos periféricos;
- Experimentar e implementar los software de aplicación, tales como los editores, los paquetes de visualización, bibliotecas y referencias matemáticas y físicas, los programas de manipulación de imagen, procesadores de texto, hojas de cálculo;
- Distribuir el software a través de la red del SMN;
- Proveer al cliente y dar soporte técnico;
- Operar el software del sistema de gerencia o administración.

*El operador de sistemas de información debe tener:*

- Un conocimiento profundo del UNIX y/o del sistema operativo Windows NT, especialmente en las áreas de:
  - Establecer y configurar las estaciones de trabajo y/o los PC en un ambiente enlazado de la red;
  - Administración/contabilidad de usuarios;
  - Gerencia de sistemas de archivo (por ejemplo, crear sistemas de archivo, dividir discos, crear y manejar volúmenes lógicos del disco, operar intercambios de espacio, monitorear desempeño y uso de sistema del archivo);

- Experimentar en administrar ambientes distribuidos de computación, conjuntamente con Especialistas en Redes. También debería poder configurar los clientes/servidores para el NIS, DNS, NFS o DCE/DFS;
- Ser pro-eficiente en utilizar las herramientas apropiadas de software y proveedores de hardware;
- Experimentar con establecer impresoras, terminales y otros dispositivos periféricos;
- Tener pericia en UNIX y en programación Pearl;
- Experimentar en instalar y actualizar software de aplicación;
- Experimentar en diseñar e implementar software de sistema de gerencia como el Tivoli, HP OpenView o CA Unicenter;
- Experiencia en integrar el NT y UNIX, por ejemplo utilizando:
  - La samba para el servicio del archivo;
  - Los servidores terminales;
- Experiencia con sistemas generadores de problemas.

## Ingeniería de software

La mayoría del software de aplicación meteorológica es muy específica. Un ingeniero informático por consiguiente lo tiene que tener algún conocimiento profundo de meteorología y de códigos meteorológicos.

*Un ingeniero informático hace las siguientes actividades:*

- Elabora la especificación de software conjuntamente con los usuarios;
- Determina los recursos de la plataforma de la computadora, lenguajes de programación, recursos de la red que y todas las interfaces necesarias de aplicación de programación a ser usadas;
- Codifica, compila y prueba el software;
- Codifica/decodifica (GRIB, BUFR, Reportes SGT);
- Mantiene el software al nivel del programa.

*Las siguiente capacidades TI son indispensables:*

- Conocimiento de desarrollo de ciclo de vida de software;
- Experiencia en el análisis estructurado y/o de Objeto Orientado (OO) y diseño dependiendo de la estrategia del SMN;
- Pericia en programación de FORTRAN 90, C ++ y JAVA para nuevos proyectos de software;
- Conocimiento del FORTRAN 77 y C para el mantenimiento del código de legado;
- Pericia en programación gráfica con X, Open GL, Direct X y JAVA;
- Conocimiento en construir interfaces de usuario con Motif, Tcl/Tk, C VISUAL ++ y JAVA;
- Experiencia en middleware (Corba, DCOM) para los proyectos complejos de la multiplataforma y lenguajes de multiprogramación;
- Experiencia en programación HTML, CGI, JavaScript para crear y mantener páginas Web;
- Pericia en UNIX/Windows NT dependiendo de la plataforma objetivo;
- Conocimiento (de ciertas aplicaciones) de:
  - Datos del PNT (la estructura de modelos de cuadrículas y los parámetros);
  - Reportes SGT como FM12, FM13, FM15, FM16, FM 18, FM 32, FM33, FM 35, FM36, FM41 y FM 42;
- Conocimiento de los códigos BUFR y GRIB de la OMM.

## 7.5 AGROMETEOROLOGÍA

Por. P. Das, India Meteorological Department

Desarrollo de pronósticos de tiempo para la agricultura; productos para el

- Desarrollo de técnicas adecuadas para pronósticos precisos de los elementos del tiempo, que afectan la planificación y las operaciones agrícola;
- Desarrollo de pronósticos de tiempo especiales para agricultura para servir a problemas agrícolas vinculados con el tiempo, y asociados con los cultivos en

usuario  
*Requerimientos de  
competencia*

áreas específicas;

- Interpretación de datos actuales y pronosticados correctamente e identificación los datos más relevantes para cualquier situación dada;
- Creación de productos consistentes con la guía y datos relevantes.

*Habilidades y  
conocimiento; tareas*

*Saber qué guías de productos están disponibles y donde encontrarlas, es decir:*

- Obtener datos agrometeorológicos relevantes, tales como temperatura máxima y mínima, viento, humedad, temperatura del suelo, humedad del suelo y cualquier otro elemento, si es requerido;
- Recolectar información detallada sobre los tipos de cultivos, fenología de cultivos, la fecha de ocurrencias de los principales desarrollos de fases de cultivos, prácticas de cultivo, tipos de suelo y otras informaciones relacionadas;
- Recolectar informaciones del tiempo y datos climatológicos para determinar estrategias, tácticas y logística en el programa de monitoreo y el control de enfermedades de plantas e insectos nocivos;
- Obtener puntos cardinales (límites máximos y mínimos) y rango óptimo de parámetros agrometeorológicos relevantes para el crecimiento potencial y desarrollo de cultivos estacionales;
- Obtener las normales estadísticas de los elementos de clima y datos de probabilidad de lluvia, incluyendo probabilidades condicionales;
- Recolectar observaciones biometeorológicas sobre salud y enfermedades de animales de granja.

*Estar al tanto de y hacer uso apropiado de la información relevante disponible en la preparación de producto del usuario. Saber cómo hacer lo siguiente:*

- Desarrollar técnicas para predecir temperaturas máximas y mínimas, viento, humedad, rocío y la cobertura del cielo incluyendo los porcentajes de nubes y del brillo de sol;
- Calcular un indicativo adecuado de sequía para evaluar las deficiencias prolongadas y anormales de humedad del suelo, que conducen a la delineación de áreas de desastre potenciales;
- Desarrollar métodos exactos para la prognosis de temperatura y la humedad del suelo;
- Calcular la Evapotranspiración Potencial (ETP) por el método de Penman modificado;
- Calcular los requerimientos de agua de los cultivos a partir de la ETP y los valores de coeficientes de los cultivos;
- Calcular un índice adecuado de humedad del cultivo para medir el estado de sequedad o exceso de humedad afectando la estación cálida;
- Determinar las condiciones atmosféricas favorables para la cura de cultivos;
- Determinar los grados-día de crecimiento para encontrar la relación lineal entre el crecimiento de la planta y la temperatura;
- Identificar los factores del tiempo responsables del desarrollo de pestes y enfermedades sobre cultivos y animales.

*Ser hábil en preparar pronósticos agrícolas especiales de tiempo/fenología; o sea ser capaz de:*

- Predecir fechas de siembra, estados del desarrollo de la planta y rendimiento de cultivos;
- Preparar pronósticos fenológicos de inicio de floración de árboles frutales; fechas de maduración de fruta;
- Pronosticar la temperatura del suelo durante el período de siembra, para evitar sembrar bajo condiciones adversas del suelo, que de otra manera impedirían la correcta germinación/emergencia de la semilla;
- Predecir condiciones favorables para operaciones de cosecha de la mayoría de los cultivos y operaciones de post-cosecha tales como las curativas;
- Determinar la temperatura mínima del suelo en la profundidad del nodo de labranza y la temperatura crítica de congelamiento de la planta, para predecir las heladas sobre los cultivo;
- Predecir las fechas de congelación y deshielo del suelo;
- Pronosticar las condiciones termales mas probables durante la estación de

crecimiento de plantas dependientes del calor;

- Desarrollar métodos de pronosticar las condiciones del paso del invierno y estimar la extensión de áreas de daño por heladas;
- Predecir la duración de excesos de humedad de la hoja, dado que la mayoría de las enfermedades de la planta se desarrollan y difunden en las condiciones de vegetación muy humedecida;
- Evaluar la situación corriente de la langosta, proveer pronósticos de hasta seis semanas por adelantado en su migración y proliferación; emitir la advertencia sobre una base *ad hoc*;
- Preparar pronóstico de temperatura máxima y mínima para el transporte de productos agrícolas a lo largo de la ruta de transporte;
- Evaluar las condiciones de crecimiento en verano e invierno para el ganado;
- Evaluar las condiciones atmosféricas de adaptabilidad para crianza y forrajes, el esquila y reproducción de ovejas;
- Pronosticar condiciones atmosféricas adversas y peligros relativo a la crianza y alimentación de ciertas razas de ganado;
- Pronosticar condiciones atmosféricas favorables para la producción avícola;
- Evaluar cómo la salud, el desarrollo y la calidad de la piscicultura son afectados por la contaminación de aguas;
- Predecir el peligro de incendios forestales en base al control de humedad de combustibles naturales del bosque, particularmente durante las operaciones de corte y explotación de maderas;
- Determinar las corrientes de vientos a nivel bajo y los factores de estabilidad para la operación de aeronaves agrícolas.

*Ser hábil en preparar boletines del tiempo para agricultores, es decir:*

- Preparar calendarios agrícolas comprendiendo diversos requerimientos de advertencia atmosféricas para los agricultores, y el ciclo de vida y las fechas promedio de épocas importantes de crecimiento del cultivo;
- Recolectar los pronósticos atmosféricos distritales a mayor escala durante las siguientes 48 horas, con las advertencias especiales del tiempo junto con la proyección para los subsiguientes dos días;
- Basado en lo anterior, preparar y emitir un boletín del tiempo con indicaciones para los agricultores acerca del principio y culminación la lluvia, la intensidad probable de la lluvia y la duración y ocurrencia de fenómenos adversos del tiempo.

*Determinar prioridades en situaciones cuando la distribución de información de asesoría especial está propuesta, es decir:*

- Poder determinar prioridades del material de salida;
- Poder trabajar bajo estrés con interferencia mínima en el trabajo normal de rutina;
- Buscar consejo apropiado de colegas con experticia en el campo especializado;
- Conseguir retroalimentación de los usuarios en la mejora de los boletines.

*Adquirir habilidades necesarias para operar independientemente, es decir:*

- Buscar y seguir la guía de colegas cuando sea apropiado;
- Solicitar consejo de colegas para mejorar las técnicas de pronóstico;
- Estar dispuesto a probar técnicas nuevas sugeridas por colegas.

*Ser hábil en el uso de TI y operar cualquier otro dispositivo especial no necesariamente rutinario, es decir:*

- Ser diestro en poder corregir defectos menores en el sistema de TI de la oficina, como por instrucción del personal del equipo de trabajo;
- Estar en cuenta del procedimiento correcto de reportar fallas en los equipo de TI a los superiores, e informar cuando tal equipo no debería ser tocado;
- Ser hábil en poder usar equipo de TI.

Desarrollo de un  
Servicio de Asesoría

- Desarrollo de pronósticos operacionales útiles de parámetros meteorológicos importantes para operaciones habituales de agricultura;
- Utilización de la información sobre la condición y estado del cultivo y los

Agrometeorológica  
(SAA)  
*Requerimientos de  
competencia*

- requerimientos atmosféricos para un crecimiento saludable del mismo;
- Facilitar la interpretación objetiva del tiempo predominante y su pronóstico en condiciones de su efecto en el crecimiento del cultivo y las operaciones agrícolas;
  - Arreglar consulta regular entre pronosticadores del tiempo y los científicos agrícolas;
  - Aplicar un procedimiento estándar para la evaluación de la efectividad de los consejos y las asesorías emitidas;
  - Enmarcar los boletines del SAA consistente con la guía y la información relevante previamente mencionada

*Habilidades y  
conocimiento; tareas*

- Conocer cuales materiales de guías están disponibles y donde encontrarlos.*
- Recolectar oportunamente los datos meteorológicos relevantes como las temperaturas máximas y mínimas, viento, humedad, cobertura promedio de nubes y, si así se requiere, otros elementos pertinentes;
  - Recolectar información relevante de rutina de las autoridades sobre tipos de cultivos, sus limitaciones y fito-fases en el área en estudio;
  - Recolectar información detallada sobre tipos de suelo, topografía, clima, prácticas culturales, etc.;
  - Recolectar la mas reciente información sobre las áreas vulnerables desde el punto de vista agrícola, tales como la tendencia a inundación/sequía de la áreas propensas;
  - Determinar las fechas de ocurrencia de las fases principales del desarrollo del cultivo, dado que cada una de ellas tiene requisitos climáticos diferentes;
  - Recolectar las temperaturas cardinales y óptimas de las fases principales fenológicas del cultivo;
  - Identificar los parámetros ambientales más probables en proveer una indicación temprana de cualquier desviación significante relacionada con la incidencia de pestes y enfermedades;
  - Determinar las condiciones agrometeorológicas favorables para el desarrollo de insectos y parásitos transmisores de enfermedades a los animales;
  - Ser capaz de conseguir cualquier material guía adicional específico en forma inmediata, pero no requerido como rutina.

*Ser hábil en desarrollar/emitir los productos de pronóstico requeridos para los boletines del SAA; saber como hacer lo siguiente:*

- Poder emitir pronóstico meteorológico a corto plazo para lluvia, velocidad del viento, temperaturas máximas y mínimas, humedad, cobertura de nubes y rocío;
- Poder desarrollar y emitir pronósticos a mediano plazo (3 a 10 días) de lluvia que pueda ser usado en programar los trabajo de campo;
- Poder usar el pronóstico meteorológico de largo plazo para aconsejar a los usuarios potenciales acerca de la naturaleza tentativa de lo esperado a nivel mensual y estacional;
- Desarrollar modelos adecuados de pronósticos de rendimiento para un cierto cultivo específico y el área;
- Poder indicar por medio de un análisis de probabilidad el riesgo porcentual de tiempo adverso;
- Poder emitir alertas meteorológicas sobre ocurrencia de heladas, las condiciones que favorecen el peligro de incendios de bosques o cualquier fenómeno que pudiere afectar las actividades agrícolas de una región (por ejemplo vientos fuertes, lluvias muy intensas, ondas calor/frío, etc.);
- Poder desarrollar modelos apropiados para prevenir el inicio, la difusión y la severidad de pestes y enfermedades, las cuales en su mayor parte dependen del tiempo.

*Estar al tanto y hacer uso apropiado de la información relevante disponible en preparar boletines de asesoramiento y consejo. Interpretar el producto de pronóstico juiciosamente, es decir:*

- Incorporar las fuentes de entrada de los pronósticos meteorológicos a corto, mediano y de largo plazo en los boletines del SAA;
- Demostrar una capacidad de valorizar y aplicar los modelos de pronóstico de rendimiento agrícola y de producción;

- Computar el índice de aridez para monitorear las condiciones de sequía;
- Computar el balance de humedad del suelo para encontrar el déficit de agua y los períodos de excedentes de agua durante el período de crecimiento y planificar la programación de la irrigación;
- Evaluar el período óptimo de siembra el cuál tendrá un impacto decisivo en la cantidad y la calidad del rendimiento y productividad;
- Estar en cuenta de cómo la siembra y la labranza son fuertemente influenciadas por el suelo así como también por la humedad y temperatura del suelo;
- Determinar la fecha óptima para cosechar;
- Asegurar que los productos de pronóstico y la información agrícola serán usados conjuntamente por científicos agrícolas y agrometeorólogos, para preparar guía interpretativas explícita para los usuarios;
- Asegurar que los fertilizantes y los productos de protección de la planta (como los pesticidas e insecticidas) no sean usados durante los períodos de lluvias, vientos fuertes y altas temperaturas;
- Determinar los valores umbrales de temperatura, precipitación y velocidad del viento para la aplicación de productos químicos agrícolas;
- Estar en cuenta del efecto de las bajas temperaturas en el cultivo, o sea el daño por el frío, endurecimiento, debido a heladas daño y resistencia a las mismas;
- Poder monitorear el desarrollo de pestes y enfermedades las cuales están a menudo estrechamente relacionados al inicio de ciertas fases de fenológicas de las plantas;
- Estar al tanto del hecho que las pestes animales tienen capacidad de recuperarse, así que las variables de temperatura son a menudo más importantes que las variables de humedad;
- Estar conscientes que los factores cruciales para la utilización efectiva de servicios agrometeorológicos sean de accesibilidad, presentación y relevancia.

*Analizar gráficas ploteadas con particular referencia para presentación cuando sean usadas para resúmenes orales y para usuarios finales, es decir:*

- Poder analizar en detalle todas las gráficas ploteadas necesitadas en la presentación de los Boletines del SAA;
- Poder dar razones convincentes acerca de las características analizadas;
- Mantener la continuidad y estándar de las gráficas analizadas.

*Asegurar la divulgación oportuna de los servicios de asesoría para los agricultores, es decir:*

- Poder difundir los consejos y asesoramientos rápida y eficazmente, usando técnicas como el videotexto, fax y teletexto, o utilizando métodos convencionales tales como el servicio postal, prensa, radio, teléfono, etc.;
- Ser hábil en desarrollar mecanismos que permitan el entrenamiento de usuarios finales, identificar los requerimientos de los usuarios y coordinar la difusión de la información;
- Ser capaz de desenvolverse en forma apropiada para obtener retroalimentación de agricultores pro-activos, de extensionistas agrícolas y al nivel de la administración agrícola.

*Evaluar los aspectos socioeconómicos del servicio de asesoría, es decir:*

- Ser capaz de preparar una evaluación económica de asesoría agrometeorológica para los agricultores del país como un todo, incluyendo diferentes zonas agroeconómicas y agroclimáticas;
- Ser capaz de informar a administradores acerca de la producción y la caída de la misma probable y consejo en materias de políticas tales como importación/exportación;
- Ser capaz de evaluar críticamente las fallas y éxitos de la actividad ejecutada e identificar áreas donde información adicional es requerida.

*Responder rápidamente mientras se asimilan datos y se preparan consejos y asesorías, es decir:*

- Discutir con el grupo posibles preguntas mientras se formulan los boletines;
- Poder identificar las inconsistencias/imprecisiones antes de la divulgación;

- Saber donde obtener los datos más recientes, si así es necesitado;
  - Poder proveer consejos y asesoría a muy breve plazo.
- Sistema de información computacional para aplicaciones operacionales
- Estandarización en la recolección de datos y el sistema de la entrega de la información para los requerimientos del usuario, por incorporación de nuevas innovaciones tecnológicas;
  - Uso juicioso de la base de datos agrometeorológica para consejería y otras decisiones operacionales.
- Habilidades y conocimiento; tareas*
- Ser hábil en la aplicación operacional de los datos agrometeorológicos, es decir:*
- Ser capaz de proveer documentación en un formato de fácil manejo disponible en versiones de microcomputadoras;
  - Adquirir la experticia requerida para examinar cuidadosamente los datos, para formular la mejor decisión gerencial más que conformarse con las expectativas promedio;
  - Ser capaz de diseminar a buen tiempo las decisiones recomendadas para los centros comunales agrícolas, usando todos los canales disponibles, desde teléfonos hasta computadoras personales a través de una red agrícola;
  - Introducir tecnología electrónica nueva en la forma de carteleras que ofrezcan una manera nueva de transferir datos relevantes e información;
  - Ser capaz de presentar los datos en forma clara y simple, a fin de que el usuario puede comprender el significado de la información que debería ser relevante y apropiada según los requerimientos particulares del usuario.
- Adquirir habilidad para chequear el control de calidad de los datos fenológicos y agrícolas para propósitos operacionales, es decir:*
- Evaluar la frecuencia de datos erróneos o faltantes y corregir estos valores siguiendo líneas directivas estándar;
  - Determinar los umbrales de valor extremo basados en expectativas climatológicas y chequeo de valores críticos que caen fuera de los umbrales determinados;
  - Preparar el formato de datos para el uso operacional;
  - Adoptan un estándar internacionalmente reconocido para establecer un código adecuado cada tipo específico de cultivo en todos los países, dado que los tipos de datos a menudo varían de región en región.
- Incorporar datos/imaginería de sensores remotos (satélite) en una base de datos agrometeorológica para el uso operacional. Para esto, el agrometeorólogo debe:*
- Estar en cuenta de las ventajas y las limitaciones de usar la información satelital e imagerías en propósito operacional;
  - Ser capaz de hacer estimaciones aceptables de lluvia, humedad del suelo, área de cultivos, condiciones de la vegetación, abastecimientos de agua y de migración de la langosta, así como también análisis de uso de la tierra desde satélites y desde aviones;
  - Ser hábil en computar el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés) y otros índices relacionados con la vegetación para evaluar la fenología del cultivo sobre áreas grandes;
  - Ser capaz de desarrollar los Sistemas de Información Geográficos (SIG) que permiten productos de despliegue gráfico que son fáciles de interpretar.

## 7.6 METEOROLOGÍA AERONÁUTICA

PARTE A: Principales competencias de trabajo requeridas en el pronóstico aeronáutico

Por T. C. Spangler y D. Wesley, USA: Programa Cooperativo para Meteorología Operativa, Educación y Entrenamiento (COMET, por sus siglas en inglés)

Las competencias principales de trabajo para pronosticadores aeronáuticos varían algunos grados, pero generalmente requieren habilidades y conocimiento en tres categorías primarias. El pronosticador debe tener un claro conocimiento de:

- Los riesgos o peligros meteorológicos;
- Las herramientas usadas para desarrollar pronósticos de riesgos para la aviación;
- Los procedimientos y los formatos de los productos de pronóstico.

El pronosticador aeronáutico es típicamente responsable de pronósticos de terminal y de ruta para los diversos vuelos de las aeronaves o misiones aéreas. Estos incluyen los pronósticos tanto de superficie en terminales y las condiciones atmosféricas del vuelo entre terminales. Los pronósticos deben incluir la ocurrencia potencial de fenómenos meteorológicos que sean peligrosos o de riesgo para la aeronave.

### Principales riesgos para la aviación

Los peligros o riesgos principales para la aviación, tanto para niveles superficiales como en la altura son:

- Techo de nubes bajo;
- Visibilidad restringida (tanto horizontal como vertical);
- Turbulencia;
- Engelamiento;
- Tormentas;
- Vientos fuertes;
- La fuerza cortante o cizalla debido al viento (en la horizontal y la vertical);
- Ceniza volcánica; y
- Temperaturas extremas (tanto frías como calientes).

Con la finalidad de mantener y mejorar la seguridad para la aviación, el pronosticador aeronáutico es responsable del pronóstico de todos los peligros o riesgos listado previamente, y en muchos casos para el espacio aéreo global. Los lapsos de tiempo típicos cubiertos por estos pronósticos van desde una hora hasta varios días. Para un cierto riesgo o peligro particular, los requerimientos de competencia existen para la climatología del riesgo en varias escalas horizontales (hemisféricas, regionales y locales), así como también el diagnóstico y la prognosis en la escala apropiada del pronóstico de área.

Las habilidades de pronóstico referente a los peligros particulares de engelamiento sobre aeronave y la niebla están descritos en las Series de Desarrollo Profesional (SDP) COMET/NWS: Pronóstico de Nubes a Baja Altura y Niebla para las Operaciones de Aviación; Pronóstico de Engelamiento para la Aviación. Las siguientes dos sub-secciones resaltan esas habilidades.

### Habilidades de pronóstico del engelamiento en la aviación

A continuación se presenta una lista de procedimientos y de las habilidades requeridas para pronosticar el engelamiento en la aviación, lo cual es definido en los SDP, sin ningún orden particular de importancia en la presentación:

#### *Climatología*

- Reconocimiento de las áreas geográficas favorables para la ocurrencia del engelamiento durante el vuelo y en tierra relacionado con nevadas durante los regímenes específicos del tiempo y/o la estación del año;
- Aplicación de los datos climatológicos al proceso de pronóstico de engelamiento en todas las escalas de movimiento (es decir, 'regímenes' sinóptico/mesoscala/microscala asociados con la formación de hielo o engelamiento durante el vuelo y en tierra).

#### *Macroescala*

- Reconocer los patrones de ondas hemisféricas que favorecen la diseminación

en el desbordamiento de los eventos de precipitación;

- Con la finalidad de evaluar el potencial de episodios de engelamiento, predecir la respuesta dentro del área de responsabilidad producido por la geografía y la topografía regional ante las características hemisféricas;
- Identificar la corriente y anticipar patrones a futuro de flujo y humedad hemisféricos para evaluar áreas de precipitación y de movimientos de nubes, su desarrollo y disipación (localizaciones o posiciones de vaguadas/dorsales, patrones de humedad, localización, orientación y fuerza de la corriente en chorro);
- Evaluar los patrones hemisféricos verticales y horizontales de la temperatura para determinar donde la estructura de temperatura es propiciadora del engelamiento (ejemplo, advección caliente versus fría, estratos o capas bajo sub-congelamiento, etc.);
- Integrar datos de sensores remotos, datos de observación y producción de modelos numéricos para identificar áreas donde la yuxtaposición de parámetros es favorable para que ocurra el engelamiento y su anticipación;
- Usar el conocimiento sobre los patrones sinópticos del tiempo relacionados con el engelamiento, realizar el análisis inicial de datos a escala sinóptica para evaluar el potencial de engelamiento en el área de responsabilidad;
- Diagnosticar el estado actual de la atmósfera a través del análisis de datos de observación para evaluar características prominentes de la atmósfera, tales como:
  - Observaciones de superficie y de aire superior (perfiles de temperatura y de humedad, tipo de precipitación, frentes, altura de nubes). Utilizar secciones transversales verticales;
  - Reportes Pilot (PIREP);
  - Mosaicos de radar (áreas de precipitación);
  - Datos de satélite y productos derivados (patrones básicos del tiempo, cobertura de nubes/nieve, ejes de vaguadas y dorsales, presencia de agua líquida superenfriada en los topos de las nubes, localización de frentes, perfiles de temperatura y humedad, zonas o aperturas secas en la atmósfera y ondas de nubes);
  - Datos del delineador para patrones del viento y esfuerzo cortante o cizalla;
- Integrar estos conjuntos múltiples de datos para sobre-imponer/combinar las características más destacadas listadas arriba;
- Usar el conocimiento sobre los patrones de engelamiento y las desviaciones o sesgos en la ejecución de los modelos conocidos en integrar los análisis a 4-D de parámetros sinópticos futuros, para evaluar la amenaza a gran escala del engelamiento en la región en las siguientes 3 horas;
  - Usar el conocimiento en climatología para modificar la expectativa de engelamiento (ejemplo, tipos de masas de aire y su grado de congelación);
  - Evaluar las tendencias corrientes en el delineador, satélite y datos de radar, y aplicar estas tendencias para adelantar la región propensa a engelamiento, tanto espacial como temporalmente;
  - Evaluar cambios en el potencial de congelamiento usando datos de modelos numéricos. Hacer esto mediante la determinación de los perfiles esperados de humedad y temperatura en las localizaciones apropiadas, basadas en la modificación de los perfiles corrientes, usando datos de modelo reticulado. Estos datos pueden ser automatizados usando fuentes de datos existentes (ejemplo, los recibidos de los centros GDPS (por sus siglas en inglés) vía los SGT o Internet);
  - Determinar los parámetros esperados (o el pronóstico) por los algoritmos existentes sobre engelamiento, tales como el “tubo de estufa”, con la finalidad aplicar estos algoritmos en la escala sinóptica;
  - Pronosticar los tipos generales de engelamiento (cencellada blanca, clara, mixta, molida y el engelamiento inducido mecánicamente), basado en la evaluación de los patrones esperados y los valores del parámetro;
- Repetir los pasos anteriores por la amenaza a gran escala de congelación en la región, periodos de tiempo de tres a veinticuatro horas, utilizando primordialmente predicciones del modelo reticulado y algoritmos de engelamiento. (Nota: La elección de lapsos de tiempo de 3 horas fue tomada arbitrariamente; lo que se pretende es diferenciar los regímenes de pronóstico momentáneo del pronóstico común).

*Mesoescala* Diagnosticar el estado actual de la mesoscala en la atmósfera usando datos

integrados de satélite y del radar Doppler, datos de superficie y observaciones de aire de superior, del delineador y los reportes PIREP;

- Conducir análisis de datos reticulados de modelos a mesoscala para determinar la presencia de mecanismos físicos favorables para engelamientos futuros;
- Anticipar como las características geográficas locales impactan la iniciación e intensificación del engelamiento;
- Pronosticar el tipo de engelamiento durante el vuelo y/o en el suelo, basado en expectativas de las observaciones a mesoscala y la respuesta del modelo;
- Determinar a partir de los datos de sondeos si las condiciones son favorables para que exista engelamiento.

Examinar el perfil de humedad, la altura del nivel de congelamiento, la magnitud de estratos calientes en la altura y la estructura de temperatura por encima del nivel de congelación, para evaluar si las condiciones serían conducente a la formación de gotitas de agua super enfriadas, o la formación de partículas de hielo;

- Usar los datos del satélite para evaluar los cambios en nubes (cobertura, tipo y temperatura);
- Usar la banda brillante de observaciones del radar, los vientos en la altura, etc., para determinar la altura actual, la extensión, el movimiento y la pendiente de los niveles de congelamiento/licuefacción, estratos múltiples y reflectividad asociadas con el contenido de humedad por encima del nivel de congelación, etc.;
- Utilizar técnicas refinadas para usar las observaciones de radar en monitorear cambios en la altura de niveles de licuefacción o derretimiento;
- Definir técnicas que puedan usarse para ajustar la extensión espacial del engelamiento existente, usando los reportes PIREP sobre engelamiento, vientos y temperaturas en la altura. Buscar tendencias de área y temporales en reportes PIREP múltiples;
- Usar datos de modelos numéricos para evaluar áreas potenciales de engelamiento y los movimientos de esas áreas;
- Aplicar métodos introducidos en estudios diversos de investigación relacionando parámetros espaciales y temporales (verticales y horizontales) para acontecimientos de engelamiento;
- Aplicar estudios climatológicos y regionales históricos relacionando la influencia geográfica posiblemente impactando o realizando la cobertura de área o la severidad de acontecimientos de congelamientos (influencia orográfica, etc.);
- Demostrar y utilizar los conocimientos en los conceptos físicos y teóricos y los parámetros relacionados con los tipos de congelación y su severidad (o sea, el contenido de agua líquida (CAL), procesos/tipos/extensions de nubes, temperatura, tamaño de la gotita y precipitación) en el desarrollo de un pronóstico de engelamiento;
- Uso de las herramientas de observación (skew-T, PIREP, datos del satélite y productos derivados) para evaluar parámetros tales como cobertura de nubes y tipo, temperatura y localización del Agua Líquida Super-Enfriada (SLW, por sus siglas en inglés), con el objeto de localizar posible engelamiento y determinar su severidad;
- Uso de mosaicos nacionales, el radar local, datos de satélite y observaciones de superficie para evaluar parámetros tales como la localización de la precipitación, su tipo y la cobertura de nubes para los propósitos de ubicar áreas de precipitación congelante y las áreas probables en la altura de Grandes Gotas Super-Enfriadas (SLD, por sus siglas en inglés);
- Uso de producción de los modelos numéricos para determinar el estado actual y futuro de parámetros tales como el SLW, la precipitación y posición de estratos sub-congelantes con el propósito de estimar las localizaciones de engelamiento y la severidad del mismo;
- Integrar los algoritmos de diagnóstico del engelamiento en el proceso de pronóstico para evaluar ambiente de engelamiento adicional;

### *Operaciones*

- Evaluar cómo las condiciones de engelamiento o las condiciones de pronóstico del mismo afectan las operaciones cotidianas de la aviación dentro del espacio aéreo global. Esto incluye a quienes afecten estas condiciones y pronósticos y y cómo son afectados;

- Comunicar eficazmente los detalles de las condiciones del engelamiento o pronósticos de esas condiciones en forma precisa, que pueda ser fácilmente interpretado por las personas que toman las decisiones;
- Determinar los efectos de sobre-pronosticar la severidad y/o la cobertura o extensión del engelamiento.
- Evaluar los impactos sobre las operaciones del aeródromo y las aeronaves en dicho campo de aviación:
  - La cancelación/demora de la misión;
  - La demora general de vuelos;
  - El cierre del aeródromo;
  - Las operaciones de deshielo de la superficie;
  - El mantenimiento de patrones;
  - Las actividades de control de tráfico aéreo y el despacho;
  - La planeación del vuelo;
  - El suministro de combustible.
- Evaluar el impacto en operaciones durante el vuelo:
  - El reaprovisionamiento;
  - El entrenamiento;
  - El nivel de vuelo y la asignación de rutas;
  - La tecnología anti engelamiento;
  - Las fases del vuelo, incluyendo el taxeo, el despegue/ascenso de la aeronave, en ruta, el descenso de emergencia, la transición-descenso para la aproximación final, la aproximación-aterriaje-carreteo final y la aproximación errada.
- Determinar los impactos de sub-pronosticar o no pronosticar el engelamiento;
- Evaluar el impacto sobre las siguientes operaciones del aeródromo y la aeronave en dicho campo aéreo:
  - La acumulación de hielo en la aeronave;
  - La seguridad de la aeronave en el despegue y el aterriaje;
  - El mantenimiento de patrones;
  - Las condiciones de la pista de aterriaje.
- Evaluar el impacto sobre estas operaciones durante el vuelo:
  - Las comunicaciones y la electrónica;
  - Los sistemas de recolección aéreos;
  - El nivel de vuelo y la asignación de rutas.
- Asegurar la consistencia del producto entre los pronósticos de engelamiento y otros productos relacionados en aviación (TAF, asesorías, planeación de vuelos, sesiones, etc.);
- Aplicar los procedimientos de control de calidad para asegurar que los pronósticos sobre engelamiento sean lógicos y aplicables;
- Entender los reportes e informaciones de los pilotos sobre engelamiento y la terminología apropiada: Trazos, moderado, severo, escarcha, clara y mixta;
- Llevar un registro de acontecimientos de engelamiento y la severidad de sus impactos en las operaciones de las aeronaves.

Habilidades de pronóstico de niebla y estratos a baja altura

Esta es una lista de procedimientos y de las habilidades requeridas para pronosticar la niebla y los estratos a baja altura definida en Las Series de Desarrollo Profesional (SDP) COMET/NWS, sin ningún orden particular de importancia:

*En la climatología*

- Determinar la frecuencia de ocurrencia de la niebla y los escenarios de nubes bajas para el área local (o área de interés), incluyendo la duración típica de estos eventos y la severidad de sus impactos sobre el techo y la visibilidad;
- Determinar la humedad del suelo y la climatología de la temperatura para el área local (o área de interés), y cómo esto se relaciona con la niebla y climatología de las nubes bajas;
- Determinar la climatología de la temperatura del agua (si es aplicable) para el área local (o área de interés), y cómo esto se relaciona con la niebla y climatología de las nubes bajas.

*En el diagnóstico*

- Analizar los datos atmosféricos de observación tanto sinópticamente como a mesoescala, y precisar cómo podrían interrelacionarse los diferentes tipos de

datos para crear condiciones favorables o desfavorables para formación de niebla o estratos; centrar la atención sobre:

- La cobertura existente de nubes: altura actual, espesor o profundidad y tendencia;
- Los perfiles de temperatura y humedad;
- Las fuentes y consumidores o abatimientos de temperatura y humedad;
- La fortaleza y altura de la capa de inversión;
- El movimiento vertical;
- Los efectos de la radiación (enfriamiento y calentamiento);
- Los efectos del viento (advección y mezcla);
- Los efectos orográficos.
- Analizar las influencias de la superficie y su relación con el viento a bajo nivel, y cómo podrían interrelacionarse estos factores para crear condiciones favorables o desfavorables para formación de niebla o estratos bajos; estas influencias de la superficie incluyen:
  - La distribución tierra/agua (ríos, lagos, océano, etc.);
  - El uso de la tierra (tierra seca, agrícolas bajo regadío, zonas urbanas);
  - La topografía;
  - Los tipos de vegetación y de suelo y las temperaturas;
  - El suelo mojado como una fuente de humedad;
  - La cubierta de nieve;
  - Las temperaturas de la superficie del mar.

### *En el pronóstico*

- Analizar los importantes procesos de la radiación (incluyendo los efectos de alta y baja humedad) y cómo estos factores podrían interrelacionarse durante el período de pronóstico;
- Considerar los procesos advectivos (de temperatura y humedad) y sus efectos en los perfiles verticales;
- Evaluar los procesos inducidos de lluvia y nieve (humedad del suelo, flujos o corrientes convectivas, humedad a bajo nivel y la cubierta de nieve);
- Considerar los efectos orográficos sobre los campos del viento a bajo nivel, el movimiento vertical y las ondas potenciales de gravedad;
- Analizar el (los) efecto (s) de la evolución del campo del viento a nivel de la escala sinóptica; estimar por anticipado movimiento vertical de bajo nivel y considerar los efectos asociados sobre la capa límite;
- Distinguir entre los factores que contribuyen a la formación de niebla y los factores que contribuyen en la formación de altoestratos o estratocúmulos;
- Utilizar pronósticos de modelos numéricos y reticulados para gran escala, escala regional y guía a mesoescala para pronósticos de niebla y nubes bajas:
  - Evaluar la exactitud del modelo de inicializaciones;
  - Considerar los sesgos y limitaciones del modelo;
  - Aplicar el (los) modelos a mesoescala, si es aplicable, incluyendo los algoritmos de pronóstico o empíricos;
  - Traducir los pronósticos numéricos apropiados a efectos sobre la evolución de niebla local y de estratos.
- Anticipar condiciones atmosféricas importantes para los pronósticos de techo y visibilidad, utilizando tanto datos de observación como los factores críticos en los modelos de datos evaluados en las instrucciones precedentes, que traducen: 'Utilizar modelos numéricos y pronósticos reticulados ...':
  - La distribución vertical y horizontal de la temperatura y la humedad;
  - La estabilidad vertical atmosférica y el movimiento;
  - La fortaleza de la capa de inversión y su altura;
  - Los efectos de la radiación
  - Los efectos del viento sobre la temperatura y la humedad (advección, mezclado) y la situación radiativa;
  - Los efectos frontales;
  - Los efectos orográficos;
  - La profundidad o espesura de la niebla o nube;
  - Las influencias de la superficie (incluyendo océanos/ríos/lagos, humedad del suelo y la cobertura de nieve).

## Herramientas para el pronóstico

El pronosticador aeronáutico debe ser experto en utilizar un conjunto de herramientas de observación y numéricas en la preparación de los pronósticos de aviación. Estos generalmente incluyen:

- Modelos meteorológicos globales;
- Modelos regionales;
- Modelos locales (mesoescala);
- Datos de observación superficiales (incluyendo radar);
- Observaciones de satélite;
- Observaciones de aire superior (incluyendo los reportes PIREP y los delineadores del viento);
- Reportes de barcos;
- Modelos de pronósticos de aviación basados en algoritmos (los ejemplos comunes incluyen algoritmos para predecir turbulencia, engelamiento y esfuerzo cortante del viento o cizalla).

Cada uno de estas herramientas tiene aplicaciones específicas para pronosticar los peligros en la aviación, y estas aplicaciones deben ser claramente comprendidas por el pronosticador. Tal entendimiento incluye las ventajas y las limitaciones de cada herramienta de pronóstico. Las aplicaciones de la herramienta pueden ocurrir en las diversas escalas horizontales (global, regional y local) – según las habilidades previamente listadas.

Las herramientas listadas previamente están enmarcadas dentro de las habilidades referentes al engelamiento en la aviación y la formación de niebla/estratos bajos listadas en las últimas dos secciones, respectivamente. Como un ejemplo, la penúltima habilidad bajo el encabezamiento de Mesoescala en el capítulo del engelamiento, especifica las aplicaciones de datos numéricos en evaluar el estado actual y futuro de parámetros relevantes al engelamiento atmosférico. Esta habilidad involucra el aplicar las primeras tres herramientas de arriba (los modelos meteorológicos – global, regional, local) para estos parámetros. Otro ejemplo, para el caso de formación de niebla/estratos bajos, es la primera habilidad bajo el encabezamiento Diagnóstico (la sección previa) utilizando datos de observación para evaluar la cobertura de nubes y el estado dinámico-termodinámico de la atmósfera. Las herramientas utilizadas para estas habilidades guardan relación con los datos de observación superficiales, las observaciones de satélite, las mediciones de aire superior y los reportes de barcos.

## Divulgación del producto

Además, el pronosticador aeronáutico debe ser experto emitiendo productos de pronóstico para los usuarios (por ejemplo, los pilotos, los controladores, los despachadores, los CTA y pronosticadores privados) en una forma clara, estructurada, a fin de que los usuarios los puedan utilizar enteramente y con toda seguridad. Típicamente, los productos son expedidos en intervalos de tiempo predeterminados y las correcciones o enmiendas del pronóstico pueden ser emitidas en cualquier momento. La comunicación entre pronosticadores y usuarios y los procedimientos de enmienda del pronóstico son procesos comunes críticos en marcha en el ambiente global actual de la aviación.

La estructura y formato de los pronósticos de aviación varían ampliamente a través de los diversos centros y agencias que los producen. El soporte informático utilizado por los productos y las herramientas de pronóstico incluyen el World Wide Web, la red de tecnología de información local y las redes nacionales/internacionales. El pronosticador aeronáutico debería tener un trabajo de conocimiento en funciones de todo este soporte lógico informático del producto, incluyendo los métodos de obtención de datos y los productos del pronóstico, así como los procedimientos para emitir estos productos y las enmiendas del caso.

## PARTE B: Las competencias requeridas de un pronosticador de aviación en una oficina regional

Por H. Pümpel, Austria: Servicio Meteorológico de la Aviación Civil

Los cambios rápidos y el desarrollo de necesidades de la comunidad aeronáutica han conducido hacia una revaloración de los servicios requeridos y los medios y formas de comunicar la información del tiempo (observaciones, pronósticos, advertencias) a los clientes. La automatización de muchas actividades conjuntamente con un masivo incremento en la información disponible para el personal meteorológico, ya sea *in-situ* o a través de mediciones remotas, los modelos de pronóstico de alta resolución, el post-procesamiento estadístico y técnicas de la TI requieren una nueva aproximación para el entrenamiento y la asignación de tareas para los pronosticadores aeronáuticos.

Tareas de rutinas en una oficina regional de meteorología aeronáutica

(a) *La Vigilancia Meteorológica*: El monitoreo continuo de los fenómenos del tiempo relevantes a la aviación, incluyendo la interpretación continua de las observaciones y los productos de pronóstico para formar un entendimiento cuatri-dimensional del desarrollo de sistemas del tiempo desde lo sinóptico hasta la mesoescala;

(b) *Comunicación efectiva* con los pronosticadores en la oficina de la vigilancia meteorológica relevantes y oficinas regionales vecinas, usando guía sinóptica de — y dando retroalimentación regional a — esas oficinas;

(c) *Derivando pronóstico orientado hacia el usuario y productos de advertencia* en intervalos regulares y a petición;

(d) *Sesiones informativas orales para usuarios aeronáuticos y conexión o enlace con el personal del CTA*. Información meteorológica oral específica para los vuelos donde los productos prefabricados no son suficiente, y nexos estrechos con el personal del Control de Tráfico Aéreo para un uso eficiente del terminal y la capacidad del aeródromo;

(e) *Usuario común y entrenamiento para pilotos*, despachadores y personal del aeropuerto, para asegurar comunicaciones efectivas y claras.

Estas tareas requieren las siguientes calificaciones y competencias básicas:

Conocimiento y habilidades en la vigilancia y el monitoreo del tiempo

*Habilidad para atribuir fenómenos del tiempo* relevantes a la aviación (como especificado en *Las Regulaciones Técnicas* de la OMM (C.3.1) – Volumen II – Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional [OMM - No. 49]) observado en el aeródromo y más allá del campo de aviación, de aquellos sistemas que habitualmente afectan el área. Esto requiere tanto un entendimiento de la meteorología dinámica incluyendo la dinámica de procesos a mesoescala, desde los sistemas a escala sinóptica, hasta los sistemas de bandas de nubes y convectivos a mesoescala, y la habilidad para relacionar fenómenos observados y/o reportados, con análisis previo de los mapas meteorológicos sinópticos desde la superficie hasta niveles por encima de la tropopausa.

*Habilidades técnicas* en manipular e interpretar datos; procesar sistemas vinculados tanto *in situ* como sistemas de observación remotos. Esto incluiría la familiarización con la interpretación de imaginería del satélite en todas las bandas espectrales disponibles (IR, WV, VIS), en particular la identificación de tipos de nubes usando imágenes diferentes.

*Habilidades de manejo* en seleccionar productos de imagen más apropiado para el problema del caso (por ejemplo, la imaginería WV para identificar las alturas de la tropopausa y la posición de la corriente en chorro, la imaginería VIS para localizar las ondas KH y las ondas de gravedad en las nubes cirros). También, la detección de sistemas convectivos en formación y en disipación, la localización de toques de cumulonimbos activos, la determinación del potencial de engelamiento en capas de nubes usando la temperatura de los toques de nubes inferidas de los datos PDUS-IR.

*Habilidades de manipulación* en usar datos modernos de radar de tiempo, tanto de composiciones de radares como del radar local, la detección del efecto de cizalla del viento mediante radares Doppler. Esto incluye la habilidad de detectar

el potencial para la formación de MCS, identificar los componentes rotacionales que sugieren desarrollos de tornados, el potencial de formación de granizo utilizando la información de la reflectividad y la polarimétrica, indicaciones de esparcimiento y fragmentación de tormentas y la generación de células hijas, la formación de líneas de turbonada.

*Habilidades correlativas*, incluyendo habilidad para incorporar observaciones de superficie en el cuadro formado con todas las otras fuentes. Identificando los fenómenos del tiempo relevantes para la aviación, en especial los reportes de los pilotos, clasificándolos y distribuyendo esta información para otros pilotos, los STA y la oficina de la vigilancia meteorológica. También, la habilidad en la interpretación de la detección de la exhibición de rayos y relámpagos, y la extrapolación de movimiento de células tormentosas y la interpretación de datos de actividad eléctrica para los propósitos del pronóstico actual o momentáneo.

### Habilidades comunicacionales con las oficinas centrales y estaciones vecinas

En las oficinas regionales, los pronosticadores aeronáuticos necesitarán habilidad para:

*Interpretar rápidamente la guía de pronósticos* a principios de un cambio donde ninguna entrega es posible (estaciones que no funcionan las 24 horas), o para alinear información de entrega local con una guía de productos centralmente emitidos. Este proceso implica un avalúo crítico, comprobar que la guía de productos está aún en línea con el desarrollo del tiempo local y regionalmente observado.

*Suplir el detalle regional* dentro del marco global, asegurando que las características importantes son retro-alimentadas a las instituciones centrales (ejemplo, un PIREP de mod/sevicing cuando ningún SIGMET ha sido emitido, necesita atraer la atención inmediata de la oficina de vigilancia meteorológica).

*Asegurar la interfase correcta* con las regiones vecinas, resolver cualquier discrepancia – ejemplo, en ruta adyacente o área de pronóstico mediante la comunicación y la resolución de las diferencias con el equipo de trabajo concernido.

### Derivación de pronósticos orientados hacia el usuario y productos de advertencia

*Preparación de una entrega concisa e integral* de los cambios subsiguientes, destacando en particular cualquier desarrollo inusual o imprevisto.

Habiendo ganado una compenetración suficientemente detallada en los procesos dinámicos actualmente afectando el área de responsabilidad, los productos orientados hacia el usuario necesitan ser expedidos tanto en intervalos regulares como a petición (dependiendo de la situación). Las competencias requeridas para este trabajo incluyen:

*Familiaridad con todos los códigos meteorológicos aeronáuticos* definidos en el *Manual de Códigos de la OMM* (OMM-NO. 306) y las *Regulaciones Técnicas de la OMM C.3.1/OACI Anexo III* (OMM-NO. 49). Conocimiento sólido de todos los criterios aplicados para los grupos de advertencias y los cambio en los pronósticos (TAF, TREND; GAMET, etc).

*La comprensión de los fenómenos del tiempo de riesgo o peligro para la aviación*, sus diagnosis y predicción. El pronosticador necesita estar íntimamente familiarizado con el análisis de parámetros del tiempo que constituyen peligros para la aviación. Esto incluye la comprensión de las capacidades y las limitaciones de:

*Los algoritmos y los métodos para derivar el potencial de engelamiento* de los ascensos de radiosondas y el resultado o producción de los modelos, así como también el potencial de engelamiento derivado estadísticamente. Como estos métodos se basan en observaciones pasadas y el modelo está operando, se debería tener la habilidad para monitorear los desarrollos corrientes usando información

en tiempo real de la imaginería del satélite y de las composiciones de radar; al mismo tiempo el pronosticador también debería asegurar que si las condiciones del tiempo presentan características conducentes a engelamiento, esto sea rastreado correctamente, y los cambios en intensidad sean bien seguidos. El inicio de la precipitación, los cambios de alturas de la capa de inversión y otros factores que afectan las fuentes de humedad o los espectros del tamaño de las gotas (convección poco profunda) necesitan ser monitoreados.

*Los algoritmos de detección de la turbulencia* basados típicamente en números Richardson o de disipación de la energía cinética turbulenta, tanto para los datos del radiovientosonda y el resultado o producción del modelo;

*Los algoritmos y los métodos para detectar ondas gravitacionales* y su potencial de rompimiento, aplicando tanto los algoritmos como los métodos manuales de análisis, de nuevo basados ambos en los datos del radiovientosonda y el resultado o producción del modelo;

*La convección pronosticada por modelos y ráfagas frontales*, incorporando tanto los resultados de modelos de alta resolución, las técnicas cinemáticas de extrapolación e interpretación de datos de radar de tiempo Doppler.

*El avalúo crítico de la guía modelo usada en la preparación de pronósticos.* Esto involucra un entendimiento adecuado de las características del modelo, tanto en términos de las estructuras horizontales de verticales como de la forma en que son tratados los procesos a escala sub-reticulada. Para interpretar correctamente los pronósticos de convección, es necesario conocer el tratamiento de los procesos de radiación (es decir, cuán a menudo es el flujo radiativo recalculado basado en la nubosidad cambiante, etc.), la manera como las propiedades del suelo y la vegetación son incorporadas, y si la convección es explícitamente tratada o parametrizada. Para la predicción de sistemas locales del viento, ya sea brisas marinas o características inducidas topográficamente como vientos del valle, es necesario el conocimiento exacto del punto de distribución tierra/mar, el punto de elevación de la retícula, etc.

*Buen entendimiento de la guía derivada estadísticamente.* La interpretación estadística de la guía de los modelos numéricos se usa comúnmente para predecir los vientos de la superficie, la rafagosidad, las temperaturas y las características de la nubosidad/precipitación en aeropuertos individuales. En el caso de oficinas de pronóstico que producen códigos TAF para aeródromos distantes, que como tales facultan la incorporación de la climatología local en los pronósticos. Un conocimiento profundo de las ecuaciones gobernantes y la estratificación de los datos usados en su desarrollo, es un prerrequisito para el uso correcto de tales métodos.

*Buena apreciación de las necesidades y problemas de los usuarios de aviación.* Los pronosticadores de aviación, aunque sean ya muy especializado, aún confrontan una variedad de clientes con una amplia variedad de necesidades (por ejemplo, ver los requerimientos de la OACI para operaciones de helicópteros). Las bases de las nubes o las restricciones de la visibilidad en los pronósticos de ruta para la aviación general o las operaciones de helicópteros en un ambiente marítimo o montañoso necesitan ser altamente detalladas para evitar poner en peligro la seguridad de vuelos VFR. Es imperativo que un pronosticador de aviación entienda cuáles parámetros son críticos para la seguridad y la regularidad de grupos individuales de usuarios, con la finalidad de resaltar la información esencial.

Información oral a  
pilotos y despachadores;  
vinculación con los  
CTA

*Provisión de informaciones meteorológicas orales*, donde la documentación escrita no es suficiente. Aunque los pilotos de las aerolíneas hoy en día raramente tienen oportunidad de atender cara a cara sesiones informativas meteorológicas, muchas situaciones aún requieren sesiones informativas meteorológicas personales competentes o contactos telefónicos. Así como en la preparación de los pronósticos hechos por encargo, la habilidad para ‘hablar el lenguaje de los

clientes', es decir, entender los problemas específicos de una operación en particular, es vital. El pronosticador necesita tener excelentes habilidades de comunicaciones para obtener toda la información necesaria acerca del vuelo planificado o la operación. El pronosticador necesita enfocar la atención en las preguntas importantes, dejando aparte cualquier información innecesaria para evitar 'la sobre-información destructora', arriesgando la cancelación de la información relevante a la seguridad, con detalles de desarrollos de tiempos que son irrelevantes para el cliente.

*Comprensión básica de procedimientos de STA.* El uso eficiente del espacio aéreo y la capacidad del terminal del aeródromo requiere una cooperación excelente del personal meteorológico y del personal de STA. Las regulaciones de la OACI estipulan que las alertas meteorológicas y los criterios del TREND tienen que ser fijados en estrecha colaboración con las unidades de servicios del tráfico aéreo, para asegurar que la información esencial (ejemplo, un cambio de dirección de la pista de aterrizaje, tormentas inminentes, comienzos de nevadas o lluvias engelantes) sea eficazmente comunicada, y tomar la acción correcta. La retroalimentación de la información del personal del CTA, como las informaciones de los pilotos, los cambios repentinos de velocidad debido al viento cortante es invaluable para los pronosticadores.

### Entrenamiento en la marcha del usuario

Como las informaciones meteorológicas orales cara a cara se están haciendo la excepción en vez de la regla en la aviación, la habilidad de los usuarios para entender claramente los contenidos de los productos del pronóstico y la documentación de vuelo, es suprema para la operación segura de las aeronaves. Como el personal de las oficinas meteorológicas en o cerca de aeródromos tiene la ventaja de estar cerca de los usuarios, tanto físicamente como en términos de entender sus problemas, ellos también deberían jugar un papel vital en el entrenamiento al usuario. Los cursos de repaso sobre cambios en los códigos meteorológicos y los productos de pronóstico también deberían ser ofrecidos en intervalos regulares para todos los usuarios de aviación, ya sea los pilotos, los despachadores, o el equipo de planificación. Las autoridades del aeropuerto en ejercicio de actividades tales como el despeje de la nieve y el manejo de los pasajeros, también tienen necesidad de estar regularmente actualizados en las advertencias y alertas meteorológicas y los productos del pronóstico efectuados para su uso.

El personal meteorológico por lo tanto requiere habilidades básicas de entrenamiento y habilidad para dar charlas y conferencias cortas en un lenguaje comprensible y con despliegues gráficos aceptables. Tales despliegues o exhibiciones pueden haber sido producidos centralmente, pero los pronosticadores deberían tener la habilidad de añadir y modificar el material de enseñanza según los propósitos especiales, por ejemplo las necesidades locales y grupos de usuarios especializados. El entrenamiento de usuarios debería incluir el animar a los mismos a demandar sesiones informativas meteorológicas orales especiales, en las circunstancias donde la sesión informativa estándar y la documentación son consideradas insuficientes (ejemplo, situaciones extremas o inusuales del tiempo, problemas técnicos del operador tales como, por ejemplo, fallas con el equipo de deshielo).

## 7. 7 METEOROLOGÍA MARINA

Por L. N. Karlin, Universidad Estatal Hidrometeorológica de Rusia, Federación Rusa

La meteorología marina es una vasta área de conocimiento. Desde el punto de vista del usuario, los principales productos de los meteorólogos marinos se refieren a los servicios meteorológicos y oceanográficos en apoyo a las actividades humanas relacionadas con el uso de los recursos marinos. Estos servicios incluyen los pronósticos del tiempo y del mar dentro de diferentes

rangos, alertas y advertencias de tormentas para las diferentes áreas oceánicas y el régimen y tipo de análisis sobre descripciones hidrometeorológicas del estado de la Capa Límite de la Atmósfera (CLA) y la Capa Superficial Oceánica (CSO). Para proveer estos servicios, los meteorólogos marinos (a nivel de profesionales graduados universitarios y personal técnico) deberían:

- (a) Cumplir a cabalidad los requerimientos de las guías y los manuales del caso;
- (b) Tomar en cuenta las peculiaridades geográficas de su área de responsabilidad;
- (c) Mejorar constantemente su conocimiento especializado y sus calificaciones;
- (d) Interactuar con colegas y su supervisor inmediato con un espíritu de cooperación constructiva.

Los meteorólogos marinos de un SMN usualmente se involucran en cuatro tipos diferentes de actividad: El pronóstico marino, la observación de las características de la CLA y la CSO; la descripción de regimenes de áreas marinas y las investigaciones sobre el sistema CLA–CSO. Además, los meteorólogos marinos y los técnicos preparan productos específicos para los usuarios y realizan otras tareas, según el caso, en cualquier lugar de trabajo dado.

### Pronósticos marinos

Esta sección se refiere a servicios tales como: El uso de métodos modernos para el procesamiento y análisis de datos hidrometeorológicos y los cálculos y pronósticos de las características de la atmósfera y la capa superficial del océano; el uso de datos de observaciones actuales, incluyendo datos estándar de radar y del satélite, datos de sondeos y datos especiales.

*El especialista debe conocer:*

- Qué documentos referenciales son necesarios para su actividad profesional;
- Cuánto de la información necesitada para preparar el producto está a la mano y donde encontrar la que falta;
- Los métodos modernos para pronosticar el estado de la atmósfera y la CSO;
- Las peculiaridades regionales que afectan la formación de las características de la CLA y CSO en su área de responsabilidad.

*El especialista debe poder:*

- Hacer uso de las guías y manuales relevantes;
- Recibir la información necesaria a solicitud por los métodos modernos de comunicación;
- Usar estaciones de trabajo rápida y eficazmente para encontrar la información necesaria, o sea los datos de observación, los pronósticos, los modelos, así como las descripciones regionales;
- Descifrar información del satélite y de radar e interpretarlas correctamente;
- Analizar los mapas sinópticos e hidrometeorológicos;
- Preparar pronósticos con rangos diversos del estado de la atmósfera y la capa superficial del océano usando métodos modernos para su área de responsabilidad;
- Compilar advertencias de tormentas concernientes a fenómenos naturales hidrometeorológicos peligrosos en su área de responsabilidad;
- Usar los resultados de pronósticos numéricos para predecir la situación hidrometeorológica en las condiciones locales referente a su área de responsabilidad;
- Monitorear los cambios en el estado del tiempo y las condiciones del mar y las características de la CLA y CSO en su área de responsabilidad y responder a ellos en tiempo real, haciendo las correcciones pertinentes a los productos.

### Observación de las características de la CLA y la CSO

*El especialista debe conocer:*

- La estructura, composición y características del sistema CLA–CSO, incluyendo la capa atmosférica cercana al agua y la capa de la piel y sus características fundamentales;
- Los procesos físicos principales que permiten la formación del sistema CLA–CSO, incluyendo la capa atmosférica cercana al agua y la capa de la piel;
- Los métodos principales para el procesamiento y análisis de la información hidrometeorológica;

- Los métodos y la manera referente a satélite estándar y las observaciones de hidrometeorológicas de radar, incluyendo tanto la parte marina como los métodos por sondeos.

*El especialista debe poder:*

- Planificar, organizar y conducir observaciones extendidas de las características de la capa límite de la atmósfera, la capa de la atmósfera cerca del agua, la cercana a la piel y la capa mixta superior del océano;
- Procesar los datos de observación, realizar un análisis inicial y rechazar las mediciones erróneas;
- Archivar los conjuntos de observación obtenidos;
- Usar métodos para calcular y pronosticar la condición de la CLA, a capa atmosférica cercana al agua y la CSO, incluyendo la capa de la piel;
- Llenar los requerimientos por los productos submitidos por los clientes principales.

#### Descripción de regimen de áreas marinas

*El especialista debe conocer:*

- La estructura, composición y características del sistema CLA–CSO, incluyendo la capa de la piel y sus características fundamentales;
- Los procesos físicos principales que permiten la formación del sistema CLA–CSO, incluyendo la capa atmosférica cerca del agua y la capa de la piel;
- Los métodos principales para procesar y analizar la información hidrometeorológica;
- Los métodos para compilar la descripción de los regimenes;
- Las principales descripciones de los regimenes de CLA y CSO en su área de responsabilidad;
- Los parámetros de interacción del aire-océano en la región para complementar cualquier cálculo.

*El especialista debe poder:*

- Calcular los flujos de momento, energía radiante, calor, humedad y sal a través de la superficie de la interfase océano–atmósfera usando métodos estándar;
- Calcular las características de la CLA y CSO usando información sinóptica estándar y datos de observaciones de satélite y de radar;
- Calcular las características de la capa de la atmósfera cerca del agua y la capa de la piel;
- Ajustar los datos de observaciones terrestres con el propósito de expandirlos y extrapolarlos al mar;
- Compilar datos iniciales e introducirlos a la computadora para cálculos usando los programa disponibles;
- Calcular los valores estadísticos de las características de hidrometeorológicas necesarias para descripciones de los regimenes;
- Compilar una descripción del régimen.

#### Investigación del sistema CLA-CSO

*El especialista debe saber:*

- La estructura, composición y características del sistema CLA–CSO;
- Los procesos físicos principales en el sistema CLA–CSO;
- Los métodos para modelar y medir el sistema CLA–CSO.

*El especialista debe poder:*

- Formular y mejorar nuevos modelos existentes del sistema CLA-CSO;
- Conducir experimentos numéricos *in-situ* de investigaciones del sistema CLA-CSO;
- Desarrollar recomendaciones para el uso óptimo de los productos por los clientes.

#### Preparación de productos para los usuarios

*El especialista debe:*

- Interpretar los datos de observación y de pronóstico correctamente;
- Submitir los productos formalmente, según las especificaciones requeridas por el usuario;
- Desarrollar recomendaciones para el usuario para el uso óptimo de los productos;

- Ser útil y educado con el usuario, respondiendo a la crítica en una forma profesional.

*El especialista debe poder:*

- Responder eficazmente a los requerimientos cambiantes del usuario y adaptarse rápidamente a ellos;
- Enviar los productos relevantes al cliente eficazmente, y contactar rápidamente al cliente e introducir cualquier cambio causado por circunstancias imprevistas de los productos entregados;
- Asegurar que todos los productos alcancen al cliente a tiempo;
- Asegurar la colaboración regional entre científicos e interesados.

Realización de otras tareas

El especialista debe cumplir responsabilidades específicas de asistencia, las cuales son una parte esencial del trabajo meteorológico marino en una oficina dada.

*El especialista debe conocer:*

- La estructura, jerarquía y las políticas financieras de su institución;
- Las reglas internas y las técnicas de seguridad en su institución y aplicarlas.

*El especialista debe poder:*

- Usar los sistemas de información de la oficina, mantenerlos en funcionamiento adecuado y eliminar cualquier deficiencia al nivel del usuario;
- Usar la tecnología organizativa que es necesaria para el trabajo, mantenerla en funcionamiento correcto y eliminar cualquier deficiencia a nivel del usuario (proyectors, fotocopiadoras, etc.).

## 7.8 METEOROLOGÍA AMBIENTAL

Por B. Angle, Canadá, Servicio Atmosférico-Ambiental

La ciencia de la meteorología tiene amplias aplicaciones más allá del tradicional pronóstico del tiempo. Existe una creciente demanda de consejo científico experto e informaciones referentes al estado de la atmósfera, aspectos atmosféricos y sus interrelaciones con la salud humana y la seguridad, la economía y los ecosistemas naturales. Los políticos, los científicos, otros órdenes de gobierno, las instituciones nacionales e internacionales y las organizaciones, el mundo académico, los representantes de la industria, los medios de información de masas, las organizaciones ambientales no - gubernamentales y los ciudadanos demandan información científicamente precisa y servicios relevantes de alerta y advertencia meteorológica. Lo siguiente provee una introducción referente a las habilidades requeridas a un meteorólogo de calidad de aire.

Entendiendo el rol de los SMHN en dirigir los asuntos ambientales

Este capítulo concierne el papel y la relación de un SMN con otros departamentos gubernamentales y otras jurisdicciones (por ejemplo, nacionales, multilaterales, bilaterales, provinciales o estatales y municipales) en el desarrollo de políticas, observaciones sistemáticas y servicios relacionados con asuntos ambientales, a fin de que estos servicios sean desarrollados, implementados y resaltados.

*El aprendiz logra esto por el conocimiento demostrado de:*

- El mandato, la misión, los requerimientos de desarrollo de políticas y las prioridades de los SMN concerniendo lo atmosférico y los aspectos ambientales relacionados y la predicción ambiental;
- La organización, las responsabilidades, los programas y los arreglos de trabajo con otros departamentos, agencias, el mundo académico y el sector privado pertinente con los asuntos atmosféricos, los servicios ambientales y la investigación aplicada;
- La planificación, el desarrollo, la organización y la conducción de programas científicos de aspectos atmosféricos cruciales (calidad de aire, variabilidad y cambio climático, humo-niebla, reducción o adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico, radiación ultravioleta, etc.);

- La legislación relevante, regulaciones, acuerdos o protocolos bilaterales e internacionales con la finalidad de entender las bases de objetivos de trabajo y las restricciones, y aconsejar a los líderes interesados y asociados;
- La organización, las responsabilidades, los programas y los convenios de trabajo concerniendo actividades relevantes de ciencia toman lugar en las organizaciones ambientales gubernamentales y no-gubernamentales, especialmente en estados limítrofes; también la OMM y la ONU a través de sus programas ambientales, colaboran con todas estas agencias en actividades de prioridad mutua y de interés, y en estar al día con los últimos desarrollos y programas científicos.

*Las habilidades y el conocimiento que se relacionan con este capítulo son:*

- Explicar el rol del gobierno, las organizaciones nacionales o internacionales e instituciones;
- Catalogar la legislación relevante y las regulaciones relacionadas a la materia;
- Explicar el mandato de los SMN y su relación con otros asociados o interesados;
- Localizar las fuentes de información en asuntos ambientales y ciencias relacionadas (ejemplo, publicaciones, bibliotecas virtuales e instituciones);
- Describir las materias principales, con énfasis en el estado actual, la magnitud o extensión del problema y las políticas relacionadas con:
  - Las deposiciones o precipitaciones ácidas;
  - La reducción o adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico;
  - Los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación;
  - La calidad de aire (humo-niebla) y partículas contaminantes;
  - La deposición de mercurio.

## Entendiendo las ciencias ambientales y sus aplicaciones

*La competencia requerida de trabajo, el conocimiento y las habilidades:* Lo fundamental de las ciencias ambientales es examinado a fondo; las fuentes de datos, la ciencia y sus aplicaciones son comprendidas y utilizadas en la preparación de servicios y productos ambientales.

*El aprendiz logra esto por demostración de conocimiento de:*

- Las teorías, los principios y las aplicaciones de meteorología, climatología, física, matemáticas, modelos numéricos, química y geografía física necesarias para llevar a cabo los programas de ciencias atmosféricas;
- Los asuntos atmosféricos (por ejemplo, la calidad de aire, el cambio y la variabilidad climática, el humo-niebla, la reducción o adelgazamiento de la capa de ozono estratosférica y las emisiones acidificantes), incluyendo sus causas, caracterización, interacción y salud, efectos socioeconómicos y naturales del ambiente;
- Las teorías matemático/estadísticas y los métodos requeridos para seleccionar las mediciones y técnicas analíticas apropiadas;
- La instrumentación, las redes de observación, la recolección de datos y los principios y prácticas del manejo de datos utilizados para desarrollar productos y servicios ambientales;
- Los contenidos y métodos de acceso a las bases de datos nacionales, como los archivos climáticos o las bases de datos de vigilancia de la contaminación del aire y otros archivos de datos relacionados;
- Las fuentes internacionales de datos y la información sobre los asuntos ambientales, su recuperación y limitaciones y derechos de propiedad intelectual o de derechos de autor aplicado a ello;
- Operación y programación de computadoras, lenguajes de programación y el software específico usado para el análisis estadístico, manejo de la base de datos y la visualización/presentación de los datos e información.

*Las habilidades y el conocimiento, que se relacionan con esta sección, requiere habilidad para:*

- Describir los sistemas de observación, las técnicas de medición, la disponibilidad de datos y las redes de medición relacionadas con el monitoreo de la contaminación del medio ambiente, UV-B, ozono, las redes hidrométricas y

otras redes;

- Explicar el ciclo de transporte de la contaminación del aire y las condiciones meteorológicas que controlan la dispersión de contaminantes;
- Distinguir entre las escalas locales, regionales y globales del transporte de contaminantes;
- Explicar cómo los siguientes factores atmosféricos afectan la dispersión:
  - La dirección, la velocidad y el régimen del viento;
  - La estabilidad atmosférica (altura del mezclador, el coeficiente de ventilación);
  - La turbulencia;
  - El tiempo;
  - Los efectos locales (la estela, el terreno, las brisas de mar, de valle, el ambiente urbano, etc.);
- Explicar la caracterización de la dispersión de los gases neutros flotantes, los gases pesados y el material de las partículas flotantes;
- Evaluar y describir la química atmosférica importante para el transporte de contaminantes y las transformaciones a través de la atmósfera (por ejemplo, los pesos moleculares, las leyes de los gases, las unidades de concentración y el concepto de tiempo de vida o permanencia);
- Describir los efectos de las nubes y el tiempo sobre las transformaciones químicas en la atmósfera;
- Describir los procesos troposféricos básicos de las transformaciones químicas y de transporte desde la fuente hasta su remoción:
  - Las fuentes naturales versus las antropogénicas;
  - La deposición ácida;
  - Los NO<sub>x</sub>/VOCs/Ozono;
  - Los gases de invernadero;
- Distinguir entre el proceso básico de producción a bajo nivel versus el ozono estratosférico, incluyendo el papel de los CFC y otras sustancias de reducción o agotamiento del ozono;
- Describir las causas, la distribución y la concentración de ozono en la capa límite y la estratosfera y su destrucción o dispersión;
- Describir el modelaje por computadoras de la dispersión de contaminantes en un amplio rango, a escalas regionales y locales y sus limitaciones;
- Diagnosticar la situación meteorológica en las diversas escalas para evaluar la dispersión de los contaminantes del aire, y examinar exhaustivamente todas las fuentes de datos incluyendo:
  - El análisis preciso de cartas y gráficas, según las prácticas estándar;
  - La evaluación de resultados o corridas de modelos relacionados con la dispersión atmosférica y el transporte;
  - El examen de la imaginería de satélite, radar y los datos esféricos con atención o aprecio de las limitaciones, y los errores posibles, en los datos;
  - El uso de tefigramas y hodógrafas como una ayuda del pronóstico, haciendo uso correcto de las construcciones apropiadas (por ejemplo, la temperatura máxima, la estructura de las nubes, los índices de estabilidad, etc.);
- Interpretar los datos actuales y de pronóstico correctamente e identificar los datos más relevantes para cualquier situación dada, es decir:
  - Demostrar un conocimiento aceptable de la geografía local, de climatología y de las características del tiempo; y
  - Aplicar las técnicas del pronóstico local.

Provisión de servicios;  
provisión de asesoría  
científica e información

*La competencia de trabajo requerida:* Proveer servicios, a través de la entrega de consejo científico e información, para los gerentes departamentales, los hacedores de políticas, los científicos, otras órdenes de gobierno, la academia, las organizaciones ambientales no gubernamentales, la industria y el público en general, en los asuntos atmosféricos relacionado con los problemas ambientales cruciales.

*El aprendiz logra esto por demostración de conocimientos de:*

- El diseño y desarrollo anticipado de servicios y productos ambientales;
- Los métodos, las técnicas y las prácticas usadas para determinar los requerimientos del usuario por los servicios ambientales, los productos e

investigaciones a solicitud;

- Las técnicas, los métodos y las prácticas de participación en entrevistas de radio, televisión y con reporteros de periódicos para presentar y defender la información científica atmosférica; explicar los fundamentos atmosféricos detrás de los aspectos atmosféricos ambientales y evitar hacer declaraciones comprometedoras;
- Las técnicas de entrega efectiva de los mensajes claves durante las entrevistas con los medios de información para presentar información compleja en una forma significativa sin hacer declaraciones comprometedoras e inconsistentes;
- Las técnicas, los métodos y las prácticas de presentación de informes científicos escritos en forma clara y concisa para una amplia variedad de líderes e interesados;
- La provisión de consejo científico experto e información sobre los aspectos atmosféricos para los medios de información, el público general y cualquier otro tipo de audiencia secular, usando el teléfono, artículos escritos, presentaciones orales – todo en niveles apropiados de comprensión – para mejorar el conocimiento del público y la conciencia sobre aspectos atmosféricos del ambiente como la variabilidad y el cambio climático y el humo-niebla;
- Las consideraciones relevantes a las políticas, las prácticas y los puntos de vista de las diversas organizaciones de los medios informáticos, las ediciones al público y sus reporteros ambientales

*Las habilidades y el conocimiento que se relacionan con esta sección implican habilidad para:*

- Utilizar los métodos apropiados, técnicas y prácticas para determinar los requerimientos del usuario por servicios ambientales, productos e investigaciones a solicitud y medida;
- Confrontar, interpretar, sintetizar y preparar reportes publicables y hacer presentaciones orales sobre el estado de conocimientos sobre aspectos inherentes al aire e impactos sobre este tipo de materia;
- Utilizar habilidades analíticas y de solución de problemas para evaluar peticiones y desarrollar soluciones independientemente o en cooperación con otros investigadores científicos;
- Demostrar habilidades efectivas de comunicación para conducir información científica compleja y consejo, en un modo que optimice su entendimiento;
  - Considerar las necesidades del cliente y las sensibilidades (política, jurisdicciones, ramificaciones económicas) de declaraciones, advertencias o análisis científicos en estas materias;
  - Poseer habilidades efectivas de escritura para producir reportes, artículos y documentos en publicaciones ambientales y revistas arbitradas y revisadas por pares;
  - Poseer habilidades de oratoria efectiva y de presentación para exponer información científica en talleres, congresos y reuniones científicas;
  - Poseer la habilidad para resumir asuntos atmosféricos en una forma coherente, relevante a las preguntas y al nivel de comprensión de la audiencia;
  - Utilizar las habilidades activas de escucha y comprender el lenguaje corporal para entender la interpretación de la audiencia y la reacción a la información;
  - Proveer consultas verbales por teléfono o en persona para los clientes o los equipos de respuesta ante emergencias;
  - Escribir pronósticos en un estilo apropiado para la audiencia;
  - Entregar al siguiente cambio eficazmente, haciendo la debida referencia a todos los factores relevantes.
- Entender y utilizar los procedimientos apropiados, es decir:
  - Producir y diseminar información consistente con los estándares apropiados y los procedimientos;
  - Describir el procedimiento de respuesta de emergencia ambiental;
  - Ser experto en el uso de sistemas de la TI de la oficina para preparar y divulgar la información;
  - Adquirir las aprobaciones necesarias de los miembros mayores y mas antiguos del equipo o la administración;
  - Priorizar las tareas y servicios apropiadamente, especialmente en emergencia o cambiar rápidamente las situaciones, responsabilizándose por cumplir las fechas

límites;

- Considerar la capacidad personal del cliente y el conocimiento al responder a las interrogantes, es decir:
  - Ser cortés y tener tacto y buen juicio al tratar con clientes o los medios noticiosos o en consultas con otros especialistas;
  - Estar preparado para tratar las quejas;
  - Buscar consejo de colegas más experimentados; asegurar que las consultas son dirigidas a un portavoz si ha sido identificado.

## Ejecución de otros servicios relacionados

Esta sección concierne tareas tales como la participación en comités, grupos de trabajo y equipos de trabajo; operar y proveer mantenimiento de equipos de primera línea; y contribuir con un ambiente de trabajo positivo.

*El aprendiz logra esto demostrando conocimiento de:*

- Los principios de operación, mantenimiento y cuidado de computadoras personales, impresoras, periféricos tales como dispositivos de almacenamiento usados por el software de incumbencia y especialidad para desarrollar y mantener bases de datos atmosféricas, analizando, sintetizando y presentando datos e información científica relacionada, comunicando y recibiendo información;
- El mantenimiento y cuidado de equipo de campo tales como los detectores de ozono en tiempo real y monitores de partículas y analizadores, los registradores de datos y los medidores de radiación ultravioleta;
- Los procedimientos y el mantenimiento (por ejemplo, los procedimientos de respaldo) de bases de datos controladas por computadora de datos de observación atmosféricos y resultados de datos analizados;
- Los roles o desempeños, las responsabilidades y las operaciones dentro de la oficina para facilitar y expedir el programa de trabajo y promocionar trabajo de equipo;
- El Avalúo Ambiental y el Proceso de Revisión (EARP, siglas en inglés);
- El desarrollo de propuestas de investigación aplicadas;
- Los materiales riesgosos en el lugar de trabajo, el acoso, la seguridad y la salud, y otras políticas gobernando el ambiente de trabajo

*Las habilidades y el conocimiento que guardan relación con esta sección deben proveer la destreza para:*

- Participar en la planificación, el propósito, la organización, la coordinación, la implementación y evaluación de los servicios productos ambientales y su desarrollo;
- Conducir estudios de investigación aplicada e investigaciones que podrían incluir programas de mediciones de campo:
  - Aplicar teorías y principios de gestión y administración de proyectos;
  - Demostrar habilidades de planificación y organización efectivas para diseñar proyectos de investigación aplicada, asegurar que las actividades ocurran conforme a lo programado, y para manejar recursos de los proyectos;
  - Considerar eventuales restricciones de recursos y su solución;
- Llevar a cabo análisis matemático/estadístico y técnicas científicas y procedimientos, interpretar resultados, preparar y publicar artículos, reportes y artículos arbitrados, hacer presentaciones orales en talleres y congresos sobre descubrimientos y hallazgos en investigación aplicada para uso de otros científicos, y para dar soporte al desarrollo o revisión políticas ambientales de gobierno y organizacionales, planificación y toma de decisiones;
- Diseñar e implementar sitios WWW de Internet e Intranet para proveer servicios atmosféricos ambientales, información científica referente a la atmósfera al equipo de servicio, la comunidad científica, los asociados y el público en general;
- Demostrar pericia en el uso de sistemas de TI de la oficina para poder emprender mantenimiento de rutina al usuario y solventar problemas de tales sistemas:
  - Entender y llevar a cabo tareas de comunicaciones, como las de los procedimientos de la oficina;
  - Conducir el mantenimiento de primera línea (por ejemplo, el cambio de papel y cinta o cartuchos en impresoras, fotocopadoras) y llevar a cabo cualquier otro

mantenimiento de rutina como los procedimientos de la oficina – reportar defectos;

- Mantener relaciones interpersonales positivas:

- Demostrar buena voluntad y disposición para el trabajo como integrante del equipo, ser cortés y respetuoso con los compañeros de trabajo, los superiores y los clientes y mantenerse al día en los asuntos ambientales;

- Establecer o mantener enlace o contacto con el equipo científico de otras organizaciones federales, provinciales o estatales, universitarias e internacionales;

- Mantener una apariencia personal de acuerdo con las normas de oficina o del cliente;

- Dar el aprecio debido a las políticas de igualdad de oportunidades, en contra del acoso u hostigamiento, de seguridad ocupacional y salud y otras políticas que gobiernan el ambiente de trabajo;

- Aceptar la crítica constructiva;

- Participar íntegramente en el análisis de la carga de trabajo o en los procesos de producción para mejorar la eficiencia;

- Participar en programas públicos de servicio de asistencia a la comunidad como las excursiones, conferencias para escuelas.

## 7.9 METEOROLOGÍA SATELITAL

Por Jeff Wilson: Australia, Buró de Meteorología; Anthony Mostek: EUA, Servicio Nacional del Tiempo; y Vilma Castro: RMTC, Costa Rica

### Antecedentes

La edición cuarta preliminar de la publicación OMM-No. 258 fue revisada como parte de la agenda de la tercera reunión de la CBS OPAG IOS Panel de Expertos sobre Mejorar de la Utilización los Sistemas y Productos de Satélites, llevada a cabo del 3 al 7 de julio de 2000 en Lannion, Francia. La revisión cubrió el cambio en la filosofía educacional de la OMM-No. 258 y el contenido como relacionado con el uso de datos y productos derivados de satélite. Con respecto a la aptitud y los requerimientos de competencia, estos se discutieron bajo el capítulo 2.2 de la publicación, la revisión identificó dos áreas principales de actividades de satélite:

(a) Uso de la imagerie y productos de satélite por una sección o rama del equipo en la división o ramo profesional para el análisis y pronóstico del tiempo y el monitoreo y predicción del clima, y en la aplicación meteorológica diversa y el área del servicio público;

(b) Uso de datos e imagerie de satélite por equipo de especialista trabajando en el área de satélites y sensores remotos, bien sea en el Ramo especialista de Meteorología del Satélite (SMB, siglas en inglés), o en áreas tales como: Investigación y Desarrollo; Tecnología de Sistemas de Información y el Procesamiento de Datos o en Observaciones y Mediciones.

Como discutido en la sección 2.2 (Entrenamiento para la aptitud o competencia de trabajo) hay ciertas áreas de habilidad que cortan a través varios programas operacionales de actividad en cualquier SMN. Una de tales áreas de habilidad es aquella de Meteorología de Satélite, puesto que los datos y productos de satélite son útiles para un rango completo de aplicaciones meteorológicas – desde el pronóstico de tiempo a un rango muy corto al monitoreo del clima, desde mediciones de temperaturas de la superficie del mar hasta la representación del campo del viento a niveles superiores, etc. Los datos de satélite vienen en una variedad de formatos (APT, WEFAX, HRPT, SVISSR, y en el futuro LRIT y HRIT, todos por sus siglas en inglés) los cuales pueden ser obtenidos directamente del satélite, vía STG, o por otras redes como la Internet.

El equipo en la mayoría de las ramas ilustradas en la Figura 2.2, es de esperarse que posea una aptitud básica en la interpretación de rutina y el uso de la imagerie de satélite y los productos que son usados como parte de sus actividades diarias. Algunas de estas aptitudes están explícitamente referidas en las descripciones abreviadas de cada uno de las ramas principales en el Capítulo 2, y reiteradas según el caso en las secciones previas de este capítulo. Una lista consolidada de competencias de meteorología de satélite para el equipo o cuerpo trabajando en áreas como el pronóstico del tiempo, aviación y áreas de aplicación

marina se incluye aquí como complemento, (ver la siguiente sub-sección abajo).

Como el uso de datos meteorológicos de satélite y productos dentro de un SMN se hace más cuantitativo, es decir utilizado en los esquemas del PNT y de análisis y otras áreas de aplicación más que como de imaginería solamente, un sector menor, pequeño del cuerpo o equipo comienza a especializarse en la meteorología de satélite. La última sub-sección representa un primer paso en añadir a la Rama de la Meteorología de Satélite (RMS, o SMB por sus siglas en inglés) al listado de las principales ramas de actividad en los SMN, para reflejar el uso más especializado de datos del satélite y productos. Los grupos existentes en meteorología de satélite en los Estados Unidos de América son utilizados como una base para algunas de las actividades presentadas seguidamente.

En algunos SMN, las funciones de una RMS pueden esparcirse a través de otras ramas o divisiones, por ejemplo:

- La recepción de datos del satélite puede ser emprendida dentro de la dependencia o división de observaciones y mediciones;
- Uso de calibración y navegación dentro de séquitos de PNT;
- Archivo de los datos dentro de la dependencia o división para la TI y el procesamiento de datos;
- El desarrollo de técnicas nuevas o la implementación de técnicas de otras instituciones dentro de la rama o división para la investigación y desarrollo, etc.

### Requisitos de aptitud fundamental en la meteorologías satelital

Este párrafo delinea un conjunto sugerido de aptitudes o competencias fundamentales o de fondo (habilidades básicas) requeridas por el personal de empleados que trabajan en el pronóstico del tiempo y áreas de aplicación, con el propósito del uso efectivo de los datos y productos de satélite que se describen abajo:

(a) Ser capaz de identificar las características y los usos típicos de los diferentes canales, ya sea separadamente o en combinación, disponibles de satélites meteorológicos y la relevancia para las diversas áreas meteorológicas de aplicación;

(b) Ser capaz de identificar los tipos de productos disponibles de satélites meteorológicos y su utilización en áreas meteorológicas diversas de aplicación;

(c) Ser hábil en usar correctamente productos del satélite para identificar características especiales en áreas relevantes:

- Niebla, nubes de cristales de hielo (frías), nubes gotas de agua (cálidas), nubes gotas de agua super-enfriadas, hielo del mar, inundaciones, coberturas de nieve, etc;
- Polvo, ceniza y otros aerosoles en la atmósfera;
- Erupciones volcánicas;
- Fuegos e incendios de vegetación;
- Los fenómenos sinópticos como frentes fríos, la corriente en chorro, tormentas tropicales, etc;

(d) Ser capaz de explicar cómo los diversos canales y los productos pueden usarse para identificar los tipos y la cantidad de nubes, conglomerados y sistemas de nubes; ser también capaz de asociar estos con diferentes fenómenos de escala y con la climatología de la región;

(e) Ser capaz de integrar datos del satélite con otros datos meteorológicos para producir un diagnóstico y evaluar la prognosis de la guía del PNT para las diversas áreas de aplicación. Ser también capaz de identificar procesos atmosféricos que son importantes en diversas escalas los cuales son revelados en la imaginería del satélite;

(f) Ser capaz de manipular digitalmente la imaginería del satélite y los productos para crear nuevos productos o cambiar su formato (proyecciones, realzamientos) para permitir facilidad de uso;

(g) Ser capaz de usar estaciones de trabajo de pronóstico (o de análisis meteorológico) para:

- Manipular secuencias de imágenes (lazos);
- Sobreponer observaciones meteorológicas y productos;
- Identificar características geográficas en la imaginería;

- Manipular realces de color;
  - Medir temperaturas de la superficie y de topes de nubes;
  - Estimar la altura de los topes de nubes;
  - Calcular distancias;
  - Medir la velocidad de desplazamiento de una cierta configuración;
  - Medir la latitud y la longitud de una cierta configuración;
  - Medir la velocidad del viento a niveles diferentes siguiendo el movimiento de nubes;
  - Desplegar la información de sondeos;
  - Estimar la intensidad y extensión de la lluvia;
- (h) Ser capaz de describir las diferencias entre satélites denominados Geostacionario (GEO), de Orbital Bajo de la Tierra (LEO, siglas en inglés) y otras órbitas y describir sus relevancias para las diversas áreas de aplicación.

Un Técnico Meteorológico tomaría en cuenta de los ítems (a), (b), (d) y (f), pero no estaría obligado a ser experto en ellos.

Rama de la  
Meteorología Satelital  
(RMS)

La misión de la RMS es asistir a las otras ramas o divisiones de los SMN con toda actividad asociada con observaciones y productos de satélite. Además, la RMS interactúa con similares RMS de otros SMN, los CREM (RMTC), y el Laboratorio Virtual para entrenamiento de Meteorología de Satélite.

Misión y actividades  
principales

El equipo o cuerpo de la RMS asistirá con el desarrollo y transferencia de nuevos productos basados en satélites y en las técnicas para otros programas de los SMN. Estas actividades pueden incluir algunas o todas de las siguientes:

- Manejar el equipo usado para rastreo, adquisición, calibración, navegación y archivo de datos y productos de satélite;
  - Revisar productos nuevos de satélites GEO y LEO;
  - Crear productos derivados de satélite y despliegues útiles para el pronóstico del tiempo (ejemplo, los productos multispectrales tales como niebla/estratos, reflectividad, humedad a nivel bajo, temperatura de la piel, albedo, etc.);
  - Crear/implementar algoritmos para estimar movimientos atmosféricos y sus alturas por el rastreo de nubes y desplazamientos del vapor de agua en secuencia de imágenes de satélite;
  - Implementar procedimientos para monitorear y validar la calibración de la irradiancia medida;
  - Desarrollar y mantener sistemas operacionales para asegurar la navegación exacta (la geolocalización) de datos de satélite;
  - Crear/implementar algoritmos para inferir características de radiación y propiedades físicas de las nubes (cantidad, altura, fase termodinámica, tamaño de partículas, profundidad óptica y emisividad);
  - Crear/implementar algoritmos para derivar la temperatura y sondeos de humedad de medidas de irradiancia de satélite;
  - Implementar nuevos algoritmos operacionalmente;
  - Optimizar el uso de la información de masa y movimiento derivada de satélite en la asimilación de datos y los sistemas numéricos de predicción del tiempo;
  - Crear productos derivados de satélite como fuegos o incendios, humo, aerosoles, polvo, gases en trazas y otros productos para un monitoreo en tiempo real y estudios sobre cambio climático;
- Empezar estudios climatológicos basados en satélites para mejorar los pronósticos e información al público;
  - Desarrollar e implementar sistemas para el monitoreo de la calidad y desempeño de datos y sistemas de satélite;
  - Desarrollar y mantener sistemas para archivo, vistazo u hojear y metadatos para asegurar un acceso eficiente y rápido por los usuarios a los datos y productos de satélite especialmente para la investigación;
  - Entrenar el equipo del SMN en las nuevas capacidades del satélite; y
  - Colaborar con la comunidad internacional de usuarios para mejorar la utilización de observaciones de satélites.

Tanto como ser un conocedor de las competencias de fondo asociadas con la meteorología de satélite esbozadas arriba, el equipo en los diversos roles funcionales en una RMS - se esperaría – que posea habilidades adicionales avanzadas, las cuales se delinearán en la siguiente sub-sección.

*Requerimientos de competencia y aptitud avanzados*

Las funciones de meteorología de satélite implicarán cuatro agrupamientos básicos de personal:

- Administración y planificación del programa general;
- Ingeniería, cobertura de la recepción y transmisión de los datos;
- Tecnología de la información para el procesamiento de los datos y el desarrollo y mantenimiento de los sistemas informáticos;
- Aplicación científica de satélite, cobertura de la investigación y la implementación operacional de los requerimientos.

Las habilidades indicativas para cada una de estas áreas están esbozadas abajo. Como ya se indicó antes, existen muchas áreas que se entrecruzan entre estos grupos de equipos con las responsabilidades actuales y tareas, difiriendo de un SMN a otro.

*Administración y planificación*

- Familiarizarse con las capacidades de generación actuales y futuras de satélites GEO y LEO y su aplicación potencial dentro de los SMN y la comunidad a la que prestan servicio;
- Revisar y establecer nuevos procedimientos para el uso de productos de satélite dentro de las ramas de los SMN, con el cometido específico de proveer un servicio perfeccionado;

*Ingeniería*

- Interpretar la información acerca de satélites del tiempo e instrumentos, tales como radiación y canales espectrales; las características de los datos: resolución, proporción ruido/señal, etc.; las características orbitales y perspectiva del satélite;
- Aplicar, donde sea pertinente, la información anterior para las tareas corrientes;
- Operar, según el caso, el equipo requerido para el rastreo, adquisición, calibración, navegación y archivo de datos y productos de satélite.

*Tecnología de la información*

- Explicar los procesos para generar, controlar la calidad de productos derivados de los satélites GEO y LEO;
- Monitorear y modificar el proceso para el despliegue de datos y productos de satélite, tanto solos como en combinación con otros productos (despliegues integrados);
- Asistir con la integración y la transferencia de nuevas observaciones y productos de satélite a los otros programas de actividad;
- Dónde sea apropiado, asistir con la utilización de observaciones y productos de satélite en la asimilación de datos y sistemas del PNT;
- Delinear la teoría y asistir con la implementación de algoritmos de procesamiento de datos de satélite para derivar propiedades de las nubes, nubes movidas por los vientos, sondeos de temperatura y humedad, características de las superficies terrestres y del océano, etc.;
- Explicar los procesos para registrar y lograr acceso el archivo de calidad de datos controlados de satélite y los productos derivativos de los satélites GEO y LEO.

*Aplicación científica del satélite*

- Estar al día y poder utilizar productos de ambos satélites GEO y LEO;
- Aplicar los conceptos de física de la radiación para interpretar productos obtenidos de datos de satélite:  
Las leyes de Planck, Stephan-Boltzmann, Wien, Beer; las propiedades de la irradiación de la superficies de la Tierra; las propiedades radiativas de la atmósfera;
  - Interpretar la información acerca de satélites meteorológicos e instrumentos, tales como los de radiación y los canales espectrales; las características de los datos: la resolución, proporción ruido/señal, etc.; las características orbitales y la perspectiva del satélite, y aplicar esto para las tareas habituales donde pertinente;
  - Explicar los procesos para generar, controlar la calidad y mejorar productos

derivativos de satélites GEO y LEO;

- Monitorear y modificar el proceso para despliegue de datos y productos de satélite, tanto solos como en combinación con otros productos (despliegues integrados);
- Explicar la teoría y asistir con la implementación de algoritmos de procesamiento de datos de satélite para derivar propiedades de las nubes, nubes de vientos (impulsadas o movidas por), sondeos de temperatura y humedad, características de las superficies terrestres y oceánicas, etc.;
- Donde sea apropiado, asistir con la utilización de observaciones y productos de satélite en la asimilación de datos y sistemas del PNT;
- Interpretar las observaciones y productos de satélite para asistir con aplicaciones especializadas, tales como las condiciones del tiempo en fuegos e incendios, emanaciones de los volcanes, la dispersión atmosférica de material peligroso y el tiempo del espacio exterior;
- Asistir los estudios climatológicos basados en satélites al incorporar observaciones nuevas y archivadas y productos;
- Asistir con la integración y la transferencia de nuevas observaciones y productos de satélite para las otras ramas o divisiones;
- Ayudar a preparar y asistir con entrenamiento de materiales relacionados con satélites;
- Interactuar a través de los CMRE y el Laboratorio Virtual para Meteorología de Satélites con otros grupos y las organizaciones asociadas con meteorología de satélite.

La predicción es que las actividades del SMB continuarán expandiéndose como el acceso a los datos de satélite, de ambos tanto las plataformas GEO como LEO en incremento a través del globo. El número de ambas plataformas aumenta, así como también el número y tipos de instrumentos en estos satélites. El equipo de SMB será vital para la utilización incrementada y efectiva de las observaciones y productos de satélite en las operaciones de los SMN.

## APÉNDICES

---

Prefacio a la primera edición de la OMM-No. 258

Las clases anteriores del personal meteorológico

Opiniones sobre la revisión de la publicación OMM-No.258

Glosario de términos y abreviaciones

Referencias bibliográficas selectas

## PREFACIO A LA PRIMERA EDICIÓN DE LA OMM-NO. 258

---

Prof. J. Van Mieghen

Presidente del Comité Ejecutivo del Panel de Expertos en Educación y el Entrenamiento (1965–1971)

Desde su creación, la OMM se ha ocupado así misma del problema relacionado con el entrenamiento del personal meteorológico de todas las clases o grados. En este aspecto, la Organización ha cumplido a cabalidad sus responsabilidades como así establecidas en el Artículo 2 (f) de la Convención de la OMM. Dado que muchos Países Miembros de la OMM se hacen independientes, estos problemas de entrenamiento asumen una mayor importancia. Consecuentemente, en 1959, el Tercer el Congreso de la OMM recomendó que más atención fuese prestada a estos problemas como había sido el caso en el pasado. Con iniciativa del Secretario General de la OMM, el Comité Ejecutivo, en su decimotercera sesión (1961), confió a un asesor la tarea de preparar planes globales para las actividades futuras de la Organización en el campo de la educación y el entrenamiento del personal de empleados meteorológicos. En enero de 1962, el Consultante presentó los tres reportes siguientes:

- El problema del entrenamiento profesional del personal meteorológico de todos los grados en los Países Menos Desarrollados (PMD);
- Un Plan para el desarrollo de entrenamiento meteorológico profesional en África;
- El establecimiento de una sección o dirección de entrenamiento en la Secretaría de la OMM para estar a cargo de los problemas que surgieran como resultado del entrenamiento profesional del personal meteorológico en los PMD.

El año subsiguiente, el asesor preparó un segundo plan: 'Plan para el desarrollo de entrenamiento profesional del personal meteorológico en Sur América'.

Con la recomendación expresa del Cuarto Congreso de la OMM (1963), una sección de entrenamiento fue subsiguientemente creada en 1964 dentro de la Secretaría. Una de las primeras tareas de la dirección de la nueva sección fue completar un escrutinio sobre el entrenamiento del personal de los Servicios Meteorológicos Nacionales en América Central y el Caribe. En su decimoséptima sesión (1965), el Comité Ejecutivo creó el Panel de Expertos en Educación y Entrenamiento Meteorológico.

En su decimoctava sesión (1966), el Comité Ejecutivo le requirió al Panel 'que preparase una guía comprensiva conteniendo el programa de estudios para ambos campos tanto el básico como el especializado de entrenamiento meteorológico'.

Dos comentarios preliminares deben ser hechos:

- Aunque los objetivos de educación y entrenamiento son los mismos en todo el mundo, debería ser tenido en mente que esta publicación ha sido preparada en respuesta a las múltiples demandas explícitas de los Servicios Meteorológicos Nacionales de los países en desarrollo. Lo más reciente encontrará en ello la información que se desea. No obstante, la necesidad de un cuerpo o equipo altamente capacitado es algo altamente necesario tanto en los países desarrollados como de los en vías de desarrollo. Por esta razón,

ningún esfuerzo debería escatimarse en mantener el entrenamiento del personal meteorológico al más alto estándar posible en todas las regiones del mundo;

- En el diseño de los programas de estudios para los diferentes grados del personal meteorológico, el propósito de la Organización es informar a las comunidades académicas y educativas de los Países Miembros del nivel general y especializado del entrenamiento que debería ser logrado por los meteorólogos de todas las calificaciones o grados para posibilitarlos a llevar a cabo sus tareas respectivas. Es por eso que se espera que este volumen provea una fuente de información para aquellos quienes desean hacer uso del mismo.

Antes de tratar el problema que involucra el entrenamiento del personal meteorológico de todos los grados y la educación básica requerida, es esencial tener realmente claro en mente lo referente a los propósitos de un Servicio Meteorológico Nacional.

Un Servicio Meteorológico Nacional es una institución científica que desempeña, a niveles nacionales e internacionales, todas las responsabilidades de servicio público relacionadas con la meteorología, y lleva a cabo investigación dentro de su contexto de actividad científica. Es esencial que el cuerpo o equipo científico de un Servicio Meteorológico Nacional se involucre en investigación, no sólo porque provee una fuente beneficiosa y necesaria de competitividad entre el personal mismo, sino porque también es la única forma efectiva de mantenerse a la altura del progreso científico — de otra manera, los métodos de trabajo son fáciles de volverse obsoletos muy rápidamente y así también la calidad de servicio para la comunidad. Con respecto a esto, debería tenerse en mente que la meteorología ha evolucionado de lo natural hacia una ciencia física. El empirismo forma parte del pasado. En los pasados veinte años, no sólo la matemáticas ha venido incrementando en su aplicación a la meteorología, sino que también el mundo de los instrumentos ha sido sobrepasado por la electrónica avanzada, y los métodos de observación y de procesamiento de datos han sido invadidos por la automatización. Las operaciones manuales de rutina se están gradualmente volviendo obsoletas, y los hombres están progresivamente siendo reemplazados por máquinas. Los Servicios Meteorológico hoy en día están haciendo uso de toda clase de técnicas de información (la toma o recolección automática de datos y su procesamiento): el ploteo o diagramación automática y el análisis de sondeos aerológicos y cartas o mapas sinópticos son ejemplo del mismo.

Finalmente, las computadoras están siendo progresivamente usadas por cada vez más servicios meteorológicos, no sólo para la investigación sino también para realizar tareas de servicio público los siete los días de la semana.

Al acometer los problemas involucrados en la educación y el entrenamiento del personal meteorológico es importante tener en cuenta los hechos citados anteriormente. Claramente se concluye que el cuerpo o equipo científico de un Servicio Meteorológico debe tener entrenamiento especializado a nivel universitario en matemáticas o física (o mejor aún en ambas materias si es posible) antes de empezar su entrenamiento meteorológico. Cada Servicio Meteorológico dispuesto y presto en mantener su posición y estándar científico debería poner el mayor esfuerzo en facilitar todo lo necesario a disposición de cualquier miembro de su equipo o cuerpo científico que desea preparar una tesis doctoral. Es imposible llevar a cabo investigación, para lograr un trabajo de científico valioso para el público o implementar ciertas partes esenciales de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), por ejemplo el Programa de Investigación Atmosférico Global (GARP, por sus siglas en inglés) sin un personal meteorológico altamente calificado. Demás está decir que el personal científico de cada Servicio Meteorológico debería estar asistido por sus respectivos asistentes calificados.

El propósito de esta Guía o Directivas de Orientación es doble:

1. Definir las diversas Clases del personal o empleados meteorológicos requeridos para el servicio público y la investigación científica; y
2. Trazar y definir un programa de estudios detallados del conocimiento básico y profesional requerido por el personal meteorológico de todas las clases o grados.

Sistemas variados y diferentes son usados en todo el mundo para definir los diversos tipos del personal o empleados meteorológicos. No es posible definir o perfilar un sistema uniforme aplicable a todos los países. La Guía o Directivas de Orientación propone cuatro Clases, con los cursos detallados para cada Clase, extendiéndose desde los graduados universitarios llamados a desarrollar tareas altamente científicas hasta el personal que lleva a cabo tareas sencillas pero esenciales como lo es la observación del tiempo.

El personal meteorológico puede ser clasificado según la educación básica requerida o el nivel de entrenamiento profesional a ser logrado. Ambas clasificaciones son igualmente lógicas y a primera vista igualmente razonable. En la práctica, sin embargo, los currícula – ya sea en la escuela primaria, la escuela secundaria general o técnica, la profesional y las escuelas técnicas superiores o el nivel universitario – son tan diversos en todas partes que una clasificación según la educación básica no aparece factible. Por otra parte, debido a que la meteorología debe ser organizada en una base internacional, es esencial apuntar, tanto como sea posible, hacia un nivel estándar de entrenamiento profesional para cada Clase: Muchas de las tareas de los SMN deben ser efectuadas en concordancia con las regulaciones acordadas por todos los Miembros de la OMM. La implementación de la Vigilancia Meteorológica Mundial requerirá, de hecho, una uniformidad aun mayor de entrenamiento profesional en los diversos niveles; y consecuentemente, una clasificación del personal o empleados meteorológicos de acuerdo al nivel de entrenamiento profesional sería más conveniente.

Para dirigir operaciones científicas, llevar a cabo ciertas funciones científicas esenciales y para conducir la investigación hacia una conclusión exitosa, el personal de la Clase I es esencial. Las tareas profesionales de rutina que requieren algún grado de iniciativa y un sentido de responsabilidad pueden ser efectuadas por empleados o personal de la Clase II. Para asistir a los miembros de las Clases I y II, los empleados o el personal de la Clase III serán requeridos, mientras que los empleados de Clase IV realizarán las tareas diarias de rutina más sencillas.

Está claro, sin embargo, que existe alguna correlación entre el nivel del entrenamiento profesional con aquel del conocimiento básico: cuando el primero es alto, lo segundo también se eleva proporcionalmente. Así, la Clase I del personal meteorológico debe ser de entrenamiento y nivel universitario; la Clase II debería haber completado uno o dos años preliminares en la universidad, o debería tenerse un diploma de una escuela técnica superior; la Clase III debería haber completado exitosamente la enseñanza media o secundaria (general o técnica), mientras que la Clase IV debería haber aprobado la escuela primaria y lo inicial o básico de la enseñanza media secundaria habitual o técnica (usualmente los primeros tres años de la escuela secundaria o técnica).

Mientras que casi todos los Miembros de la OMM están de acuerdo en lo que se refiere a las definiciones de las Clases que I, III y IV, una minoría sustancial ha formulado objeciones concerniendo a la Clase II. Debería puntualizarse, en primer lugar, que la Clase II no es un sustituto temporal de la Clase I, y en segundo lugar, que la Clase II de empleados meteorológicos no opera solamente en los Servicios Meteorológicos Nacionales de los países en desarrollo. Los miembros de esta Clase también se encuentran en un número creciente de países desarrollados.

Los Servicios Meteorológico Nacionales en todo el mundo requerirán un número creciente del personal de la Clase II, en particular, pronosticadores y climatólogos, y también especialistas en telecomunicaciones y técnicas de información y en programación y electrónica. Además, una consecuencia inevitable de la Vigilancia Meteorológica Mundial será en lo referente a la reducción sustancial en la cantidad de ‘datos pre-procesados’ circulando entre circuitos de telecomunicaciones meteorológicas con el correspondiente incremento en ‘productos finales’; de allí, la implementación de la Vigilancia Meteorológica Mundial redundará en un incremento del personal de la Clase II. Mientras que el personal de la Clase I debe estar disponibles para obtener y trabajar con ‘productos finales’; lo que será suficiente con tener al personal de la Clase II con la asistencia de la Clase III disponible.

En los programa de estudios, se hace una distinción muy puntual para cada Clase entre el conocimiento previo requerido y el entrenamiento meteorológico como tal. Similarmente, donde esto último concierne, aquellos elementos de la meteorología que deben ser aprendidos por los miembros de cualquier Clase están establecidos en el programa de estudios, conjuntamente con una descripción del conocimiento necesario al nivel de esa Clase en cada campo de especialización.

Debería notarse que los programas de estudios proveen sólo una indicación cualitativa de los temas enseñados. Su alcance real es más difícil de determinar. Ésta es una tarea compleja, y en la práctica sólo puede ser llevada recomendando libros de texto o estableciendo pruebas-preguntas con modelos detallados de respuestas. También es posible establecer los contenidos de un curso de enseñanza mediante la preparación de notas de conferencias o cuadernos de problemas o ejercicios con las claves o respuestas de los ejercicios seleccionados.

El período requerido para enseñar un tema o sujeto depende en mucho en la habilidad del instructor en sí, como en el nivel promedio de inteligencia de sus estudiantes. Debilidad de enseñanza y alumnos brillantes en la misma clase es algo particularmente absurdo. De allí el porque los programas de estudios no especifican el tiempo necesitado para los diversos currícula.

Una definición de ‘conocimiento satisfactorio’ de un tema o sujeto no es dada en las Directivas de Orientación dado que este tipo de apreciación es subjetivo en extremo. El conocimiento satisfactorio puede ser indicado solamente por las respuestas de los candidatos y las notas o calificaciones otorgadas – una tarea altamente complicada y no grata. Finalmente, los recientes avances en la meteorología han sido tan cambiantes y los métodos de trabajo se han desarrollado con tal rapidez, que es absolutamente esencial observar que las diferentes partes de la Guía están continuamente mantenidas al día.

Para concluir, ahora se enumeran las fuentes de información usada en la elaboración de los programas de estudios:

1. Los escrutinios ejecutados en los últimos diez años por la Secretaría de la OMM referente a todas las preguntas relacionadas con la educación y el entrenamiento meteorológico en los Servicios Meteorológicos Nacionales.
2. Reporte sobre las facilidades de entrenamiento meteorológico por la Secretaría de la OMM publicada por primera vez en 1959 y desde entonces regularmente mantenidas al día.
3. *El problema del entrenamiento profesional del personal meteorológico de todos los grados en los Países Menos Desarrollado*; Por J. Van Mieghem - Nota Técnica de la OMM No. 50 (1963).
4. *Plan para el desarrollo profesional de entrenamiento meteorológico en*

*África*; Por J. Van Mieghem –Reporte Informativo OMM (1963).

5. *Plan para el desarrollo profesional de entrenamiento meteorológico en Sur América*; Por J. Van Mieghem –Reporte Informativo OMM (1964).
6. *Examen sobre los Servicios Meteorológicos Nacionales de América Central y los países y territorios caribeños*; Por H. Taba -Reporte Informativo OMM (1965).
7. Reportes de los Grupos de Trabajo sobre Educación y Entrenamiento Meteorológico de las Comisiones Técnicas de la OMM;
8. Documentos preparados para las diversas Conferencias de la OMM sobre Educación y Entrenamiento Meteorológico;
9. Las informaciones de la Conferencia de Leningrado organizada en julio de 1967 por el Servicio Hidrometeorológico de la URSS.
10. Minutas de reuniones del Comité Ejecutivo del Panel de Expertos en Educación y Entrenamiento Meteorológico; realizadas desde 1966 a 1969.

### *Reconocimiento*

Tengo gran placer en expresar mis más cálidas gracias a todos aquellos que me ayudaron a llevar a cabo las tareas que se me confiaron, y especialmente a los Miembros y al Secretario del Panel de Expertos en Educación y Entrenamiento Meteorológico.

Julio de 1969

## APÉNDICE 2

# LAS CLASES ANTERIORES DEL PERSONAL METEOROLÓGICO

---

Extractos de la publicación OMM-NO. 258 tercera edición, 1984

**Clase I** Personal universitario adiestrados con educación adecuada en las matemáticas y física, y quienes exitosamente ha completado un curso en meteorología al estándar especificado en los programa de estudios. El período de instrucción incluye al menos 4 años de enseñanza universitaria (en los temas de pre-requisito necesarios y en meteorología), complementado por al menos seis meses de entrenamiento en el trabajo. Las misiones o tareas principales: el trabajo cotidiano operacional, tal como el pronóstico del tiempo; consulta y asesoría, dirección y toma de decisiones; también responsabilidad para la investigación y desarrollo, administración.

Este personal debe tener un basamento profundo en meteorología dinámica, sinóptica y física. También deberían tener un conocimiento básico en climatología, hidrología, oceanografía, en la interacción atmósfera-océano, en instrumentos meteorológicos y métodos de observación, en procesamiento de datos meteorológico, meteorología del satélite y en la meteorología de la contaminación del aire.

**Clase II** Tal personal habrá experimentado una educación secundaria completa o escuela equivalente y un entrenamiento introductorio en matemáticas y física al estándar especificado en los programa de estudios, así como también haber completado exitosamente un curso meteorológico. Este entrenamiento debería ser dado en una universidad u otra institución apropiada en un período de dos años, y un mínimo de nueve meses de entrenamiento en el trabajo es requerido. Las tareas o misiones principales, bajo la guía del personal de la Clase I, incluye: el análisis de mapas y cartas sinópticas, el pronóstico del tiempo, el estudio de datos relacionados con la meteorología física, instrumentos y métodos de observación, telecomunicaciones, inspecciones de redes.

Este personal de empleados debe demostrar habilidad y juicio en la interpretación de los datos meteorológicos. Deben tener una comprensión integral de los principios meteorológicos subyacentes, particularmente el análisis del tiempo y los principios del pronóstico. Su educación debe estar ampliamente fundamentada, pero dado que su trabajo concierne principalmente con la aplicación del conocimiento meteorológico, el énfasis debería estar en la práctica. El programa de estudios de la Clase II, aunque bastante extensivo en muchos aspectos, no deberá consecuentemente contener la misma proporción de teoría como aquellos para la Clase I.

**Clase III** Estos empleados deberán haber recibido educación secundaria completa o escolaridad equivalente (mínimo 12 años) y entrenamiento adecuado en meteorología. El período del curso meteorológico debería ser de ocho a diez meses, complementados por el adecuado entrenamiento práctico en el trabajo. Las tareas principales incluyen: descifrado y decodificación y comprobación de mensajes entrantes; esquematización y ploteo de cartas meteorológicas, diagramas aerológicos y secciones transversales de la atmósfera; asistencia al personal de empleados de las Clases superiores en el análisis de datos de observación; suministro de información meteorológica (bajo supervisión). Otras tareas o trabajos relacionados: el comprobar mensualmente los resúmenes y sumarios del tiempo de la red de estaciones, y el cálculo de parámetros estadísticos en base a tales resúmenes; la calibración de instrumentos usados en la red de observación de superficie, calibración de

radiosondas, operación de estaciones aerológicas y de radiación.

En vista del amplio espectro de tareas y trabajos ejecutados por esta Clase, no es fácil formular un programa de estudios de entrenamiento, que sea adecuado para todo el equipo o cuerpo, sin distinción de las funciones individuales. Sin embargo, los programas de estudios dados en meteorología general, en observaciones de superficie y de aire superior y mediciones y en climatología general, fueron designados para todos el personal de la Clase III.

#### Clase IV

Este personal debería tener una educación básica equivalente a nueve años de la escuela primaria y secundaria o una educación equivalente, seguido por el entrenamiento apropiado en meteorología básica para posibilitarlos en la observación de los fenómenos meteorológico precisa y objetivamente, y compenetrarse en el significado subyacente de sus tareas de rutina. Un período de entrenamiento meteorológico formal mínimo de cuatro meses es requerido, lo cuál debería ser seguido por un período extensivo de entrenamiento en el trabajo. Las tareas principales incluyen todas las observaciones rutinarias de superficie; el mantenimiento de instrumentos; el trabajo de oficina tal como la toma de datos de observación, la transmisión de mensajes sinópticos, mantenimiento de la bitácora de observación y la preparación de resúmenes mensuales. Otras tareas relacionadas: el procesamiento de diagramas de grabación; el cálculo de totales horarios, medias y valores extremos; el ploteo de cartas y diagramas.

Aunque el prerrequisito mínimo es de nueve años de la escuela primaria y la segunda enseñanza, se asume que el estudiante por ese entonces habrá alcanzado un cierto nivel en matemáticas, física, química y geografía física. Consecuentemente, si un estudiante presenta debilidad en algunos temas, entonces es decisión del instructor si el aprendiz requiere o no entrenamiento suplementario.

## OPINIONES SOBRE LA REVISIÓN DE LA PUBLICACIÓN OMM-NO. 258

---

En 1997, a raíz de una solicitud realizada por el CE del Panel de Expertos en Educación y el Entrenamiento, la Secretaría de la OMM preparó y distribuyó a todo los Miembros un amplio cuestionario sobre la revisión de la clasificación OMM y los currícula. Las respuestas y contestaciones a este cuestionario fueron entonces interpretadas como restricciones orientadoras en la revisión de la publicación OMM-NO. 258.

### El cuestionario de la OMM

Adicionalmente a las preguntas específicas referente al uso (si/no), contenido y diseño, y al mejoramiento/reestructuración potencial de la actual clasificación y los currícula, el citado cuestionario incluyó un borrador de propuestas de dos esquemas posibles para la clasificación del personal de empleados meteorológicos e hidrológicos, a saber:

- (a) *Un esquema de dos clases:* Profesionales y Técnicos (graduados); las etapas del desarrollo de la carrera fueron sugeridas para cada uno de estas categorías principales;
- (b) *Un esquema de tres clases:* Profesionales, Técnicos y Observadores (graduados); este esquema fue esencialmente una versión de la propuesta (a), pero con dos categorías distintas de Técnicos Meteorológicos.

A los Miembros de la OMM les fue preguntado si (o no) preferían mantener la clasificación tradicional de cuatro clases o grados, o si favorecían uno u otro de los esquemas, (a) o (b).

### Opiniones de los Miembros

Más de 80 Miembros respondieron a este Cuestionario. El grado de convergencia entre de las opiniones de los encuestados fue determinado como sigue:

- (a) *Opiniones altamente convergentes* – compartidas por más del 90 por ciento de los encuestados:
  - La clasificación tradicional de la OMM fue usada por muchos Miembros como una referencia básica y por varios Miembros como una referencia ocasional; algunos Miembros aún la utilizaron como una referencia oficial. Sólo algunos pocos Miembros no usaron esta clasificación del todo; en líneas generales, estos propusieron una clasificación de servidores civiles o empleados del estado;
  - En el futuro, habrá la necesidad de una clasificación de la OMM a ser utilizada como una referencia básica, particularmente en un contexto internacional; el enfoque general del esquema tradicional podría ser mantenido, pero con un número menor de clases;
  - Al diseñar las clases revisadas, una debida consideración tendría que ser dada a la calificación educacional formal; en particular, los graduados universitarios deben ser considerados como un criterio básico para diferenciar al personal de Clase I de cualquier otro personal de empleados. Sin embargo, para el personal no graduado, la distinción de clases (si es necesario) debería relacionarse más con la competencia o aptitud demostrada en el trabajo más que la calificación de educación inicial;
  - Para cada Clase principal debería haber un currículo central de conocimientos requerido.

- (b) *Opiniones medianamente convergentes* – compartidas por el 66-90 por ciento de los encuestados:
- La clasificación revisada puede reflejar algunas etapas genéricas del desarrollo de las carreras y algunas competencias generales de trabajo. Las competencias específicas de trabajo, aunque teóricamente deseables, son prácticamente imposibles, dadas su dependencia al contexto local;
  - Los currícula actuales de la OMM fueron usados, particularmente por países en desarrollo, más a menudo como una referencia básica, y la estructura de los currícula pareció generalmente adecuada para los instructores de esos países. Sin embargo, en varios otros SMN, estos currícula fueron usados sólo ocasionalmente;
  - Muchos encuestados acentuaron la necesidad de una actualización regular de los contenidos de los currícula; otros encuestados sugirieron que ejemplos de algunos currícula pudiesen ser presentados en la nueva edición de la publicación OMM-NO. 258;
  - Escuela secundaria completa o educación equivalente puede ser tomada cómo prerrequisito obligatorio para los futuros Técnicos Meteorológicos. Las excepciones pueden ser reconocidas, provisto el adecuado conocimiento del aprendiz en las ciencias básicas;
- (c) *Opiniones débilmente convergentes* – compartidas por un 50-66 por ciento de los encuestados:
- Una Clase especial de ‘Tecnólogo meteorológico’ no es una prioridad para una clara mayoría de los SMN; el énfasis de este grupo estuvo en definir una propia clasificación para el personal de empleados meteorológicos. Si embargo, una minoría sustantiva requirió definir una Clase Tecnológica, para ubicar o acomodar al personal empleado en instrumentos meteorológicos, tecnología de la información – comunicaciones, computación, etc;
  - No será necesario mantener el grado de detalle de los currícula tradicionales; varios encuestados acentuaron la falta de flexibilidad de sus programas de estudios y la necesidad de centralizar en los resultados de aprendizaje y de competencia o aptitudes de trabajo;
  - Los currícula de las especializaciones meteorológicas deberían ser revisada en una base corriente, en la marcha.
- (d) *Opiniones divergentes* – compartidas por (mucho) menos del 50 por ciento de encuestados:
- Algunos pocos encuestados en general no estuvieron de acuerdo con las opiniones citadas anteriormente, en particular, con el enfoque global de la clasificación tradicional y los currícula, que enfatiza en exceso el papel de la educación inicial y el entrenamiento;
  - Los encuestados de tres (altamente desarrollados) SMN prefirieron una concentración en las competencias técnicas más que en las clases individuales; además, ‘la clasificación necesitaría estar basada en función de trabajo, no en la calificación de la educación’;
  - Para otros encuestados, la clasificación no debería considerar las competencias para el trabajo reales, las cuales no son solamente dependientes del contexto sino también cambiantes rápidamente en el tiempo;
  - Unos pocos encuestados sugirieron que la clasificación no debería reflejar cualquier progresión de la carrera, indicando que esto es una materia mejor a ser dejada para cada SMN individual.

## GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIACIONES

---

Extractos de la publicación N° 258 de la OMM, 3ª. Ed., 1984

*Paquete de Instrucción  
Básica (PIB)*

Un programa marco de educación y entrenamiento recomendado por la OMM para la formación profesional inicial del personal de empleados meteorológicos. Consistente con la nueva clasificación de la OMM del personal; existen dos diferentes PIB – un Meteorólogo calificante al nivel de entrada de trabajo (PIB-M), y otro Técnico Meteorólogo calificante al nivel entrada de trabajo (PIB-TM). Se menciona que la palabra instrucción, utilizada en el título-PIB es significada tanto para la educación (particularmente PIB-M) como el entrenamiento (particularmente PIB-TM).

El contenido y la entrega de los componentes del PIB (por ejemplo, los tópicos requeridos en las ciencias básicas, los temas obligatorios y los electivos en las ciencias atmosféricas, etc.) pueden ser organizados en una amplia variedad de énfasis y perspectivas en muchos currícula diferentes. Aquellos quienes tendrían que diseñar e implementar los actuales currícula deberían específicamente posibilitar el alcance, la secuencia y la coordinación de conceptos, procesos y temas o tópicos.

*Rama de actividad*

Un conjunto o grupo de trabajos técnicamente relacionados, formando una estructura o unidad operacional relativamente independiente de un SMN, realizando una agregado de actividades y servicios especializados, con el propósito de lograr una parte significativa de la misión global de los SMN. Para cada rama o dependencia identificada en esta publicación, le es provista una lista de requerimientos genéricos de competencias (Capítulo 2), conjuntamente con un ejemplo de competencias reales o actuales (Capítulo 7).

*Líneas directivas o  
guías*

Referencia breve o resumen al volumen presente de la OMM-NO. 258, lo cual es un documento técnico que publica y expone las recomendaciones para la categorización y la instrucción inicial de personal meteorológico; de los requerimientos principales de competencia para el trabajo en áreas operacionales diversas; y de los métodos y las estrategias de la educación y el entrenamiento continuo en meteorología. A la par de fomentar la innovación y adaptación a las circunstancias y condiciones locales, estas líneas directivas apuntan a facilitar un entendimiento común y un grado de uniformidad y estabilidad en un contexto internacional.

*Competencia de trabajo*

Un conjunto de conocimientos relacionados, entendimiento y habilidades, así como también actitudes positivas hacia el trabajo, requerido para la ejecución eficiente de una misión o trabajo determinado. La competencia o aptitud implica no sólo la habilidad de trabajar o ejecutar en un contexto dado, sino también la capacidad de transferir y usar el conocimiento y las habilidades en una situación nueva.

*Aprendizaje de  
resultados y logros*

Logro de estándares definidos de conocimiento y especialmente habilidades de trabajo, siguiendo el cumplimiento y concreción de módulos de educación/entrenamiento cuyos objetivos están especificados independientemente del modo, la duración o la localización del aprendizaje; la prueba o evidencia tendría que ser disponible para demostrar el logro de los objetivos de aprendizaje.

*El aprendizaje de toda  
la vida*

Concepto según el cual el aprendizaje es dinámico y continuo, abarcando una aproximación flexible de procedimientos y métodos de aprendizaje, estructuras de crédito, de curriculum y métodos pedagógicos; enfatizando el

acceso y la simbiosis con el mundo de trabajo; transcurriendo completa y posiblemente más allá de la vida de trabajo activo.

#### *Personal meteorológico*

El grupo de empleados de un SMN que poseen calificación meteorológica formal:

Los Meteorólogos y los Técnicos Meteorológicos. Es de hacer notar que los trabajadores de oficina, obreros y/o cualquier otro cuerpo administrativo auxiliar no pueden ser incluidos en este grupo.

#### *Técnicos Meteorológicos*

Una persona quien, previa terminación de la escuela secundaria o educación equivalente, también ha completado entrenamiento meteorológico, consistente con los requisitos establecidos en el 'Paquete de Instrucción Básico para Técnicos Meteorológicos (PIB-TM)'. Las tareas incluyen: llevar a cabo las observaciones y mediciones del tiempo, clima y otras ambientales; asistir a los pronosticadores en la preparación y disseminación de análisis, pronósticos, advertencias y alertas del tiempo y otra información relacionada, productos y servicios.

#### *Meteorólogo*

Una persona con educación especializada que usa principios científicos, conceptos y técnicas para explicar, entender, observar o pronosticar los fenómenos atmosféricos de la Tierra, y/o cómo la atmósfera afecta la Tierra y la vida en el planeta. Esta educación especializada sería la de Licenciado o un título superior en meteorología (o en ciencias atmosféricas), consistente con los requisitos establecidos en el 'Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos (PIB-M)'. Aquellos que poseen un primer grado en ciencias físicas, matemáticas, electrónica o ingeniería en geociencias, también pueden calificar como meteorólogos al completar un programa 'PIB-M condensado', sujeto a los adecuados pre-requisitos de conocimientos en matemáticas, física y química.

#### *Meteorología*

Es el estudio de la atmósfera y sus fenómenos – especialmente las condiciones del tiempo y del clima – y las aplicaciones prácticas de este estudio. Además de la física, la química y la dinámica de la atmósfera, la meteorología abarca muchos de los efectos directos de la atmósfera en la superficie de la Tierra, los océanos y vida en general.

Como una ciencia, la meteorología (el término 'ciencias atmosféricas' puede ser usado con el mismo significado) forma parte de las ciencias físicas aplicadas y sus disciplinas principales son la dinámica, la meteorología física y sinóptica y la climatología. Como una profesión, la meteorología centra y enfoca principalmente la atención en el análisis y pronóstico del tiempo y en el monitoreo y la predicción del clima.

#### *Servicio Meteorológico Nacional (SMN)*

Una organización establecida y operada primariamente por el presupuesto público con el objeto de llevar a cabo aquellas funciones meteorológicas y relacionadas, la cuál los gobiernos aceptan como una responsabilidad de el Estado en apoyo de la seguridad y defensa y el bienestar general de sus ciudadanos, con el cumplimiento de sus obligaciones internacionales bajo la Convención de la OMM.

#### *Hora-semester*

Una medida del tiempo dedicado por el estudiante en la instrucción formal (en EUA). Un semestre normal es de 15 semanas consecutivas. Para las clases tradicionales, una sesión de clases que se extiende o dura una hora a la semana en formato de clases, es 'una hora-semester'; una clase, que se dá tres veces a la semana, es 'tres horas-semester'. Las sesiones del laboratorio reciben generalmente menos peso, así una sesión de laboratorio de tres horas reuniéndose una vez por la semana es también 'una hora-semester'.

#### *Habilidad*

Destreza o agilidad mental o física practicada, y/o facilidad natural en hacer algo, sin necesariamente entender todos los procesos por los cuales se hace esto. Es una aptitud desarrollada por un entrenamiento y experiencia especial; a falta de la práctica sostenida, las habilidades se debilitan en el

tiempo y eventualmente se pierden. Adquirir habilidades de trabajo en meteorología requiere tanto de la instrucción básica del profesional como del entrenamiento específico de trabajo, incluyendo entrenamiento en el trabajo en marcha.

*Tarea*

El menor elemento de esfuerzo de trabajo, identificable en términos de la producción o rendimiento y la calidad, que debe ser realizado para lograr algún purpose/mission, en un propósito/misión en un momento específico en el tiempo.

*Aprendiz*

Alguien quien recibe un entrenamiento y cuyas adquisiciones son periódicamente evaluadas por medio de medidas de objetivo implicando criterios pre-especificados.

*Entrenador/Instructor*

Un líder instruccional que planea y dirige una actividad educativa diseñada para ayudar a los participantes a adquirir información, conocimiento, habilidades y actitudes adecuadas en un trabajo particular.

*Clasificación de la OMM  
del personal  
meteorológico*

Un esquema sistemático, generalizado de clasificar en categorías el personal meteorológico de acuerdo con sus logros en la educación formal; en adquisiciones y entendimiento del conocimiento meteorológico; y la competencia de trabajo adquirida en la progresión de la carrera. El nuevo esquema de la OMM define dos categorías principales de personal y tres niveles de carrera para cada categoría.

## ABREVIACIONES

(El orden alfabético seguido de las abreviaciones es cómo aparece en el documento original en idioma inglés; los códigos meteorológicos quedan como tal)

AAS (SAA)	Servicio de asesoría agrometeorológica
AGCM (MCGA)	Modelo de circulación general atmosférico
AIREP	Reporte aéreo
AMDAR (RDMA)	Relevador de datos meteorológicos desde aeronaves
APT (TAI)	Transmisión automática de imágenes (de satélites; actualmente LRPT)
ARFOR	Pronóstico de área para aviación
ASDAR (ARDAS)	Adquisición y relevador de datos de aeronaves al satélite
ATC (CTA)	Control de tráfico aéreo
ATS (STA)	Servicios de tráfico aéreo
AVHRR (RARMA)	Radiómetro avanzado de resolución muy alta (satélites)
AWS (ETA)	Estación de tiempo automática
BAPMoN (RBMoCA)	Red base de monitoreo de la contaminación del aire
BATHY	Reporte de observación batitérmica (en forma de código)
BIP (PIB)	Paquete de Instrucción Básica (OMM)
BIP-M (PIB-M)	Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos
BIP-MT (PIB-TM)	Paquete de Instrucción Básica para Técnicos Meteorológicos
BIP-H (PIB-H)	Paquete de Instrucción Básica para Hidrólogos
BIP-HT (PIB-TH)	Paquete de Instrucción Básica para Técnicos Hidrólogos
BLA (CLA)	Capa límite atmosférica
CET (EEC)	Educación y Entrenamiento Continuo
CBS (CSB)	Comisión para el sistema básico (OMM)
CFC (CFC)	Clorofluorocarbono
CLIMAT	Reporte de las medias y totales mensuales de las estaciones de superficie
COMET	Programa Cooperativo para Educación y Entrenamiento en Meteor. Operacional
CPD (DPC)	Desarrollo Profesional Continuo
DRIBU	Reporte de boyas de observación a la deriva (actualmente DRIFTER)
EC (CE)	Consejo Ejecutivo (OMM, previamente Comité Ejecutivo)
ETF (ETE)	Equipo (Fuerza) de Trabajo Editorial
ENSO (ENOA)	El Niño/Oscilación Austral
ETR (EE)	Educación y Entrenamiento (Departamento de la OMM)
ESS (CST)	Ciencia del sistema Tierra
GAW (VMG)	Vigilancia Meteorológica Global (OMM)
GCM (MCG)	Modelo de Circulación General (de la atmósfera)
GCOS (SOCG)	Sistema de Observación del Clima Global
GEO (GEO)	Orbita geoestacionaria (satélites)
GIS (SIG)	Sistema de Información Geográfica
GO3OS (SOGO3)	Sistema de Observación Global del Ozono
HRPT (TIAR)	Transmisión de imágenes de alta resolución (satélites)
IAVW (VVAI)	Vigilancia de volcanes por aerolíneas internacionales
ICAO (OACI)	Organización de la Aviación Civil Internacional
ICT (TIC)	Tecnología de la Información y la Comunicación
IPCC (PICC)	panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
IT (TI)	Tecnología de la Información (actualmente TIC)
ITCZ (ZCIT)	Zona de la Convergencia Intertropical
LEO	Orbita baja de la Tierra
LRTI (TIRB)	Transmisión de la información a rango bajo (satélites, anteriormente WEFAX)
LRPT (TIRB)	Transmisión de imágenes a rango bajo (satélites, anteriormente APT)
MET (MET)	Meteorología
METAR	Reporte de rutina del tiempo para la aviación
MOS (MES)	Modelo estadístico de salida
MSS (SCM)	Sistema de conmutación de mensajes
NMHS (SMHN)	Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional
NMS (SMN)	Servicio Meteorológico Nacional

NWP (PNT)	Pronóstico numérico del tiempo
O&M	Observaciones y Mediciones
PILOT	Reporte del viento en la altura desde una estación de superficie
PMO (OMP)	Oficial Meteorológico de Puerto
PWS (SPT)	Servicio Público del Tiempo
RMTC (CREM)	Centro Regional de Entrenamiento Meteorológico
SATEM	Reporte de satélite de sondeo de aire superior de presión, temperatura y humedad
SATOB	Reporte de observaciones por satélite de viento, temperatura de la superficie, nubes, humedad y radiación
SHIP	Reporte de observación de superficie desde una estación marina
SIGWX	Tiempo significativo
SLD (GGS)	Grandes gotas super enfriadas
SLO (CSO)	Capa de la superficie oceánica
SLW (ALS)	Agua líquida super enfriada
SMB (RMS)	Rama de la Meteorología de Satélites
SPECI	Reporte especial del tiempo seleccionado para la aviación
SST (TSM)	Temperatura de la superficie del mar
SYNOP	Reporte de observación de superficie desde una estación terrena
TAF	Pronóstico de terminal de aeropuerto; pronóstico de aeródromo (en forma de código)
TC (CT)	Ciclón tropical
TCP/IP	Control de protocolo de transmisión/protocolo internet
TEMP	Reporte de una estación terrena sobre temperatura, humedad y viento de aire superior
TEMP DROP	Mensaje TEMP desde una sonda liberada por globos meteorológicos o aeronaves
TEMP SHIP	Mensaje TEMP desde una estación marina
TESAC	Reporte desde un estación marina de temperatura, salinidad y corriente
TOEFL	Prueba de Inglés como un Lenguaje Extranjero
TOMS (MEOT)	Mapeo (carta) de espectrómetro sobre Ozono Total
UCAR (CUIA)	Cooperación Universitaria para la Investigación Atmosférica (EUA)
UN (ONU)	Organización de las Naciones Unidas
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UV (UV)	Ultravioleta
VAAC (CACV)	Centros de Asesoría sobre Ceniza Volcánica
VISSR (RRRVI)	Radiómetro de registro rotatorio para (banda espectral) visible e infrarroja (satélites)
VOC (COV)	Componente orgánico volátil
VSAT (TPMP)	Terminal de paso muy pequeño
WAFS (SPMA)	Sistema de Pronóstico Mundial de Area (OMM/OACI)
WEFAX (TTF)	Transmisión del tiempo por facsímil (actualmente LRTI)
WHYCOS (SOMCH)	Sistema de Observación Mundial del Ciclo Hidrológico
WMO (OMM)	Organización Meteorológica Mundial
WWW (VMM)	Vigilancia Meteorológica Mundial

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS SELECCIONADAS

---

- American Meteorological Society (AMS), 1996: *Glossary of Weather and Climate with related Oceanic and Hydrologic Terms*, (ed. Ira W. Geer), Boston, 272 pp.
- Andrews D. G., 2000: *An Introduction to Atmospheric Physics*; Cambridge University; R 229 pp.
- Barry R. G. and R. G. Chorley, 1998: *Atmosphere, Weather and Climate*; 7th edition; Routledge; London y New York; 409 pp.
- Bryant E., 1997: *Climate Process and Change*; Cambridge University; 209 pp.
- Bulletin of the AMS, 1995: 'The Bachelor's Degree in Atmospheric Science or Meteorology', *BAMS* Vol. 76, No. 4, abril de 1995, pp. 552-553.
- Craig R. A., 1965: *The Upper Atmosphere; Meteorology and Physics*; Academic Press; New York, Londres; International Geophysics Series, Vol. 8; 509 pp.
- Daly, K., 1995: 'Training Needs and Task Analyses'; in *Proceedings of the WMO/Météo France Symposium on Education and Training in Meteorology and Operational Hydrology*; Toulouse 24-28 July 1995, 5 pp.
- Denno A. S., 1980: *Weather Modification by Cloud Seeding*; Academic Press; New York, 267 pp.
- Diaz H. F. and Vera Markgraf (eds.), 2000: *El Niño and the Southern Oscillation: Multiscale Variability and Global y Regional Impacts*; Cambridge University Press; UK, 496 pp.
- Dobbins R. D., 1979: *Atmospheric Motion and Air Pollution*; John Wiley & Sons, Inc; Nueva York; 323 pp.
- Doviak R. J. and D. S. Zrnic 1993: *Doppler Radar and Weather Observations*; Academic Press; New York; 562 pp.
- Durran D. R. 1999: *Numerical Methods for Wave Equations in Geophysical Fluid Dynamics*; Springer-Verlag; 465 pp.
- Gill A., E. 1982: *Atmospheric-Ocean Dynamics*; International Geophysics Series, Vol. 30; Academic Press; 662 pp.
- Hobbs P. V., 2000: *Basic Physical Chemistry for Atmospheric Sciences*; 2nd edition; Cambridge University Press; Cambridge, UK; 209 pp.
- Hobbs P. V., 2000: *Introduction to Atmospheric Chemistry*; Cambridge University Press; Cambridge, UK; J 262 pp.
- Holton J. R., 1975: *The Dynamic Meteorology of the Stratosphere and Mesosphere*; Meteorological Monographs, Vol. 15, Nr. 37; American Meteor. Society; 218 pp.
- Holton J. R., 1992: *An Introduction to Dynamic Meteorology*; 3rd edition; Geophysics Series Vol. 48; Academic Press Inc. New York, London; 511 pp.
- Houze R. A. Jr., 1993: *Cloud Dynamics*; Academic Press, Inc.; 573 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change 1996: IPCC Second Assessment Report: *Climate Change 1995*, Edited by J. T. Houghton *et al.* and published by Cambridge University Press; ver en particular *The Climate System: An Overview* by K. E. Trenberth, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho; 50-64 pp.
- Johnson, D. R., M. Ruzek and M. Kalb, 1996: 'Earth System Science Education: A Continuing Collaboration', in *Proceedings of the 1996 International Geoscience and Remote Science Symposium*, (IGARRS'96), Lincoln, NE pp. 1175-1177.
- Linacre, E., 1992: *Climate Data and Resources; A Reference and Guide*; Routledge, Chapman and Hall, Inc., New York, London; 366 pp.
- Lowry W. P., 1969: *Weather and Life: An Introduction to Biometeorology*; Academic Press; New York and London; 2nd edition, 305 pp.
- Meggison, D. and V. Whitaker, 1996: *Cultivating Self-Development*. Institute of Personnel and Development, London, 120 pp.
- Murphy A. and R. W. Katz (editors), 1985: *Probability, Statistics y Decision Making in Atmospheric Sciences*; Westview Press Inc.; Boulder and London; 545 pp.
- Nicholls N., 1999: 'Cognitive Illusions, Heuristics, and Climate Prediction'; in *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 80, No. 7; pp. 1385-

- Obasi, G. O. P., 1999: 'Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y la Gerencia del Cambio para el Siglo 21'; Conferencia en la *Conferencia Técnica sobre la Gerencia de los Servicios Meteorológicos e Hidrometeorológicos de la RA VI (Europa)*, Ginebra 9 de marzo de 1999, 24 pp.
- Obassi, G. O. P., 2000: 'OMM – 50 años de servicio'; Mensaje del Secretario general de la OMM para el *Día Meteorológico Mundial 2000*, 7 pp.
- OMM-No 258, 1969: *Directivas de Orientación para la Educación y el Entrenamiento del Personal Meteorológico*, 1ra. edición, TP No. 144, 164 pp.
- OMM-No. 258, 1984: *Directivas de Orientación para la Enseñanza y la Formación Profesional del Personal en Meteorología e Hidrología Operacional*, 3ra. edición, 301 pp.
- OMM-No. 49, *Regulaciones Técnicas de la OMM*; Documentos Básicos No. 2, Volumen I— Normativas Meteorológicas Generales y Prácticas Recomendadas, 1988; Volumen II — Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional, 2001; Volumen III — Hidrología, 1988.
- OMM, 1995: *Memorias Técnicas del Symposium de la OMM/Météo France sobre Educación y Entrenamiento en Meteorología e Hidrología Operacional; El Entrenamiento más allá del año 2000*; Francia, Toulouse, 24-28 de julio de 1995.
- OMM, 1999: *Memorias Técnicas del Symposium de la OMM sobre Educación y Entrenamiento en Meteorología e Hidrología Operacional*; 6-10 de Noviembre de 1999, Teherán, Republica Islámica de Irán.
- OMM-No. 834, 1999: *Guía de Prácticas para los Servicios Públicos*, segunda edición; 172 pp.
- OMM Bulletin*, Volume 49 No. 2, April 2000; pp. 127-160.
- UNESCO, 1998: *Declaración Mundial sobre la Educación Superior para el Siglo Veintiuno: Visión y Acción*, adoptado por la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior; París, octubre 5-9 de 1998; 10 pp.
- Parker, S. P. (editor), 1980: *McGraw-Hill Encyclopedia of Ocean and Atmospheric Science*, New York: McGraw-Hill Book Company, 580 pp.
- Patrick, J., 1992: *Training: Research and Practice*, London: Acad. Press, 561 pp.
- Pielke R. A., 1984: *Mesoscale Meteorological Modeling*; Academic Press Inc. Orlando, Florida; 612 pp.
- Ryder, P., 1996: *Guidelines for National Meteorological Services on 'Alternative Services Delivery'*; Escrito preparado para el Grupo de Trabajo del Consejo Ejecutivo sobre Planificación a Largo Plazo; 13 pp.
- The National Academy Press, 1998: *The Atmospheric Sciences Entering the Twenty-First Century* 382 pp.;, ISBN 0-309-06415-5; Washington, DC 20055; Ver en particular la página 276.
- Thomas G. E. and K. Stamnes, 1999: *Radiative Transfer in the Atmosphere and Ocean*; Cambridge University Press 517 pp.
- Van der Beken, A., 1993: *Continuing Education in Hydrology, Technical Documents in Hydrology*, IHV-IV Project E- 4.1, UNESCO, Paris, 27 pp.
- Wallace J. M. and P. V. Hobbs, 1977: *Atmospheric Science: An Introductory Survey*, Academic Press, New York; 467 pp.
- WMO/OMM/BMO-No. 182, 1992: *Vocabulario Meteorológico Internacional*, 2da. Edición OMM, 784 pp.
- Zillman, J. W., 1999: 'The Nacional Meteorological Service', in *OMM Bulletin Vol. 48 No. 2*, pp. 129-159.

