

## **Anexo a la Recomendación 1 (CSB-XIV)**

### **VISIÓN PARA EL SISTEMA MUNDIAL DE OBSERVACIÓN EN 2025**

#### **PREÁMBULO**

Esta Visión proporciona objetivos de alto nivel para orientar la evolución del Sistema Mundial de Observación (SMO) en las próximas décadas. Se pretende que los objetivos constituyan un desafío pero que sean alcanzables.

El SMO futuro se construirá en base a subsistemas existentes, tanto espaciales como de superficie, y se utilizarán tecnologías de observación actuales junto con tecnologías nuevas o en ciernes que aún no han sido plenamente adoptadas o explotadas. Las ampliaciones incrementales del SMO se harán patentes en datos, productos y servicios de calidad superior que podrán ofrecer los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN); ese será particularmente el caso de los países en desarrollo y de los países menos adelantados (PMA).

El futuro SMO desempeñará una función central en el Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM (WIGOS)<sup>1</sup>. Este sistema de observación integrado en constante evolución será un “sistema de sistemas” global que estará vinculado a otros sistemas de observación copatrocinados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y a otros sistemas que no pertenecen a la OMM, que contribuirá en gran medida a la Red mundial de sistemas de observación de la Tierra (GEOSS) y se prestará a través de la participación ampliada de los Miembros de la OMM, las Regiones y las Comisiones Técnicas. El componente espacial se basará en una mayor colaboración a través de asociaciones como la del Grupo de coordinación de los satélites meteorológicos (GCSM) y el Comité sobre satélites de observación de la Tierra (CEOS). Partes de los subsistemas espacial y de superficie dependerán de organizaciones asociadas a la OMM como: el Sistema Mundial de Observación Terrestre (SMOT), el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (SMOO), el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS) y otros.

Las modificaciones del SMO serán de gran alcance y conllevarán nuevos enfoques científicos, en el tratamiento de los datos, en el desarrollo y la utilización de productos y en la formación profesional.

#### **1. ASPECTOS GENERALES Y TENDENCIAS**

##### **Respuesta a las necesidades de los usuarios**

- El SMO proporcionará observaciones completas que den respuesta a las necesidades de todos los Miembros y Programas de la OMM a fin de disponer de productos y servicios de datos mejorados para el tiempo, el clima y el agua;

---

<sup>1</sup> En la hipótesis de que el Decimosexto Congreso adopte el WIGOS.

- Continuará proporcionando una colaboración mundial efectiva para la realización y difusión de observaciones mediante una red de sistemas de observación mixta, que incorporará un número creciente de sistemas complementarios;
- Proporcionará observaciones cuando y donde sean necesarias de forma fiable, estable, sostenible y económica;
- Responderá de forma rutinaria a las necesidades de los usuarios de observaciones con resoluciones espacial y temporal especificadas, con precisión y puntualidad;
- Tendrá capacidad de evolucionar rápidamente en respuesta a entornos de usuario y tecnológicos cambiantes, en base a una comprensión científica mejorada y a los avances en tecnologías observacionales y de proceso de datos.

### **Integración**

- El SMO evolucionará hasta convertirse en parte del WIGOS, que integrará las actuales funcionalidades del SMO, destinadas en primera instancia a elaborar predicciones meteorológicas operativas, con las derivadas de otras aplicaciones: vigilancia del clima, oceanografía, composición de la atmósfera, hidrología e investigación del clima y de la meteorología;
- Para llevar a cabo la integración se analizarán las necesidades y, cuando sea apropiado se compartirá infraestructura de observación, plataformas y sensores en diversos sistemas y con la participación de Miembros de la OMM y de otros asociados;
- Los sistemas de observación espaciales y de superficie se planificarán de manera coordinada para cubrir de forma económica las diferentes necesidades de los usuarios con resoluciones espaciales y temporales apropiadas.

### **Expansión**

- Se ampliarán tanto las aplicaciones de usuario como las variables observadas;
- Se incluirán observaciones para la elaboración de variables climáticas esenciales, cumpliendo los principios de vigilancia del clima del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC);
- Se asegurará la sostenibilidad de los nuevos componentes del SMO, integrando algunos sistemas de investigación y el desarrollo (I+D) como sistemas operativos;
- Se aumentará la gama y el número de observaciones intercambiadas a nivel mundial (en lugar de hacerlo sólo localmente);
- Se realizará un determinado nivel de observaciones objetivo y, en respuesta a la situación meteorológica local, se podrán recopilar observaciones adicionales o no realizar otras observaciones que normalmente se realizan.

### **Automatización**

- Continuará la tendencia a desarrollar sistemas de observación completamente automáticos, utilizando nuevas tecnologías de información y de observación, allá donde éstas sean rentables;
  - Se mejorará el acceso en tiempo real y a datos en bruto;
  - Se utilizarán bancos de prueba de sistemas de observación para la comparación cruzada y evaluación de nuevos sistemas, y para desarrollar directrices para la integración de plataformas de observación y sobre cómo ejecutar dicha integración;
- y

- Se recopilarán y transmitirán datos observacionales en formato digital, con una elevada tasa de compresión cuando sea necesario. El procesamiento de datos estará muy automatizado.

### **Consistencia y homogeneidad**

- Existirá una mayor normalización de instrumentos y de métodos de observación;
- Se mejorará la calibración de las observaciones y la provisión de metadatos para asegurar la consistencia y trazabilidad de los datos respecto a valores de referencia absolutos;
- Se mejorarán los métodos de control de la calidad y la caracterización de los errores de todas las observaciones;
- Habrá un mayor nivel de interoperabilidad entre sistemas de observación existentes y entre éstos y nuevos sistemas; y
- Habrá una mayor homogeneización de formatos de datos y su difusión a través del Sistema de información de la OMM (SIO).

## **2. COMPONENTE ESPACIAL**

<b>Instrumentos:</b>	<b>Variables y fenómenos geofísicos:</b>
<b><i>Satélites geoestacionarios operativos. Al menos 6, separados por una longitud no superior a 70 grados</i></b>	
Reproductores de imágenes Vis/IR de alta resolución multiespectrales	Nubosidad, tipo, altura de cima/temperatura, viento (con seguimiento de los datos de nubosidad y de vapor de agua); temperatura de la superficie del mar/ del suelo; precipitación; aerosoles; capa de nieve; capa vegetal; albedo; estabilidad atmosférica; fuegos; ceniza volcánica
Sondeadores hiperespectrales en IR	Temperatura atmosférica, humedad, viento (con seguimiento de los datos de nubosidad y vapor de agua); características de variación rápida a mesoescala; temperatura de la superficie de mar/ del suelo; nubosidad y altura de cima /temperatura; composición de la atmósfera
Reproductores de imágenes de descargas eléctricas	Descargas eléctricas (en particular, entre nubes), localización de convección intensa
<b><i>Satélites heliosíncronicos operativos en órbita polar distribuidos en 3 planos orbitales (~13:30, 17:30, 21:30 ECT)</i></b>	
Sondeadores hiperespectrales en IR	Temperatura atmosférica, humedad y viento; temperatura de la superficie del mar/ del suelo; nubosidad, contenido de agua y altura de cima /temperatura; composición de la atmósfera
Sondeadores en microondas	
Reproductores de imágenes Vis/IR de alta resolución multiespectrales (incluido el canal de absorción de vapor de agua)	Nubosidad, tipo, altura de cima /temperatura, viento (latitudes altas, con seguimiento de los datos de nubosidad y vapor de agua); temperatura de la superficie del mar/ del suelo; precipitación; aerosoles; capa de nieve; capa vegetal; albedo; estabilidad atmosférica
<b><i>Misiones operacionales adicionales en órbitas adecuadas (órbitas polar y geoestacionaria clásicas,</i></b>	

<b>otras)</b>	
Receptores polarimétricos de imágenes en microondas (al menos 3)	Hielo marino, columna total de vapor de agua; precipitación; velocidad [y dirección] del viento marino en superficie; agua líquida en nubes; temperatura de la superficie del mar/ del suelo; humedad del suelo
Dispersómetros (al menos 2 en planos orbitales bien diferenciados)	velocidad y dirección del viento marino en superficie; hielo marino; humedad del suelo
Constelación de ocultación radioeléctrica (al menos 8 receptores)	Temperatura y humedad de la atmósfera; densidad de electrones en la ionosfera
Constelación para altimetría incluyendo una misión de referencia en una órbita precisa y altímetros en órbita polar para cobertura mundial	Topografía de la superficie oceánica; nivel del mar; altura de las olas oceánicas; topografía del hielo marino y terrestre
Receptor de imágenes de doble ángulo en infrarrojos	Temperatura de la superficie del mar (calidad de la vigilancia del clima); aerosoles; propiedades de las nubes
Reproductores de imágenes Vis/NIR de alta resolución espectral de banda estrecha y de resolución hiperespectral	Color del océano; vegetación (incluyendo áreas quemadas); aerosoles; propiedades de las nubes; albedo
Reproductores de imágenes Vis/IR de alta resolución multiespectrales - constelación	Imágenes de la superficie de la tierra para analizar el uso del terreno y la vegetación; vigilancia de inundaciones
Radares de precipitaciones operados conjuntamente con reproductores de imágenes pasivos en microondas en varias órbitas	Precipitación (líquida y sólida)
Radiómetro Vis/IR de banda ancha + sensor de irradiancia solar total (al menos 1)	Balace de la radiación de la Tierra (apoyada en datos de reproductores de imágenes y sondeadores a bordo de satélites en órbita polar y órbita geoestacionaria) y mediciones de aerosoles y de las propiedades de las nubes
Constelación de instrumentos para analizar la composición de la atmósfera, incluyendo sondeadores UV de alta resolución espectral en órbita geoestacionaria y al menos un sondeador en órbita am+pm	Ozono; otras sustancias químicas en la atmósfera; aerosoles (para la vigilancia de los gases de efecto invernadero, del nivel de ozono /UV y de la calidad del aire
Radar de apertura sintética	Altura de las olas, direcciones y espectros; inundaciones, placas de hielo marino y témpanos
<b>Precursores operacionales y presentadores de tecnologías, con inclusión de</b>	
Lidar de viento de efecto Doppler en satélites de órbita baja (LEO)	Viento; aerosol; cima [y base] de nube
Radiómetros en microondas de baja frecuencia a bordo de satélites LEO	Salinidad en la superficie marina; humedad del suelo
Sondeadores / receptores de imágenes en microondas a bordo de satélites GEO	Precipitación; agua/hielo en nubes; humedad y temperatura atmosféricas
Receptores de imágenes Vis/NIR y CCD de banda estrecha multiespectral y alta resolución a bordo de satélites geoestacionarios (GEO)	Color del océano, estudios de nubes y vigilancia de desastres
Receptores de imágenes Vis/IR a bordo de satélites en órbitas muy elípticas de alta	Vientos y nubes de gran altitud; hielo marino; penachos de cenizas volcánicas de gran altitud; capa de nieve; vegetación;

inclinación (HEO)	fuegos
Sensores gravimétricos	Volumen de agua en lagos, ríos, suelo, etc.
<b>Plataformas e instrumentos en órbita polar y geoestacionaria para la meteorología espacial</b>	
Imágenes solares Detección de partículas Densidad de electrones	Tormentas de radiación solar, lluvia de partículas de alta energía; tormentas ionosféricas y geomagnéticas, interrupción de las señales radioeléctricas por fotones de rayos X

### 3. COMPONENTE DE SUPERFICIE

<b>Tipo de estación:</b>	<b>Variables y fenómenos geofísicos</b>
<b>En tierra – en altitud</b>	
Estaciones de referencia sinópticas en altitud	Viento, temperatura, humedad, presión
Estaciones remotas de teledetección de perfilación de altitud	Viento, base y cima de nubes, agua en las nubes, temperatura, humedad, aerosoles
Aeronave	Viento, temperatura, presión, humedad, turbulencias, hielo, tormentas eléctricas, tormentas de polvo/arena; actividad/cenizas volcánicas y variables de la composición de la atmósfera (aerosoles, gases de efecto invernadero, ozono, calidad del aire, química de las precipitaciones, gases reactivos)
Estaciones de análisis de la composición de la atmósfera	Profundidad óptica del aerosol, variables de la composición de la atmósfera (aerosoles, gases de efecto invernadero, ozono, calidad del aire, química de las precipitaciones, gases reactivos)
Estaciones receptoras de sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS)	Vapor de agua
<b>En tierra – en superficie</b>	
Estaciones sinópticas en superficie y de referencia climáticas	Presión en superficie, temperatura, humedad, viento, visibilidad, nubes, precipitación; tiempo actual y pasado, radiación, temperatura del terreno; evaporación, humedad del terreno, oscurecimientos
Estaciones de análisis de la composición de la atmósfera	Variables de la composición de la atmósfera (aerosoles, gases de efecto invernadero, ozono, calidad del aire, química de las precipitaciones, gases reactivos)
Estaciones del sistema de detección de descargas eléctricas	Descargas eléctricas (localización, densidad, tasa de descarga, polaridad, distribución volumétrica)
Estaciones para aplicaciones específicas (estaciones de meteorología para carreteras, aeropuertos, helipuertos, estaciones de meteorología agrícola, urbana, etc.	Observaciones específicas de la aplicación

<b>En tierra – hidrología</b>	
Estaciones hidrológicas de referencia	Nivel del agua

Estaciones de redes hidrológicas nacionales	Precipitación, profundidad de la nieve, contenido de agua en la nieve, grosor del hielo de lagos y ríos / fecha de congelación y deshielo, nivel del agua, corriente de agua, calidad del agua, humedad del suelo, temperatura del suelo, sedimentos
Estaciones de agua en tierra	Mediciones del agua en el suelo
<b>En tierra – radares meteorológicos</b>	
Estaciones radar para meteorología	Hidrometeoros (distribución del tamaño de los hidrometeoros, fase, tipo), viento, humedad (por refractividad), tormentas de arena y de polvo
<b>Oceánica – en altitud</b>	
Plataformas aerológicas automatizadas en buques (ASAP)	Viento, temperatura, humedad, presión
<b>Oceánica – en superficie</b>	
Radares costeros en ondas decamétricas (HF)	Corrientes en superficie, olas
Estaciones marinas sinópticas (en océano, islas, plataformas costeras y fijas)	Presión en la superficie, temperatura, humedad, viento, visibilidad, nubosidad, tipo y altura de la base; precipitación; temperatura en superficie marina; dirección, período y altura de las olas; hielo marino
Buques	Presión en la superficie, temperatura, humedad, viento, visibilidad, nubosidad, tipo y altura de la base; precipitación; temperatura en la superficie marina; dirección, período y altura de las olas; hielo marino
Boyas a la deriva y fondeadas	Presión, temperatura, humedad y viento en la superficie; visibilidad; temperatura en la superficie del mar; espectro en 3D y 2D de las olas, dirección, período y altura de las olas
Boyas sobre hielo	Presión, temperatura, viento y espesor del hielo en la superficie
Estaciones de medición de mareas	Altura del agua del mar, presión del aire en superficie, viento, salinidad y temperatura en la superficie
<b>Oceánica – subsuperficial</b>	
Boyas perfiladoras	Temperatura, salinidad, corrientes, oxígeno disuelto, concentración de CO <sub>2</sub>
Plataformas ancladas al hielo	Temperatura, salinidad, corrientes
Buques de oportunidad	Temperatura
<b>Precursores operacionales y de I+D – ejemplos</b>	
UAV	Viento, temperatura, humedad, composición de la atmósfera
Góndolas	Viento, temperatura, humedad
Estaciones GRUAN	Variables de referencia de calidad del clima, estructura de las nubes
Aeronaves	Química, aerosol, viento (lidar)
Animales marinos con instrumentos	Temperatura
Planeadores oceánicos	Temperatura, salinidad, corrientes, oxígeno disuelto, concentración de CO <sub>2</sub>

## 4. TENDENCIAS Y ASPECTOS ESPECÍFICOS DE SISTEMAS

### 4.1 Sistemas espaciales

- existirá una **capacidad** de observación espacial **ampliada** en satélites operativos y de investigación;
- existirá una **comunidad ampliada** de agencias espaciales que contribuirán al SMO;
- habrá una **mayor colaboración** ente agencias espaciales para asegurar que se satisfice una gama más amplia de necesidades de usuarios de la manera más económica, y que se garantiza la fiabilidad de los sistemas mediante acuerdos de apoyo mutuo;
- se transferirá progresivamente la capacidad de observación demostrada de satélites de **I+D** a plataformas **operativas** para asegurar la fiabilidad y sostenibilidad de las mediciones;
- continuará siendo importante el papel de los **satélites de I+D** en el SMO; aunque éstos no puedan garantizar la continuidad de las observaciones, su contribución es importante pues ofrecen datos adicionales a los de los sistemas operativos. Se desarrollarán acuerdos de colaboración entre agencias a fin de ampliar la vida útil de los satélites de **I+D** y de otros satélites más allá de los planificado;
- algunas necesidades de usuarios se satisfarán mediante constelaciones de satélites, frecuentemente con la colaboración de distintos organismos espaciales. Entre las constelaciones previsibles se encuentran las dedicadas a: altimetría, precipitaciones, ocultación radioeléctrica, composición de la atmósfera y balance de la radiación de la Tierra;
- mejorará considerablemente la información disponible gracias a una **mayor resolución espacial, temporal y espectral**, particularmente para supervisar y predecir fenómenos de evolución rápida y a pequeña escala, al tiempo que aumentará la demanda de intercambio, gestión y procesamiento de datos;
- **se mejorará la disponibilidad y coordinación temporal** gracias a la cooperación entre agencias y a nuevas infraestructuras de telecomunicaciones;
- **se mejorará la calibración e intercalibración** con mecanismos tales como el Sistema Mundial de Intercalibración Espacial (GSICS).

### 4.2 Sistemas en superficie

#### Los componentes en superficie del SMO proporcionarán lo siguiente:

- una capacidad de detección mejorada de fenómenos a mesoescala;
- datos que no pueden medirse mediante la componente espacial;
- datos para la calibración y validación de datos obtenidos con la componente espacial;
- intercambios mejorados de datos y productos de observación regional obtenidos de radares meteorológicos, redes hidrológicas, etc.;
- perfiles verticales de alta resolución de radiosondas y otros sistemas de teledetección en tierra, que integrados con otras observaciones permitan representar la estructura de la atmósfera;
- calidad mejorada de los datos con parámetros normalizados de disponibilidad, precisión y control de calidad;

- conjuntos de datos a largo plazo para la detección y comprensión de las tendencias y los cambios medioambientales que complementen lo obtenido de sistemas espaciales;
- mantenimiento de estaciones con registros históricos de tiempo de observación ininterrumpida.

#### **Las redes de radiosondas:**

- estarán optimizadas, particularmente en su separación horizontal que aumentará en zonas con alta densidad de datos, y tendrán en cuenta observaciones procedentes de otros sistemas perfiladores;
- serán complementadas con perfiles ascendentes/descendentes de **aeronaves (retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves, AMDAR)** y otros sistemas perfiladores en superficie;
- mantendrán el subsistema de **red de estaciones de observación en altitud del SMOC (GUAN)** para la vigilancia del clima;
- incluirán una **red de referencia del SMOC para observaciones en altitud (GRUAN)** que sirva como red de referencia para otros emplazamientos de radiosondas, para calibración y validación de registros de satélites y para otras aplicaciones.

#### **Los sistemas de observación de aeronaves:**

- estarán disponibles en la mayoría de los emplazamientos en aeropuertos, en todas las regiones del mundo;
- permitirán acceder a datos recogidos a la altura de vuelo de crucero y en movimientos ascendentes y descendentes con resolución temporal que el usuario podrá seleccionar;
- observarán la humedad y algunos componentes de la atmósfera, además de la temperatura, la presión y el viento;
- se desarrollarán también para aeronaves más pequeñas, de ámbito regional y que vuelan a altitudes equivalentes a la troposfera media, y proporcionarán datos ascendentes / descendentes en nuevos aeropuertos.

#### **Los sistemas de observación en superficie:**

- estarán constituidos en base a una mayor diversidad de redes en superficie (por ejemplo, redes viarias, plataformas móviles) y redes de aplicaciones múltiples;
- serán principalmente automatizados y con capacidad para reproducir o sustituir mediciones obtenidas con anterioridad subjetivamente (fenómenos meteorológicos, tipos de nubes, etc.);
- incluirán el subconjunto de la Red de estaciones de observación en superficie del SMOC (GSN) compuesto por estaciones en superficie para la vigilancia del clima.

#### **Las observaciones marítimas en superficie:**

- complementarán las observaciones satelitales mediante observaciones desde boyas a la deriva, boyas fondeadas, boyas en hielo y buques de observación voluntaria;
- tendrán una resolución y precisión temporal mejoradas gracias a sistemas de comunicaciones por satélites fiables y económicos.

Se mejorará la **tecnología de observación oceánica en subsuperficie**, con inclusión de plataformas de observación *in-situ* económicas y de propósitos múltiples, planeadores oceánicos y animales marinos provistos de instrumentos.

### **Sistemas de observación de teledetección**

- Los sistemas de radares meteorológicos proporcionarán información mejorada sobre las precipitaciones, con una mayor cobertura de datos. Proporcionarán un nivel de información creciente de otras variables atmosféricas. La consistencia de los datos será muy superior y se emplearán nuevas tecnologías de radar. Las redes colaborativas multinacionales ofrecerán productos mixtos;
- los radares costeros en ondas decamétricas proporcionarán datos sobre olas y corrientes marinas;
- se desarrollarán **perfiladores** que serán utilizados por un mayor número de aplicaciones. Se utilizará una mayor variedad de tecnologías, incluidos lidares, radares y radiómetros en microondas. Estos sistemas de observación se desarrollarán conformando redes coherentes e integradas con otras redes en superficie;
- se ampliarán las redes de receptores de los **sistemas mundiales de navegación por satélite** (por ejemplo, GPS, GLONASS y GALILEO) para la observación del vapor de agua total en columna;
- estos sistemas se integrarán en sistemas de perfilado inteligentes conjuntamente con otras tecnologías de observación en superficie.

### **Sistemas de detección de descargas eléctricas**

- Los **sistemas de detección de descargas eléctricas de gran alcance** proporcionarán datos mundiales de forma económica, homogénea y con una elevada precisión de ubicación, mejorando significativamente la cobertura de zonas donde escasean los datos, incluidas las zonas oceánicas y polares;
- se desarrollarán **sistemas de detección de descargas eléctricas de alta resolución** con mayor precisión en la localización, discriminación entre nubes y entre nubes y suelo, destinados a aplicaciones especiales.

Las observaciones en superficie de la **composición de la atmósfera** (complementadas por mediciones desde globos y aeronaves) contribuirán a crear, junto a la componente espacial, una red mundial tridimensional de mediciones de la química de la atmósfera. Se combinarán nuevas estrategias de medición que permitan disponer de datos casi en tiempo real.

Las observaciones en superficie permitirán la **predicción inmediata y la predicción de corto alcance** mediante la integración de sistemas de detección por radar, de detección de descargas eléctricas y otros sistemas de detección, que se extenderán a redes continentales y mundiales.

---