



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Sistemas de Alerta de
Emergencia para Televisión
Digital**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniera en Telecomunicaciones

P R E S E N T A

Carmen Haide López Ortega

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José María Matías Maruri



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

"My brain is only a receiver, in the Universe there is a core from which we obtain knowledge, strength and inspiration. I have not penetrated into the secrets of this core, but I know that it exists."

Nikola Tesla

"Reality doesn't impress me. I only believe in intoxication, in ecstasy, and when ordinary life shackles me, I escape, one way or another. No more walls. "

Anaïs Nin

"Es importante adquirir el conocimiento de diferentes pensamientos, opiniones y puntos de vista. Si lo haces desde uno solo, te vuelves rígido y tedioso. Si entiendes al resto, serás alguien completo."

Iroh, Avatar: La leyenda de Aang

Agradecimientos

A mi familia. A mi madre que siempre busca darnos lo mejor a mi hermana y a mí. Siempre te estaré agradecida por haberme formado como la mujer que soy, por tus sabios consejos y todo lo que has hecho por mí. A mi padre por su apoyo incondicional en todo momento y por creer en mí. A mi hermana, mi cómplice en las buenas y las malas, por permitirme ser una niña y una adulta a la vez. A mis primos, tíos y sobrinos que me han visto crecer, me han cuidado y alentado a cumplir mis sueños. A mi Manchas, terapeuta canino.

A mis amigos. A aquellos que conocí en la ENP No. 9 y que desde entonces han sido mi círculo de apoyo en casi cualquier paso que he dado en estos 8 años. A Daniel, Miguel, Ricardo y Santos que son como hermanos para mí, siempre con palabras de aliento y pasión por lo que hacen. Me inspiran a dar lo mejor de mí. A Diana, Katia y Samantha por su cariño y su tiempo. Por ustedes estoy en donde estoy.

A mis colegas de la Facultad de Ingeniería, especialmente a Estefania, quien fuera mi compañera de proyectos, de estudio y consejera. Gracias *Niah* por haber hecho una lavadora, estudiado para sabe cuántos exámenes conmigo y aguantarme durante toda la carrera.

A todas aquellas amistades que han dejado una huella en mi persona.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por haberme dado tanto, desde mis primeros pasos en la Escuela Nacional Preparatoria No. 9 Pedro de Alba hasta la Facultad de Ingeniería.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería que han influido en mis elecciones académicas y personales.

A mi director de tesis, el **Dr. José María Matías Maruri**, quien me apoyó en todo momento durante la elaboración del presente trabajo y en el proyecto REFUTV. Sus comentarios enriquecieron esta tesis e hicieron de mí una mejor profesionista y mejor ser humano.

Al proyecto **CONACYT-CDTI No. 189235**, REFUTV, "Desarrollo de Redes en Frecuencia Única para Televisión Digital ATSC".

Índice general

Lista de Acrónimos	XIII
Introducción	1
1. Antecedentes	3
1.1. Panorama Histórico	3
1.2. Fases de Emergencia	4
1.2.1. Prevención y Preparación	5
1.2.2. Predicción y Detección	6
1.2.3. Alerta	6
1.2.4. Operaciones de Socorro	6
1.3. Componentes de los SAE	6
1.3.1. Protocolo CAP	7
1.4. Tipos de Sistemas de Alerta de Emergencia	9
1.5. Normativa de las Telecomunicaciones de Emergencia	10
1.5.1. Suplemento de Emergencia y Socorro en Caso de Catástrofe	10
Actividades de la UIT-R relativas a las radiocomunicaciones en situaciones de emergencia	10
1.5.2. Manual sobre Telecomunicaciones de Emergencia	12
Parte I. Marco Institucional y Marco Reglamentario	12
Parte II. Telecomunicaciones como Instrumentos en Operaciones de Emergencia	14
Parte III. Aspectos Técnicos	15
1.5.3. Convenio de Tampere	15
1.6. Sistemas de Alerta de Emergencia Analógicos	17
1.6.1. Sistema de Alerta de Emergencia (EWS) para radiodifusión sonora analógica	17
Señal de inicio	18
Señal de finalización	19
1.6.2. Radiodifusión de Alarma de Radio FM Analógica (RDS)	19
Radio Text (RT)	20
Open Data Applications (ODA)	21
1.6.3. Radiodifusión de Alerta en Televisión Analógica	21
2. Sistemas de Alerta de Emergencia sobre ATSC	25
2.1. Estándar de Televisión Digital Terrestre ATSC A/53	25
2.1.1. Codificación de Fuente y Compresión	27
Sistema de video MPEG-2	27
Sistema de audio Dolby AC-3	27

2.1.2.	Multiplexación de Servicios y Transporte	28
2.1.3.	RF/ Transmisión	28
2.2.	Sistema de Alerta en ATSC A/53	30
2.3.	Estándar de Televisión Digital Terrestre Móvil ATSC M/H A/153	31
2.4.	Sistema de Alerta de Emergencia Móvil en ATSC M/H	31
2.4.1.	Tabla de Alerta de Emergencia (EAT-MH)	33
2.4.2.	Encendido y Sintonización Automática	36
2.4.3.	Servicio NRT en M-EAS	37
2.5.	Estándar de Televisión Digital Terrestre ATSC 3.0	37
2.6.	Sistema de Alerta de Emergencia en ATSC 3.0	38
2.6.1.	Bits de encendido	39
2.6.2.	Mensajes de Alerta Avanzada de Emergencia (AEA-MF)	40
2.6.3.	Tabla de Alerta Avanzada de Emergencia (AEAT)	40
3.	Sistemas de Alerta de Emergencia sobre CMMB y T-DMB	43
3.1.	Estándar de Televisión Digital Móvil CMMB	43
3.2.	Sistema de Alerta de Emergencia sobre CMMB	44
3.2.1.	Mensaje de Emergencia CMMB	45
3.3.	Estándar de Televisión Digital Terrestre T-DMB	46
3.4.	Sistema de Alerta de Emergencia sobre T-DMB	47
3.4.1.	Mensaje AEAS	48
3.4.2.	Sistema de Radiodifusión de Emergencia (EBS) en túneles. Estructura del sistema EBS en túneles.	50 50
4.	Sistemas de Alerta de Emergencia sobre DVB-T	51
4.1.	Estándar de Televisión Digital Terrestre DVB-T	51
4.1.1.	Modulación y Transmisión	51
4.2.	Estándar de Televisión Digital Terrestre DVB-T2	53
4.3.	Información de Servicio DVB-SI	54
4.4.	Sistema de Alerta de Emergencia sobre DVB-T	54
4.4.1.	RF y Modulación	55
4.4.2.	Soporte de Anuncios	55
4.4.3.	Activación del Anuncio	56
4.5.	Implementación de DEWS sobre DVB-T en Indonesia	57
4.5.1.	Especificaciones del mensaje de Alerta del DEWS	57
4.5.2.	Formato del Mensaje de la BMKG	58
4.5.3.	Sintaxis del Código de Alerta de Emergencia para Desas- tres DVB-T	58
4.5.4.	Algoritmo de localización del mensaje	59
4.6.	Proyecto CHORIST	60
5.	Sistemas de Alerta de Emergencia sobre ISDB-T	63
5.1.	Estándar de Televisión Digital Terrestre ISDB-T	63
5.2.	Sistema de Alerta sobre ISDB-T (EWB)	64
5.2.1.	Descriptor EWB	65
5.2.2.	Señal de activación de receptores portátiles mediante se- ñales EWB	66
5.3.	EWBS para Centro y Sudamérica	67

6. Propuesta de Sistema de Alerta de Emergencia para México	69
6.1. Contexto actual de México	69
6.1.1. Aspectos geográficos de México	69
6.1.2. Autoridades y Agencias de Monitoreo	71
Autoridades gubernamentales	71
Agencias de Monitoreo	72
6.1.3. Televisión digital terrestre en México	75
6.2. Atributos técnicos del SAE propuesto para México	76
6.3. Estructura del Sistema de Alerta de Emergencia propuesto para México	78
6.4. Protocolo CAP	80
6.5. Sistema de Alerta de Emergencia propuesto sobre ATSC A/53	82
6.5.1. Transmisión	86
6.5.2. Recepción	86
6.6. Sistema de Alerta de Emergencia propuesto sobre A/153	89
6.6.1. Transmisión	90
6.6.2. Recepción	91
6.7. Sistema de Alerta de Emergencia propuesto sobre ATSC 3.0	96
6.7.1. Transmisión	96
6.7.2. Recepción	98
Conclusiones	103
Referencias	105

Índice de figuras

1.1. Fases de Gestión de Emergencias: FEMA.	4
1.2. Fase de Gestión de Emergencias: UIT [2].	5
1.3. Esquema de Sistema de Alerta de Emergencia.	7
1.4. Ejemplo de Código CAP.	8
1.5. Clasificación de los SAE	9
1.6. Diagrama a bloques del Sistema EWS Analógico[22].	17
1.7. Señal de inicio del EWS.	19
1.8. Señal de finalización del EWS.	20
1.9. Formato de mensaje de direccionamiento RDS[24].	20
2.1. Países que han adoptado el estándar ATSC.	26
2.2. Diagrama de bloques de sistema de televisión digital [29].	26
2.3. Paquete TS MPEG-2.	28
2.4. Diagrama a bloques de codificador de canal.	29
2.5. Trama de datos 8-VSB.	30
2.6. Diagrama de bloques de la modulación 8-VSB.	30
2.7. Modelo OSI con componentes ATSC M/H.	32
2.8. Esquema del sistema M-EAS[33]	32
2.9. Flujo de Información del M-EAS[33].	34
2.10. Sistema de Alerta de Emergencia en los EE.UU.[38].	39
3.1. Países que han adoptado el estándar CMMB (verde) y T-DMB (anaranjado).	44
3.2. Diagrama de flujo de mensaje de emergencia [39]	44
3.3. Diagrama de bloques del sistema transmisor T-DMB [29].	47
3.4. Diagrama del Sistema T-DMB AEAS.	48
3.5. Estructura FIG 5/2 [40].	48
4.1. Países que han adoptado el estándar DVB-T/DVT-T2 [41]	52
4.2. Diagrama a bloques del modulador DVB-T [29].	52
4.3. Diagrama de flujo del DEWS en Indonesia sobre DVB-T [46].	57
4.4. Diagrama de flujo del sistema CHORIST [49].	60
5.1. Países que han adoptado el estándar ISDB-T.	64
5.2. Tabla PMT [39].	66
5.3. Descriptor EWB.	67
6.1. Regionalización sísmica de la República Mexicana [58].	70
6.2. Estructura del Sistema Nacional de Protección Civil.	73
6.3. Agencias de Monitoreo en México.	73
6.4. Porcentaje de Hogares con Televisores por Entidad.	76

6.5. Estructura del SAE propuesto para México.	79
6.6. Modelo de objetos de CAP [3].	81
6.7. Ejemplo CAP para SAE de México.	84
6.8. Zona objetivo del mensaje de alerta.	85
6.9. Diagrama de flujo de transmisión de alerta sobre ATSC A/53.	87
6.10. Recepción de alertas sobre ASTC A/53.	87
6.11. Recepción de alarmas sobre ATSC A/53.	89
6.12. Diagrama de flujo de transmisión de alerta sobre ATSC A/153.	92
6.13. Diagrama de flujo de recepción de alertas sobre A/153 [33].	93
6.14. Diagrama de flujo de transmisión de alerta sobre ATSC 3.0.	97
6.15. Diagrama de flujo de recepción de alertas sobre ATSC 3.0 [38].	99
6.16. Elementos de tabla AEAT para ser procesados por el receptor.	100

Índice de cuadros

1.1. Comisiones de Estudio de UIT-R involucradas por etapa de catástrofe.	11
1.2. Estados Parte del Convenio de Tampere.	16
1.3. Formato de mensaje de emergencia para radio FM.	21
1.4. Códigos del Servicio Nacional Meteorológico (EE.UU.)	23
2.1. Mapeador de símbolos 8-VSB.	29
2.2. Trama de datos de EAT-MH[33].	35
2.3. Valores de EAS_message_transfer_type.	36
2.4. Valores EAS_message_encoding_type.	36
2.5. Bits de encendido [38].	40
2.6. Estructura de la tabla AEAT [38].	42
3.1. Tabla de Datos de Emergencia [39].	45
3.2. Formato Mensaje AEAS [40].	49
3.3. Encabezados de segmentos AEAS.	49
4.1. Información y formato de señalamiento TPS.	55
4.2. Información de conmutación de anuncios.	56
4.3. Sintaxis DEWS_INFORMATION.	58
4.4. Sintaxis DEWS_MESSAGE.	59
5.1. Clasificación de casos de EWB en Japón [50].	65
5.2. Bit 26 TMCC [22] [50].	67
6.1. Atributos del SAE por estándar.	77
6.2. Valores status.	81
6.3. Valores msgType.	81
6.4. Valores scope.	82
6.5. Subelementos de info.	83
6.6. Subelementos de area.	85
6.7. Sintaxis de Información de Subtítulos [28].	88
6.8. Sintáxis de trozo FIC (FIC _{chunk})[70].	91
6.9. Fragmento de Servicio [71].	95

Lista de Acrónimos

ATSC	Advanced Television Systems Committee
AEA-MF	Advanced Emergency Alert- Message Format
AEAS	Automatic Emergency Alert Sytem
AEAT	Advanced Emergency Alert Table
CAP	Common Alerting Protocol
CC	Closed Caption
CMMB	China Multimedia Mobile Broadcasting
DAB	Digital Audio Broadcasting
DEWS	Disaster Emergency Warning System
DTMB	Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting
DVB-SI	Digital Video Broadcasting- Service Information
DVB-T	Digital Video Broadcasting- Terrestrial
EAT	Emergency Alert Table
EBS	Emergency Broadcasting System
EWB	Emergency Warning Broadcasting
EWS	Emergency Warning System
FEC	Forward Error Correction
FEMA	Federal Emergency Management Agency
FIC	Fast Information Channel
GAT	Guide Access Table
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial TV
LLS	Low Level Signaling
MPEG	Moving Pictures Expert Group
NRT	Non-Real Time
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
SAE	Sistema de Alerta de Emergencia (EAS en inglés)
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SMT	Service Map Table
T-DMB	Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting
TDT	Televisión Digital Terrestre
TPC	Transport Parameter Channel
TS	Transport Stream
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU en inglés)
XML	eXtensible Markup Language

A mi familia y mis amigos

Introducción

A través de los años, las catástrofes naturales y las catástrofes causadas por el ser humano han aumentado en frecuencia y en magnitud. La complejidad del manejo de las situaciones de emergencia repercute en las pérdidas humanas y ecológicas y afectaciones a las personas, a los bienes, a la infraestructura y al medio ambiente.

Las telecomunicaciones son el medio por el cual es posible difundir información relevante para realizar y coordinar tareas para poder prepararse, responder y mitigar una emergencia y que ésta no evolucione a una catástrofe.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones publicó el Manual de Telecomunicaciones de Emergencia que, en conjunto con el trabajo del Convenio de Tampere, busca regular e impulsar el trabajo conjunto de las naciones y agentes locales para la organización y coordinación de estrategias para el manejo de catástrofes.

Los Sistemas de Alerta de Emergencia (SAE) han sido creados con el fin de informar a la mayor parte de la población en el menor tiempo posible acerca de un evento de emergencia. Diversos países han desarrollado Sistemas de Alerta de Emergencia basados en la infraestructura de telecomunicaciones con la que cuentan y las necesidades de la población propia del país.

Por su parte, la radiodifusión ha sido ampliamente aceptada como medio para la transmisión y recepción de alertas de emergencia debido a su amplia cobertura, y a que el medio no sufre problemas de saturación como otros sistemas de comunicaciones. La televisión digital ofrece la posibilidad de enviar imágenes, vídeo y audio a una amplia audiencia. En algunos estándares de televisión digital se incorporan los SAE para normalizar la implementación de los mismos. Sin embargo, la información con la que se cuenta en el aspecto de los Sistemas de Alerta de Emergencia es insuficiente y no ha tenido la difusión que debiese tener dada su importante función.

El presente trabajo ofrece un panorama general de los Sistemas de Alerta de Emergencia para televisión digital y su funcionamiento. A la vez, se propone un Sistema de Alerta de Emergencia diseñado específicamente para las necesidades de México, considerando cada uno de los componentes del SAE desde el procesamiento de la información cruda de los eventos, hasta la recepción de las alertas de emergencia por parte de la audiencia objetivo.

El Capítulo 1 aborda los antecedentes de los Sistemas de Alerta de Emergencia; el panorama histórico, las fases de gestión de emergencias, los tipos y los componentes de los SAE, la regulación de las telecomunicaciones de emergencia y los SAE analógicos son algunos de los temas que se tocan.

Los Capítulos 2, 3, 4 y 5 desarrollan los aspectos técnicos relevantes de los estándares de televisión digital más importantes a nivel mundial (ATSC,

CMMB, DTMB, DVB-T, ISDB-T y T-DMB). A la vez, se describen los SAE incorporados (si los tienen) a dichos estándares de televisión digital.

Finalmente, el Capítulo 6 presenta la propuesta de un Sistema de Alerta de Emergencia para México, estudiando los aspectos geográficos, las agencias de monitoreo y gubernamentales nacionales, así como el estándar de TDT creado por ATSC (ATSC A/53) adoptado dentro del territorio nacional, el estándar para televisión móvil (A/153) y el nuevo estándar ATSC 3.0 en vista de la implementación en el futuro de dicho estándar en México.

Capítulo 1

Antecedentes

Los Sistemas de Alerta de Emergencia (SAE) son el medio por el cual se envía información relativa a eventos que requieren atención inmediata a las personas que se encuentran dentro de las zonas de posible afectación. Dichos sistemas utilizan las redes de telecomunicaciones existentes para hacer llegar la información a la mayor porción de la población en el menor tiempo posible y así evitar catástrofes o reducir sus efectos.

El objetivo de los SAE es recibir y recabar información acerca de una emergencia a través de un sistema de telecomunicaciones enlazado con la administración gubernamental o autoridades en el área. Asimismo, se encarga de enviar la información al público en general [1].

1.1. Panorama Histórico

Las comunicaciones de emergencia surgen desde que el humano fue capaz de utilizar las señales de humo, luz o de algún otro tipo para transmitir mensajes a grandes distancias. A la par del desarrollo de la tecnología de telecomunicaciones, estos sistemas fueron mejorando.

De ahí que es necesario conocer el desenvolvimiento de las comunicaciones que permitieron enviar mensajes de manera más rápida a mayores distancias. Durante el siglo XVIII, el telégrafo óptico marca el inicio de las comunicaciones para su uso mayoritariamente militar. Este sistema logró abarcar aproximadamente 5,000 km con más de 550 estaciones.

Para facilitar y hacer más eficiente la transmisión de información, los sistemas requirieron el uso de mensajes codificados. En 1835, Samuel Morse probó que los mensajes podían ser transmitidos a través de un cable eléctrico mediante pulsos de corriente eléctrica para inducir un campo electromagnético. En el sistema de Morse, las letras del abecedario se codificaban mediante puntos y líneas, dependiendo de la duración de los pulsos de corriente.

El código Morse no solamente se utilizó para la telegrafía. Éste conservó su importante labor en los sistemas de radiocomunicaciones que serían propuestos por Guglielmo Marconi (1900) para transmisiones entre embarcaciones y de las embarcaciones a estaciones terrenas. Sin embargo, tras accidentes ocurridos en barcos como el Titanic, fue necesario iniciar el debate de la regularización de los sistemas de telecomunicaciones para su uso en situaciones de emergencia.

El desarrollo de las telecomunicaciones se diversificó en cuantas maneras fueron posibles con la tecnología de la época. La telefonía alámbrica y la red

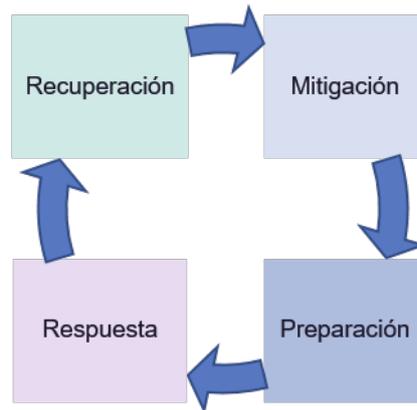


FIGURA 1.1: Fases de Gestión de Emergencias: FEMA.

pública telefónica iniciaron su desarrollo con Alexander Graham Bell, seguido por el desarrollo de la telefonía móvil por Ericsson.

Cabe resaltar que durante épocas bélicas se da lugar a la mayoría de la innovación tecnológica. Los Sistemas de Alerta de Emergencia no son la excepción. Los SAE surgen como una herramienta para satisfacer la necesidad de los militares a un sistema que alertara sobre los ataques bélicos y así, poder responder a estas acometidas. Avanzando en el tiempo se hacen llegar los sistemas de alerta al público en general con el objetivo de salvar vidas en tiempos de guerra.

Hace poco más de medio siglo, se introduce la idea del sistema de alerta de emergencias que incluyen los eventos climatológicos, desastres naturales y las emergencias causadas por el hombre (terrorismo, alertas AMBER, entre otros). Empieza entonces la diversificación de los medios por los cuales es posible transmitir una alerta y las fases de gestión de las emergencias en las que se involucran las telecomunicaciones.

1.2. Fases de Emergencia

Las emergencias son situaciones que requieren atención inmediata. Una catástrofe ocurre cuando una emergencia no es atendida con el tiempo y los recursos necesarios o cuando por su propia naturaleza, no es posible controlarla o contenerla.

De acuerdo a la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América, existen cuatro fases en la que se puede administrar una emergencia. La primera de ellas es la mitigación, seguida por la preparación, la respuesta, y finalmente se encuentra la fase de recuperación como se describe en la figura 1.1.

La mitigación se refiere a las actividades que ayudan a reducir o eliminar completamente los riesgos a las personas o a las propiedades, o, en su caso, reducir los posibles daños o consecuencias de un incidente. La mitigación debe



FIGURA 1.2: Fase de Gestión de Emergencias: UIT [2].

hacerse antes de la ocurrencia del evento. La mitigación difiere de las otras fases de gestión de emergencias al tratarse de acciones a largo plazo y de implementación continua; involucran autoridades en los ámbitos de construcción, uso de suelo, compañías aseguradoras, políticos, entre otros.

La preparación concentra los esfuerzos para evitar que suceda una emergencia. También involucra las acciones para proteger las vidas y los recursos, por lo que se hace uso de información para crear planes de qué hacer, a dónde ir, etc., cuando ocurre una emergencia. La preparación es el proceso continuo mediante el que se evalúan las vulnerabilidades, se identifican las amenazas, y se reconocen los recursos con los que se cuentan para lidiar con una emergencia.

La respuesta inicia al declarar un evento inminente, o en el momento que ocurre un fenómeno natural o causado por el hombre, que puede desembocar en una catástrofe. Es entonces que se atienden los efectos directos del incidente, para salvar vidas, proteger los recursos y el medio ambiente y atender las necesidades humanas básicas.

Los planes que han sido elaborados en la etapa de planeación son ejecutados para llevar a cabo la recuperación. Por último, tras finalizar el evento, la recuperación es la fase en la cual se busca restaurar las condiciones normales de la población que existían antes del evento.

Desde el aspecto técnico, las telecomunicaciones están fuertemente involucradas en la mayoría de las fases de emergencia. Las telecomunicaciones son internacionalmente reguladas a través de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT. De esta manera, la UIT clasifica las fases de gestión en caso de catástrofe mediante el Suplemento Especial del UIT-R: Emergencia y socorro en caso de catástrofe [2] como se muestra en la figura 1.2.

1.2.1. Prevención y Preparación

La prevención, es decir, evitar el peligro, se realiza de manera local para crear conciencia y sensibilización sobre las emergencias. Las actividades de preparación se enfocan en la elaboración de planes y protocolos de manejo de las emergencias. La preparación se refiere a tomar las medidas para contar con

redes de comunicaciones siempre disponibles y seguras para actuar ante cualquier situación. Las actividades de prevención y preparación son ejecutadas antes de que ocurra una emergencia.

1.2.2. Predicción y Detección

Esta fase se concentra en las acciones para evitar emergencias o atender una emergencia lo más pronto posible. Estas actividades también son previas a la ocurrencia de un desastre. Las actividades en las que están involucradas las radiocomunicaciones con fines de predicción y detección son: monitoreo y predicción meteorológica y climática, seguimiento de fenómenos naturales como huracanes, incendios, terremotos, y la difusión de la información de los eventos.

Las tecnologías relacionadas a la predicción y detección son los servicios meteorológicos, los sistemas de monitoreo, así como los sistemas de imágenes satelitales.

1.2.3. Alerta

Cuando la ocurrencia de una emergencia es inminente, durante la fase de alerta se hace llegar la información a la población a través de una variedad de tecnologías. La finalidad de la etapa de alerta es informar, a la mayor cantidad de personas en el menor tiempo posible, acerca de las acciones a tomar para disminuir el número de pérdidas humanas y materiales.

Debido a que, en la actualidad, los medios de comunicaciones están tan diversificados, las alertas pueden transmitirse de manera sonora o visual a través de los sistemas de telecomunicaciones desde la telefonía móvil hasta los servicios satelitales.

1.2.4. Operaciones de Socorro

En la etapa de operaciones de socorro o asistencia se lleva a cabo el despliegue de recursos humanos y materiales para brindar apoyo tras un desastre. Es decir, se busca ayudar las zonas afectadas.

La principal tarea de las radiocomunicaciones en esta fase es hacer llegar la información sobre las acciones a tomar de los equipos de asistencia para mitigar la emergencia, al igual que brindar una vía de comunicación segura para la coordinación de los esfuerzos de asistencia.

1.3. Componentes de los SAE

De manera general, el primer paso de un sistema de alerta de emergencia se encuentra dentro de los centros de metrología o predicción de un fenómeno natural o detección de eventos que podrían desembocar en una catástrofe. Estos recaban y procesan la información cruda de la situación actual, y la entregan a los proveedores de servicios. En la mayoría de los sistemas de emergencia se

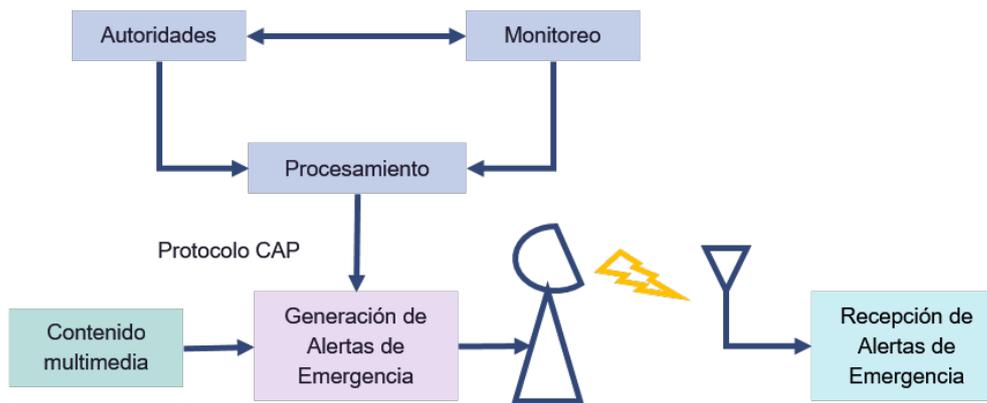


FIGURA 1.3: Esquema de Sistema de Alerta de Emergencia.

utiliza el protocolo CAP (Common Alert Protocol) para el envío de la información a los radiodifusores.

La infraestructura de los Sistemas de Alerta de Emergencia (figura 1.3) no es parte del estándar de transmisión, como es ATSC para Televisión Digital Terrestre o DVB-C para Televisión Digital por Cable. Al depender de las autoridades y radiodifusores de una región o de un país, la infraestructura variará al tomar en cuenta dichos factores y el sistema de comunicaciones sobre el que se transmite. Se debe mencionar que también las autoridades nacionales del país (por ejemplo, el Presidente o las secretarías de gobernación) tienen acceso a este primer paso para el envío de los mensajes de emergencia.

Posteriormente, es necesario un mecanismo capaz de entregar la información a los usuarios. La señal puede ser transmitida por alguna de las modalidades de las telecomunicaciones como radio AM y FM, televisión analógica o digital, software o comunicaciones satelitales. El tratamiento de la señal dependerá del sistema que se utilice y de la normativa respectiva a la modalidad de radiocomunicaciones seleccionada.

Finalmente, los usuarios deben contar con receptores equipados para tratar los mensajes de alerta. Al igual que el paso anterior, dependerán del medio y el estándar de transmisión utilizado. Es responsabilidad de la normativa nacional en el aspecto de las telecomunicaciones, el dictaminar que los fabricantes incluyan este tipo de receptores en los equipos que adquirirán los usuarios.

1.3.1. Protocolo CAP

El Protocolo de Alerta Común (CAP, por sus siglas en inglés) es un formato de carácter abierto de mensajes digitales para todo tipo de alertas y notificaciones. El formato es compatible con formatos de alerta existentes, así como de tecnologías emergentes. Comúnmente el mensaje CAP es encriptado para poder ser transmitido, utilizando el esquema XML [3].

```

<?xml version = "0.1" encoding = "UTF-8">
<alert xmlns = "urn:oasis:names:tc:emergency:cap:1.1">
<identifier>SIS17090111</identifier>
<sender>SISMALERT@SISMOLOGICO.UNAM.MX</sender>
<sent>2017-09-07T23:49:18-05:00</sent>
<status>Actual</status>
<msgType>Alert</msgType>
<scope>Public</scope>
<info>
  <category>Geo</category>
  <event>Sismo</event>
  <responseType>Evacuate</responseType>
  <urgency>Immediate</urgency>
  <severity>Extreme</severity>
  <certainty>Observed</certainty>
  <expires>2017-09-07T23:54:00-05:00</expires>
  <senderName>SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL</senderName>
  <headline>Sismo 8.2 PIJJIAPAN, CHIS </headline>
  <description>Sismo de magnitud 8.2 en la escala Richter con epicentro en Pijjiapan,
    Chiapas a las 23:49 tiempo del Centro de México el jueves 7 de septiembre de
    2017.
  </description>
  <instruction> Mantenga la calma. Evacuar las posibles zonas de afectación. Evite
    correr. Aléjese de ventanas y objetos que pudiesen caer. Evite el uso de
    elevadores y escaleras eléctricas.
  </instruction>
  <area>
    <areaDesc>Regiones centrosur, occidente y suroeste de México</areaDesc>
    <polygon> -92.24, 14.46, 0 -92.58, 18.73. 0 -97.13, 20.52, 0 -107.46, 17.90,
      0 -92.25, 14.46, 0</polygon>
  </area>
</info>
</alert>

```

FIGURA 1.4: Ejemplo de Código CAP.

El mensaje de alerta de CAP (figura 1.4) consiste en un segmento de alerta (<alert>) que contiene más segmentos de información (<info>) y que, a su vez, contiene segmentos de área (<area>). El segmento <alert> da información básica sobre el evento, como su origen y su estatus. De la misma manera, provee un identificador del mensaje y los mensajes relacionados a este. El segmento <info> describe principalmente las características de urgencia, severidad y certeza de un evento que ocurre en el momento o que ocurrirá eventualmente.

Los segmentos <resource> son opcionales e incluyen referencias a audio o video relacionado al segmento de la información del evento (<info>). Finalmente, el segmento <area> describe el área geográfica en la que se transmitirá el mensaje; la ubicación puede ser expresada mediante códigos postales pero se prefiere una representación geoespacial (polígonos o círculos) y la altitud o rangos de altitud para describir una zona en tres dimensiones.

El formato CAP ofrece la posibilidad de distribuir un mensaje en una región geográfica delimitada en tres dimensiones. Al mismo tiempo, se pueden transmitir mensajes multi-lenguaje y multi-audiencia y actualizar el mensaje o cancelarlo. Este formato es compatible con la encriptación y permite relacionar recursos multimedia a la alerta.



FIGURA 1.5: Clasificación de los SAE

1.4. Tipos de Sistemas de Alerta de Emergencia

Es posible clasificar los SAE a través de la tecnología sobre la que se desarrollan. Además, debido a que los SAE dependen de la normativa y regulación de cada uno de los países y regiones, también se pueden categorizar teniendo en cuenta el país que originó dicho sistema.

Históricamente, los Sistemas de Alerta de Emergencia inician con los medios de comunicaciones analógicos, específicamente, la radio y la televisión. En los SAE analógicos, solamente se requiere un generador de señales de dos frecuencias que se reconoce como la alarma sonora comúnmente usada en caso de sismos. Debido a que los sistemas analógicos han sido más estudiados que los digitales, el manejo, la operación y la reparación son más factibles debido a que, por la sencillez de dichos sistemas, no requiere personas altamente especializadas.

En aplicaciones más modernas, los receptores incluyen mejoras a sus capacidades; los receptores pueden ser “despertados” de su estado pasivo a través de una señal de control emitida por el transmisor. Adicionalmente, hay aplicaciones para radio FM, mediante el cual se envían mensajes de texto al receptor.

En cuanto a los SAE digitales, la señal de alerta es multiplexada con la señal que contiene la programación habitual. La mayoría de las telecomunicaciones modernas tiene la posibilidad de transmitir los mensajes de emergencia aunque no estén diseñados con este objetivo.

Por parte de la televisión digital, los cinco estándares de mayor relevancia a nivel mundial son los siguientes: ATSC, DTMB, DVB-T, ISDB-T Y T-DMB. Entre estos, solo algunos de ellos tienen implementado un método, dentro del estándar, para el funcionamiento de los SAE. Otros Sistemas de Alerta de Emergencia, dependen de la normativa de cada país y los SAE diseñados por las autoridades nacionales.

1.5. Normativa de las Telecomunicaciones de Emergencia

Los sistemas de telecomunicaciones cumplen un papel importante ante cualquier desastre de origen natural o humano. Debido a la propia naturaleza de estos sistemas es que influyen en las diferentes etapas de una catástrofe, desde la prevención hasta la gestión del desastre e incluso el manejo de acciones posteriores al evento.

Una emergencia se define como un evento o situación de peligro que perturbe el funcionamiento de la sociedad y amenace con poner en peligro vidas humanas [4]. Las telecomunicaciones son el medio por el cual se puede hacer llegar una alerta y preparar a la población ante una emergencia. Es importante mencionar que las comunicaciones alámbricas son altamente vulnerables a daños durante un desastre por lo que las radiocomunicaciones son utilizadas en operaciones de socorro.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es responsable de la normativa y la regulación de las telecomunicaciones en el ámbito internacional. Dentro de las actividades que realiza la UIT se encuentra la elaboración de Manuales y Recomendaciones para la interacción de los organismos gubernamentales, no gubernamentales y aficionados. Asimismo, en el área de la gestión de emergencias, la Unión ha publicado Recomendaciones, Suplementos y Manuales exclusivos para este tema.

A la vez, la UIT-R es el sector que se encarga de la administración de espectro radioeléctrico y del estudio de los sistemas de radiocomunicaciones. En este aspecto, están bajo su responsabilidad la investigación de las bandas de frecuencias más adecuadas para el uso en operaciones de socorro.

Para entender el papel que cumple la UIT en las fases de emergencia, se desarrolla a continuación el contenido de dos de sus publicaciones de mayor impacto: el Manual sobre telecomunicaciones de emergencia [5] y el Suplemento de emergencias y socorro en caso de catástrofe [2]. De la misma manera, se desarrolla el Convenio de Tampere que busca la integración de los organismos para el uso eficiente de las telecomunicaciones en caso de catástrofes.

1.5.1. Suplemento de Emergencia y Socorro en Caso de Catástrofe

El Suplemento Especial de la UIT-R sobre emergencia y socorro en caso de catástrofe introduce el papel que tienen las radiocomunicaciones en las fases de gestión de catástrofes. En dicho suplemento se exponen las actividades de la UIT-R, los reglamentos, las recomendaciones y los informes relativos a las radiocomunicaciones para emergencia y socorro en caso de catástrofe.

Actividades de la UIT-R relativas a las radiocomunicaciones en situaciones de emergencia

El sector UIT-R, a través de los estudios de los sistemas de radiocomunicaciones, busca asegurar la protección de civiles en situaciones de emergencia[2].

CUADRO 1.1: Comisiones de Estudio de UIT-R involucradas por etapa de catástrofe.

Etapas de Catástrofe	Comisión Involucrada
Predicción y Detección	Comisión de Estudio 7
Alerta	Comisión de Estudio 4, 6, 8, 9
Operaciones de Socorro	Comisión de Estudio 4, 6, 7, 8, 9

Con este fin, desempeña diversas actividades desde el aspecto técnico de los sistemas de alerta en todas las etapas de emergencia.

A través de las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones, se dividen las actividades de las que es responsable la UIT-R. Las Comisiones de Estudio involucradas en el desarrollo del material en el área de las radiocomunicaciones de emergencia en las diferentes etapas de emergencia son la 4, 6, 7, 8 y 9. En el cuadro 1.1 se muestran las etapas en las que se involucra cada Comisión mencionada.

La Comisión de Estudio 4 (Servicio fijo por satélite), a través de la Recomendación UIT-R S.1001 [6], propone el uso de estaciones terrenas transportables con acceso a un sistema satelital de comunicaciones en caso de catástrofes naturales y situaciones críticas. En esta Recomendación se encuentran tanto especificaciones técnicas como de diseño de la red.

La Comisión de Estudio 6 (Servicios de radiodifusión), tras ser aprobada la Cuestión 118/6 [7], desarrolla una Recomendación sobre la utilización mejorada de infraestructuras de radiodifusión satelital y terrena. Su objetivo es hacer posible un rápido despliegue de equipos y redes para alertar a la población y apoyar a las operaciones de socorro.

La Comisión de Estudio 7 (Servicios científicos) está centrada en los servicios asociados a los aspectos científicos de los sistemas de emergencia. Dentro de esta categoría se incluyen los servicios meteorológicos y de monitoreo para la predicción y la detección de desastres. Dichos servicios requieren canales libres de interferencia por lo que la Comisión se encarga de la regulación de las frecuencias atribuidas a estos. A través de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de 2003 [8] y 2007 [9], se garantizaron varias atribuciones de frecuencias para los servicios de emergencias.

Adicionalmente, la Comisión de Estudio 7 es la responsable de la elaboración de Recomendaciones y otros textos de la UIT-R que abordan los aspectos técnicos de los sistemas de emergencia y los asuntos relativos a la distribución espectral correspondiente.

La Comisión de Estudio 8 (Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite y conexos) se encarga de las Recomendaciones acerca de las comunicaciones en sistemas de emergencia y de las operaciones de socorro. Dentro de las Recomendaciones se encuentran aquellas que involucran las características técnicas del equipo del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM).

Históricamente, el servicio de aficionados ha tenido un fuerte impacto en

las situaciones de emergencia por lo que existen Recomendaciones para este tipo de servicio y el servicio móvil terrestre.

Finalmente, la Comisión de Estudio 8 realiza estudios sobre las frecuencias idóneas (que podrían usarse en el plano mundial o regional) y los recursos necesarios para la realización de operaciones de socorro mediante los sistemas móviles por satélite.

La Comisión de Estudio 9 (Servicio fijo) aborda los requerimientos operacionales y técnicos de los sistemas fijos utilizados en la etapa de mitigación y operaciones de socorro; los sistemas que trabajan en ondas hectométricas y decamétricas son uno de los principales campos de estudio en las Cuestiones de la Comisión. También, la Comisión introdujo la Recomendación UIT-R F.1105 [10] sobre equipo transportable (inalámbrico fijo) para operaciones de socorro, donde es posible obtener capacidades interactivas.

1.5.2. Manual sobre Telecomunicaciones de Emergencia

El Manual sobre telecomunicaciones de emergencia [5] de la Unión Internacional de Telecomunicaciones proporciona un material de referencia para los profesionistas involucrados en el uso de las telecomunicaciones para operaciones de socorro y reducir las consecuencias de las situaciones de emergencia. En este texto se concentra el impacto de las comunicaciones y los esfuerzos que se han realizado para el uso de estos servicios para la gestión de las emergencias.

El Manual consta de tres partes. La Parte I es de carácter introductorio, sentando las bases del marco institucional y el marco reglamentario de las telecomunicaciones de emergencia. La Parte II tiene un acercamiento operacional de las telecomunicaciones de emergencia. Finalmente, la Parte III explica los aspectos técnicos, en especial para aquellos en contacto con la instalación y el uso de los equipos de telecomunicaciones en el lugar de la catástrofe.

Parte I. Marco Institucional y Marco Reglamentario

El Marco Institucional establece la logística para permitir el flujo de información eficiente y rápido ante situaciones de emergencia. De dicha manera, es necesario conocer las estructuras involucradas en la gestión de catástrofes y las fases de emergencia en las que se desarrollan

La prevención y preparación ante una emergencia permiten evitar posibles peligros para la población. La prevención recae en un servicio de emergencia realizado a nivel local, sin embargo, la preparación involucra a instituciones locales, regionales e internacionales que deben estar preparados en todo momento

Una respuesta eficiente para una emergencia será garantizada por la facilidad y rapidez de uso, lo que permitirá un flujo de información adecuado. Durante la gestión de una catástrofe es necesario recurrir a las estructuras locales, nacionales, regionales e internacionales para garantizar la ayuda necesaria y atender dicha situación.

Las estructuras para la gestión de catástrofes a escala nacional dependen de la organización de cada país. Comúnmente responden a la administración nacional y se suele designar un coordinador para cada estado, región o cualquier subdivisión geográfica del país.

Las estructuras para la gestión de catástrofes a escala internacional comprenden organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR) o las Organizaciones no Gubernamentales (ONG) internacionales entre otros.

En cuanto al Marco Reglamentario, este se refiere a las normas que existen en el ámbito de las telecomunicaciones de emergencia para facilitar el uso de las mismas entre diversos organismos, ya sea a nivel nacional, regional o internacional.

Las telecomunicaciones son estrictamente reguladas y normadas por la UIT y por los gobiernos locales. Sin embargo, debido a que las telecomunicaciones no respetan las fronteras geográficas, es necesario realizar reglamentación internacional para su correcto aprovechamiento. Con las telecomunicaciones de emergencia ocurre lo mismo, es necesario un marco regulatorio internacional y un marco regulatorio local o nacional.

Con la aprobación de la Declaración de Tampere [11] sobre comunicaciones de socorro en casos de catástrofe, se buscó resolver las cuestiones respectivas a las barreras reglamentarias que existían en las telecomunicaciones para su utilización como servicios de emergencia. El Convenio de Tampere es un tratado internacional para lograr la agilización del uso de las telecomunicaciones de emergencia.

Adicional al Convenio de Tampere, existen otros instrumentos reglamentarios internacionales:

- Recomendación 12 de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-02) [12], donde se sugiere que las administraciones se aseguren que los proveedores de servicios estén al pendiente del uso de las telecomunicaciones de emergencia, que exista la regulación nacional necesaria para la operación de estos sistemas y que, por parte de la UIT, se prosiga con el estudio de los servicios de gestión de catástrofes mediante las comunicaciones.
- Resolución 34 de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT-02) [13], que establece el trabajo coordinado entre las secciones de la UIT (UIT-D, UIT-R y UIT-T) y otras organizaciones internacionales para continuar abordando a las telecomunicaciones de emergencia con la atención debida e insta a la adopción del Convenio de Tampere.
- Resolución 36 de la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT [14], que denota la tarea del Secretario General de la UIT a colaborar con las Naciones Unidas, en apoyo a los Estados Miembro, para la incorporación de los países al Convenio de Tampere y la asistencia en la adopción de las

disposiciones técnicas para su aplicación. De igual manera, insta al trabajo, por parte de los Estados Miembro, para adoptar dichas disposiciones según lo sentado en el Convenio.

- Revisión del Artículo 25 del Reglamento de Radiocomunicaciones por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-03) [15], donde se les atribuyen permisos a las estaciones de aficionados para la transmisión de comunicaciones internacionales en nombre de terceros en emergencias o durante operaciones de socorro.

En el aspecto reglamentario nacional, la UIT (UIT-D) propone que tras la adopción del Convenio de Tampere, los países deben reconocer las condiciones del país, recursos con los que cuenta, estructura operativa, equipo y personal para hacer frente a una catástrofe. A partir del autoconocimiento de las fortalezas, debilidades, posibilidades y amenazas será posible la elaboración de recomendaciones técnicas, financieras y del tipo institucional y reglamentario.

Parte II. Telecomunicaciones como Instrumentos en Operaciones de Emergencia

La respuesta a las emergencias dependerá de la rapidez y fiabilidad de las telecomunicaciones. Por esta razón los proveedores de servicios y especialistas del área deben conocer los aspectos operacionales de las telecomunicaciones de emergencia para su uso eficaz y apropiado. Entre estos aspectos se encuentra la interoperabilidad, interfuncionamiento y los modos de telecomunicaciones (voz, datos, tecnología digital avanzada, telefax y otros).

La Parte II del Manual sobre Telecomunicaciones de Emergencia introduce las bases teóricas de los diversos servicios de telecomunicaciones para su uso en emergencias. La conexión de los usuarios, los ciudadanos, es posible a través de una red de telecomunicaciones pública o privada, internet, mediante el servicio de radioaficionados, radiodifusión y nuevas tecnologías. Debido al enfoque de este trabajo, a continuación se desarrolla la sección de la conexión a través de la radiodifusión.

La radiodifusión es un medio que ofrece ventajas sobre otros tipos de telecomunicaciones. Su principal fin dentro de un sistema de emergencias es brindar información y apoyo a la población en general. La radiodifusión (sonora y televisiva) no presenta problemas de embotellamiento, como las redes públicas o privadas, debido a que el receptor solamente “escucha” la transmisión del transmisor y no hay una comunicación, como tal, en ambos sentidos.

Existen diversos enfoques en los que se maneja la radiodifusión como telecomunicaciones de emergencia. Uno de ellos es el SAE de Estados Unidos. Los sistemas de radiodifusión se conectan al flujo de información del SAE de forma voluntaria o por orden del gobierno. Estos mensajes principalmente se presentan como tiras de texto en la pantalla anunciando una alerta especial para televisión; en la radio, se transmite una alerta interrumpiendo la música.

También, debido a la naturaleza de la transmisión de la televisión y la radiodifusión sonora, es posible el despliegue de estaciones de radiodifusión móviles en áreas afectadas para la gestión de una emergencia.

Parte III. Aspectos Técnicos

La tercera Parte del Manual de Telecomunicaciones de Emergencia se enfoca en los detalles técnicos del sistema de telecomunicaciones con fines de manejo de las emergencias. Se divide en cinco secciones para la comprensión de los posibles medios de telecomunicaciones a utilizar y los requisitos en equipamiento para su uso en situaciones de emergencia.

Para el desarrollo de un sistema de telecomunicaciones con fines de operaciones de socorro y emergencia, se deben seleccionar las frecuencias radioeléctricas que cumplan con los requisitos de propagación. Asimismo, dependerán del servicio para el que se utilizan y de las concesiones de bandas de frecuencias en el país donde se desea desarrollar el sistema.

Por su parte, el modo de propagación también dependerá del tipo de servicio sobre el que se desea efectuar el sistema. En dicha cuestión, existe la Recomendación UIT-R P.1144 [16] sobre los métodos de propagación con información necesaria para la determinar el más apropiado para la aplicación en las telecomunicaciones de emergencia.

Una parte importante del diseño del sistema de telecomunicaciones es la antena radioeléctrica. Ante este efecto, se consideran la seguridad, la ubicación, la polarización, la sintonía de las antenas y las líneas de transmisión que se conectan a la antena, así como los conectores, los adaptadores de impedancia, los medidores de ROE, etc., que afectan la eficiencia y el correcto funcionamiento de la comunicación radioeléctrica.

Asimismo, al diseñar el sistema de comunicaciones se toman en cuenta aquellas zonas donde el enlace línea de vista no es confiable. Los repetidores terrenales se utilizan para compensar dicho efecto.

Finalmente, la Parte III muestra las especificaciones de las instalaciones eléctricas. En este punto se hacen las recomendaciones de alimentación mediante la red eléctrica pública, los transformadores de potencia, baterías y carga, inversores, generadores y energía solar.

1.5.3. Convenio de Tampere

La Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones [17] establece la absoluta prioridad de las comunicaciones de emergencia para salvar vidas humanas. El Convenio de Tampere sobre el suministro de recursos de telecomunicaciones para la mitigación de catástrofes y las operaciones de socorro en caso de catástrofe [18] reafirma el impacto de las telecomunicaciones en situaciones de emergencia.

En las Actas de la Conferencia Internacional sobre comunicaciones de socorro en casos de catástrofe (Ginebra, 1990) [19] se inició el debate del uso de los sistemas de telecomunicaciones frente a catástrofes, seguido por la Declaración de Tampere sobre las comunicaciones de socorro en casos de catástrofes (Tampere, 1991) [11].

Durante el periodo de 1990 a 2000 se intensificaron los esfuerzos para la reducción de desastres naturales y la coordinación internacional para la gestión de los desastres. Es hasta la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (Buenos Aires, 1994) [20] cuando se propone a los gobiernos

CUADRO 1.2: Estados Parte del Convenio de Tampere.

Albania	Costa Rica	India	Mauritania	Rusia
Alemania	Dinamarca	Irlanda	Mongolia	Senegal
Argentina	Dominica	Islandia	Montenegro	Santa Lucía
Armenia	El Salvador	Islas Marshall	Nepal	Sri Lanka
Barbados	Eslovaquia	Italia	Nicaragua	San Vicente
Bélgica	España	Kenia	Níger	Sudán
Benín	EE.UU.	Kuwait	Omán	Suecia
Brasil	Estonia	Líbano	Países Bajos	Suiza
Bulgaria	Finlandia	Liberia	Panamá	Tayikistán
Burundi	Francia	Liechtenstein	Paquistán	Tonga
Canadá	Gabón	Lituania	Perú	Uganda
Chad	Ghana	Luxemburgo	Polonia	Uruguay
Chile	Guineas	Madagascar	Portugal	Uzbekistán
Chipre	Haití	Mali	Reino Unido	Venezuela
Colombia	Honduras	Malta	República Checa	
Congo	Hungría	Marruecos	Rumania	

retomar las prácticas establecidas en el Convenio para la mitigación de catástrofes mediante las telecomunicaciones.

El Convenio de Tampere es un tratado que busca facilitar el uso de las telecomunicaciones con fines de gestión de catástrofes. Se firmó el 18 de junio de 1988 en Finlandia. Establece un marco de trabajo entre los Estados Partes para el manejo de situaciones. Sus principales objetivos son:

1. Garantizar el acceso rápido y fiable a los recursos de comunicaciones para disminuir los posibles efectos de las catástrofes.
2. Sentar las disposiciones para la cooperación internacional antes, durante y después de las catástrofes.

El Convenio de Tampere propone que los Estados Partes, las entidades no estatales y las organizaciones intergubernamentales cooperen entre sí para realizar un uso eficaz de las telecomunicaciones en la gestión de emergencias.

Esto incluye instalación de equipo de telecomunicaciones terrenas y satelitales tanto para prevención y predicción como para telemetría e información de los eventos, intercambio de información acerca de peligros entre los tres agentes mencionados y la comunicación de dicha información con el público.

Ya que los desastres naturales no respetan límites políticos, es necesario concretar acuerdos binacionales o multinacionales entre los Estados Partes para facilitar el suministro de las telecomunicaciones. De la misma manera, se busca que los Estados Partes brinden asistencia a algún otro Estado Parte solicitante que así lo requiera.

En la última actualización de las Naciones Unidas, los Estados Parte firmantes del Convenio de Tampere son los nombrados en la cuadro 1.2 [21].

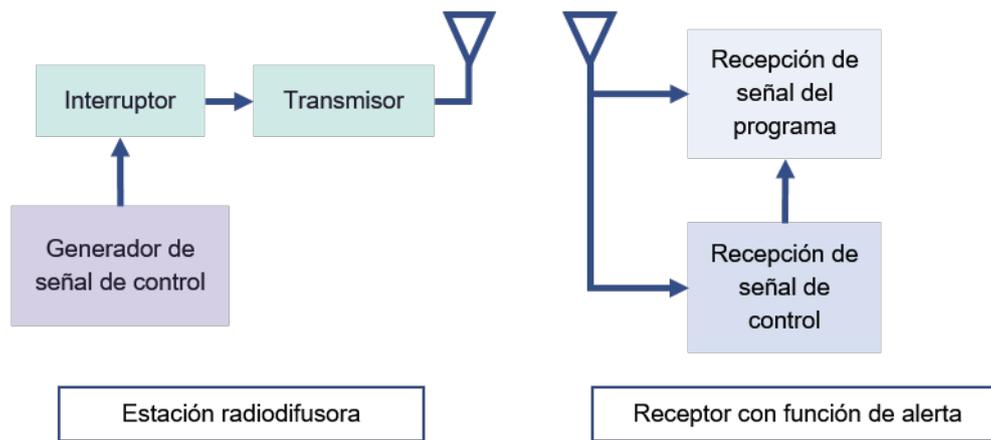


FIGURA 1.6: Diagrama a bloques del Sistema EWS Analógico[22].

El Convenio de Tampere, hasta el día de hoy, no ha sido adoptado por México para el uso de las telecomunicaciones en situaciones de emergencia. Cabe resaltar que México se encuentra en una zona altamente sísmica debido a su ubicación dentro del llamado “Anillo de Fuego”. Es prioritario, para la evolución de los sistemas de alerta temprana, que México firme el Convenio de Tampere y así proceder en los aspectos normativos para su correcta ratificación.

1.6. Sistemas de Alerta de Emergencia Analógicos

Como antecedente de los sistemas de alerta de emergencia para televisión digital, es fundamental entender los principios que dieron orígenes a los sistemas de alerta en la radiodifusión analógica.

A través de la Recomendación UIT B-R BT.1774-2 [22] la Unión Internacional de Telecomunicaciones presenta tres ejemplos de las modalidades de sistemas de alerta de emergencia mediante plataformas de radiodifusión analógica.

1.6.1. Sistema de Alerta de Emergencia (EWS) para radiodifusión sonora analógica

En países que son afectados continuamente por fenómenos naturales fue prioridad el desarrollo de un sistema capaz de alertar a la población ante desastres inminentes y reducir las pérdidas humanas. El instituto de investigación nipón NHK STRL (Science & Technology Research Laboratories) dedicó sus esfuerzos al desarrollo desde 1980 del sistema EWS. En Japón, el 1º de septiembre de 1985 inicia el uso en los sistemas de radiodifusión sonora (AM y FM) del sistema EWS. El principal objetivo del sistema EWS de Japón es alertar ante la presencia de tsunamis y terremotos.

El Sistema de Alerta de Emergencia (Emergency Warning System, EWS) está compuesto por los elementos de una estación de radiodifusión sonora común y, adicionalmente, un generador de señal de control (figura 1.6). La señal de la programación habitual puede ser interrumpida mediante la señal de control para activar los receptores de EWS. Dicha señal de control puede ocuparse para “despertar” al receptor cuando se encuentra en modo de espera (stand-by) y/o para emitir una alerta sonora. Esta tecnología funciona en receptores de FM y receptores de onda media (MW).

Las señales de alerta de emergencia son moduladas en fase (FSK) conformadas por dos portadoras. La primera, a 640 Hz, es llamada frecuencia de espacio; la segunda, a 1024 Hz, es la frecuencia de marca. La velocidad de transmisión de la señal EWS es de 64 bps.

El sistema EWS hace uso de dos señales diferentes. La primera es llamada señal de inicio que marca el inicio de la transmisión o recepción de una señal de alerta. Por lo tanto, existe también una señal de finalización que determina la conclusión de la alerta.

Señal de inicio

La señal de inicio del sistema EWS (figura 1.7) se conforma de los siguientes elementos:

- Período sin señal: también denominado período de señal no modulada, debe durar más de un segundo. Su función es marcar una clara diferencia entre la transmisión de la señal de control de EWS y la programación habitual.
- Código precedente: este código es el factor que diferencia a la señal de inicio y a la señal de fin de la transmisión EWS. Consta de 4 bits y, en caso de la señal de inicio, su valor es “1100”.
- Código fijo: tiene dos funciones, la activación del receptor y la referencia temporal para el código arbitrario. Consta de 16 bits cuyo inicio siempre es “00” y el final “01”.
- Código arbitrario: los códigos arbitrarios contienen información adicional como el día o el área del evento. También consta de 16 bits y puede iniciar con “01” o “10” y terminar con “00” o “11”.

Un bloque S es integrado por 6 grupos de 16 bits de código arbitrario y fijo (96 bits en total). La estructura de la señal de inicio del sistema EWS se conforma de un código precedente y al menos 4 bloques S.

En Japón, el primer grupo de 16 bits de código arbitrario se asigna mediante un código de clasificación de área. El segundo grupo es el código de clasificación de día y de mes. Finalmente, el tercer grupo de código arbitrario es el código de clasificación de año y tiempo.

Periodo sin señal	Código precedente	Código fijo	Código arbitrario	Código fijo	Código arbitrario	Código fijo	Código arbitrario
Más de 1 seg.	4 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits
		96 bits					

FIGURA 1.7: Señal de inicio del EWS.

Señal de finalización

Para marcar la conclusión de la transmisión de una alerta de emergencia, existe la señal de finalización. Con esta señal es posible que los receptores regresen a su estado previo a la transmisión de la señal de alerta. La estructura es muy similar a la de la señal de inicio.

Como se muestra en la figura 1.8, la señal de finalización cuenta con los elementos que se mencionan a continuación:

- Código precedente: establecido como "0011".
- Código fijo: idéntico al correspondiente a la señal de inicio.
- Código arbitrario.
- • Periodo de señal sin modular: cada bloque de señal de finalización cuenta con un periodo que tiene la duración de 92 bits (1.4375s) posterior a los 96 bits de código precedente, fijo y arbitrario.

Los bloques E se forman de la misma manera que los bloques S, a través de 6 grupos de 16 bits de código arbitrario y fijo. Al igual que en el caso anterior, es necesaria la transmisión de al menos 4 bloques (bloques E) para poder firmar la estructura de la señal de finalización. Los tres grupos de código aleatorio se asignan de la misma manera y en el mismo orden que en la señal de inicio.

1.6.2. Radiodifusión de Alarma de Radio FM Analógica (RDS)

En la actualidad, el apagón analógico de la radio apenas inicia. Por lo tanto, la mayoría de los países aún cuenta con radio FM analógico. El uso de RDS permitió a los radiodifusores de FM el enviar mensajes a los radioescuchas, como información sobre la programación, a través de una subportadora a 57 kHz.

Código precedente	Código fijo	Código arbitrario	Código fijo	Código arbitrario	Código fijo	Código arbitrario	Periodo sin señal
4 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	16 bits	92 bits
192 bits							

FIGURA 1.8: Señal de finalización del EWS.

Un grupo = 104 bits											
Bloque 1		Bloque 2				Bloque 3		Bloque 4			
Código PI	Verificación + Offset A	Código de tipo de grupo		Bo	TP	PTY	Verificación + Offset B	Segmento RT	Verificación + Offset C	Segmento RT	Verificación + Offset D

FIGURA 1.9: Formato de mensaje de direccionamiento RDS[24].

Radio Text (RT)

A través de Radio Text (RT) del Sistema de Información de Radio (RDS, por sus siglas en inglés) [23] es posible entregar información del sistema de alerta de emergencia. Radio Text permite mostrar al receptor un texto de 32 O 64 caracteres.

Dentro del sistema RDS, existen diferentes grupos de información definidos cuyos tipos de grupo se denominan mediante un número (del 0 al 15) y una letra (A o B), por ejemplo, 0A, 0B, 1A, 1B etc. El sistema de RT se incorpora en el grupo 2 (2A y 2B).

El radiodifusor se encarga de compilar la información para enviarla como un mensaje de RT. Este se repetirá de manera cíclica durante el tiempo que el mensaje sea válido.

El formato del mensaje y direccionamiento de RDS (figura 1.9) se establece en la norma EN 50067 [24]. Como en los demás grupos, existe la versión A y B; el grupo 2A ofrece la posibilidad de enviar un mensaje de 64 caracteres de longitud mientras que el grupo 2B ofrece la capacidad de 32 caracteres.

Los cuatro bits de la categoría 'Código de tipo de grupo' serán "0010" para denotar el Grupo 2, mientras que el bit 'Bo' (correspondiente a la versión) será "0" para la versión A y "1" para la versión B.

El formato del mensaje que se usa dentro de los segmentos RT, de la estructura del Grupo 2, para enviar las alarmas se presenta en el cuadro 1.3.

CUADRO 1.3: Formato de mensaje de emergencia para radio FM.

Código de control	Tamaño en bytes
Código de inicio	1
Fecha y hora	5
Duración	1
Número de área	1
Área 1	4
...	...
Área N	4
Código de evento	...
Suma verificadora	1
Tiempo de presentación	1
Texto	Variable
Fin de presentación	1
Código de finalización	1
Código de inicio	1

Open Data Applications (ODA)

Otra modalidad para la alerta de emergencia es a través de las especificaciones de RDS que se determinan en la misma norma europea mencionada anteriormente (EN 50067). El sistema cuenta con mensajes que pueden ser usados con fines de emergencia. Esto se logra por medio de las Aplicaciones de Datos Abiertos (ODA, por sus siglas en inglés) en los llamados mensajes para los sistemas de alerta de emergencia EWS.

Dentro del formato de los mensajes RDS, es posible distinguir los mensajes a través del Grupo 9A y 9B [25]. El Grupo 9A está designado al Sistema de Alerta de Emergencia o a las ODA. El Grupo 9B es para uso exclusivo de las Aplicaciones de Datos Abiertos. En el formato de mensaje mostrado en la figura 1.9, para denotar los Grupos 9A y 9B, la categoría 'Código de tipo de grupo' será "1001".

Para hacer posible la transmisión de este tipo de mensajes, es necesario anunciar con anterioridad a través de un mensaje del Grupo 1A (Código de tipo de grupo "0001", Bo "0") el Código de País Extendido (ECC, por sus siglas en inglés) debido a que los mensajes son asignados por la normativa de cada país. La tasa de información de las aplicaciones ODA es de 1187.5 bps.

1.6.3. Radiodifusión de Alerta en Televisión Analógica

Las alerta para televisión analógica se presentan en forma subtítulos cerrados o closed caption (CC) [26]. Por ejemplo, en Estados Unidos, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) estableció normas

en las que todos los sistemas de televisión analógica deben ser capaces de desplegar subtítulos CC. Por este motivo, todos los receptores despliegan la información de la alerta mediante los subtítulos en la pantalla del equipo de televisión.

Por otra parte, el radiodifusor puede enviar una señal que active los generadores de frecuencias dual y así, la audiencia objetivo escuche la alarma que anuncia la presencia de una emergencia.

En el estándar EIA-608-B [27], que contiene las características técnicas de los subtítulos cerrados de 21 líneas, solamente es posible el envío de mensajes del tipo meteorológico. En este estándar aún no se consideraba la inclusión de las alertas para otro tipo de eventualidades.

En el estándar se incluye la clase de Servicios Públicos, dirigido al envío de mensajes emitidos por el Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos de América. Para identificar los mensajes del Servicio, existe un código (del tipo TTT-NNNCCC-nn) que contiene tres letras que indica el tipo de evento a informar (TTT).

El cuadro 1.4 muestra sus posibles valores. Además, el mensaje incluye 3 caracteres que identifican al estado (NNN) y tres que identifican los condados (CCC) afectados.

Finalmente, los últimos dos dígitos (nn) representan el tiempo de expiración del mensaje en segmentos de 15 minutos hasta una hora. El mensaje, en sí, es una cadena de máximo 32 caracteres.

CUADRO 1.4: Códigos del Servicio Nacional Meteorológico (EE.UU.)

Código	Nombre del Evento
TOA	Tornado (Vigilancia)
TOR	Tornado (Advertencia)
SVA	Tormenta Eléctrica Severa (Vigilancia)
SVR	Tormenta Eléctrica Severa (Advertencia)
SVS	Clima Severo (Declaración)
SPS	Clima Especial (Declaración)
FFA	Inundación Repentina (Vigilancia)
FFW	Inundación Repentina (Advertencia)
FFS	Inundación Repentina (Declaración)
FLA	Inundación (Vigilancia)
FLW	Inundación (Advertencia)
FLS	Inundación (Declaración)
WSA	Tormenta Invernal (Vigilancia)
WSW	Tormenta Invernal (Advertencia)
BZW	Ventisca (Advertencia)
HWA	Viento Fuerte (Vigilancia)
HWW	Viento Fuerte (Advertencia)
HUA	Huracán (Vigilancia)
HUW	Huracán (Advertencia)
HLS	Huracán (Declaración)
LFP	Predicción de Área de Servicio
BRT	Declaración de Transmisión Compuesta
CEM	Mensaje de Emergencia Civil
DMO	Advertencia de Práctica/Demo
ADR	Mensaje Administrativo

Capítulo 2

Sistemas de Alerta de Emergencia sobre ATSC

Advanced Television Systems Committee (ATSC) fue el encargado de la elaboración del estándar de televisión digital terrestre que lleva su nombre. Surge en los Estados Unidos de América como producto de un esfuerzo conjunto de empresas como AT&T, General Instruments, Philips y por el Instituto Tecnológico de Massachusetts.

El comité ATSC cuenta, principalmente, con dos familias de estándares para televisión digital terrestre. El primero, A/53 [28] fue publicado en 1995, para dar a conocer las características del sistema de televisión avanzada dentro de los Estados Unidos de América.

En segunda instancia se crea la familia ATSC 3.0, que aún no ha sido completamente estandarizada, y busca incorporar las tecnologías más novedosas en codificación y transmisión de información para brindar un mejor servicio a los espectadores.

El estándar ATSC ha sido adoptado por los países mostrados en la figura 2.1, con los principales consumidores en América del Norte.

2.1. Estándar de Televisión Digital Terrestre ATSC A/53

El estándar ATSC define la primera generación de televisión digital terrestre para los Estados Unidos de América. Al haber sido diseñado en una época en la que la telefonía móvil aún no alcanzaba su apogeo, ATSC aún no consideraba las condiciones de la recepción de las señales en receptores móviles. Por esta razón, y a diferencia de la mayoría de los estándares de TDT que se desarrollaron posteriormente, ATSC utiliza un método de modulación de una sola portadora. En ese caso, ésta transmisión presenta mayores dificultades en la recepción de la señal debido a la forma de propagación.

Los sistemas de televisión digital terrestre (TDT) son estudiados al dividirse, principalmente, en tres subsistemas [29]:

- codificación de fuente y compresión;
- multiplexación de servicios y transporte; y,
- RF/ transmisión.

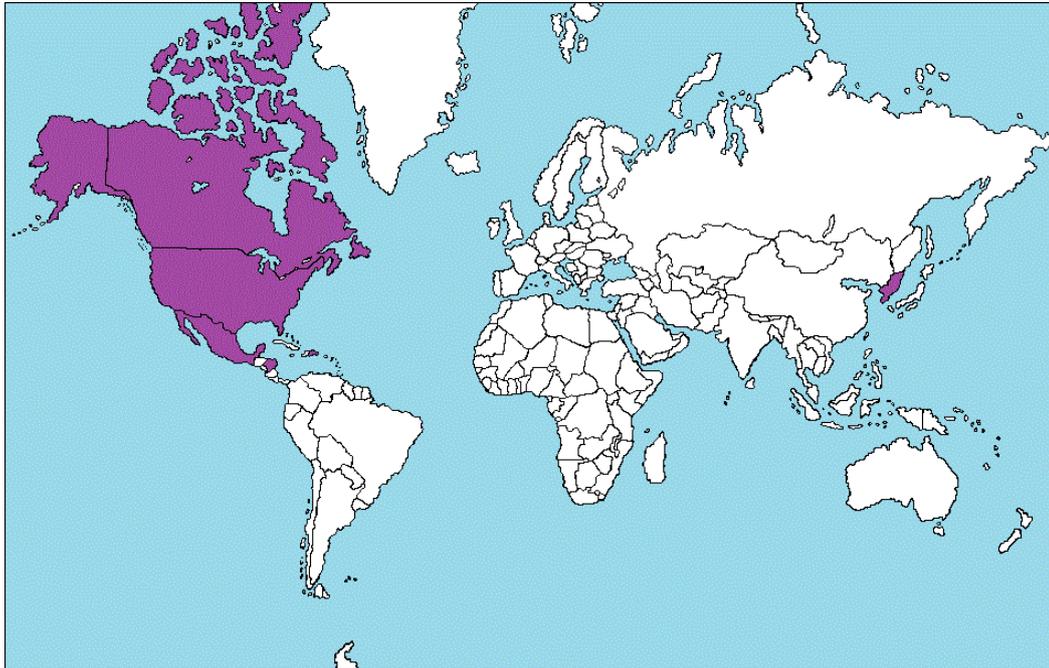


FIGURA 2.1: Países que han adoptado el estándar ATSC.

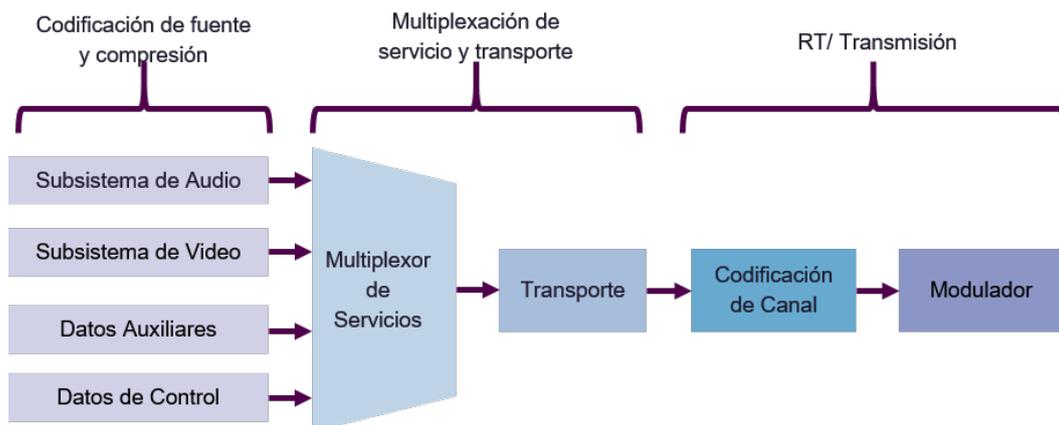


FIGURA 2.2: Diagrama de bloques de sistema de televisión digital [29].

El sistema de TDT de ATSC, mostrado en la figura 2.2, se describe a través de dos estándares: A/52 [30] y A/53 [28]. El estándar A/53 describe las características del sistema de televisión desde la codificación de audio y video hasta el subsistema de transmisión VSB de RF, mientras que el estándar A/52 describe el proceso de codificación y decodificación de audio utilizado en ATSC, el estándar Dolby AC-3.

2.1.1. Codificación de Fuente y Compresión

En este subsistema se reduce la tasa de bits, es decir que los datos de audio y de video son comprimidos. Además, la codificación de fuente se usa para minimizar el número de bits necesarios para representar la información de audio y video. El sistema ATSC utiliza la sintaxis de video MPEG-2 para la codificación de video y el estándar Dolby AC-3 para la codificación de audio.

Sistema de video MPEG-2

El estándar A/53 Parte 4 describe las características del sistema de video MPEG-2. A través de diversos métodos de reducción de redundancia y reducción de información irrelevante, se logra la disminución de datos. De acuerdo con el sistema MPEG-2, la reducción se logra mediante los pasos siguientes:

- cambiar la resolución a 8 bits en vez de 10 bits;
- omitir el intervalo de borrado horizontal y vertical;
- cambiar la resolución de color en la dirección vertical (4:2:0);
- modular las imágenes con la modulación diferencial de pulsos (DPCM);
- aplicar la transformada discreta coseno (DCT) y cuantización;
- escaneo en zigzag con un código de longitud variable; y,
- codificación Huffman.

En síntesis, el codificador MPEG-2 de video transforma las señales de video con una tasa igual o menos a 19.4 Mbps a una de 2 a 7 Mbps.

Sistema de audio Dolby AC-3

El estándar A/53 Parte 5 describe las características del sistema de audio AC-3. Un programa de audio en un canal 5.1 que requiere una tasa de 5 Mbps se convierte a un flujo de datos seriales con una tasa de 384 kbps después de un convertidor AC-3. Para el A/53, las señales de audio tienen, comúnmente, una tasa de datos de 100 a 448 kbps (con un valor típico de 192 kbps).

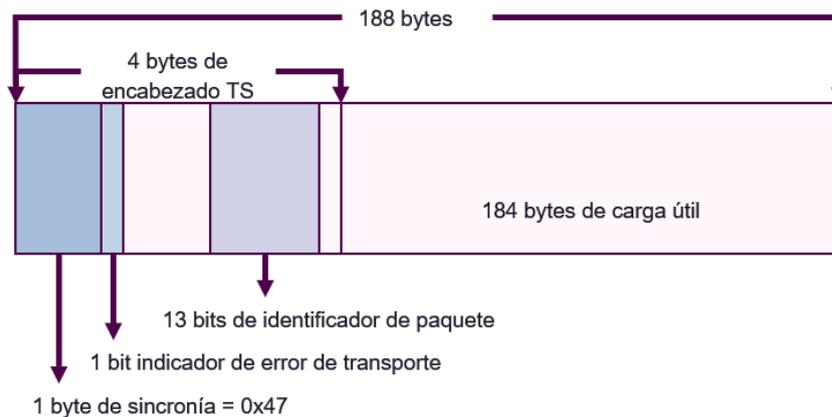


FIGURA 2.3: Paquete TS MPEG-2.

2.1.2. Multiplexación de Servicios y Transporte

El sistema ATSC hace uso de la sintaxis de transport stream (TS) de MPEG-2 para la multiplexación de las señales de audio, video y datos para, posteriormente, convertirlos en paquetes de información. La información respectiva al subsistema de Multiplexación de Servicios y Transporte se encuentra en el estándar A/53 Parte 3, basado en el sistema definido en la norma ISO/IEC 13818-1 [31].

Los flujos de datos provenientes del codificador de audio y del codificador de video (ES, Elementary Stream) se empaquetan, para así obtener los paquetes del flujo elementales (PES, Packetized Elementary Stream). Los paquetes, que comúnmente tienen una longitud de 64 kB, son multiplexados pudiendo contener incluso 20 programas de televisión independientes en una señal de datos MPEG-2 multiplexada.

Finalmente, los paquetes PES son divididos en pequeños paquetes de longitud constante (184 bytes, por ejemplo) a los cuales se les agrega un encabezado de 4 bytes. Los paquetes de 188 bytes resultantes se conocen como paquetes de transport stream (TS). El formato del paquete TS MPEG-2 es el mostrado en la figura 2.3. Para poder conocer el tipo de estructura que lleva cada paquete, es necesario el uso de tablas que describen dicha estructura.

2.1.3. RF/ Transmisión

Dentro de este subsistema se considera la codificación de canal y la modulación de la señal para adecuarla al medio por el cual se transmite la señal. El codificador de canal (figura 2.4) recibe la señal del TS (conformada por paquetes de datos MPEG-2 de 188 bytes) para pasar por el secuenciador pseudoaleatorio y ser procesado por un método de corrección de errores hacia adelante (Forward Error Correction o FEC, por sus siglas en inglés). El método FEC se realiza a través de un codificador Reed Solomon RS (207,187), agregando 20

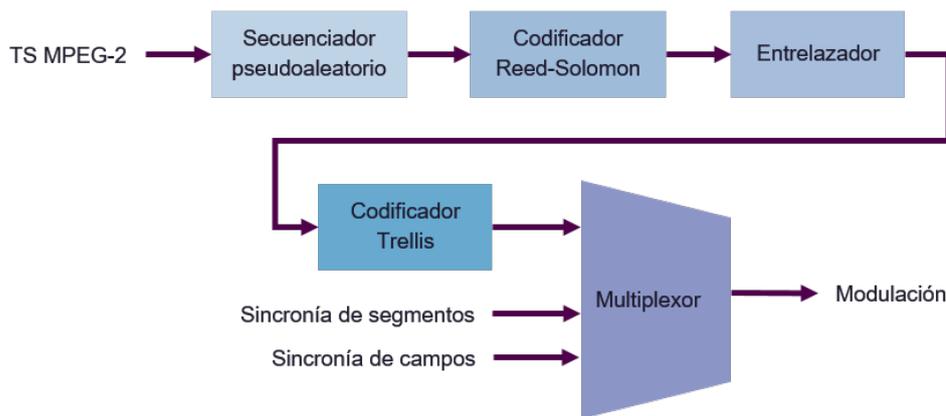


FIGURA 2.4: Diagrama a bloques de codificador de canal.

CUADRO 2.1: Mapeador de símbolos 8-VSB.

$Z_2Z_1Z_0$	R
000	-7
001	-5
010	-3
011	-1
100	+1
101	+3
110	+5
111	+7

bytes de paridad para protección contra errores que le permite corregir 10 bytes dañados por paquete de TS. Posteriormente se procesa en un entrelazador que cambia la secuencia en el tiempo de la información.

El último paso es el codificador Trellis con una tasa de $2/3$. De la secuencia de bits que se obtiene del entrelazado, el primer bit se procesa en el pre-codificador con una tasa de código de 1, y el segundo bit se envía al codificador Trellis que tiene dos trayectorias para la señal con una tasa de $1/2$. La tasa de código general del sistema es de $2/3$.

Los tres flujos de datos (uno del pre-codificador y dos del codificador Trellis) se reciben en un mapeador de símbolos creando una constelación de 8 niveles presentados en el cuadro 2.1. Z_2 y Z_1 corresponden a la salida del codificador Trellis y Z_0 al pre-codificador. Los valores nominales de los 8 niveles generados son representados por R. Los datos del codificador Trellis y de sincronización de segmentos y campos del generador de sincronía son combinados a través de un multiplexor.

Los paquetes de datos se convierten en tramas de datos para ser transmitidos, añadiéndoles los segmentos con datos de sincronía. Cada trama de datos (figura 2.5) obtenida contiene dos campos de datos de 313 segmentos; el

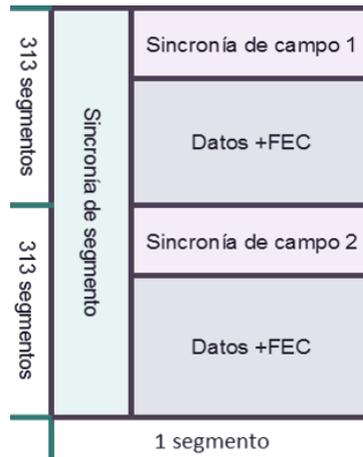


FIGURA 2.5: Trama de datos 8-VSB.



FIGURA 2.6: Diagrama de bloques de la modulación 8-VSB.

primer segmento lleva la información de sincronía (incluye la secuencia de entrenamiento usada por el ecualizador del receptor) mientras que los otros 312 transportan los 188 bytes de carga útil más los bytes generados por el método FEC. Los 828 símbolos que componen un segmento se componen, a la vez, de 3 bits equivalentes a las señales de 8 niveles, lo que representa una tasa de símbolo de 10.76 MHz.

Antes de realizar la modulación en amplitud, a la señal de 8 niveles se le añade una componente de corriente directa de +1.25 para crear una piloto en la frecuencia de la portadora suprimida. El modulador VSB (figura 2.6) recibe una tasa de 10.76 MSímbolos/s de la señal codificada mediante Trellis [28].

La señal 8-VSB se divide en dos señales, una se envía al mezclador I y la otra se envía a un desfasador de 90 (transformador de Hilbert) y después al mezclador Q. Este proceso causa la desaparición parcial de la banda lateral inferior, causando que el espectro de la señal 8-VSB contenga solamente la banda lateral superior y una banda lateral inferior vestigial. Tras la conversión en frecuencia (RF), la señal pasa por etapas de amplificación de frecuencia para ser transmitida con una tasa de transmisión de 19 Mbps en canales de 6MHz.

2.2. Sistema de Alerta en ATSC A/53

El sistema de emergencia del estándar A/53 se asemeja a los utilizados por los SAE analógicos presentados en el Capítulo 1. En este caso, el sistema se basa en uno de los servicios que se incluyen dentro del sistema (por ejemplo,

el sistema de codificación de audio Dolby AC-3), y no se desarrolla como tal dentro del estándar de TDT.

En el estándar A/53 Parte 5 [28] se indican las especificaciones de la codificación de audio utilizada (AC-3). El formato AC-3 soporta 8 tipos de servicios de audio. El séptimo de ellos es el servicio asociado a emergencia (detonado con la letra E en el estándar). El servicio de emergencia (E) permite la inserción de anuncios de emergencia o de alta prioridad. El servicio E recibe prioridad en transporte y codificación de audio, deteniendo cualquier servicio principal que se esté reproduciendo en el instante, para solamente reproducir el audio del servicio E en el canal central.

2.3. Estándar de Televisión Digital Terrestre Móvil ATSC M/H A/153

El estándar A/153 [32] se desarrolló para satisfacer la necesidad de recepción de televisión digital móvil y portátil. Éste comparte el mismo canal de RF que el estándar A/53 con la ventaja de poder utilizar canales de frecuencia completos o subcanales a través de transporte sobre IP.

En este aspecto, el estándar M/H tiene mejoras en la capa física que le brinda mejor protección ante el efecto Doppler. Cabe resaltar que este estándar tiene compatibilidad con el estándar A/53, es decir, que las transmisiones de ATSC M/H son invisibles para los receptores de ATSC fijo debido a una diferencia en el PID del transport stream.

A diferencia del estándar de televisión fija, ATSC M/H codifica la señal de audio mediante MPEG-4 AAC y el video mediante la sintaxis MPEG-4 AVC.

El sistema ATSC M/H se divide en unidades lógicas funcionales que pueden definirse a partir del modelo OSI como se muestra en la figura 2.7.

Al mismo tiempo, ATSC M/H cuenta con códigos Reed Solomon y convolucionales adicionales, información de parámetros de transmisión del canal (TPC), información adicional de información rápida del canal (FIC), entre otros atributos.

Los datos de M/H se dividen en ensamblados, cada uno con uno o más servicios atribuidos al ensamblado. Cada ensamblado usa una trama RS independiente, con lo que se entiende que cada ensamblado puede ser codificado con un nivel de protección de errores diferente, dependiendo de la aplicación.

2.4. Sistema de Alerta de Emergencia Móvil en ATSC M/H

En el estándar ATSC Mobile DTV A/153 [32], se introduce el término de servicio de alerta de emergencia móvil (M-EAS, por sus siglas en inglés). Debido a que esta referencia se desarrolla principalmente en EE.UU, el sistema propuesto en el estándar A/153 (figura 2.8) considera las autoridades y agentes de este país en el diseño del sistema de alerta de emergencia.

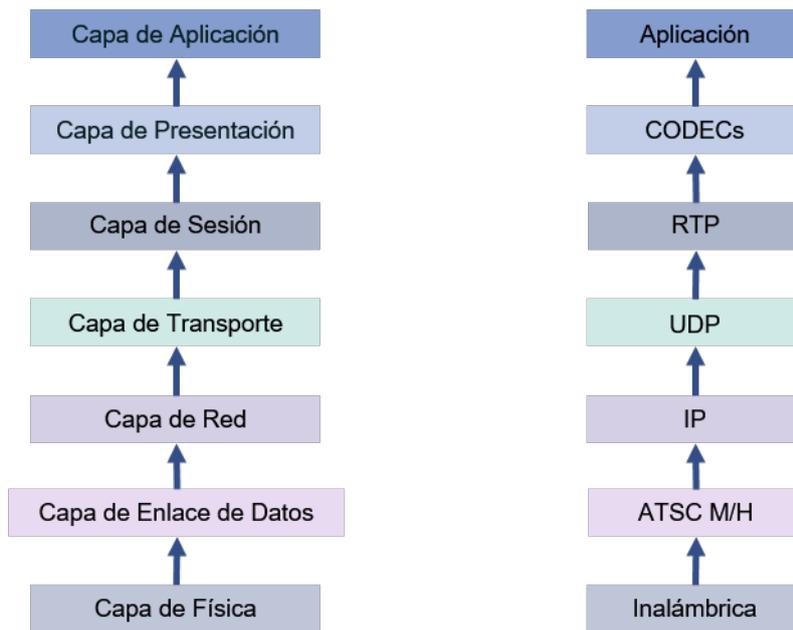


FIGURA 2.7: Modelo OSI con componentes ATSC M/H.

El sistema de adquisición de información consta de mensajes en el formato CAP y restringidos por el Sistema Integrado de Alerta y Advertencia Pública (IPAWS, por sus siglas en inglés). Estos archivos de alerta pueden ser emitidos por la FEMA (Agencia Federal para Gestión de Emergencias) y otras autoridades con el formato CAP, proveedores de información de emergencia o de manera local en la misma estación transmisora.

Los mensajes CAP IPAWS se envían a la estación de radiodifusión que soporta el estándar ATSC M/H. Entonces, el sistema M-EAS extrae el texto del mensaje de emergencia y cualquier información adicional del documento CAP IPAWS. El sistema M-EAS también es capaz de recibir y procesar información

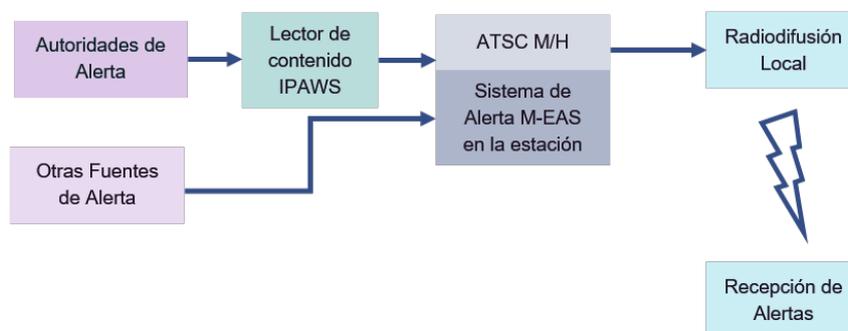


FIGURA 2.8: Esquema del sistema M-EAS[33]

proveniente de medios como HTML, JPG y video MPEG-4. A través del sistema M-EAS, es posible hacer dos tipos de transmisiones: en tiempo real y en tiempo-no-real (NRT, para información adicional).

Para identificar la transmisión de un mensaje de alerta CAP IPAWS y los servicios NRT, el estándar A/153 introduce una nueva tabla, la Tabla de Alerta de Emergencia (EAT-MH), usando el formato genérico como las tablas de señalización de servicios. Los mensajes CAP IPAWS se despliegan en la pantalla con desplazamiento lento de abajo hacia arriba (screen crawl), incluyendo información de localización.

La Tabla de Mapas de Servicios (SMT) está relacionada con el contenido NRT de emergencias. Además, es posible realizar la sintonización automática del receptor para que reciba la información de la emergencia. A través de la tabla EAT-MH se puede instruir al receptor a sintonizar un canal, un ensamble y un servicio determinado para recibir alertas.

2.4.1. Tabla de Alerta de Emergencia (EAT-MH)

La Tabla de Alerta de Emergencia se inserta en el Canal de Señalización de Servicio. Para evitar afectar el SMT, la tabla EAT-MH se establece de forma separada. La tabla EAT-MH contiene los mensajes de alerta (CAP IPAWS) y la información adicional relacionada a cada mensaje, es decir, el contenido NRT asociado al mensaje y que contiene la información detallada de la emergencia.

La extracción de la información del mensaje CAP y su procesamiento en el M-EAS se ilustra en la figura 2.9. Por cuestiones de reducción de tamaño, los mensajes CAP son comprimidos. La extracción, descompresión, y despliegue del mensaje contenido en el CAP comprimido, lo realiza el receptor que reconozca la tabla EAT-MH. La tabla contiene una identificación de servicio NRT por mensaje de alerta (NRT_service_id), que indica si existe información adicional relacionada enviada por el servicio NRT.

El receptor es capaz de desplegar la información mediante la referencia a la SMT, y la(s) sesión(es) FLUTE indicadas por el servicio NRT. El protocolo FLUTE se usa en la entrega unidireccional de documentos sobre Internet.

En resumen, la Tabla de Alerta de Emergencia, descrita en el cuadro 2.2, contiene la información del evento de emergencia adquirido del mensaje CAP IPAWS, las referencias al contenido multimedia de la tabla SMT y GAT, y los controles de sintonización automática de recepción.

La sintaxis de la trama de datos para EAT-MH se explica en el estándar A/153 [33]. En la trama se indican los siguientes aspectos:

1. La identificación de tabla (table_id) cuyo valor es 0xEA para denominar la tabla EAT-MH, la versión del protocolo EAT-MH (EAT_MH_protocol_version) y la identificación de ensamble M/H (ensemble_id).
2. La bandera de sintonización automática (automatic_tuning_flag) que al ser '1' deberá indicar las características a continuación: el número del canal de RF (automatic_tuning_channel_number), el ensamble (automatic_tuning_ensemble_id) y el servicio (automatic_tuning_service_id) para sintonización automática.

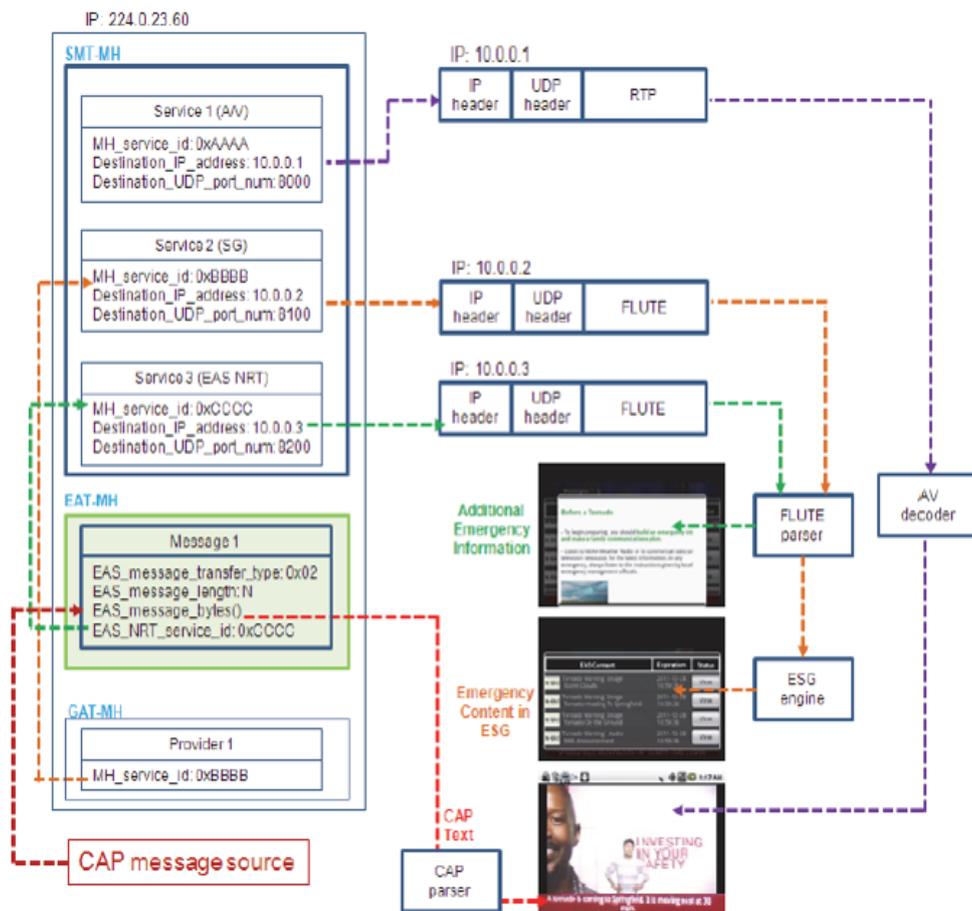


FIGURA 2.9: Flujo de Información del M-EAS[33].

CUADRO 2.2: Trama de datos de EAT-MH[33].

Sintáxis

```
EAT_MH_section(){
    table_id
    section_syntax_indicator
    private_indicator
    reserved
    section_length
    table_id_extension {
        EAT_MH_protocol_version
        ensemble_id }
    reserved
    version_number
    current_next_indicator
    section_number
    last_section_number
    automatic_tuning_flag
    num_EAS_messages
    if (automatic_tuning_flag== 0x01) {
        automatic_tuning_info()
    }
    for(m=0; m<num_EAS_messages;m++){
        EAS_messages_id
        reserved
        EAS_IP_version_flag
        EAS_message_transfer_type
        EAS_message_encoding_type
        EAS_NRT_service_id
    }
}
```

CUADRO 2.3: Valores de EAS_message_transfer_type.

Valor	Designación
'000'	No se especifica.
'001'	No hay mensaje de alerta. Solamente se envían archivos NRT sin mensajes de alerta.
'010'	Los bytes de mensajes de alerta se deben incluir en la EAT-MH. Los mensajes de alerta deben ser transferidos a través del campo EAS_message_bytes en el bucle del mensaje de la EAT-MH.
'011'	El mensaje de alerta debe ser transferido a través del datagrama IP.
'100'-'111'	Reservado para uso futuro.

CUADRO 2.4: Valores EAS_message_encoding_type.

Valor	Designación
'000'	No se especifica.
'001'	Sin codificación.
'010'	Algoritmo DEFLATE.
'011'-'111'	Reservado para uso futuro.

- El número de mensajes de EAS (num_EAS_messages), la identificación del mensaje del EAS (EAS_message_id), la versión de la dirección IP (EAS_IP_version_flag), el tipo de transferencia (EAS_message_transfer_type) indicado en el cuadro 2.3, y el tipo de codificación (EAS_message_encoding_value) indicado en el cuadro 2.4, de cada uno de los mensajes del EAS.
- La longitud del mensaje (EAS_message_length), los bytes del mensaje comprimido CAP IPAWS (EAS_message_bytes).
- En caso de existir material adicional asociado con el servicio NRT, se debe indicar la identificación del servidor de este servicio (EAS_NRT_service_id).

2.4.2. Encendido y Sintonización Automática

La principal limitante de “despertar” al receptor, es el consumo de energía del equipo en estado pasivo. El estándar propone el monitoreo de la versión del FIC (fic_version) dentro de la TPC cada 30 segundos. Si existe un cambio en la versión, el receptor podrá ser encendido durante la duración de una trama completa de RS para adquirir el segmento FIC.

Si se detecta una señal de encendido en los contenidos del pedazo del FIC, se usará el indicador de encendido en el encabezado del segmento FIC para determinar si el receptor de MH debe despertar o no. Cuando el indicador

de encendido (`wake_up_indicator`) tiene el valor '0', el receptor debe obtener el indicador del ensamble EAT y posteriormente obtener y procesar la tabla EAT-MH.

Finalmente, un receptor puede ser sintonizado a un servicio, ensamble y canal de RF a través de los datos presentados en la tabla de EAT-MH (cuadro 2.2).

2.4.3. Servicio NRT en M-EAS

El sistema M-EAS ofrece la posibilidad de presentar información adicional al evento a través de un servicio en tiempo no-real (NRT). Este servicio se debe declarar en la tabla de EAT-MH. El contenido NRT transmitido mantiene el formato establecido en el estándar A/103 [34]. La tabla de mapas de servicio (SMT, por sus siglas en inglés), contiene los atributos de los servicios NRT contenidos en el flujo de transporte (TS) fijo.

La señalización y anuncio del servicio para M-EAS NRT dentro de la SMT cambian con respecto al nombrado en el estándar A/103:

1. Señalización: El campo `service_category` tiene el valor 0X0F (valor en A/103 establecido como 0x0E).
2. Anuncio: de uso obligatorio para el servicio NRT, en el servicio M-EAS NRT la categoría del tipo de servicio `ServiceType` tendrá un valor 130 (valor en A/103 establecido como 129).

2.5. Estándar de Televisión Digital Terrestre ATSC 3.0

El Comité de ATSC se encuentra desarrollando el estándar de próxima generación para televisión digital terrestre. El estándar ATSC 3.0 busca abordar tecnologías avanzadas de transmisión y de codificación de audio y video y dar un servicio nuevo y mejorado para los usuarios. Se introducen nuevas funciones como multipantalla, resolución HD y Ultra HD, flexibilidad en opciones de servicio, entre otras. Más aún, la escalabilidad, interoperabilidad y la adaptabilidad son los pilares de diseño de este nuevo sistema.

Debido a que ATSC 3.0 no ha sido completamente estandarizado, diversas secciones de esta recomendación se mantiene como candidatos para estándar. Entre los estándares aprobados se encuentra el A/300 [35] que describe el sistema de ATSC 3.0.

ATSC 3.0 hereda de ATSC M/H la arquitectura por capas debido a la posibilidad de mejoras y expansión. La familia de estándares ATSC 3.0 permite el uso de diversas codificaciones de video, incluyendo la codificación de video HEVC (H.265). La codificación de audio se realiza a través del sistema de audio AC-4 (A/342 Parte 2 [36], para uso en Norteamérica) y MPEG-H (A/342 parte 3 [37], para uso en la República de Corea).

Este estándar es el primero de la familia ATSC en basarse en modulación OFDM y cambiar los códigos FEC basados en Reed Solomon a los códigos FEC

BCH y LDPC (código de baja densidad con chequeo de paridad). Al igual que los estándares DVB-T e ISDB-T, tiene el tamaño de FFT de 8K, pero adiciona los de 16K y 32K para poder dar mejor servicio a equipos móviles.

En torno a la transmisión, los canales de frecuencia pueden tener un ancho de banda de 6, 7 u 8 MHz y soportar tasas de datos de menos de 1Mbps hasta 57Mbps, donde la información se transporta a través de PLPs (Physical Layer Pipes).

2.6. Sistema de Alerta de Emergencia en ATSC 3.0

El estándar ATSC 3.0 [35] considera las alertas de emergencia con mayor importancia que los estándares que le preceden. La información de las alertas de emergencia se incluye desde la señal de bootstrap, que sirve como preámbulo para dar a conocer el tipo de señal que se transmite, hasta los protocolos del contenido interactivo. La Alerta de Emergencia es uno de los cinco servicios definidos en la tabla de lista de servicios (SLT). De esta manera, los documentos que incluyen la información del servicio de alerta son:

- A/321: Descubrimiento del Sistema y Señalización;
- A/324: Enlace Estudio-Planta;
- A/331: Señalización, Distribución, Sincronización y Protección contra Errores;
- A/336: Recuperación de Contenido en Escenarios de Redistribución;
- A/338: Dispositivos de Acompañamiento;
- A/342: Audio;
- A/344: Entorno de Ejecución de Aplicación.

La parte de señalización, distribución, sincronización y protección contra errores de ATSC 3.0, denominada A/331 [38], fue recientemente aprobada (diciembre 2017).

En la figura 2.10 se muestra de manera general, la arquitectura del Sistema de Alerta de Emergencia, propuesto en el estándar A/331, de los Estados Unidos. Las Autoridades creadoras de las alertas proveen los mensajes EAS a los radiodifusores a través de la red del Sistema de Alerta de Emergencia. Los mensajes enviados por las autoridades deberán ser con formato CAP vía servicios CAP basados en IP, como el sistema FEMA IPAWS-OPEN o mediante servicios de estado CAP. Recae en los radiodifusores la responsabilidad de convertir el mensaje CAP a mensajes EAS para presentar la información a los espectadores.

A través del sistema ATSC 3.0 la información de alerta de emergencia se podrá entregar a los receptores de ATSC 3.0 mediante los siguientes procesos:

- bits de encendido para Alerta de Emergencia;

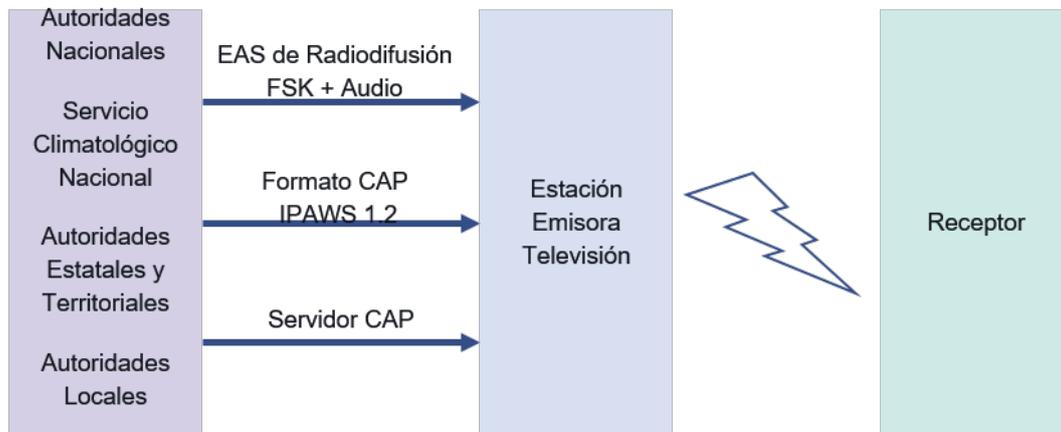


FIGURA 2.10: Sistema de Alerta de Emergencia en los EE.UU.[38].

- mensajes del Sistema de Alerta de Emergencia (EAS);
- mensajes de información de emergencia pública iniciada por los radiodifusores;
- Aplicación de Alerta de Emergencia (EAA, por sus siglas en inglés)(A/334);
- archivos multimedia; y,
- programación relacionada con emergencias.

En el estándar A/331 se introduce un nuevo término llamado Alerta de Emergencia Avanzada (AEA). La AEA puede representar:

- el texto que convencionalmente se despliega en la pantalla de los sistemas EAS acompañando a la alerta;
- multimedia adicional que pudo haber sido enviada por las autoridades generadoras de la alarma;
- texto o contenido multimedia adicional agregado por el radiodifusor; o,
- transmisión de alerta exclusiva del AEA, sin el despliegue de información tradicional de EAS.

Los atributos que presenta el estándar ATSC 3.0 con respecto a las alertas de emergencia se describen en las siguientes secciones.

2.6.1. Bits de encendido

La señal de bootstrap de la capa física provee un punto de acceso a una señal de transmisión digital. Dentro de la señal de bootstrap se incluye el valor

CUADRO 2.5: Bits de encendido [38].

Valor	Designación
'00'	No existe situación de emergencia para despertar a los dispositivos
'01'	Emergencia para despertar dispositivo - configuración 1
'10'	Emergencia para despertar dispositivo - configuración 2
'11'	Emergencia para despertar dispositivo - configuración 3

EA Wakeup. EA Wakeup se compone de dos bits; el primero (`ea_wake_up_1`) se incluye en el símbolo 1 del bootstrap y el segundo (`ea_wake_up_2`) se incluye en el símbolo 2 del mismo. El campo EA Wakeup tiene los valores se encuentran en el cuadro 2.5. Cuando alguno de los dos valores es '1', indica que hay información disponible sobre una alerta de emergencia.

2.6.2. Mensajes de Alerta Avanzada de Emergencia (AEA-MF)

El mensaje AEA-MF es el formato para la transmisión de mensajes de emergencia en el sistema ATSC 3.0. Está diseñado para poder enviar diversos tipos de información de emergencia, como boletines, alertas, instrucciones, entre otros. Se planea que este formato pueda ser usado en los países donde se ha adoptado los estándares ATSC fuera de los EE.UU, como México y Canadá.

El mensaje AEA [38] se compone de cuatro elementos básicos: encabezado (Header), textos específicos de la emergencia (AEAtext), información de audio y/o video (LiveMedia) y recursos de alerta multimedia (Media).

Header contiene la información relevante de la presentación del mensaje AEA. AEAtext es el texto de notificación de un evento. LiveMedia contiene la información del servicio A/V en vivo relacionado con la emergencia. Media contiene los componentes de un archivo multimedia, incluyendo el lenguaje, descripción y ubicación del archivo.

2.6.3. Tabla de Alerta Avanzada de Emergencia (AEAT)

La Tabla de Alerta Avanzada de Emergencia es un tipo de información de los servicios de bajo nivel (LLS), que se compone por uno o más mensajes de AEA. Los elementos de la tabla AEAT siguen la sintaxis establecida en el esquema XML.

En el cuadro 2.7 se describe la estructura de la tabla AEAT. En esta tabla, se indican los elementos de un mensaje AEA-MF. El mensaje tiene un identificador, el identificador de la estación emisora que transmitió o retransmitió el mensaje, la distribución de la audiencia a la que se busca llegar (pública, restringida, privada), el tipo de mensaje (alerta, actualización, cancelado), la prioridad del mensaje y las instrucciones asociadas a las señal de encendido automático.

El subelemento Header contiene el tiempo efectivo del mensaje de alerta con formato UTC, el tiempo de expiración del mensaje (para tipos de mensaje

alerta o actualización), el código del evento definido por el usuario mediante una cadena de caracteres, la descripción del evento mediante texto y la ubicación geográfica (mediante un código) del área afectada por la emergencia.

AEAText describe los mensajes de texto asociados a la emergencia, que también indican el idioma en el que están escritos. LiveMedia se refiere al contenido de audio y video en tiempo real, como la cobertura de un noticiero sobre alguna emergencia. Contiene el identificador del flujo de difusión, el identificador del servicio de audio/video, el nombre del servicio para mostrar a la audiencia.

Finalmente, Media cuenta con los elementos asociados a las fuentes del contenido multimedia: idioma del elemento Media, texto que describe el tipo y el contenido del archivo multimedia, la dirección URL del archivo multimedia, el tamaño en bytes del archivo multimedia, entre otras cosas.

CUADRO 2.6: Estructura de la tabla AEAT [38].

Elemento	Descripción
AEAT	Elemento raíz de la tabla
AEA	Mensaje AEA-MF
@aeaId	Identificador del mensaje AEA
@issuer	Identificador de la estación emisora del mensaje
@audience	Distribución de la audiencia para el mensaje AEA
@aeaType	Categoría del mensaje
@refAEAIId	Referencia de mensaje que se actualiza o cancela
@priority	Prioridad del mensaje: máxima, alta, moderada, baja
@wakeUp	Instrucciones relacionadas con encendido automático
Header	Información relevante del mensaje AEA
@effective	Tiempo efectivo del mensaje
@expires	Tiempo de expiración del mensaje
EventCode	Código del evento
@type	Cadena que determina el dominio del código Event-Code
EventDesc	Texto con información del evento de emergencia
@lang	Idioma del texto de EventDesc
Location	Área geográfica objetivo del mensaje
@type	Cadena que identifica el dominio del código de Location
AEAText	Cadena de texto del mensaje de alerta
@lang	Idioma del texto AEAText
LiveMedia	Identificación del servicio A/V relacionado al mensaje
@bsid	Identificador del flujo de difusión
@serviceId	Identificador del servicio A/V
ServiceName	Nombre del servicio del contenido en vivo disponible
@lang	Idioma del elemento ServiceName
Media	Componentes de la fuente de contenido multimedia
@lang	Idioma del elemento Media
@mediaDesc	Cadena corta con descripción de contenido de Media
@mediaType	Cadena que describe el uso del contenido multimedia
@url	URL de la ubicación de la fuente de contenido multimedia
@alternateUrl	URL de contenido distribuido vía banda ancha
@contentType	Tipo de archivo multimedia asignado por IANA
@contentLength	Tamaño en byte del contenido referenciado en Media@url
@mediaAssoc	URL adicionales relacionados a Media@url

Capítulo 3

Sistemas de Alerta de Emergencia sobre CMMB y T-DMB

Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting (DTMB) es el estándar para televisión digital aprobado en 2006 por la Organización Nacional de Estándares China. Actualmente, el estándar DTMB ha sido adoptado por China (2006), Cuba (2013), Hong Kong (2006) y Macao (2006) como el estándar de TDT.

Las características que distinguen al estándar DTMB para TDT son:

- secuencias pseudoaleatorios en el dominio del tiempo como encabezados de trama;
- uso de códigos de baja densidad de chequeo de paridad (LDPC, por sus siglas en inglés); e,
- información del sistema protegida con tecnología de espectro disperso.

El estándar ATSC ha sido adoptado por los países mostrados en la figura 2.1, con los principales consumidores en América del Norte. A la vez, en octubre de 2006, se adoptó en China un estándar para televisión satelital y terrestre móvil llamado CMMB (China Multimedia Mobile Broadcasting). Este estándar no es compatible con el estándar de televisión digital terrestre DTMB para el mismo país. Sin embargo, debido a la importancia de la movilidad ante las emergencias es que se estructuró el sistema de alerta de emergencia sobre CMMB y no sobre DTMB.

Por su parte, el estándar T-DMB, es una adaptación del estándar de radio digital DAB (Digital Audio Broadcasting) para televisión digital. Éste ha sido adoptado en Corea del Sur como una solución inmediata ante la necesidad de un estándar para televisión móvil.

3.1. Estándar de Televisión Digital Móvil CMMB

El estándar CMMB es un sistema de transmisión de televisión híbrido, haciendo uso del servicio terrestre y servicio satelital, parecido al estándar DVB-SH. A diferencia del estándar DTMB, CMMB está diseñado para equipos de pantalla pequeña, como teléfonos celulares, y móviles o portátiles.

Este sistema utiliza su propio sistema de codificación de fuente llamado AVS (Audio Video Standard). La codificación de canal se lleva a cabo mediante

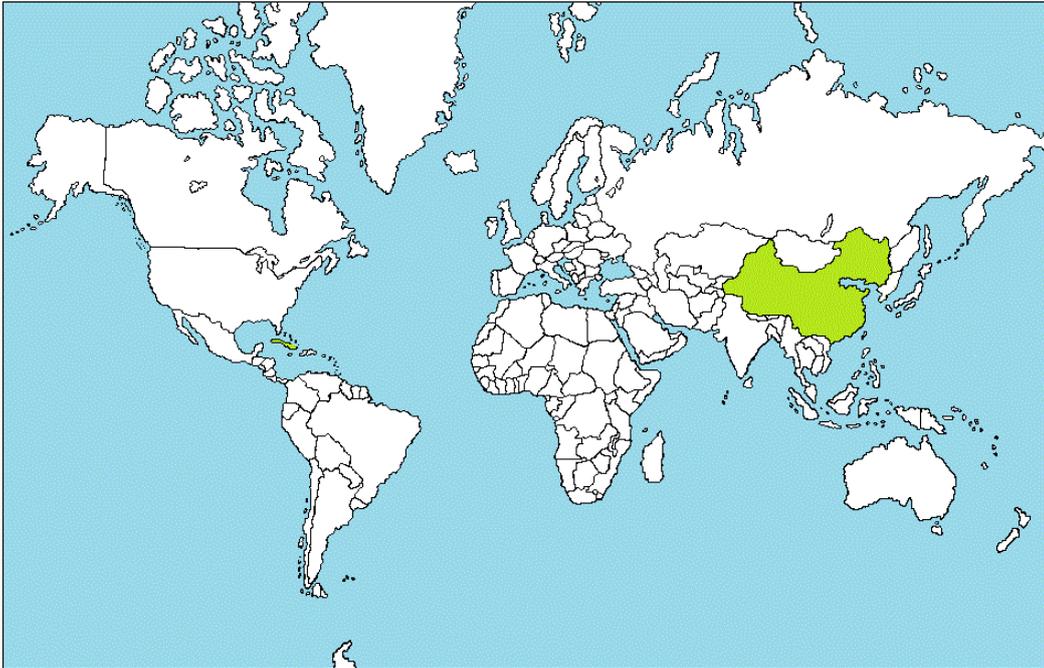


FIGURA 3.1: Países que han adoptado el estándar CMMB (verde) y T-DMB (anaranjado).

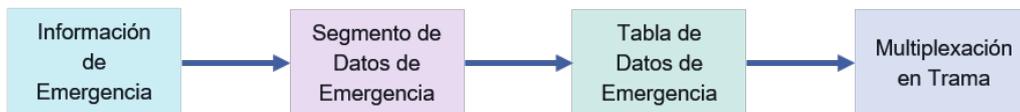


FIGURA 3.2: Diagrama de flujo de mensaje de emergencia [39]

un codificador Reed Solomon, un entrelazador de bits y un codificador LDPC. El mapeo de constelación puede ser BPSK, QPSK o 16-QAM. Finalmente, al igual que la mayoría de estándares de televisión digital, recurre a la modulación OFDM para canales de ancho de banda de 8MHz o de 2MHz [29].

3.2. Sistema de Alerta de Emergencia sobre CMMB

Puesto que China es uno de los países con mayor incidencia de desastres naturales, a través de la Ley General Nacional de Declaración de Evento Público de Emergencia se estipula el uso de canales de emergencia del sistema CMMB. De esta manera, cuando hay un evento de emergencia, el sistema CMMB es capaz de enviar los mensajes de alerta a los receptores CMMB.

La difusión del mensaje de emergencia puede representarse con texto y puede soportar audio e imágenes. Además, existen dos niveles en los que se puede difundir el mensaje: a nivel nacional a través de la red terrestre y satelital, y a nivel local a través de una red terrestre local.

CUADRO 3.1: Tabla de Datos de Emergencia [39].

Sintáxis	No. de Bytes
Emergency Broadcasting () {	
Chart ID	8
Intercurrent message number	4
Reserved	2
Emergency Broadcasting Serial No.	2
Emergency Broadcasting Data Segment Length	16
for (i=0; i<N; i++){	
Emergency Broadcasting Data Segment	8
}	
CRC_32	32
}	

El flujo de información es el mostrado en la figura 3.2. Al recolectar la información de emergencia, esta se envía a través del sistema para ser dividida y encapsulada como segmentos de los datos de emergencia. Después se vuelve a encapsular para formar las tablas de datos de emergencia y así ser multiplexada en la trama de datos del sistema de televisión.

De manera inversa, al llegar la señal al receptor, éste se encarga de demultiplexar la señal y obtener la tabla de datos de emergencia. De ahí, se desencapsulan los segmentos de datos y, de nuevo, desencapsula y une la información del evento.

3.2.1. Mensaje de Emergencia CMMB

La tabla de datos de emergencia tiene el formato mostrado en el cuadro 3.1. En esta se indican el distintivo de la tabla, el número del mensaje actual, la longitud del segmento de datos de emergencia, y un código cíclico de redundancia llamado CRC_32. También, esta contiene al mensaje de emergencia de CMMB.

El segmento de datos de emergencia (Emergency Broadcasting Data Segment) se compone de la versión de protocolo, el nivel de la red en el que se transmite el mensaje, la información de la red, el identificador del segmento actual, el identificador del segmento final, la longitud de los datos del mensaje y finalmente la información de emergencia.

El mensaje de Emergencia contiene la información relacionada con el evento. Los campos de información que tiene son:

- Tipo de emergencia.
- Nivel de la emergencia: dividido en primer nivel (especialmente serio), segundo nivel (serio), tercer nivel (relativamente serio) y cuarto nivel (general).
- Fecha y horario de envío.

- Duración.
- Idioma de transmisión: el sistema permite una programación multilingüe.
- Descriptor: el descriptor contiene el idioma del mensaje, la longitud del texto del mensaje, la información textual, la información del emisor del mensaje y el índice de información auxiliar.
- Información auxiliar: parte responsable del soporte de audio, imágenes y figuras.

3.3. Estándar de Televisión Digital Terrestre T-DMB

El sistema T-DMB está basado en el estándar DAB (Digital Audio Broadcasting) (Eureka-147), definido en ETSI 300 401 [40]. El principal objetivo de éste sistema es la transmisión de servicios de radiodifusión para recepción portátil. La codificación de video corresponde al estándar MPEG-4 AVC, mientras que la codificación de audio es mediante el estándar MPEG-4 AAC. El estándar T-DMB usa el formato de transporte MPEG-2.

El sistema DAB solamente procesa dos tipos de servicios: servicios de audio y servicio de datos. Sin embargo, T-DMB adiciona el servicio de video con el formato MPEG-4 AVC. Los servicios de audio y video se multiplexan en un canal de servicio principal (MSC o Main Service Channel). T-DMB cuenta además con otros dos tipos de canales. El canal de información rápida o FIC (Fast Information Channel), que es usado por el receptor, contiene la información de la configuración de multiplexado (MCI o Multiplex Configuration Information) y la información de servicio (SI). Por su parte, el canal de sincronización se usa para funciones de demodulación.

De forma general, el sistema de transmisión de T-DMB (figura 3.3) realiza los siguientes procesos para después ser procesada como un flujo de datos en el sistema DAB:

- Codificación de los servicios de audio y video: audio MPEG-4 AAC y video MPEG-4 AVC;
- Multiplexación del servicio de audio, servicio de video y los generadores de sección;
- Codificación de canal: el codificador es un Reed-Solomon RS (204,188); y,
- Entrelazado convolucional.

Después de haber realizado los procesos mencionados, el flujo de datos obtenido ingresa al sistema DAB a través del modo de secuencia (stream mode). Este stream puede ser codificado a través mediante la opción de Acceso Condicional. Posteriormente, entra al bloque de codificación de dispersión de energía. Seguido de éste paso, se encuentra el codificador convolucional que permite la protección contra errores igual y desigual. El último paso, antes

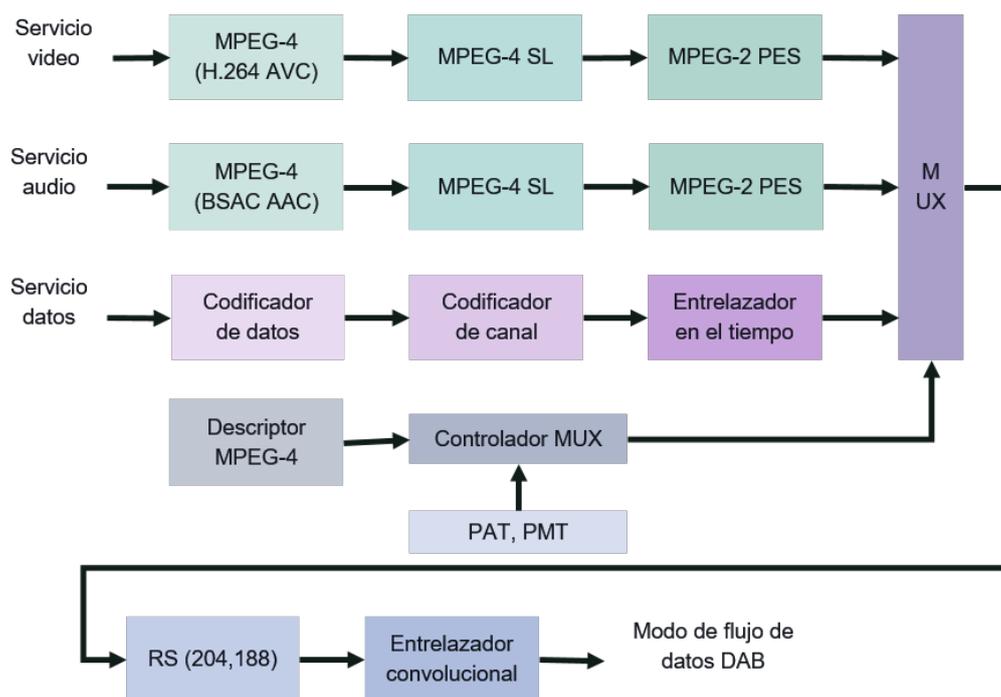


FIGURA 3.3: Diagrama de bloques del sistema transmisor T-DMB [29].

de ser el stream multiplexado con los demás servicios, es el entrelazado en el dominio del tiempo. Entonces, los servicios se unen para formar el canal de servicio principal.

Dicha secuencia de datos es entrelazada en el dominio de la frecuencia para posteriormente entrar al bloque de modulación OFDM, cuya señal será la que transmitirá el sistema T-DMB.

3.4. Sistema de Alerta de Emergencia sobre T-DMB

El estándar T-DMB es considerado como el principal medio para la transmisión de alertas de emergencia en Corea del Sur. Inicialmente, se usó para la transmisión de alertas dentro de edificaciones y en exteriores. Debido a la geografía del país y de las condiciones climáticas, se ha decidido expandir la cobertura a las zonas subterráneas para incrementar el número de usuarios que reciben las alertas.

El Servicio de Alerta Automática de Emergencia (AEAS, por sus siglas en inglés), desplegado en Corea del Sur sobre T-DMB, tiene prioridad sobre los demás servicios transmitidos. También, hace uso de códigos regionales para identificar las zonas en donde se transmitirá la alerta. El sistema AEAS permite la modificación del nivel de audio del receptor por lo que se puede aumentar automáticamente el volumen y transmitir una alarma sonora. El sistema AEAS



FIGURA 3.4: Diagrama del Sistema T-DMB AEAS.



FIGURA 3.5: Estructura FIG 5/2 [40].

tiene la finalidad de enviar mensajes visuales (texto) a los usuarios para describir los eventos de emergencias e instrucciones de evacuación.

El sistema AEAS T-DMB, mostrado en la figura 3.4 cuenta con dos agentes principales. El primero es el sistema de transmisión AEAS que es responsable de recibir el mensaje AEAS de los sistemas de monitoreo nacionales (NEMA y KMA) y codificar el mensaje para ser multiplexado con los servicios habituales de la trama T-DMB [39].

El segundo agente es el sistema de monitoreo AEAS encargado de analizar la señal de AEAS. Esta parte se encuentra en el receptor, y es la responsable de analizar el canal FIDC (Fast Information Data Channel). De esta forma, analiza el formato FIG 5/2, que se explicará en el siguiente punto, y extrae la información del mensaje AEAS y la despliega en la pantalla del dispositivo.

3.4.1. Mensaje AEAS

El canal de transmisión de T-DMB se conforma del FIC (Fast Information Channel) y del MCI (Multimedia Configuration Information). Para evitar que el receptor consuma continuamente energía, el monitoreo del FIC permite el ahorro de energía y la activación del receptor cuando se reciba una alerta.

Dentro del MCI se encuentra la señal FIDC, mediante la cual se envía el mensaje AEAS, con un formato denominado FIG 5/2(EWS) mostrado en la figura 24. El bit llamado D2 es el responsable de notificar al receptor de la existencia de un mensaje de alerta. Cuando D2=0, el campo 5/2 transporta información de relleno. En cambio, cuando D2=1, el campo 5/2 contienen el mensaje AEAS con la información respectiva al evento de emergencia.

El mensaje AEAS es el responsable de traducir la información de una alerta a un formato óptimo para su envío a través de la red de telecomunicaciones.

CUADRO 3.2: Formato Mensaje AEAS [40].

Campo	Event Code	Severity	d&t	tGeo Code	nGeo Code	rfu	Geo Codes	Desc &Link
No. de Bits	24	2	28	3	4	3	variable	variable

CUADRO 3.3: Encabezados de segmentos AEAS.

Campo	Current	nSegment	OriginL	MsgId
No. de Bits	4	4	3	5

El mensaje AEAS contiene los campos para enviar un mensaje de texto corto y que este sea procesador dependiendo de la ubicación del receptor. El formato del mensaje se describe en el cuadro 3.2.

A continuación se explican los campos contenidos en el mensaje AEAS:

- **EventCode**, es el identificador de cada uno de los eventos;
- **Severity**, es la severidad del evento, pudiendo tomar los valores de ‘desconocida’, ‘moderada’, ‘severa’ y ‘extrema’;
- **d&t**, se refiere a la fecha y el tiempo en el formato UTC;
- **tGeoCode**, indica el tipo de código usado en el mensaje. Este puede ser para el territorio completo de la República de Corea, definido por el Gobierno de la República de Corea, o Código Regional de Corea, dirigido al público en general.
- **nGeoCode**, determina el número de códigos geográficos que delimitan el área de alcance del mensaje AEAS.
- **GeoCodes**, son los códigos geográficos que delimitan el área en la que se transmitirá la alerta y cuyo número fue anteriormente determinado mediante **nGeoCode** y **tGeoCode**;
- **Desc&Link**, contiene la información que se presentará al usuario, habitualmente en manera de texto, y posiblemente un hipervínculo que le permita conocer información adicional asociada al mensaje AEAS.

Existe una limitante de utilizar el formato FIG 5/2. Normalmente, los mensajes AEAS deben segmentarse para poder enviarse a través de dicho formato. El campo de datos del FIG, solamente puede incluir un segmento del mensaje AEAS por lo que es necesario el uso de encabezados de segmentación para informar al receptor acerca del mensaje completo. El encabezado cumple con las especificaciones mostradas en el cuadro 3.3.

El campo Current indica el número de la secuencia del segmento actual. Por su parte, nSegment contiene el número total de segmentos del mensaje AEAS. Seguido de éste, la identificación del mensaje AEAS, o AEASId, es el campo que permite que el receptor ensamble el mensaje de AEAS completo indicando el tipo de origen del mensaje (OriginL), ya sea nacional, provincia o condado, y un contador MsgId que contiene el número del mensaje AEAS.

3.4.2. Sistema de Radiodifusión de Emergencia (EBS) en túneles.

El sistema de alerta sobre T-DMB ha sido propuesto para su uso en túneles en Corea del Sur [22]. El Sistema de Radiodifusión de Emergencia (EBS) se creó con el principal objetivo de transmitir alertas en zonas de difícil acceso de las señales ordinarias de televisión o radio, como los túneles y zonas subterráneas.

En situación de emergencia, el contenido que se transmitirá es seleccionado de acuerdo con el evento. El sistema EBS recibe, a través de una antena externa, la señal del servicio T-DMB. Posteriormente, retransmite la señal usando repetidores dentro de los túneles. La señal se transmite a través de un cable coaxial con pérdidas (LCX).

Estructura del sistema EBS en túneles.

La señal recibida por la antena externa (fuera del espacio subterráneo o túnel) recibe un tratamiento para ser emitida dentro del área designada. Inicialmente, pasa por un filtro y por un amplificador de bajo ruido (LNA). Después, la señal de radiofrecuencia es convertida a una de frecuencia intermedia. A través de un convertidor analógico-digital y un convertidor de bajada, se obtiene la señal en banda base. A ésta señal se le quita la interferencia y es ecualizada. Posteriormente, pasa por el proceso inverso para poder ser transmitida en RF. De esta manera, la señal de T-DMB es retransmitida dentro del túnel.

Capítulo 4

Sistemas de Alerta de Emergencia sobre DVB-T

Digital Video Broadcasting (DVB) surge en la década de los noventa en Europa, dando paso a tres estándares conocidos como DVB-C, DVB-S y DVB-T. DVB-S se enfoca en los sistemas de comunicaciones satelitales (1993) y DVB-C en las redes cableadas. Por último, en 1997, se adopta el estándar de DVB-T para televisión digital terrestre, con sus primeras transmisiones en Reino Unido y en Suecia. En la actualidad, los países que han adoptado el estándar DVB-T y/o DVB-T2 (2da generación) se muestran en la figura 4.1.

El estándar DVB-T es el de mayor aceptación e implantación para televisión digital a nivel mundial. El estándar DVB-T permite diversas configuraciones para la capa de transmisión, cada una con diferentes relaciones capacidad-robustez. Tras su adopción en la región Asia Pacífico, fue necesario implementar un Sistema de Alerta de Desastres por la alta incidencia de desastres naturales en la zona.

4.1. Estándar de Televisión Digital Terrestre DVB-T

En 1995, se define el estándar de TDT del proyecto DVB a través del estándar ETSI EN 300 744 [42]. Ahora bien, en DVB-T se describen canales de transmisión con anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz. De acuerdo con el número de portadoras, se clasifican en dos modos de operación, el modo 2K (IFFT de 2046 puntos) y el modo 8K (IFFT de 8192 puntos).

DVB-T utiliza la codificación de audio MPEG-2 o MPEG-4 AAC y MPEG-2 o H.264/AVC (MPEG-4) para la codificación de video. Para la etapa de transporte utiliza la sintaxis del transport stream de MPEG-2. Al igual que el TS de ATSC A/53, el paquete TS se compone de 188 bytes, de los cuales los primeros 4 forman el encabezado y los 184 restantes son carga útil.

4.1.1. Modulación y Transmisión

El estándar DVB-T usa una modulación COFDM, diseñada para enfrentar el multitrayecto y que también es buena para enfrentar los efectos de las redes en frecuencia única (SFN). La etapa de transmisión se compone de los subprocesos mostrados en la figura 4.2.

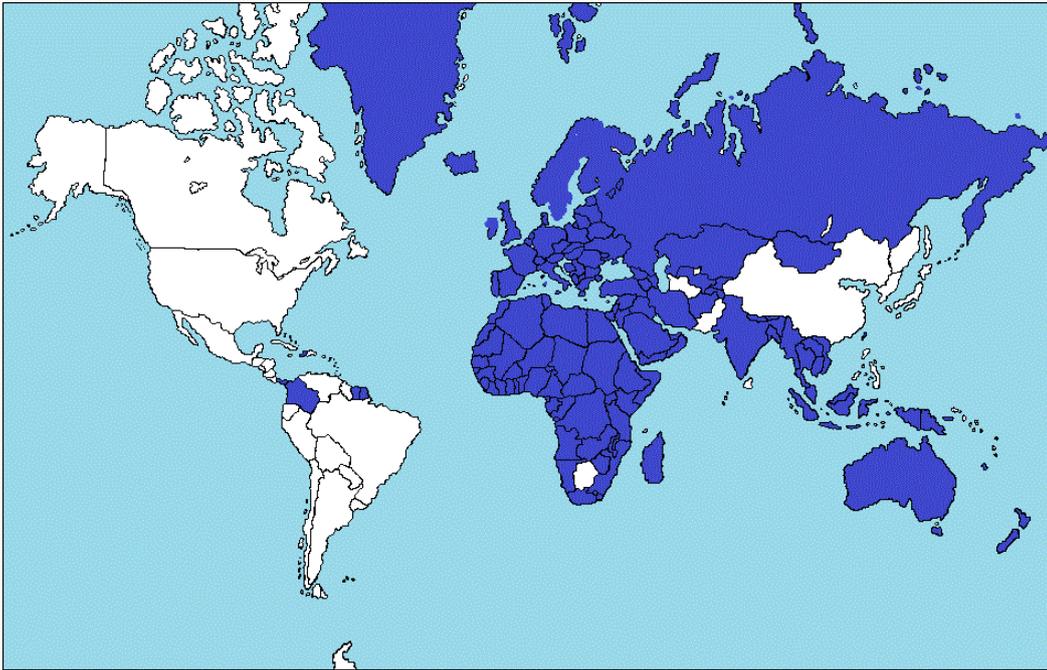


FIGURA 4.1: Países que han adoptado el estándar DVB-T/DVB-T2 [41]

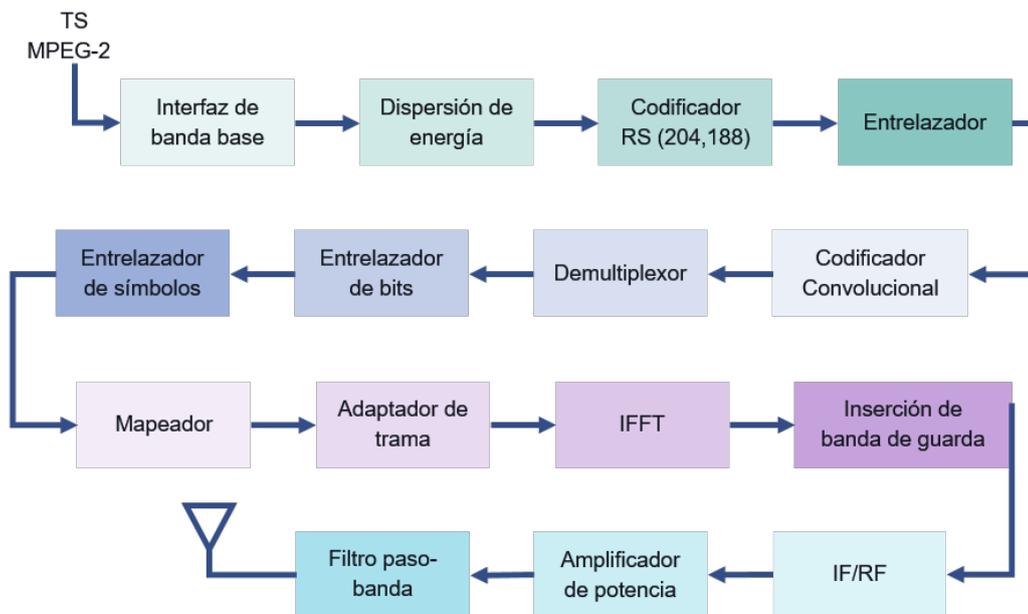


FIGURA 4.2: Diagrama a bloques del modulador DVB-T [29].

El estándar DVB-T introduce el término de modulación jerárquica, que permite una codificación diferente en caso de insertarse dos TS al modulador. En consecuencia, se generan dos trayectorias de la codificación FEC independientes, siendo una de las trayectorias de alta prioridad, y otra de baja prioridad.

El modulador se sintoniza a la señal de TS MPEG-2 mediante la interfaz de banda base. Posteriormente, los datos en la interfaz se mezclan con un flujo de datos de un generador de ruido pseudoaleatorio para lograr la dispersión de energía (densidad espectral de potencia plana). De este punto, el flujo de datos pasa por el codificador externo que es un codificador Reed-Solomon que agrega 16 bytes de paridad, seguido de un entrelazador. El codificador interno es un código convolucional con una tasa de código típica de 1/2, pero puede tomar los valores establecidos en el estándar DVB-T de: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8.

La salida del codificador convolucional se demultiplexa para obtener 2, 4 o 6 salidas de flujos de datos dependiendo del tipo de modulación indicado (2 para QPSK, 4 para 16-QAM y 6 para 64-QAM). El entrelazador de bits se encarga de mezclar los bits contenidos en bloques de 126 bits. Los bloques son nuevamente mezclados por el entrelazador de símbolos.

Los símbolos OFDM usan 1512 portadoras útiles en el modo 2K y 6048 para el modo 8K. Esto significa que para el modo 2K se requieren 12 bloques para representar un símbolo, para el modo 8K, se requieren 48 bloques de 126 bits. Cada símbolo es mapeado dependiendo de la modulación jerárquica (en caso de usarse).

Dentro del bloque de mapeo de símbolos se involucran dos procesos, el mapeador y el adaptador de trama. El mapeador se encarga de traducir la señal de entrada a la estructura de trama determinada en el estándar y mantiene los espacios donde serán introducidas las portadoras piloto y las TPS (señalización de parámetro de transmisión) por el adaptador de trama.

Las tablas completadas (de 2048 valores en el caso del modo 2K y 8192 valores para el modo 8K se entregan al bloque de IFFT. Después se inserta el intervalo de guarda (prefijo cíclico) que puede ser de , 1/8, 1/16 ó 1/32 de la duración del símbolo. Finalmente se convierte la señal de frecuencia intermedia (IF) a RF para ser amplificada en potencia y filtrada para su transmisión.

Las tasas de transmisión netas en DVB-T varían entre cerca de 4 Mbps hasta 31 Mbps dependiendo de los parámetros de transmisión y ancho de banda utilizado.

4.2. Estándar de Televisión Digital Terrestre DVB-T2

Los principales atributos que se modificaron en la segunda generación de televisión digital terrestre de DVB son la codificación de video H.264/ AVC (MPEG-4) y audio MPEG-4 AAC con una sintaxis de transport stream TS MPEG-2 o mediante un flujo genérico (GS, generic stream).

La recomendación de codificación de video H.264 fue presentada por la UIT-T en el año 2002 y adoptada en el año 2003 para el estándar MPEG-4 AVC.

Entre los países que actualmente ocupan el estándar MPEG-4 AVC se encuentran: Belarús, Letonia, Lituania, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, Suecia, Ucrania, Taiwán entre otros. Por su parte, la codificación de audio MPEG-4 AAC se introduce en el año 1999 y es usado en la mayoría de estándares de televisión móvil.

La capacidad del sistema DVB-T2 aumenta con respecto al DVB-T en un 67% para las redes en frecuencia única (SFN) [43].

La codificación interna o codificación a nivel de bits se realiza a través de códigos BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) y códigos LDPC (low density parity check). El mapeo se realiza en modulaciones QPSK, 16-QAM, 64-QAM y 256-QAM. La modulación OFDM ofrece diferentes modos: 1K, 2K, 4K, 8K, 16K y 32K que dependen del número de puntos asignados a la FFT. Además, el intervalo de guarda puede ser de 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 19/256 ó 1/128 de la duración de un símbolo.

El mismo estándar determina las tasas de datos máximas recomendadas que van de los 7.44 Mbps a los 50.32 Mbps en el caso del canal de 8 MHz.

4.3. Información de Servicio DVB-SI

El estándar ETSI EN 300 468 [44] define la Información de Servicio (SI) que forma parte de los flujos de datos de DVB, de manera que se informa de los servicios disponibles y que el decodificador pueda configurarse de manera automática para recibir el servicio seleccionado. La SI se especifica en el estándar ISO/IEC 13818-1 [31] como Información Específica de Programa (PSI).

Los datos PSI se identifican mediante cuatro tipos de tablas:

1. Tabla de Asociación del Programa (PAT), que por cada servicio en el multiplexor da la ubicación de las tablas PMT y NIT del servicio;
2. Tabla de Acceso Condicional (CAT);
3. Tabla de Mapeo de Programa (PMT), que indica la ubicación de los flujos de datos que conforman un servicio y la referencia de reloj del programa; y,
4. Tabla de Información de Red (NIT), recopila la información relacionada a la organización física de los TS transportado en la red y las características de la red.

No obstante, es necesario proveer información de los eventos y los servicios a los usuarios. Con este fin, la información adicional se establece en nueve tablas indicadas en el mismo estándar.

4.4. Sistema de Alerta de Emergencia sobre DVB-T

El sistema de alerta de emergencia de DVB-T utiliza 3 procesos para la transmisión de las alertas a los receptores.

CUADRO 4.1: Información y formato de señalamiento TPS.

Número de bit	Contenido
s ₀	Inicialización
s ₁ al s ₁₆	Palabra de sincronización
s ₁₇ al s ₂₂	Indicador de longitud
s ₂₃ , s ₂₄	Número de trama
s ₂₅ , s ₂₆	Constelación
s ₂₇ , s ₂₈ , s ₂₉	Información de jerarquía
s ₃₀ , s ₃₁ , s ₃₂	Tasa de codificación, trama HP
s ₃₃ , s ₃₄ , s ₃₅	Tasa de codificación, trama LP
s ₃₆ , s ₃₇	Intervalo de guarda
s ₃₈ , s ₃₉	Modo de transmisión
s ₄₀ al s ₄₇	Identificador de llamada
s ₄₈ al s ₅₃	Todos en "0"
s ₅₄ al s ₆₇	Protección contra errores

4.4.1. RF y Modulación

En una situación de emergencia, los receptores de DVB-T pueden ser configurados de manera automática durante la transmisión. A través del formato de TPS (Transmission Parameter Information), contenido en las tramas de OFDM, es posible modificar las tasas de codificación, el modo de transmisión y el código para protección contra errores (código BCH). Al hacer la señal más robusta, se asegura que llegará la alerta de emergencia a las zonas afectadas en el menor tiempo posible.

La señal TPS se define a través de 68 símbolos consecutivos, que conforman una trama OFDM. Lo integran 1 bit de inicialización, 16 bits de sincronización, 37 bits de información y 14 bits de redundancia para protección contra errores. De los 37 bits de información, 31 son útiles mientras que los 6 sobrantes se marcan como ceros. En el cuadro 4.1 se encuentran las especificaciones de la señal TPS.

Con la finalidad de lograr una mayor cobertura o protección de la información, estos parámetros pueden ser modificados desde la estación radiodifusora (emisor) y son automáticamente procesados en los receptores DVB-T. Por ejemplo, se puede cambiar de una modulación normal de 64-QAM a una QPSK, haciendo la señal más robusta para su correcta demodulación, y el receptor se adapta a la señal y funciona de manera correcta para recibir la información de la emergencia.

4.4.2. Soporte de Anuncios

Tras modificar, de ser necesario, los parámetros de modulación y de RF, los receptores reciben instrucciones para desplegar o reproducir un mensaje de emergencia. Idealmente, se sugiere el uso de una combinación de señales

CUADRO 4.2: Información de conmutación de anuncios.

Sintaxis	Número de bits
announcement_switching_data(){	
announcement_switching_data_sync	8
data_field_length	8
announcement_switching_flag_field_1	16
announcement_switching_flag_field_2	16
}	

auditivas y visuales para alertar al usuario. En el estándar DVB-T, las especificaciones de codificación de audio y video y la información de servicio (SI) contienen la señalización necesaria para la transmisión de las señales que pueden usarse con fines de alerta de emergencia.

Sin embargo, el sistema de alerta de emergencia de DVB-T, considera únicamente el uso de anuncios de audio. A través de la información de servicio DVB-SI [44] y de la tabla de descripción de servicio (SDT), se da a conocer los servicios contenidos en un transport stream. Para el SAE, la tabla SDT, a su vez, contiene el descriptor de soporte de anuncios (announcement_support_descriptor) que indica el tipo de anuncio y la ubicación del mismo.

Los tipos de anuncios que son válidos en el estándar DBV-SI son alarma de emergencia, anuncio de tráfico en vías automovilísticas, anuncio de transporte público, mensaje de alerta, anuncio noticioso, anuncio del clima, anuncio de eventos y llamada personal. De los mencionados, tanto la alarma de emergencia como el mensaje de alerta se asocian al SAE.

A la vez, la ubicación del anuncio puede ser dentro del mismo servicio o en uno diferente, a través del mismo transport stream o uno diferente. Al ser informado el receptor de la ubicación de la anuncio, es posible hacer un cambio automático al servicio y/o transport stream que contenga el mensaje de alerta.

4.4.3. Activación del Anuncio

El paso siguiente es el monitoreo, por parte del receptor, de las banderas dinámicas incluidas en el transport stream, que activan en tiempo real la conmutación de los servicios y/o el TS en el receptor. La información relevante se da a través de la información de conmutación de anuncios (cuadro 4.2) [45]. Este campo se incluye en las tramas de audio MPEG y es opcional.

Los campos de 16 bits announcement_switching_flag especifican los tipos de anuncios que se están ocupando en la transmisión. Estos campos deben concordar con el indicador de soporte mencionado en la sección anterior. El primer campo se usa para anuncios dentro del flujo de audio usual. El segundo campo se utiliza para anuncios en los flujos de audio que no son el principal.

A través de estos tres métodos, el radiodifusor puede modificar la modulación de la señal para asegurar que las alertas llegarán a los usuarios. Por otra

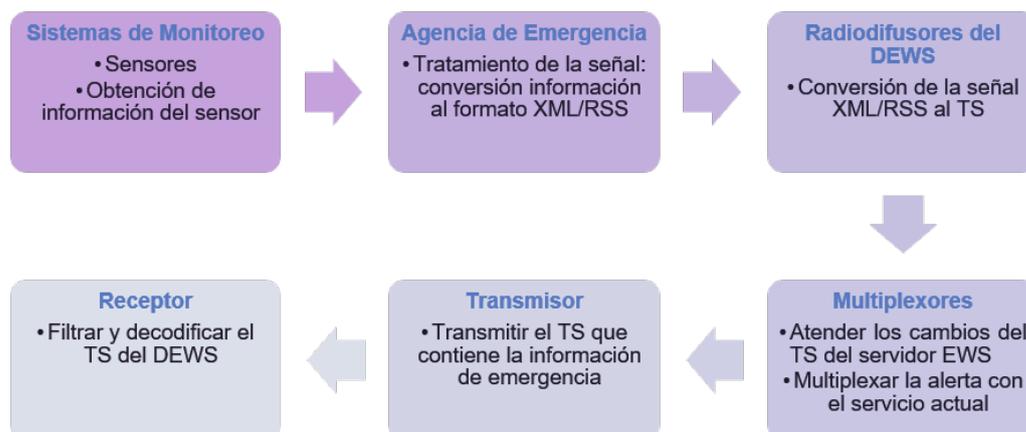


FIGURA 4.3: Diagrama de flujo del DEWS en Indonesia sobre DVB-T [46].

parte, los receptores pueden ser sintonizados a un servicio que ha sido determinado por el radiodifusor para transportar la alerta de emergencia. El tipo de mensaje que se recibe, entonces, será de audio ya que las especificaciones del estándar contemplan solamente el uso de dicho servicio para el envío de mensajes de alerta de emergencia.

4.5. Implementación de DEWS sobre DVB-T en Indonesia

Los desastres naturales, como los terremotos y los tsunamis, ocurren con frecuencia en Indonesia. A través de un estudio realizado en la Universidad de Indonesia, se propone un sistema de alerta de desastres basado en la tecnología DVB-T. A éste se le nombró Sistema de Alerta de Emergencia de Desastres (DEWS, por sus siglas en inglés).

El problema inicial del estudio fue establecer el flujo que tendría la información y la jerarquía de los subsistemas que conforman el sistema de alerta. En la figura 4.3 se presenta el esquema de flujo propuesto.

4.5.1. Especificaciones del mensaje de Alerta del DEWS

Este estudio propone el uso de cuatro categorías de datos que se incluyen en la transmisión del sistema de emergencia. La primera es el mensaje de emergencia (de desastre), seguido por el tipo de desastre, ubicación (coordenadas de geolocalización) y fecha de publicación.

1. Mensaje de emergencia: contiene la información textual del evento.

CUADRO 4.3: Sintaxis DEWS_INFORMATION.

Sintaxis	Número de bits
emergency_info_section{	
original_network_id	16
transport_stream_id	16
version	16
owner_descriptor	80
}	

2. Tipo de desastre: se consideran 13 tipos de desastre delimitados por la Ley de la República de Indonesia que son terremoto, tsunami, eventos relacionados a volcanes, inundación, sequías, huracanes, erupciones, epidemias, plagas, pallas tecnológicas, fallas de modernización, conflictos sociales y terrorismo.
3. Ubicación: contiene la latitud y longitudes del desastre.
4. Fecha de publicación: informa cuando ocurrió el desastre en el formato `aaaa-mm-dd HH:mm:ss` (año, mes, día y hora, minuto y segundo).

4.5.2. Formato del Mensaje de la BMKG

La Agencia de Indonesia para Meteorología, Climatología y Geofísica o BMKG, es la responsable de entregar la información “cruda” de los sistemas de monitoreo antes situaciones de emergencia causadas por fenómenos naturales. Entonces, es necesario conocer el formato con el que entrega la información de los eventos. La propuesta DEWS adopta el formato XML/ RSS.

El formato XML/RSS tiene la ventaja de ser un formato de descripción y sindicación de metadatos liviano, extensible y multipropósito. Cada elemento descrito mediante XML/RSS contiene, de manera mínima, un título, un hipervínculo y una breve descripción [47].

4.5.3. Sintaxis del Código de Alerta de Emergencia para Desastres DVB-T

A través de estándar DVB-T [44], y el estándar ISO/EIC 13818-1 [31] se especifica que para hacer uso de la información de servicio (SI) de DVB-T, se debe hacer referencia a una información específica del programa (PSI, por sus siglas en inglés). La PSI contiene la información para activar automáticamente la función de demultiplexación y decodificación de diversos flujos de programación dentro de la señal multiplexada.

En la propuesta se crean dos nuevas tablas (definidas por el usuario). La primera, que llamaron DEWS_INFORMATION (cuadro 4.3) incluye la información acerca del radiodifusor que transmite el mensaje. Este campo de 16 bits (`original_network_id`) contiene la identificación de red del sistema que originó

CUADRO 4.4: Sintaxis DEWS_MESSAGE.

Sintaxis	Número de bits
emergency_message{	
dews_network_id	16
disaster_code	16
latitude	8
longitude	8
message_total	16
for(i=0; i<message_total; i++){	
destination_network_id	16
severity_code	16
message	90
}	
}	

el mensaje de alerta (multiplexor), para asegurar que el mensaje sea recibido, principalmente, en las zonas afectadas.

La segunda, DEWS_MESSAGE (cuadro 4.4), contiene información acerca del estatus de la alerta. El mensaje al ser enviado por una Agencia de Emergencias, se transmitirá en el formato de texto. Este mensaje contiene la ubicación del multiplexor destinatario, a través del comando `destination_network_id`.

En el receptor, al compararse el `original_network_id` del DEWS_INFORMATION con el `destination_network_id` del DEWS_MESSAGE, se confirma al receptor que existe una emergencia en su ubicación. Esto se logra al ser los multiplexores de la red capaces de conocer su posición geoespacial y el área de cobertura de cada uno.

4.5.4. Algoritmo de localización del mensaje

La última etapa se refiere a la localización del mensaje de alerta de DEWS por parte del receptor. El algoritmo presentado en el estudio, busca identificar el área cubierta por un multiplexor a partir de su identificación de red (`network_id`).

De esta manera, los mensajes emitidos por la radiodifusora pueden anunciar las alertas de manera local en las zonas afectadas. Para saber cuál identificación de la red es la responsable de emitir el mensaje, la latitud y longitud deben ser registradas para saber si el área afectada está dentro de la zona de cobertura de un multiplexor o no. Al usar el algoritmo mostrado en la propuesta, el receptor podrá conocer la ubicación del multiplexor mediante su latitud y longitud y el radio de cobertura del mismo.



FIGURA 4.4: Diagrama de flujo del sistema CHORIST [49].

4.6. Proyecto CHORIST

CHORIST fue un proyecto que se realizó de 2006 al 2009 por parte de 17 socios provenientes de 8 países europeos. Mediante el proyecto CHORIST se analizaron diversas propuestas técnicas en el campo de alerta temprana [48][49]. El Módulo 2 del proyecto se enfoca en la alerta a la población, donde se estudiaron medios por los cuales se hace llegar el mensaje al usuario. Los medios de distribución mencionados son los siguientes:

1. Digital Audio Broadcasting (DAB) para radio digital;
2. Digital Video Broadcasting (DVB) para televisión digital; y,
3. GSM para telefonía celular.

En el momento de realización del proyecto, se contaba mayoritariamente con sistemas de alerta de sirenas, que solamente cubrían pequeñas áreas y cuyos mensajes estaban limitados. La propuesta del proyecto era establecer una red de alerta de emergencia capaz de aumentar el área de cobertura y brindar mayor información sobre algún evento.

El proyecto CHORIST propone un prototipo dirigido por Komcentra, one2many, SPMM, TUDelft, VODAFONE y Tradia Telecom. El prototipo se compone de un creador y distribuidor de los mensajes (SPMM y TUDelft) para una red de televisión digital sobre DVB (Tradia Telecom).

El Creador y Despachador de Mensajes (MCD, por sus siglas en inglés) es el sistema que usarán las autoridades de diferentes niveles (nacional, regional y local) y los demás agentes involucrados en el sistema de alerta. El MCD funciona a partir de un servidor web al que podrán acceder diversos agentes de manera simultánea mediante el Internet. El MCD será un proceso en cadena que se utilizará siguiendo la siguiente jerarquía:

1. Evaluar la información recibida sobre el evento;
2. Elegir el mensaje a enviar, el área de cobertura y los canales por los que se transmitirá el mensaje; y,

3. Crear el mensaje con las especificaciones del paso anterior, y activar la transmisión del mensaje.

En cuanto a las especificaciones del mensaje del prototipo, este deberá contener los datos del nivel de alarma, ubicación, información, acciones a tomar, información adicional, transmisor y etiqueta de tiempo.

El área de cobertura en la que se difundirá el mensaje será definida mediante un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés). El radiodifusor elegirá el área, cuándo y por cuánto tiempo se transmitirá el mensaje de alerta. Después de que el proveedor del servicio haya elegido el mensaje, área y canales a utilizar, el MCD envía un mensaje del Protocolo de Alerta Común (CAP) a través de un enlace seguro TCP/IP a cada radiodifusor.

En cuanto al medio de comunicaciones utilizado para la transmisión del mensaje, solamente explicaré la parte relacionada con la televisión digital. Utilizando un chipset MHP (Multimedia Home Plataform) insertado en el receptor DVB, es posible decodificar el mensaje. La plataforma MHP para contenido multimedia es un conjunto de instrucciones que le permiten al sistema operativo de una televisión digital, el procesar aplicaciones interactivas que ha recibido la televisión.

El mensaje de alerta se agrega al flujo de información de DVB-T. Este mensaje incluye el código postal o algún otro código de zona, de manera que solamente los receptores cuyo código coincida con el transmitido en el mensaje de alerta puedan desplegar el mensaje. El mensaje se presentará de manera automática a forma de texto sobre la programación habitual de televisión. Los mensajes se desplegarán en diferentes idiomas y podrán contener iconos para indicar las acciones a tomar.

El proyecto CHORIST no fue renovado al terminar el plazo activo de investigación (2006-2009) por lo que es incierto si se aplicaron las propuestas del proyecto o se retomaron para aplicaciones futuras.

Capítulo 5

Sistemas de Alerta de Emergencia sobre ISDB-T

El sistema ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial Television) fue adoptado en el año 1999 en el mismo país de su creación, Japón. Al haber sido creado después de los estándares ATSC y DVB-T, el ISDB-T retomó las características que ofrecían una mejor calidad de servicio. Por esta razón, el estándar ISDB-T utiliza una modulación de portadora múltiples COFDM, al igual que el estándar DVB-T, pero con mayor complejidad.

ISDB-T ofrece servicios especiales como la transmisión jerárquica, con lo que permite que las señales sean decodificadas por diversos receptores, tanto de banda angosta como de banda ancha (incluyendo receptores móviles e inalámbricos).

El estándar ISDB-T define canales de RF con un ancho de banda de 6, 7 y 8 MHz. Sin embargo, en Japón solamente se utilizan los canales de 6 MHz. Fuera de Japón, el estándar fue adoptado en Brasil bajo el nombre de SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisao Digital). Tras su adopción en Brasil, diversos países de Sudamérica optaron por retomar el estándar para televisión digital terrestre dentro de sus territorios.

5.1. Estándar de Televisión Digital Terrestre ISDB-T

La codificación de fuente y compresión del sistema ISDB-T permite incorporar diversos formatos de audio y de video, dentro de los cuales se incluyen la sintaxis de MPEG-2 y MPEG-4. El estándar ISDB-T en Japón utiliza la sintaxis de compresión de audio MPEG-2 AAC y la sintaxis de video MPEG-2 HDTV. En cuanto a la capa de transporte, se retoma la sintaxis de TS de MPEG-2. La modulación jerárquica también se incluye en este estándar que permite la integración de 3 capas con diferentes parámetros de transmisión.

La etapa de RF/ Transmisión es muy similar a la establecida en el estándar DVB-T. La codificación de canal se realiza a través de un codificador Reed-Solomon RS (204,188) y un codificador convolucional con tasas de 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8.

Por otra parte, los modos de modulación posibles son QPSK, 16-QAM, 64-QAM y DQPSK. En cuanto a la modulación OFDM, los modos de transmisión

CUADRO 5.1: Clasificación de casos de EWB en Japón [50].

Clase	Nivel	Descripción
Clase I	Nacional	Terremoto de larga escala (de acuerdo a la Ley de Acción Excepcional como Contramedida para Terremoto de Larga Escala)
Clase I	Local/ Prefectura/ Nacional	Emergencias Locales (de acuerdo Ley Básica de Contramedida para Desastres)
Clase II	Prefectura/ Nacional	Alerta de Tsunami (de acuerdo a la Ley de Asuntos Climatológicos)

de la administración local y de las corporaciones públicas locales y realizan un Plan Local de Gestión de Desastres. El Plan Local de Gestión de Desastres contiene diferentes volúmenes dirigidos a eventos como terremotos, tormentas e inundaciones, actividad volcánica, etc.

El sistema EWB digital inició sus transmisiones en el año 2000 para difusión satelital y en el 2003 para radiodifusión de televisión terrestre. En la televisión digital, la información de alerta de emergencia es multiplexada con los servicios comunes de radiodifusión.

Las alertas de emergencia fluyen desde una agencia meteorológica, para ser filtradas o seleccionadas de acuerdo a su prioridad e importancia. La información aprobada es entregada a una estación emisora y es transmitida en el área de cobertura del servicio. El sistema EWB permite el envío de mensajes de alerta para televisión digital y también es posible realizar la activación de los equipos receptores para que puedan procesar la información de emergencia y se alerte al usuario.

Para identificar los mensajes de alerta en el TS del sistema de televisión digital, es necesario hacer uso de un descriptor (denominado descriptor EWB). Por otra parte, para realizar la activación automática de los receptores, es necesario activar las banderas designadas en las portadoras TMCC como se explica a continuación.

5.2.1. Descriptor EWB

La información de emergencia se multiplexa junto con los flujos elementales (ES) de audio y video, y los datos auxiliares para formar parte del transport stream. Dentro del paquete TS MPEG-2 de 188 bytes, en la sección de carga útil encontramos la tabla PMT con la estructura de la figura 5.2.

La tabla PMT es la tabla de mapa de programa que se transmite de manera periódica en el TS, que junto con la tabla PAT, la tabla CAT y la tabla NIT son señales de control de transmisión. La tabla PMT especifica el identificador del paquete (PID) de los paquetes TS que transportan las señales codificadas que contienen los programas.

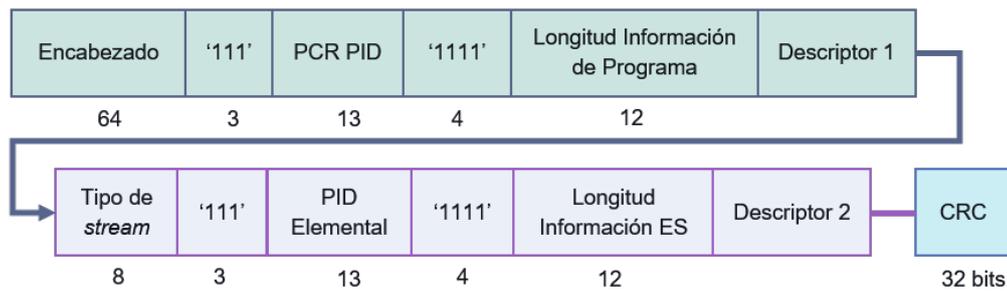


FIGURA 5.2: Tabla PMT [39].

La señal de alerta de emergencia se identifica mediante el descriptor de información de emergencia. Dentro de la tabla PMT, el descriptor 1 debe tomar la forma del descriptor de información de emergencia (figura 5.3) establecido en el ARIB STD-B32 [51]. La composición del descriptor es la siguiente:

1. La etiqueta del descriptor que identifica la información de emergencia es 0XFC.
2. La longitud del descriptor es el número de bytes posteriores a este campo.
3. La identificación de servicio tiene como fin identificar el número del programa transmitido.
4. El valor de la bandera de inicio/fin será "1" al iniciar o estar en progreso la señal de la emergencia y será "0" al terminar la transmisión.
5. El tipo de la señal será "0" al tratarse de un señal de la Clase I o "1" al tratarse de una señal Clase II (véase cuadro 5.1).
6. La longitud del código de área es el número de bytes posteriores a este campo.
7. El código de área transmite el código definido en la tabla B.1-3 del estándar ARIB STD-B52 [52].

Este tipo de transmisión se usa principalmente para anunciar los eventos sísmológicos y tsunamis, presentando, así, la región donde se originó, tiempo, profundidad y magnitud del terremoto al ser ésta mayor a 3, la región afectada por el evento y la intensidad sísmica. En cuanto a los tsunamis, el mensaje anuncia la presencia del evento y la región afectada por el mismo.

5.2.2. Señal de activación de receptores portátiles mediante señales EWB

Los equipos que se encuentran en estado de espera o stand-by pueden ser activados a través de señales de control enviadas al receptor. En ISDB-T, las

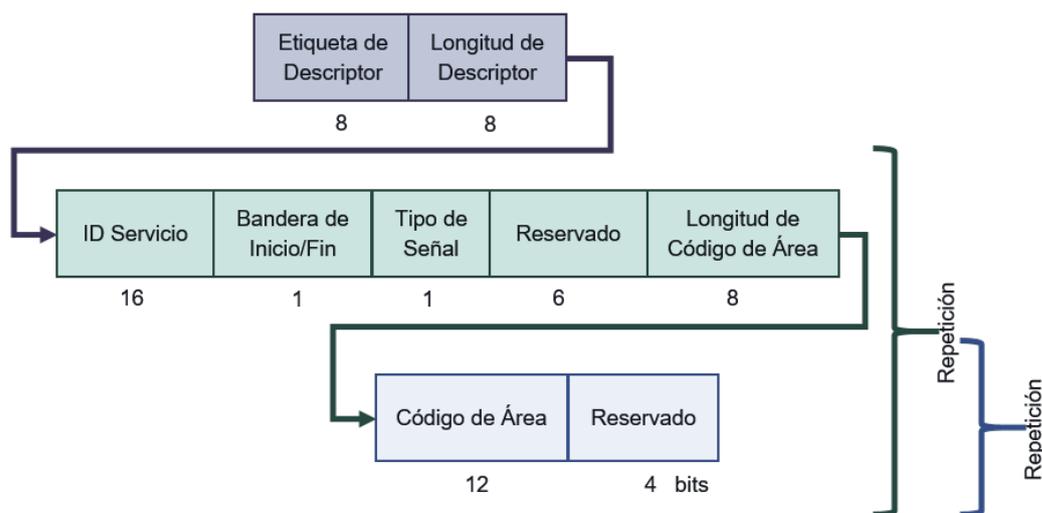


FIGURA 5.3: Descriptor EWB.

CUADRO 5.2: Bit 26 TMCC [22] [50].

B ₂₆	Significado
'0'	No hay señal de control de encendido
'1'	Señal de control de inicio disponible (al existir una señal de alarma de emergencia transmitida)

portadoras de TMCC (Control de Configuración de Transmisión y Multiplexación) contienen banderas de alerta de emergencia que son monitoreadas constantemente para activar el receptor en caso de ser necesario.

La trama TMCC contiene 204 bits de información, siendo el bit 26 (cuadro 5.2) la bandera de alerta de emergencia. Para poder monitorear la bandera del bit 26 en alguna de las portadoras TMCC, los receptores extraen las portadoras TMCC. La principal dificultad de este atributo del sistema EWB es el consumo de energía por parte del receptor al estar monitoreando de manera continua los cambios en la trama TMCC.

5.3. EWBS para Centro y Sudamérica

El estándar ISDB-T fue ampliamente aceptado en países centro y sudamericanos. Por esta razón, se busca implementar un sistema de alerta propio para la región sobre la tecnología ISDB-T. En el artículo "Estandarización del Sistema de Alerta de Emergencias EWBS en América Central y Sudamérica" [53] se propone una nueva especificación con los siguientes atributos:

1. Uso de la función “superimposición” de subtítulo (closed caption). La función de superimposición envía la información de la alerta de emergencia a manera de texto, de forma separada de los servicios de audio y video de la programación habitual. Esta función es transmitida de manera satelital hacia las redes de televisión terrenas para desplegar las alertas en las regiones afectadas.
2. Función de presentación en pantalla en zonas prefijadas según Códigos de Área. Los receptores están configurados de manera que contienen un código que puede ayudar a restringir las regiones a las que se les envían los mensajes de alerta.

Adicionalmente, los atributos con los que cuenta el sistema EWBS en Japón, es decir, la activación automática de los receptores, también se desea aplicar para los países del continente americano.

Capítulo 6

Propuesta de Sistema de Alerta de Emergencia para México

México es un país ubicado en el continente americano con una extensión de 1, 960, 189 km² y una población de 119, 530, 753 habitantes [54]. México es un país que, debido a su contexto geográfico, está altamente expuesto a eventos geológicos e hidrometeorológicos. Tan solo durante el año 2017 se registraron 27 sismos de magnitud igual o mayor de 5.5 en la escala Richter [55]. En este mismo periodo, el país recibió 18 ciclones en el Océano Pacífico y 15 en el Océano Atlántico.

En la actualidad, la Ciudad de México y el estado de Oaxaca cuentan con un Sistema de Alerta Sísmica que permite anunciar la presencia de actividad sísmica dentro de ciertas partes del país, dándole a la audiencia un promedio de 60 segundos para prepararse ante el evento. Esta alerta es una alarma audible que se transmite en radio AM, FM y televisión digital. Este sistema no cuenta con una función de encendido automático de los receptores por lo que los habitantes no recibirían las alarmas en caso de estar apagados los equipos.

Tampoco cuenta con un sistema de alerta de emergencia nacional que permita el envío de mensajes de emergencia de todo tipo de índole. Gran parte del país no cuenta con la infraestructura para el anuncio de emergencias y la recepción de las mismas.

6.1. Contexto actual de México

Para poder diseñar un sistema de alerta de emergencia para el país, es necesario conocer acerca de las condiciones y las necesidades de este mismo. En las siguientes secciones se explica brevemente el contexto geográfico, demográfico, gubernamental y tecnológico de México.

6.1.1. Aspectos geográficos de México

México tiene una extensión territorial de 1, 960, 189 km² entre dos océanos, el Océano Pacífico y el Océano Atlántico. En la parte norte, tiene frontera con los Estados Unidos de América mientras que al sur, tiene fronteras con Guatemala y Belice. El país se conforma de 32 entidades federativas, que a su vez se dividen en municipios; el número de municipios que conforman el país es 2,457.



FIGURA 6.1: Regionalización sísmica de la República Mexicana [58].

Debido a las características geológicas del país, éste tiene una gran variedad de zonas fisiográficas que determinan las características y las necesidades de cada una de ellas. Dentro de las provincias fisiográficas designadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [56], hay 3 que llaman la atención ante el suceso de eventos de emergencia de manera habitual.

La Sierra Volcánica Transversal abarca los estados de Colima, Estado de México, Jalisco, Morelos, Ciudad de México, Puebla, Tlaxcala y Veracruz. Esta zona contempla el Pico de Orizaba, el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Nevado de Toluca y los volcanes de Colima. La Sierra Madre Sur que se extiende por los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca y Chiapas es una zona de alta inestabilidad sísmica. Finalmente, la Llanura Costera del Golfo Sur (regiones costeras de Veracruz y Tabasco) tiene zonas inundables y zonas volcánicas como la Sierra de los Tuxtlas.

En el Programa General de Protección Civil 2014-2018 [57] se indica que dos terceras partes de la superficie de México son vulnerables a riesgo sísmico. En la figura 6.1 se divide el territorio en cuatro regiones sísmicas, siendo la A la menos vulnerable a sismos y la D la más vulnerable.

En 2017 dos sismos de gran magnitud causaron miles de afectados. El primero, de 8.1 grados en la escala de Richter, se originó en Chiapas el 7 de septiembre. Al menos un millón de personas resultaron afectadas. El segundo, de 7.1 grados, ocurrió el 19 de septiembre y su epicentro fue en Morelos. Este sismo causó daños a edificaciones en la Ciudad de México, Morelos y Puebla.

Además, es frecuente la presencia de ciclones tropicales que se generan en el Océano Atlántico y en el Océano Pacífico. Esto, aunado a los efectos del cambio climático, hace que diversos fenómenos hidrometeorológicos se expresen en el territorio nacional como son las lluvias, las mareas de tormenta, inundaciones y su contrario, las sequías.

6.1.2. Autoridades y Agencias de Monitoreo

El primer paso en cualquier sistema de alerta de emergencia son las agencias de monitoreo y las autoridades nacionales que permitan el filtrado de la información para su envío a los pobladores. En las siguientes secciones se analizan los organismos responsables de estas tareas dentro del territorio nacional.

Autoridades gubernamentales

La Ley General de Protección Civil [59] establece en los artículos 3º y 4º que los tres niveles de gobierno se involucrarán en la gestión integral del riesgo, desde la etapa temprana de prevención hasta la mitigación. A la vez, dicha ley establece el Consejo Nacional de Protección Civil encargado de la aprobación del Programa Nacional de Protección Civil.

El Consejo se conforma por el Presidente de la República, los titulares de las Secretarías de Estado, los Gobernadores de los Estados, el Jefe de Gobierno del Distrito Federal, la Mesa Directiva de la Comisión de Protección Civil de la Cámara de Senadores y la de Diputados.

En el Programa Nacional de Protección Civil, se mencionan las dependencias y entidades nacionales que participan en la ejecución del programa:

- Secretaría de Gobernación
- Secretaría de Relaciones Exteriores
- Secretaría de la Defensa Nacional
- Secretaría de Marina
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Secretaría de Energía
- Secretaría de Economía
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Secretaría de Educación Pública
- Secretaría de Salud
- Secretaría de Trabajo y Previsión Social
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
- Secretaría de Turismo
- Petróleos Mexicanos
- Instituto Mexicano del Seguro Social

- Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
- Comisión Federal de Electricidad

Asimismo, la LGPC establece en el Capítulo III el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). El SINAPROC (figura 6.2) es un conjunto de estructuras que establecen las dependencias y entidades del sector público con las organizaciones y los tres Poderes de la Nación, para la coordinación de acciones en materia de protección civil. Algunos de los atributos del SINAPROC son:

- Promover y apoyar la creación de instrumentos de carácter técnico para la prevención y atención de eventualidades;
- Instrumentar redes de detección, monitoreo, pronóstico y sistemas de alerta;
- Emitir y publicar las declaratorias de emergencia y desastre natural;
- Promover la instrumentación de un Subsistema de Información de Riesgos, Peligros y Vulnerabilidades; y,
- Supervisar que se realice y se mantenga actualizado el atlas nacional de riesgos, así como los correspondientes a las entidades federativas, municipios y delegaciones.

La coordinación ejecutiva del SINAPROC recae en la Secretaría de Gobernación a través de la Coordinación Nacional de Protección Civil. La Coordinación Nacional también cuenta con una institución técnico-científica llamada Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). El Centro Nacional tiene como tarea el uso de la investigación, monitoreo, capacitación y difusión para prevención y reducción de riesgos. Sus principales atributos son:

- Brindar apoyo técnico al SINAPROC;
- Integrar el Atlas Nacional de Riesgos; y,
- Coordinar el monitoreo y alertamiento de fenómenos perturbadores.

Finalmente, el Centro Nacional de Comunicación y Operación de Protección Civil es el organismo encargado de establecer la comunicación, alertamiento, información, apoyo y enlace entre los integrantes de la SINAPROC.

Agencias de Monitoreo

Las agencias de monitoreo se encargan de la constante medición de cierto tipo de fenómenos naturales. En el país existen diversas agencias (figura 6.3) que se dedican al monitoreo de fenómenos específicos. Las más importantes a nivel nacional se explican en los siguientes puntos.

Servicio Meteorológico Nacional: El SMN se encarga de proveer información sobre el estado del tiempo a nivel nacional y local de México. Este organismo depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que a su

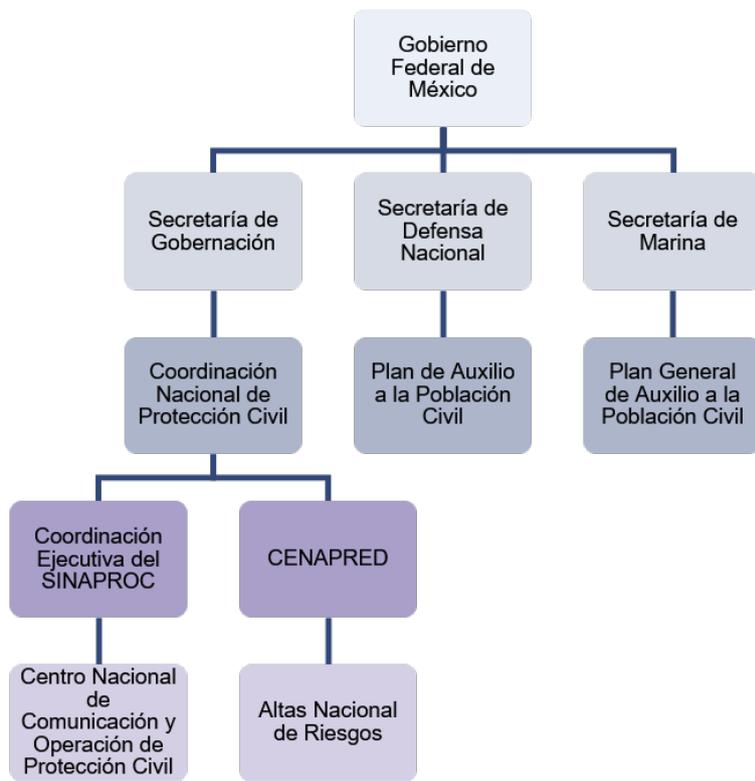


FIGURA 6.2: Estructura del Sistema Nacional de Protección Civil.

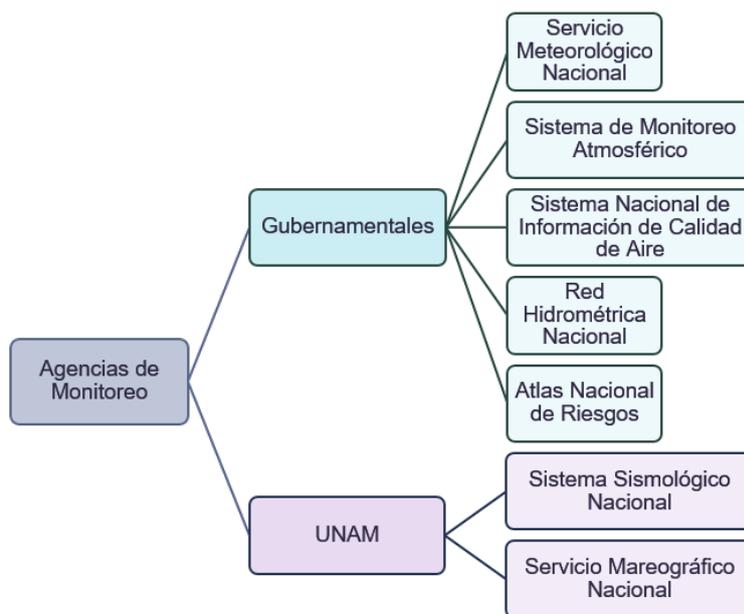


FIGURA 6.3: Agencias de Monitoreo en México.

vez forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) [60].

El Servicio cuenta con 79 observatorios meteorológicos, 16 estaciones de radiosondeo, 13 radares meteorológicos y una estación terrena receptora de imágenes de satélite meteorológico GOES-8. Sus principales funciones son:

- Informar al SINAPROC de las condiciones meteorológicas que pudiesen afectar a la población;
- Difundir al público boletines e información meteorológica y climatológica;
- Realizar estudios meteorológicos y climatológicos; y,
- General el Banco Nacional de Datos Climatológicos.

Sistema Sismológico Nacional: El Sistema Sismológico Nacional es una dependencia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Instituto de Geofísica de la UNAM. Su misión es el monitoreo, la creación de bases de datos y la distribución de las mismas acerca del movimiento del terreno para informar sobre los eventos sísmicos en el territorio nacional.

Cuenta con 4 subredes equipadas para el registro de sismos: la Red de Banda Ancha, la Red del Valle de México, la Red del Volcán Tacaná y la Red Convencional [61]. La Red de Banda Ancha se conforma de 61 estaciones actualmente operativas, ubicadas en las regiones de mayor potencial sísmico dentro de la República Mexicana.

La Red Sísmica del Valle de México cuenta con 31 estaciones digitales ubicadas en sitios que rodean la Ciudad de México con el fin de detectar sismos que se originan en el Valle de México. La Red Sísmica del Volcán Tacaná consta de cuatro sismómetros para el monitoreo del volcán Tacaná y las fallas existentes en la zona Chiapas-Guatemala. La Red Sismológica Convencional está formada por nueve estaciones telemétricas dentro del territorio nacional y una Estación Central.

Sistema de Monitoreo Atmosférico: En la Ciudad de México, el Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) tiene la tarea del monitoreo y el procesamiento de la información de los principales contaminantes del aire [62]. El SIMAT cuenta con más de 40 sitios de monitoreo distribuidos en la zona metropolitana. Se conforma de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, la Red Manual de Monitoreo Atmosférico, la Red de Meteorología y Radiación Solar, la Red de Depósito Atmosférico, el Laboratorio de Análisis Ambiental y el Centro de Información de la Calidad del Aire.

Sistema Nacional de Información de Calidad de Aire: El Sistema Nacional de Información de Calidad de Aire (SINAICA) realiza la recolección, transmisión y publicación de la información respectiva a la calidad del aire en diversas entidades federativas. Cuenta con 170 estaciones de monitoreo que proveen de datos crudos de calidad de aire [63].

Red Hidrométrica Nacional: La información hidrométrica de los recursos hídricos del país es monitoreada y procesada por la Comisión Nacional del

Agua a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Éste ha elaborado un Banco de Datos de Aguas Superficiales que integra la red hidrométrica nacional. Cuenta con 2,070 estaciones hidrométricas.

Servicio Mareográfico Nacional UNAM: El Servicio Mareográfico monitorea las variaciones del nivel del mar debidas a mareas de tormenta, sismos, calentamiento global, etc. Actualmente cuenta con 26 estaciones que recaban información sobre el nivel de mar y condiciones meteorológicas como temperatura atmosférica, humedad relativa, presión barométrica, velocidad del viento, entre otros [64].

También realiza reportes de las variaciones de nivel de mar y tsunamis que se presentan en las costas monitoreadas por el Servicio Mareográfico.

Atlas Nacional de Riesgos: Existe en México un sistema integral de información sobre los eventos de emergencia y el alcance de los daños que pueden tener los mismos. El Atlas Nacional de Riesgos consta de bases de datos, información geográfica, sistemas de análisis y simulación de escenarios. Se conforma de información a nivel nacional, estatal, del Distrito Federal, municipal y delegacional.

6.1.3. Televisión digital terrestre en México

El 31 de diciembre de 2015 se llevó a cabo el apagón analógico de televisión en el territorio nacional. La transición ocurrió al consolidar las transmisiones de las estaciones emisoras al estándar ATSC A/53. En el Diario Oficial de la Nación también se determinó que los Concesionarios de Televisión y Permisarios de Televisión podrían hacer uso de las mejoras del estándar A/53, como son los estándares A/74 (respectivo a los receptores de ATSC) y A/153 (para televisión móvil y portátil), siempre y cuando sean compatibles con el primero.

Tras el apagón analógico, en la República Mexicana, la penetración del servicio de televisión (analógica y digital) se encontraba en el año 2016 sobre el 82 % en cada uno de los estados que lo conforman, siendo la media nacional del 93.1 %. Según los datos de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2016 [65][66], el porcentaje de hogares con televisor por entidad son los mostrados en la figura 6.4.

La televisión nos ofrece un medio por el cual un sistema de alerta de emergencia puede ser implementado en el país debido a la cantidad de hogares que cuentan con este servicio. Además, la televisión digital terrestre recientemente adoptada es un medio que no sufre congestiones como la telefonía celular o el servicio de internet. Sin embargo, del total de hogares con televisor, el porcentaje que contaban con un televisor digital en el 2016 (mayo) era del 45 % y aquellos hogares con televisor digital y analógico era del 28 %. Esto, en contraste con el 27 % de hogares que solamente contaban con televisor analógico en el mismo año. En cuanto a los hogares que recibían la señal de TV digital, el porcentaje ascendía a 92,7 % del total.

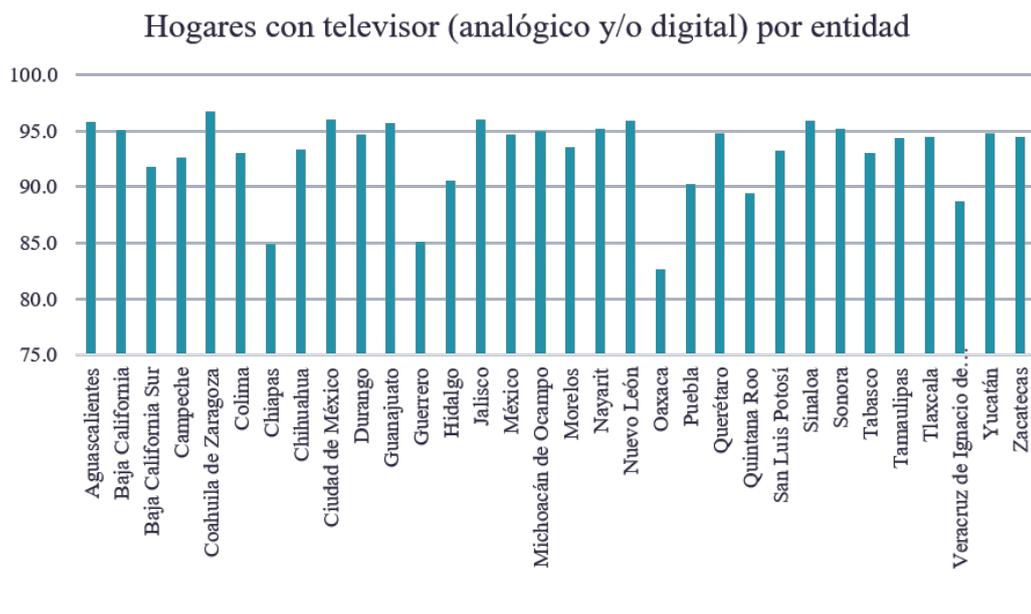


FIGURA 6.4: Porcentaje de Hogares con Televisores por Entidad.

6.2. Atributos técnicos del SAE propuesto para México

En diversos países se ha optado por la implementación de un sistema de alerta de emergencia sobre la tecnología de televisión digital terrestre debido a la posibilidad de alertar a la mayor parte de la población en la menor cantidad de tiempo dado que este servicio no se satura como otras redes de comunicaciones y está activo las 24 horas del día. México no es la excepción; más del 92 % de los hogares reciben el servicio de TDT por lo que es posible alertar a este sector de una manera inmediata.

En el aspecto normativo, México aún no ha adoptado el Convenio de Tampere mencionado en el Capítulo I, que da prioridad a las telecomunicaciones de emergencia sobre los servicios de radiodifusión habituales. Es de suma importancia dar el sustento legal al SAE para que los radiodifusores estén obligados a cumplir con la transmisión de las alertas de emergencia. Además de la implementación del SAE propuesto, se sugiere la ratificación del Convenio de Tampere en México.

Adicionalmente al sustento normativo que se requiere para el correcto funcionamiento del sistema, los atributos técnicos que se desean para el SAE de México son los siguientes:

1. Recepción fija y portátil: ciertos estándares de TDT permiten la recepción de las transmisiones de la programación en equipos fijos y portátiles con lo cual se asegura que la alerta sea percibida por una mayor porción de la población.
2. Discriminación por área geográfica: poder determinar el área geográfica en el que se alerta, basado en la ubicación del receptor, o basado en el

CUADRO 6.1: Atributos del SAE por estándar.

Atributos						
Estándar	1.	2.	3.	4.	5.	6.
ATSC A/53	Fija	x		x		
ATSC M/H	Portátil	x	x	x	x	
ATSC 3.0	Ambas	x	x	x	x	x
CMMB	Portátil	x		x	x	
DVB-T	Fija	x	x	x		x
ISDB-T	Ambas	x	x	x	x	x
T-DMB	Portátil	x	x	x		x

área de cobertura de los transmisores de televisión y/o conociendo la ubicación del receptor a través de una conexión a internet.

3. Función de encendido automático: cuando un receptor se encuentra en stand-by, es posible encenderlo de manera remota a través de comandos enviados por la estación emisora y que así, reciba los mensajes de alerta.
4. Señales auditivas y visuales: la recomendación internacional promueve el uso de ambas señales para poder llamar la atención de cualquier tipo de usuario que reciba la alerta en su equipo fijo o portátil.
5. Soporte de contenido NRT: los servicios NRT propuestos por ATSC en su sistema M-EAS permiten la recepción de imágenes, videos y audio que pudiesen contener instrucciones pregrabadas para gestionar los eventos de emergencia.
6. Prioridad y protección del mensaje: algunos sistemas modifican la modulación y la corrección de errores de las tramas de datos para asegurar que los mensajes lleguen al destinatario de manera correcta.

De acuerdo con los estándares desarrollados en los capítulos anteriores, en el cuadro 6.1 se muestra un condensado de los atributos técnicos de cada uno de ellos para proponer un sistema con las especificaciones técnicas de algunos de ellos.

Los Sistemas de Alerta de Emergencia diseñados para los estándares ATSC 3.0 e ISDB-T son los que presentan las mejores especificaciones técnicas para el envío de los mensajes de alerta. Ambos ofrecen la posibilidad de recepción fija y portátil o móvil. Además, cuentan con señales de encendido automático de los receptores y diversas señales para anunciar una emergencia. Aunado a las señales tradicionales de mensajes (subtítulos cerrados y alerta sonora), ATSC 3.0 e ISDB-T permiten enviar información adicional relevante de algún evento, como la transmisión en vivo de las agencias informativas o agentes gubernamentales para proceder ante la situación de emergencia, al igual que contenido en tiempo no real.

También, es posible hacer la discriminación de las audiencias objetivo a través de las áreas de cobertura de las estaciones transmisoras o mediante la

ubicación del receptor. Ésta es determinada al tener una conexión a internet y establecer el código geográfico que lo representa, como el Código Postal. Ambos sistemas permiten modificar sus parámetros de modulación para poder proteger el mensaje y así, asegurar que será recibido por la mayor parte de la población en el menor tiempo posible.

Lo más apropiado para el territorio mexicano es la implementación del Sistema de Alerta de Emergencia sobre ATSC 3.0 (ATSC A/300) que cumple con todos los requerimientos técnicos mencionados. Por consiguiente, para que se pueda hacer uso de estos atributos técnicos, las estaciones emisoras y los equipos receptores deben ser capaces de procesar las señales de ATSC 3.0, lo cual requeriría un cambio en la infraestructura de TDT radical.

6.3. Estructura del Sistema de Alerta de Emergencia propuesto para México

De acuerdo con los componentes de un sistema de alerta de emergencia mostrados en el Capítulo I, el SAE propuesto tiene la estructura ilustrada en la figura 6.5.

Las agencias de monitoreo y detección de desastres naturales y las agencias gubernamentales de protección civil tienen la tarea de capturar y enviar la información de los eventos que requieren la atención de la población. En el país existen diversas agencias de monitoreo especializadas en cierto tipo de fenómeno natural o causado por el humano (como la contaminación). En relación con los agentes gubernamentales, el Sistema Nacional de Protección Civil es la estructura que coordina organismos públicos y privados para la toma de decisiones en el ámbito de situaciones de emergencia.

El SAE que aquí se propone identifica al SINAPROC (o al CENAPRED, que es parte del mismo) como el principal agente que procesará y enviará a los radiodifusores la información de los eventos relevantes. Se elige al SINAPROC al estar establecido en la LGPC las funciones de instrumentar redes de detección, monitoreo, pronóstico y sistemas de alerta y de emitir y publicar las declaratorias de emergencia. Adicionalmente, el SINAPROC es el sistema que coordina diversos órganos gubernamentales nacionales y locales, organismos privados y las principales agencias de monitoreo del país.

Para poder enviar dicha información, se propone el uso del protocolo CAP (con versión 1.1) que será el que reciba el radiodifusor con el fin de retransmitir el mensaje de alerta a la audiencia. El radiodifusor, reconociendo las capacidades de su infraestructura, podrá usar parcial o totalmente los elementos que contiene el mensaje CAP.

En México, la TDT se implementa con la tecnología ATSC A/53. Por consiguiente, en primera instancia el Sistema de Alerta de Emergencia para México se propone para el estándar de televisión digital fija. Para esta primera etapa del SAE, no es necesario modificar las transmisiones ni los receptores que actualmente se usan para TDT.

No obstante, el SAE sobre A/53 es deficiente en cuanto al encendido automático de los receptores y la transmisión de contenido multimedia asociado a

6.3. Estructura del Sistema de Alerta de Emergencia propuesto para México 79

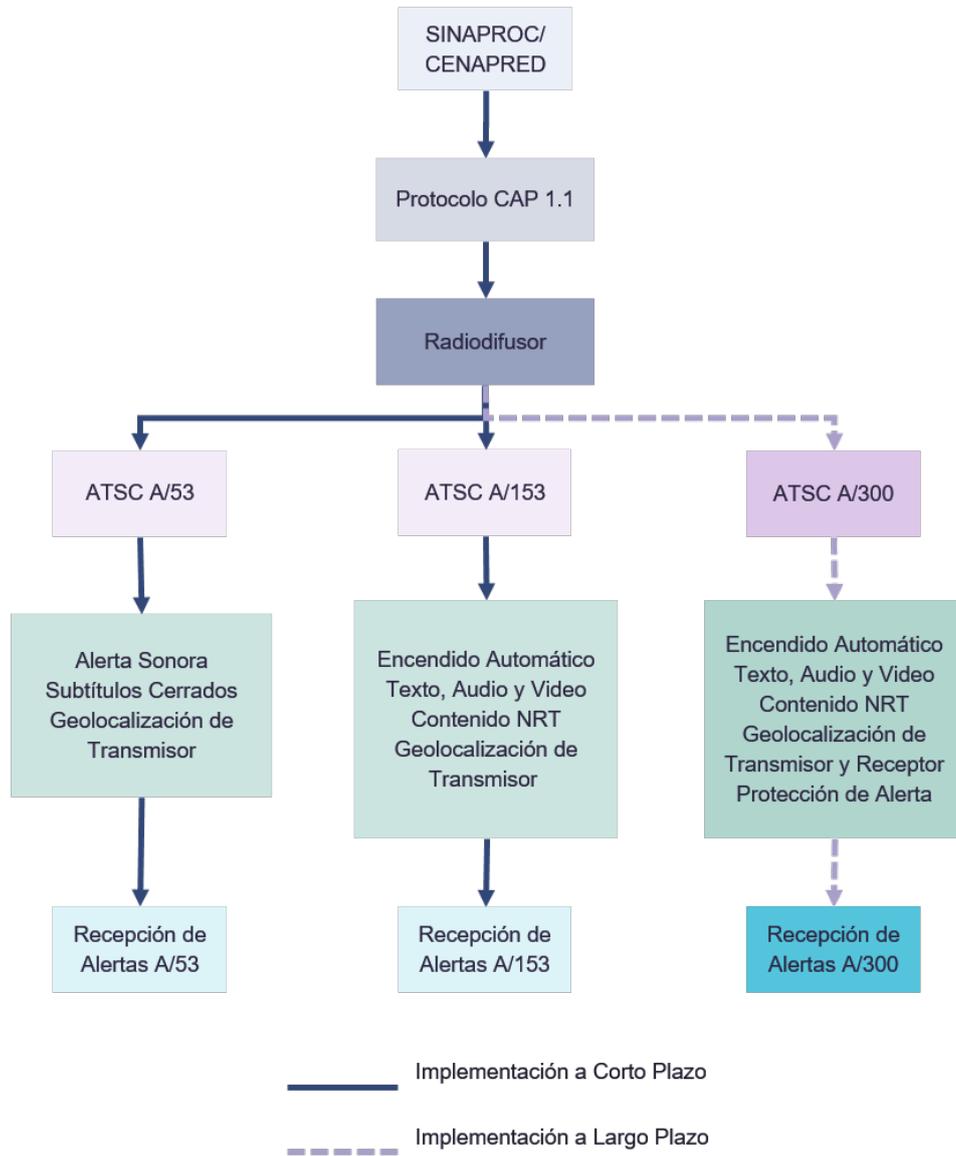


FIGURA 6.5: Estructura del SAE propuesto para México.

las alertas. Para esto, se incorpora en la propuesta la implementación simultánea del SAE sobre A/153, un estándar con mejores atributos técnicos y cuyas transmisiones son compatibles con el estándar fijo. Esta fase requiere hacer cambios en los equipos de transmisión y recepción para poder procesar las tramas ATSC M/H.

Finalmente, como propuesta para implementación a largo plazo, se encuentra el SAE sobre el estándar ATSC 3.0 (ATSC A/300). El sistema 3.0 es incompatible con los estándares A/53 y A/153, pero presumiblemente, será el sistema de TDT que sustituya a los actuales en un futuro lejano. Es por ello que sustituiría al SAE sobre ambos estándares, brindando la estructura más completa que se podría tener para la transmisión y recepción de los mensajes de alerta.

En los siguientes puntos se describen a detalle cada uno de los elementos que componen el Sistema de Alerta de Emergencia propuesto para México.

6.4. Protocolo CAP

El protocolo CAP, introducido en el punto 1.3.1, ha sido ampliamente aceptado y estandarizado para el envío de mensajes de alerta a través de diversos sistemas de comunicaciones como radio, televisión y redes de datos.

El protocolo CAP permitirá la comunicación entre el Sistema Nacional de Protección Civil y el (los) radiodifusor(es) que podrá transmitir el mensaje a gran escala. Este protocolo, a través del esquema XML, envía el mensaje entre las dos instancias para poder hacer uso de la información y determinar las acciones a realizar por parte de la audiencia.

La información que contiene este mensaje es aquella que se usará para ser transmitida a través del sistema de televisión digital terrestre. Por lo tanto, se presenta la descripción detallada de la estructura que tendría un mensaje de alerta con el protocolo CAP 1.1 basado en la recomendación X.1303 [3] de la UIT.

Existen cuatro secciones principales en el protocolo: alert, area, info y resource, mostrados en la figura 6.6. Debido a que el radiodifusor decidirá que partes del mensaje CAP utilizará en la transmisión, es necesario explicar cada uno de los elementos del protocolo.

Como se verá más adelante, el SAE propuesto sobre A/53 hace uso de los elementos alert, area e info. En cuanto a los sistemas propuestos sobre A/153 y A/300, estos harán uso de los cuatro elementos del protocolo CAP.

El elemento alert contiene la información que identifica al evento y cuenta con doce subelementos. El identificador del mensaje de alerta (identifier), el identificador de la agencia que generó el mensaje (sender), la fecha y hora en la que se originó (sent), el estado del mensaje descrito en el cuadro 6.2 (status), el tipo del mensaje descrito en el cuadro 6.3 (msgType), y la distribución descrita en el cuadro 6.4 (scope) son los subelementos obligatorios que debe contener alert.

La información del mensaje de alerta está contenida en el elemento info. A cada elemento de alert pueden ir asociados diferentes bloques de info. De la misma forma, a cada elemento de info pueden ir asociados varios bloques

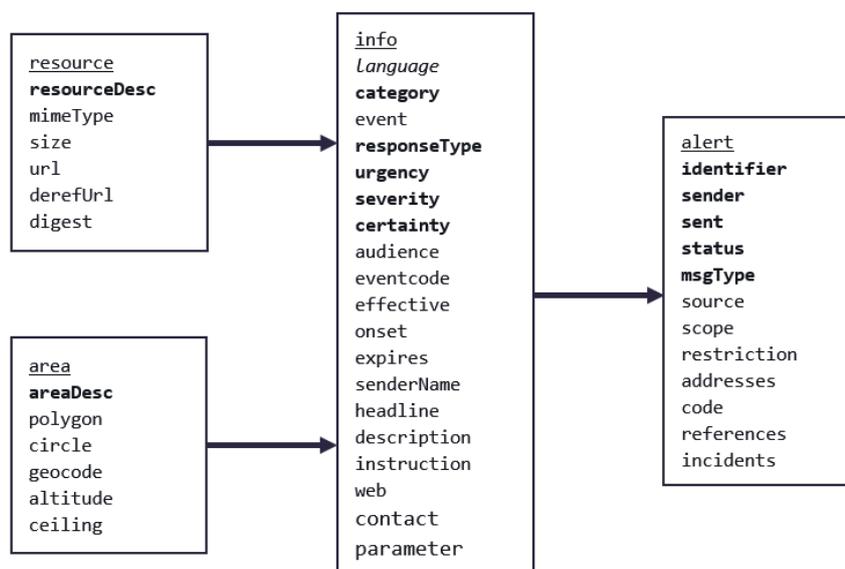


FIGURA 6.6: Modelo de objetos de CAP [3].

CUADRO 6.2: Valores status.

Valores (status)	Significado
"Actual"	Procesable por todos los receptores a los que se dirige.
"Exercise"	Procesable solo por los receptores designados.
"System"	Funciones internas de la red de alerta.
"Test"	Solo para pruebas técnicas.

CUADRO 6.3: Valores msgType.

Valores (msgType)	Significado
"Alert"	Información inicial que requiere atención de los receptores.
"Update"	Actualiza y reemplaza los mensajes anteriores mediante referencia.
"Cancel"	Cancela los mensajes identificados mediante referencias.
"Ack"	Reconoce recepción y aceptación de los mensajes mediante referencia.
"Error"	Indica rechazo de los mensajes identificados mediante referencias.

CUADRO 6.4: Valores scope.

Valores (scope)	Significado
“Public”	Para difusión general a audiencias sin restricciones.
“Restricted”	Para difusión solo para usuarios con restricciones.
“Private”	Para difusión a direcciones especificadas.

de resource y de area dependiendo de las necesidades del mensaje. Estos dos últimos elementos se explicarán más adelante.

Los subelementos de info son en total 18; del total, 5 son requeridos u obligatorios y los 13 restantes son opcionales. En el cuadro 6.5 se detallan los subelementos mencionados.

La fuente (resource) es una categoría opcional que asocia archivos adicionales con información suplementaria a un bloque de info determinado; los archivos pueden ser imágenes o audios, o demás contenido multimedia.

El área geográfica (area) se denota a través de los subelementos de ésta. En este elemento se realiza la discriminación de las áreas afectadas que serán capaces de procesar el mensaje de alerta. El cuadro 6.6 incluye los subelementos de area.

Con el fin de ilustrar el uso de los elementos y subelementos del protocolo CAP, a continuación se hace uso de ellos para el envío de un mensaje de alerta para el evento “Caída de Ceniza Volcánica” con el esquema XML.

El código mostrado en la figura 6.7 describe un evento enviado por el CENAPRED el 30 de enero de 2018. El estado del evento es “Actual” por lo que todos los receptores de la audiencia objetivo deben atender el mensaje. El mensaje es una alerta que se enviará a toda la audiencia sin restricciones. La alerta tiene un bloque de información donde se indica el idioma (español), la categoría del evento al que hace referencia el mensaje (geofísico), el nombre del evento (“Caída Ceniza Volcánica”), las acciones a realizar por parte de la audiencia (refugiarse) y otras características.

Además, presenta el encabezado, la descripción e instrucciones dirigidas a los habitantes en forma de texto. También se asocia un video al bloque de información. Finalmente, a través del elemento area, se delimita la zona objetivo del mensaje de alerta mostrada en la figura 6.8.

6.5. Sistema de Alerta de Emergencia propuesto sobre ATSC A/53

Debido a que el estándar de televisión digital terrestre adoptado en México es el ATSC A/53, la primera opción es implementar el SAE para dicho estándar. Sin embargo, como se revisó en el Capítulo II, solamente es posible usar una alerta sonora y los subtítulos cerrados en A/53.

CUADRO 6.5: Subelementos de info.

Nombre	Descripción
language	Idioma en el que se envía el mensaje de alerta de emergencia.
category	Categoría del evento al cual se refiere la alerta de emergencia: geofísico, meteorológico, emergencia general y seguridad pública, rescate y recuperación, contención de fuego y rescate, salud médica y pública, contaminación y ambiental, transporte público y privado, infraestructura de telecomunicaciones y otras, amenazas químicas, biológicas, radiológicas, nucleares o explosivos de gran alcance, y otros eventos.
event	Descripción en texto del tipo de evento del mensaje de alerta.
responseType	Tipo de acción recomendada para la audiencia objetivo: "Shelter", "Evacuate", "Prepare", "Execute", "Monitor", "Assess" y "None".
urgency	Urgencia del evento: "Immediate", "Expected", "Future", "Past" y "Unknown".
severity	Severidad del evento: "Extreme", "Severe", "Moderate", "Minor" y "Unknown".
certainty	Certeza del evento: "Observed", "Likely", "Possible", "Unlikely" y "Unknown".
audience	Descripción en texto de la audiencia objetivo del mensaje de alerta.
eventCode	Código específico del sistema que identifica el tipo de evento del mensaje de alerta.
effective	Tiempo efectivo de la información del mensaje de alerta.
onset	Tiempo aproximado del inicio del evento del mensaje de alerta.
expires	Tiempo de expiración de la información del mensaje de alerta.
senderName	Texto que identifica el emisor de la alerta de emergencia.
headline	Encabezado en texto del mensaje de alerta.
description	Descripción en texto del evento del mensaje de alerta.
instruction	Descripción en texto de las instrucciones a seguir por las audiencias objetivos.
web	Identificador del hipervínculo que asocia información adicional con el mensaje de alerta.
contact	Descripción en texto del contacto para seguimiento y confirmación del mensaje de alerta.
parameter	Parámetros adicionales específicos del sistema asociados al mensaje de alerta, como códigos postales.

```

<?xml version = "0.1" encoding = "UTF-8">
<alert xmlns = "urn:oasis:names:tc:emergency:cap:1.1">
<identifier>180130h1645</identifier>
<sender>CENAPRED</sender>
<sent>2018-01-30T16:45:00-06:00</sent>
<status>Actual</status>
<msgType>Alert</msgType>
<scope>Public</scope>
  <info>
    <language>es-MX</language>
    <category>Geo</category>
    <event>Caída Ceniza Volcánica</event>
    <responseType>Shelter</responseType>
    <urgency>Expected</urgency>
    <severity>Moderate</severity>
    <certainty>Observed</certainty>
    <senderName>CENAPRED</senderName>
    <headline>Reporte 30 de enero Popocatepetl</headline>
    <description>Explosión en el volcán Popocatepetl que produjo una columna que
superó los 3 km de altura con alto contenido de ceniza que los vientos
dispersan al noroeste. </description>
    <instruction>Estar atento a la información que se difunda. En caso de caída
de ceniza, cubrir nariz y boca con un pañuelo húmedo. Limpiar ojos y
garganta con agua pura. Cerrar ventanas o cubrirlas. </instruction>
    <web>http://www.cenapred.unam.mx:8080/reportesVolcanGobMX/Procesos</web>
  <resource>
    <resourceDesc>Video</resourceDesc>
    <uri> http://www.cenapred.unam.mx:8080/popo/2018/ene/v0130182.mp4</uri>
  </resource>
  <area>
    <areaDesc>Zona de caída de ceniza</areaDesc>
    <polygon>-98.84466174158314,18.91795811555561,0
98.53609414094223,18.91175489085918,0
-98.51649247185691,19.24280154107467,0
-98.85609534899584,19.26079791276074,0
-98.84466174158314,18.91795811555561,0
</polygon>
  </area>
</info>
</alert>

```

FIGURA 6.7: Ejemplo CAP para SAE de México.

CUADRO 6.6: Subelementos de area.

Nombre	Descripción
areaDesc	Descripción en texto del área afectada del mensaje de alerta.
polygon	Valores en pares de los puntos que definen un polígono que delinea el área afectada del mensaje de alerta.
circle	Valores en pares de un punto y el radio que delimitan el área afectada del mensaje de alerta.
geocode	Código geográfico que delinea el área afectada del mensaje de alerta. Dentro del protocolo CAP, se puede definir que se trabajará con ciertos parámetros como el código postal en esta categoría. Se puede hacer uso de varios códigos para definir las áreas afectadas.
altitude	La altitud específica o mínima del área afectada del mensaje de alerta.
ceiling	La altitud máxima del área afectada del mensaje de alerta.

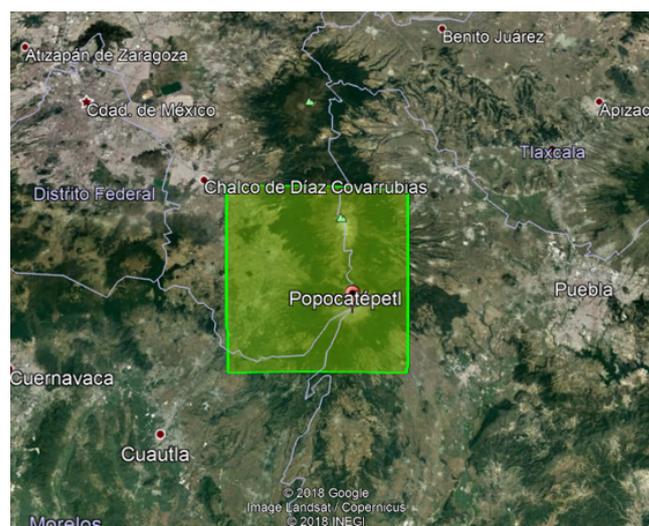


FIGURA 6.8: Zona objetivo del mensaje de alerta.

6.5.1. Transmisión

Mediante el Sistema Nacional de Protección Civil, definido en el punto 6.2.1, la información de las agencias de monitoreo y las agencias gubernamentales es recolectada y podrá ser enviada con formato CAP al radiodifusor. Del protocolo CAP se obtienen tres elementos: “alert”, “info” y “area”. El elemento “resource” no puede usarse debido a que no se puede enviar contenido multimedia a menos que el receptor sea capaz de procesar el contenido en tiempo no-real (NRT) definido en el estándar ATSC A/103. Considerando que los equipos receptores no cuentan con dicho servicio, no se utilizará en la definición del SAE sobre ATSC A/53.

El contenido de los eventos de emergencia podrá leerse de los elementos “alert” e “info”. Por otra parte, el elemento “area” ayudará a determinar si el radiodifusor debe transmitir el mensaje de emergencia. Posteriormente, el subelemento “urgency” contenido en “info”, será el criterio para determinar si se agrega una alarma sonora a la transmisión. Si la urgencia es inmediata, a través de servicio de audio AC-3, el servicio de emergencia permitirá el envío de un anuncio de alerta. Éste detendrá cualquier otro servicio de audio que se esté reproduciendo en el receptor para solamente reproducir la alarma. Si la urgencia tiene cualquier otro valor diferente a inmediato, la alarma sonora no se agregará a la transmisión.

Después, la información del evento se podrá desplegar a manera de texto mediante los subtítulos cerrados. El despliegue de los subtítulos se define en la Parte 4 del Estándar A/53. La figura 6.9 muestra el flujo de la información en la etapa de transmisión.

6.5.2. Recepción

El receptor del sistema debe ser capaz de procesar la trama ATSC. A la vez, debe reconocer los subtítulos cerrados (CC, por sus siglas en inglés) incluidos en el servicio de video (MPEG-2) y el servicio de emergencia del audio AC-3.

La señal de alerta a través de AC-3 puede presentarse como una alarma en el canal principal de audio, mientras que la señal de alerta a través de MPEG-2 se presenta como texto sobrepuesto a la transmisión habitual en la pantalla del televisor. En la figura 6.10 se muestran los pasos por los cuales el receptor obtiene la alerta sonora y los subtítulos cerrados respectivos de la alerta de emergencia.

Los subtítulos cerrados se incluyen en el servicio de video definido en el estándar A/53 [28]. Dentro del servicio de video, ATSC puede utilizar la estructura de datos de usuario llamada `cc_data` (cuadro 6.7) para la información de los subtítulos.

Los receptores de ATSC están diseñados específicamente para televisión digital terrestre. Sin embargo, es posible implementar un receptor que solamente procese la alarma contenida en el servicio de audio de las tramas de ATSC. Este receptor podría ser usado en zonas de difícil acceso pero que estén dentro del área de cobertura de alguna estación radiodifusora.

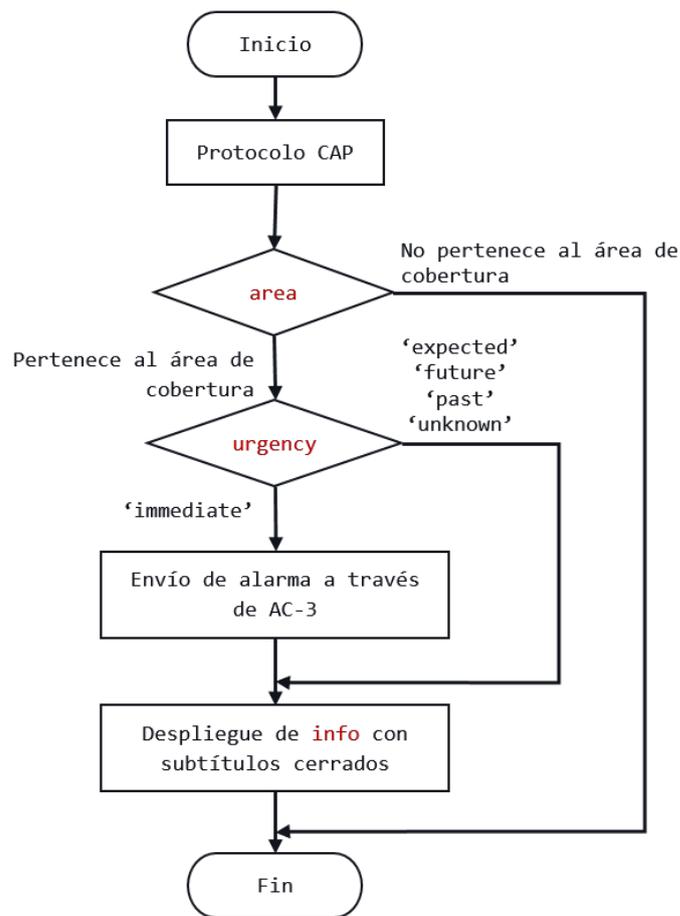


FIGURA 6.9: Diagrama de flujo de transmisión de alerta sobre ATSC A/53.

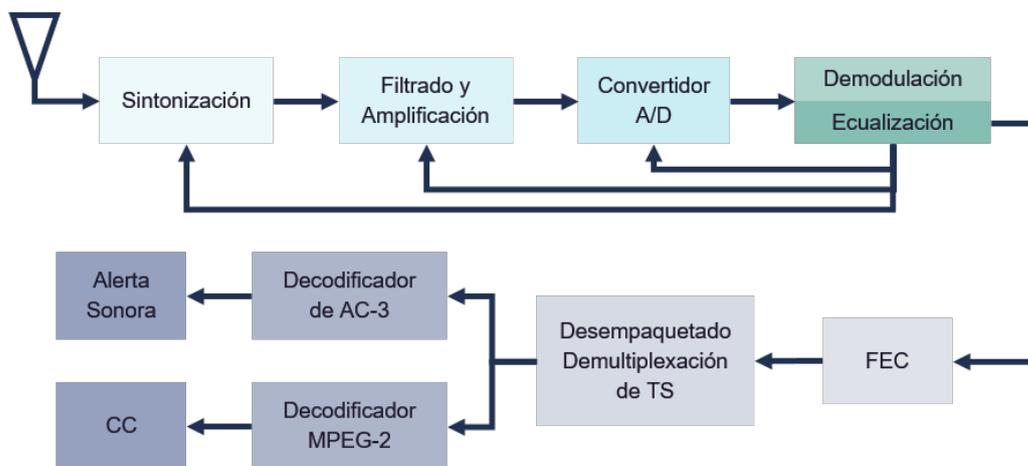


FIGURA 6.10: Recepción de alertas sobre ASTC A/53.

CUADRO 6.7: Sintaxis de Información de Subtítulos [28].

Sintaxis	Descripción
cc_data(){ reserved process_data_flag	Estructura de datos de CC. Valor asignado '1'. Bandera para procesamiento de cc_data.
cc_count reserved for(i=0;i<cc_count;i++){ marker_bits cc_valid	Número de estructuras de CC. Valor asignado '1111 1111'. Valor asignado '1111 1'. Bandera que indica validez de cc_type.
cc_type cc_data_1 cc_data_2 } marker_bits if(additiona_data_flag){	Tipo de información de CC. Servicio principal de subtítulos. Servicio secundario de subtítulos.
while(nextbits()!='0000 0000 0000 0000 0000 0001'){ additional_cc_data}	Valor asignado '1111 1111'. Bandera que indica información adicional.
} } }	Reservada para definición futura.

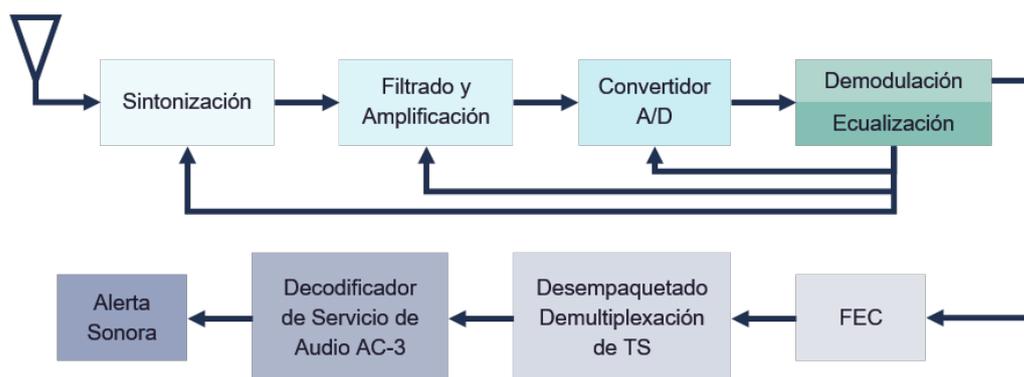


FIGURA 6.11: Recepción de alarmas sobre ATSC A/53.

Este receptor tendrá la estructura de la figura 6.11 de acuerdo a las recomendaciones del comité ATSC A/54A [67] y A/74 [68]. Los pasos de sintonización, filtrado y amplificación, conversión analógica a digital, demodulación, corrección de errores y desempaquetado y demultiplexación se realizan como cualquier otro receptor de TDT. Ahora bien, el único servicio que se procesará es el servicio de audio AC-3; la decodificación del servicio es necesaria para poder desplegar el contenido del mismo.

El estándar A/52 [30] explica que existen ciertos elementos de flujos de bits que tiene un valor reservado y que pueden ser procesados por un receptor para producir audio. Dentro de la información del flujo de bits, se encuentra el modo del flujo (bsmod). Cuando bsmod tenga el valor '110', se estará indicando que hay un servicio asociado de emergencia. Esto permite que se le dé prioridad en el transporte y la decodificación del audio. Al recibir el servicio de emergencia, cualquier otro servicio de audio se detendrá para solamente reproducir el de emergencia.

6.6. Sistema de Alerta de Emergencia propuesto sobre A/153

En la Especificación Técnica ETSI TS 102 182 [69] se hace hincapié en los requerimientos de las comunicaciones de las autoridades al público durante emergencias. Seguido de la explicación de estos, se comparan las tecnologías existentes en el momento de publicación del TS 102 182, que se agrupan en tres categorías: radiodifusión, terminales móviles y otros. Dentro de estas tres categorías, aquella que cumple con la mayoría de los requisitos es la de terminales móviles.

Cabe mencionar que la Especificación Técnica, solo considera como radiodifusión la televisión analógica, el RDS, el sistema DAB y televisión digital (DVB-T). En la actualidad, existen diversos estándares sobre televisión digital portátil, que serían el punto intermedio entre radiodifusión y terminales móviles o portátiles.

El estándar ATSC A/53 solamente permite enviar alarmas y mensajes en forma de texto, por lo que no ofrece opciones para incluir en su totalidad los atributos deseados para el sistema de alerta de emergencia, además de enfocarse en televisión fija solamente.

Considerando este hecho, la opción más prometedora es implementar un sistema de alerta para México sobre ATSC A/153 [33] (ATSC M/H) que ofrece la mayoría de atributos deseados y que, a pesar de que no es el estándar bajo el que trabajan los receptores de televisión en el país, éste es compatible con las transmisiones de A/53. El sistema de alerta de emergencia móvil (M-EAS, por sus siglas en inglés) puede enviar los mensajes a equipos fijos y equipos móviles y portátiles.

El sistema M-EAS de A/153 recibe los mensajes que provienen de las agencias de monitoreo y gubernamentales con el formato CAP para después enviar una serie de instrucciones al receptor, y este pueda desplegar los mensajes de texto y el contenido multimedia asociado mediante el servicio NRT.

6.6.1. Transmisión

El canal de señalización de ATSC M/H, determinado en la Parte 2 del estándar A/153, involucra al canal de parámetros de transmisión (TPC), el canal de información rápida (FIC) y la señalización por adelantado. Dentro del canal TPC se encuentra la versión de FIC (*fic_version*) que indica cambios en el contenido del trozo FIC (FIC-Chunk). Cada trozo FIC se divide en pequeñas unidades que se empaquetan y a las cuales se les llama segmentos FIC (FIC-Segments). El segmento FIC tiene un tamaño fijo de 37 bytes: 2 bytes de encabezado y 35 bytes de carga.

El indicador encendido automático se encuentra del encabezado de los segmentos FIC. Para ahorrar energía en los receptores, el método por el cual se detecta una posible señal de encendido automático, es a través del monitoreo del TPC ante algún cambio en la *fic_version*.

A través del SINAPROC, es posible el envío del mensaje de alerta de emergencia a los radiodifusores. El radiodifusor, basado en el área de cobertura de la estación transmisora, determinará si debe o no enviar el mensaje de alerta a su audiencia. Si el área establecida en el mensaje de alerta está dentro del área de cobertura, procederá a procesar la información del mensaje de emergencia.

De acuerdo con el protocolo CAP, el criterio para poder determinar la prioridad de un mensaje es "urgency". Conforme los valores de "urgency" establecidos en la sección 6.3, si fuesen de tipo inmediato o esperado, esto requeriría el encendido de los receptores. Al ser de otra manera, no es necesaria la activación automática de estos. Entonces, como se muestra en la figura 6.12, al ser "urgency" de carácter inmediato o severo, el indicador "wake_up_indicator" deberá tener el valor de '0'. En caso contrario el indicador se mantendrá en '1' para no activar los receptores de ATSC M/H.

Posteriormente, la información del mensaje contenida en el protocolo CAP, se traslada a la Tabla de Alerta de Emergencia (EAT-MH). De contar el mensaje

CUADRO 6.8: Sintaxis de trozo FIC (FIC_{chunk})[70].**Sintaxis**

```

FIC_chunk(){
  FIC_chunk_header()
  FIC_chunk_payload(){
    for(i=0;i<num_ensembles; i++){
      ensemble_id
      reserved
      ensemble_protocol_version
      SLT_ensemble_indicator
      GAT_ensemble_indicator
      EAT_ensemble_indicator
      MH_service_signaling_channel_version()
      num_MH_services
      for(j=0;j<num_MH_services;j++){
        MH_service_id
        reserved
        multi_ensemble_service
        MH_service_status
        SP indicator()
      }
    }
  }
  FIC_chunk_stuffing()
}

```

CAP con contenido multimedia asociado (bloque “resource”), se requiere modificar el valor de EAS_NRT_service_id, que hará referencia al servicio NRT para alerta de emergencias dentro de la tabla SMT.

6.6.2. Recepción

El proceso de recepción de las alertas de emergencia es más elaborado que el de transmisión. El primer proceso es el encendido automático mostrado en la figura 6.13. Retomando lo planteado en la sección anterior, el receptor realiza el monitoreo continuo del TCP para detectar cambios en la versión de FIC.

Cuando se detecta un cambio en la versión FIC, del encabezado del segmento FIC se analiza el indicador de encendido (wake_up_indicator). Al tener un valor de ‘0’, el receptor se encenderá para poder procesar la carga útil del trozo FIC (cuadro 6.8).

Dentro de la carga útil se encuentra el indicador de ensamble de la tabla EAT (EAT_ensemble_indicator). Este indicador debe ser ‘0’ cuando la tabla de alerta EAT-MH se transporta en el stream de señalización de dicho ensamble. En caso contrario, si el indicador es ‘1’, ese ensamble no transporta la tabla EAT-MH en el canal de señalización.

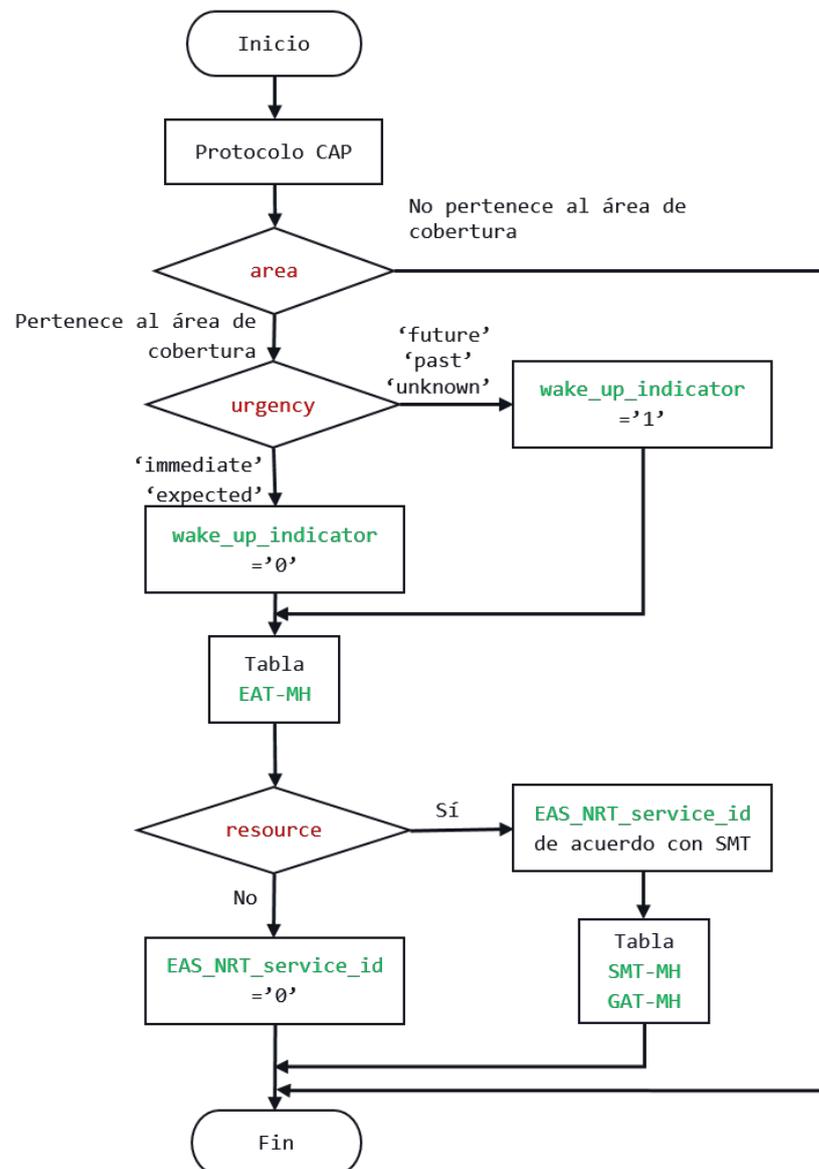


FIGURA 6.12: Diagrama de flujo de transmisión de alerta sobre ATSC A/153.

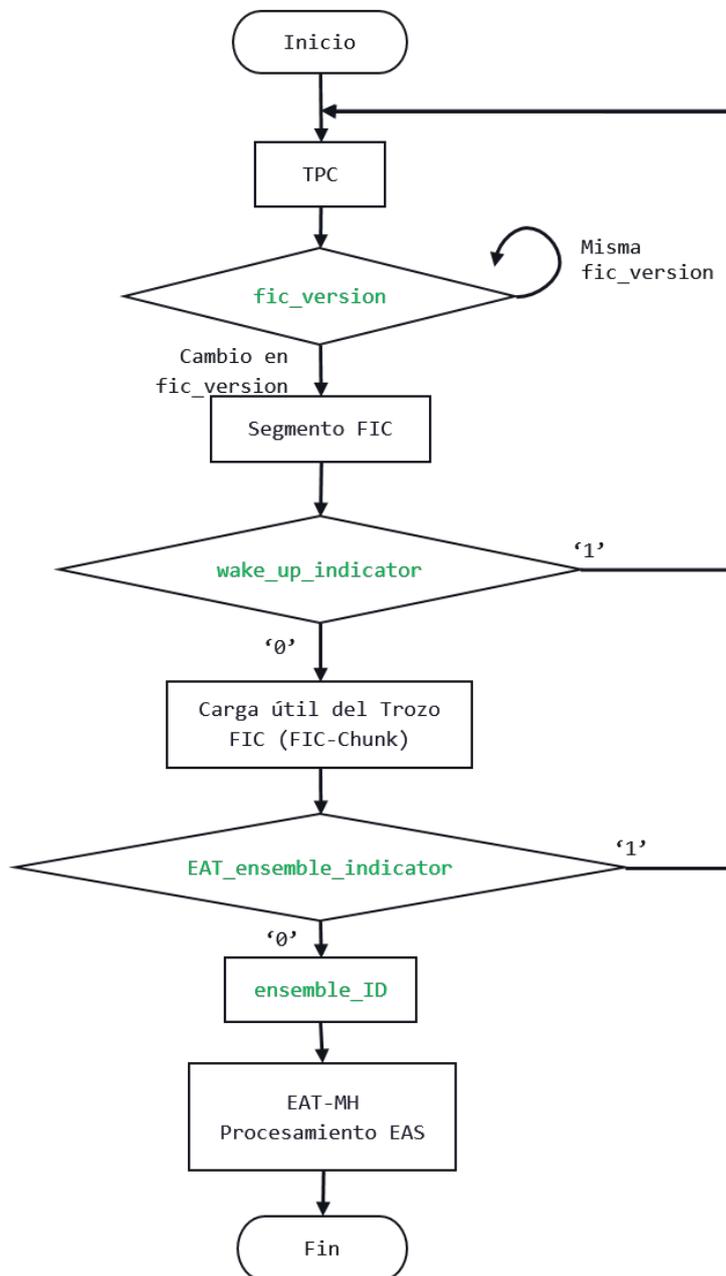


FIGURA 6.13: Diagrama de flujo de recepción de alertas sobre A/153 [33].

Entonces, si el receptor detecta `EAT_ensemble_indicator` en '0', se establece el ensamble que contiene la EAT-MH mediante identificador del ensamble (`ensemble_id`). Una vez establecido el ensamble, se extrae la tabla EAT-MH del canal de señalización de servicios y se procesa la información que contiene acerca de las alertas de emergencia.

El principal objetivo del receptor es presentar el mensaje de alerta ante el usuario de una forma fácil y efectiva de entender. Para que el receptor cumpla con su misión, debe cumplir con las funciones mencionada en el estándar A/153:

- Reconocer y responder al contenido del mensaje CAP.
- Reconocer y responder a la señalización valor 0x0F de `service_category`.
- Reconocer y responder al anuncio valor 130 de `ServiceType`.
- Suscribirse al contenido y actualizaciones del servicio M-EAS NRT.

Con estas características se asegura que se recibirán y procesarán las señales de audio y video (como el sistema A/53) y los contenidos multimedia adicionales (NRT).

La tabla EAT-MH, que fue agregada al canal de señalización de servicios, se usa para mostrar la descripción (formato CAP) de los eventos de emergencia en la pantalla del televisor. También, contiene la información del servicio NRT asociado al mensaje de alerta. Al estar EAT-MH en el canal de señalización, la tabla SMT no se requiere en este punto.

Sin embargo, para hacer uso del servicio NRT, cada uno de los mensajes enviados a través de la tabla EAT-MH puede tener solo un servicio NRT asociado. Este servicio se identifica mediante `EAS_NRT_service_id` (tabla 2.2). Si el receptor detecta que ese identificador tiene un valor '0' no habrá un servicio NRT asociado al mensaje. De existir un mensaje con contenido NRT, el receptor puede desplegar el contenido mediante la tabla SMT-MH, la guía de servicios y las sesiones FLUTE especificadas en el servicio NRT.

El identificador `EAS_NRT_service_id` permite hacer referencia a la tabla SMT-MH para el despliegue del contenido multimedia. La tabla de mapa de servicios (SMT-MH) [34] contiene información de los servicios M/H transportados en un ensamble M/H. Algunos de los datos que se incluyen dentro de la tabla SMT son la información de adquisición de servicios de los streams IP que conforman cada servicio M/H, la dirección IP de destino y el número de puerto UDP destino. El servicio EAS NRT se señala mediante el campo '`service_category`' con valor '0x0F' en la tabla SMT-MH.

La guía de servicios (SG, por sus siglas en inglés) es un servicio especial de ASTC M/H que se presenta a través de la tabla de acceso a la guía (GAT-MH). La guía de servicios contiene los fragmentos de servicios con la estructura del cuadro 6.9.

La guía de servicios describe los servicios disponibles en el sistema ASTC-M/H. En el caso del contenido EAS NRT, el tipo de servicio se denota mediante el campo '`ServiceType`' de los fragmentos de servicio con un valor de '130'. La

CUADRO 6.9: Fragmento de Servicio [71].

Service
id
version
validFrom
validTo
globalServiceID
weight
baseCID
ServiceType
Name
Description
AudioLanguage
languageSDPTag
TextLanguage
languageSDPTag
ParentalRating
ratingSystems
ratingValueName
Genre
Extension
url
Description
PreviewDataReference
idRef
usage
PrivateExt

tabla GAT-MH, entonces, enlista la información de las fuentes de la guía de servicios asociados al servicio de alerta.

En último término, los archivos son enviados usando el protocolo FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport). Al usar el protocolo FLUTE, los archivos se entregan en “sesiones FLUTE”. Para mayor información del protocolo FLUTE, se recomiendan la especificación técnica RFC 6726 [72].

6.7. Sistema de Alerta de Emergencia propuesto sobre ATSC 3.0

De los estándares de la familia ATSC, la nueva generación de televisión digital terrestre ATSC 3.0 (ATSC A/300) es la que ofrece la mejor protección y servicios para el envío y recepción de alertas de emergencia. A pesar de esto, al ser un estándar recientemente publicado, la implementación de ATSC 3.0 se encuentra en sus inicios. En Corea del Sur y EE.UU. ya se ha planificado su implementación pero en México esta posibilidad aún no se ha considerado.

El SAE sobre ATSC 3.0 para México tiene la finalidad de ser implementado a largo plazo, substituyendo a los SAE sobre la primera generación de TDT de ATSC. Este sistema se asemeja al desarrollado en ATSC M/H, con las mejoras que se describirán en los puntos siguientes.

6.7.1. Transmisión

Al igual que los sistemas anteriores, la información proveniente de las agencias de monitoreo y agencias gubernamentales mexicanas (representadas por el SINAPROC) se entrega con el formato CAP al radiodifusor. Con esto se consigue que no sea necesario modificar la comunicación entre el SINAPROC y las radiodifusoras.

Procesando la información del mensaje con formato CAP, el radiodifusor puede hacer la discriminación de los mensajes a transmitir basándose en el área de cobertura de la estación transmisora. Si el área designada como zona de posible afectación se encuentra dentro del área de cobertura, entonces el mensaje será enviado a través de su sistema.

Como seguimiento de esta actividad, el transmisor podrá enviar la instrucción de encendido automático de los receptores a través de dos banderas llamadas ‘ea_wake_up_1’ y ‘ea_wake_up_2’. Si cualquiera de las dos banderas tiene el valor ‘1’, el receptor pasará de estado pasivo a activo al procesar la señal contenida en el bootstrap.

Después, a la información del evento de emergencia se le da el formato de mensaje AEA-MF. Los dos elementos que son básicos para describir el mensaje de alerta son el encabezado (Header) y el texto del mensaje (AEAText). En caso de contar con contenido de audio o video en tiempo real y/o con contenido multimedia asociado al mensaje, se hace uso de los elementos LiveMedia y Media respectivamente.

La Tabla de Alerta Avanzada de Emergencia contiene los mensajes AEA-MF. La tabla AEAT es una señalización de bajo nivel o LLS. La señalización

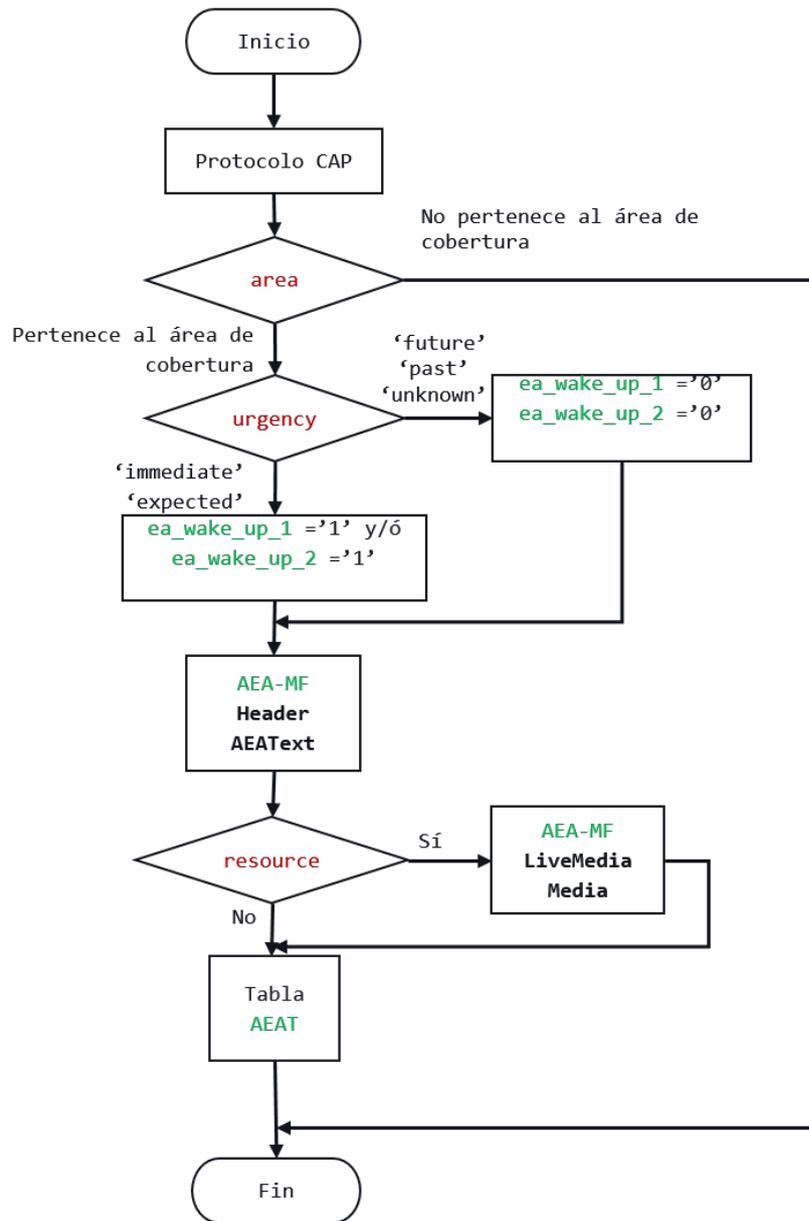


FIGURA 6.14: Diagrama de flujo de transmisión de alerta sobre ATSC 3.0.

LLS es la información de señalización que es transportada en la carga útil de los paquetes IP.

En la figura 6.14 se muestra el diagrama del uso de la información contenida en el mensaje CAP para incorporarla a la transmisión de televisión con ATSC 3.0. La tabla AEAT será la responsable de transportar los elementos que describan cada uno de los mensajes de alerta para ser procesados por el receptor.

6.7.2. Recepción

El receptor se encarga del monitoreo, en modo stand-by, de la señal de bootstrap que contiene las banderas de encendido (figura 6.15). Si alguna o ambas banderas tienen el valor '1', el receptor se activará y decodificará la señalización L1. La señalización de capa 1 (L1) es responsable de dar la información necesaria para configurar los parámetros de la capa física.

La señalización L1 consiste de tres partes: restricciones en el bootstrap, L1-Basic y L1-Detail. L1-Basic involucra la información de señalización más esencial del sistema así como la definición de los parámetros necesarios para decodificar L1-Detail.

Por su parte, L1-Detail contiene el contexto de los datos y la información necesaria para decodificarla. Dentro de L1-Detail se busca el valor de `L1D_php_lls_flag`, que indica si el PLP contiene información LLS. De esta manera el receptor podrá ubicar rápidamente la información de señalización de una capa superior. Si la bandera está activada, el receptor entenderá que se debe decodificar el PLP que contiene la tabla AEAT.

Una vez que se ha obtenido la tabla AEAT, el receptor podrá hacer uso de sus elementos para presentarlos a la audiencia objetivo. Cada uno de los mensajes de alerta podrá tener los elementos mostrados en la figura 6.16.

El receptor podrá desplegar en la pantalla las siguientes características del mensaje AEA-MF:

- Emisor del mensaje (agencias de monitoreo o gubernamentales);
- Prioridad del mensaje (máxima, alta, moderada, baja, menor);
- Del encabezado (Header), el tipo de evento y descripción del evento; y,
- De AEAText, la información del mensaje de alerta.

El subelemento de ubicación (Location) permite hacer la discriminación de las zonas geográficas. Al ser el área de cobertura de los transmisores tan amplia, el receptor podrá decidir si se ignoran o se procesan las instrucciones de alerta al conocer un código geográfico que lo distinga. Los receptores ATSC 3.0 están pensados para tener conexión a banda ancha (internet), por lo que pueden obtener su ubicación geográfica mediante el código postal de su conexión a internet. Si se encuentran dentro de 'Location', el mensaje será desplegado a la audiencia. En caso contrario, se hará caso omiso al mensaje.

Los elementos 'Media' y 'LiveMedia' solo se utilizan cuando existe contenido multimedia asociado al mensaje de alerta. De contener uno o ambos

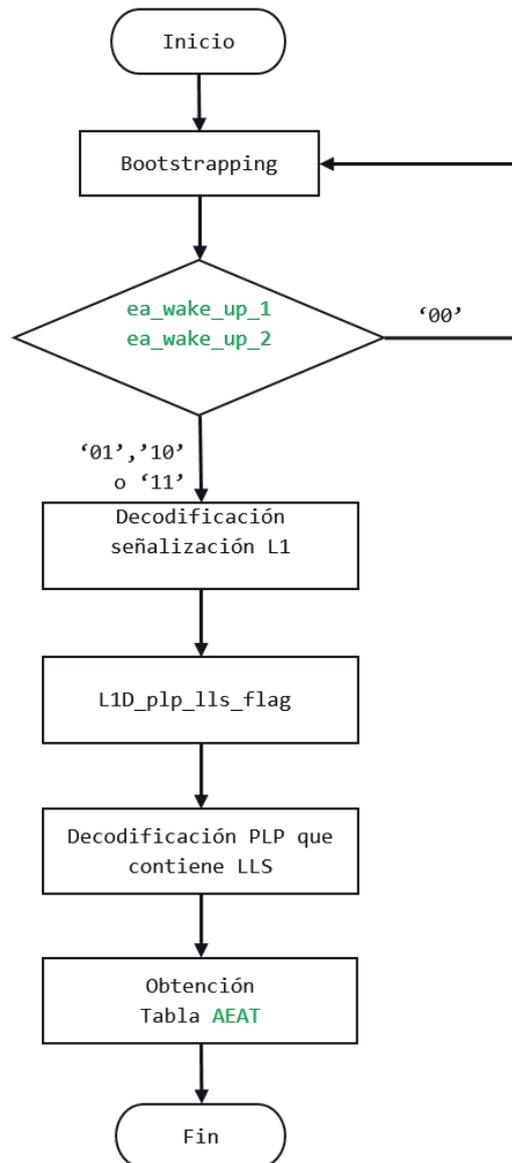


FIGURA 6.15: Diagrama de flujo de recepción de alertas sobre ATSC 3.0 [38].

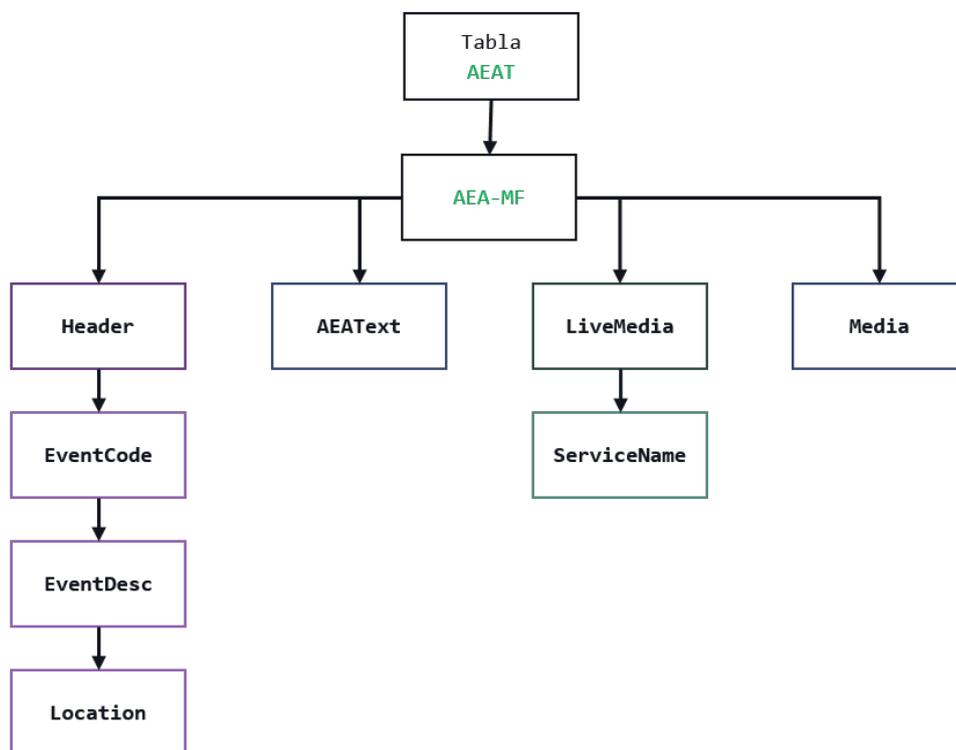


FIGURA 6.16: Elementos de tabla AEAT para ser procesados por el receptor.

elementos, el receptor deberá ofrecer la posibilidad al usuario de sintonizar el servicio A/V (para LiveMedia) relacionado al mensaje y de descargar el contenido multimedia (para Media).

Conclusiones

Las telecomunicaciones juegan un papel importante en la gestión de todo tipo de emergencias. Por esta razón, su objetivo durante una emergencia debe ser el informar a la población de manera eficiente y oportuna para reducir las pérdidas humanas y materiales.

Se han realizado esfuerzos conjuntos de organismos internacionales para legislar a favor del uso de las telecomunicaciones para la gestión de emergencias. Dos documentos importantes en este ámbito son el Convenio de Tampere y los Manuales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones para las telecomunicaciones de emergencia. El sustento legal de las telecomunicaciones de emergencia permite que se les dé prioridad sobre cualquier otro servicio distribuido por la misma red de comunicaciones. A la vez, permite que exista la cooperación y coordinación entre organismos de diferentes países, regiones, etc.

Los Sistemas de Alerta de Emergencia han evolucionado a la par de las tecnologías de telecomunicaciones. En un inicio, la única forma de transmitir una alerta era a través de una alarma que se obtenía de un generador de frecuencias. Esta señal era insertada en transmisiones de radio AM, FM y televisión analógica. Más adelante, el envío de textos cortos fue posible en la televisión analógica y digital. Los avances en la transmisión de información han permitido enriquecer las señales que se pueden enviar a la población que se encuentra dentro de una zona de posible afectación ante una emergencia.

La televisión digital terrestre ofrece una vía de transmisión y recepción de alertas de emergencia que no enfrenta problemas de saturación al ser el transporte de información en una sola dirección (de transmisor a receptor). Al mismo tiempo, la amplia cobertura de las estaciones de transmisión logra el envío de mensajes a zonas que son de difícil acceso para otros tipos de tecnologías.

En el mundo existen cuatro grandes familias de estándares de televisión digital terrestre. Algunas de ellas han establecido los aspectos técnicos para poder soportar el servicio de alerta de emergencia usando la estructura definida en los estándares de TDT. Dos de los estándares llaman la atención debido a la importancia que le dan al SAE: ATSC 3.0 e ISDB-T. Ambos presentan características similares, como el encendido automático de los receptores, el envío de señales de audio y video y el uso de contenido multimedia asociado en tiempo real y no real. Asimismo, ATSC 3.0 es el estándar que brinda una mejor protección al mensaje de alerta comparado con los demás los estándares de TDT estudiados.

México es un país en donde los fenómenos naturales son frecuentes. Entre estos, los eventos sísmicos y meteorológicos causan un número importante pérdidas de vidas humanas y materiales. Además, no se ha implementado un

Sistema de Alerta de Emergencias nacional que informe de todo tipo de fenómenos naturales.

En este trabajo se ha propuesto un Sistema de Alerta de Emergencia sobre televisión digital terrestre que ayude a solventar la falta de un sistema nacional para anunciar la presencia de eventos que podrían desembocar en una catástrofe.

La propuesta define el flujo de información desde los agentes de monitoreo y gubernamentales hasta la recepción de la información por parte de la audiencia. Asimismo, se recomienda que el SINAPROC sea el principal agente para el envío de la información de los eventos de emergencia a los radiodifusores. Considerando que el estándar de TDT adoptado en el país es ATSC A/53, se hace una propuesta de tres etapas para satisfacer la necesidad la gestión de emergencias.

La primera etapa, y la más sencilla, es el Sistema de Alerta de Emergencia sobre ATSC A/53. Este sistema no requiere la modificación de los receptores existentes de TDT. Sin embargo, presenta la limitante de sólo poder desplegar una alerta sonora y textos cortos sobrepuestos a la programación habitual con la información de los eventos de emergencia. Se sugiere la creación de receptores exclusivos de las alarmas para ubicar en localidades que no cuenten con equipos de televisión. Similar a lo que sucede con las alarmas del Sistema de Alerta Sísmica, estos receptores solo se activarán cuando el evento sea inminente.

La segunda etapa es el SAE sobre A/153. Con mayores atributos, el estándar de televisión móvil y portátil introduce el encendido automático de los receptores en estado pasivo y el contenido multimedia asociado al mensaje de alerta. No obstante, hacer uso de ATSC A/153 implicaría el cambio de los receptores de televisión por lo que se plantea como un proyecto a mediano plazo. Los estándares A/53 y A/153 son compatibles por lo que la primera y segunda etapa pueden funcionar de manera simultánea, haciendo llegar el mensaje de emergencia a la mayor parte de la población.

Finalmente, la tercera etapa está planteada para ser implementada a largo plazo. El estándar de TDT ATSC 3.0 hereda los atributos del estándar A/153 con las mejoras de protección del mensaje y geolocalización de los receptores a través de una conexión a internet. Lo más apropiado para un país con alta incidencia de eventos catastróficos como México, es hacer uso de ATSC 3.0 para el SAE. A pesar de esto, el cambio en la infraestructura de la transmisión y recepción de ATSC 3.0 hace poco viable la adopción del estándar en el corto plazo. Eventualmente, y con los recursos necesarios, el sistema sobre ATSC 3.0 podrá ofrecer grandes mejoras a la gestión de emergencias en el país, sustituyendo completamente al SAE que se ha diseñado para ATSC A/53 y A/153.

Con este Sistema de Alerta de Emergencia se provee de una herramienta para la reducción de pérdidas humanas y materiales en el territorio nacional.

Referencias

- [1] ITU, *Compendium of ITU's work on Emergency Telecommunications*. Geneva: International Telecommunication Union, 2007.
- [2] UIT-R, *Emergencia y socorro en caso de catástrofe*. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2006.
- [3] ITU-T, *Recommendation X.1303: Common alerting protocol (CAP 1.1)*. Geneva: International Telecommunication Union, 2007.
- [4] RAE. (2014). Diccionario de la lengua española (23.a ed.), dirección: <http://www.rae.es/> (visitado 16-07-2017).
- [5] UIT, *Manual sobre Telecomunicaciones de Emergencia*. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2005.
- [6] UIT-R, *Recomendación UIT-R S.1001-2: Utilización de sistemas en el servicio fijo por satélite en los casos de desastres naturales y otras emergencias similares para alertas y operaciones de socorro*. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2010.
- [7] —, *Cuestión 118/6- Medios de radiodifusión para alerta a la población y socorro en caso de catástrofe*. Japón: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2005.
- [8] ITU, “Final Acts WRC-03”, en *World Radiocommunication Conference*, Geneva: International Telecommunication Union, 2003.
- [9] —, “Final Acts WRC-07”, en *World Radiocommunication Conference*, Geneva: International Telecommunication Union, 2007.
- [10] UIT-R, *Recomendación UIT-R F.1105-1: Equipo transportable de radiocomunicaciones fijas para operaciones de socorro*. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2002.
- [11] ITU, *Tampere Declaration in Disaster Communications*. Tampere: International Telecommunication Union, 1991.
- [12] UIT-D, “Recomendación 12”, en *Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones*, Estambul: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2002.
- [13] —, “Resolución 34”, en *Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones*, Estambul: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2002.
- [14] UIT, “Resolución 36”, en *Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT*, Marrakech: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2002.

- [15] —, “Revisión del Artículo 25 del Reglamento de Radiocomunicaciones”, en *Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones*, Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2003.
- [16] —, *Recomendación UIT-R P.1144: Guía para los métodos de propagación de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones*. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2000.
- [17] ITU, “Constitution of the International Telecommunication Union”, en *Collection of the basic texts of the International Union adopted by the Plenipotentiary Conference*, Geneva: International Telecommunication Union, 2015, págs. 3-66.
- [18] —, “Tampere Convention on Emergency Telecommunications”, en *Intergovernmental Conference on Emergency Telecommunications*, Tampere: International Telecommunication Union, 1998.
- [19] —, “Proceedings of the International Conference on Disaster Communications”, en *International Conference on Disaster Communications*, Geneva: International Telecommunication Union, 1990.
- [20] —, “Resolution 7”, en *World Telecommunications Development Conference*, Buenos Aires: International Telecommunication Union, 1994.
- [21] UNTC. (2017). Status of Treaties, dirección: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXV-4&chapter=25&lang=en&clang=_en (visitado 20-01-2018).
- [22] ITU, *Recommendation ITU-R BT.1774-2: Use of satellite and terrestrial broadcast infrastructure for public warning, disaster mitigation and relief*. Geneva: International Telecommunication Union, 2015.
- [23] CENELEC, *EN 50067: Specification of the radio data system (RDS) for VHF/FM sound broadcasting in the frequencies from 87,5 to 108,0 MHz*. Brussels: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, 1998.
- [24] D. Kopitz y B. Marks, *RDS: the Radio Data System*. Boston: Artech House, 1998.
- [25] EIA/NAB, *Specification of the Radio Broadcast Data System (RBDS)*. Washington, D.C.: Electronic Industries Association/ National Association of Broadcasters, 1997.
- [26] R. P. C. M. E. Silva Chuquillanqui A. J. Llanos García y D. D. Ataucuri, “Study of Emergency Warning Broadcasting Systems”, en *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting*, Ghent, 2015.
- [27] EIA, *EIA/CEA-608-B Line 21 Data Services*. Virginia: Electronic Industries Association, 2000.
- [28] ATSC, *ATSC Digital Television Standard, Doc. A/53 Parts 1-6: 2007*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2007.
- [29] W. Fischer, *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*. München: Springer, 2010.

- [30] ATSC, *ATSC Standard: Digital Audio Compression (AC-3, E-AC-3), Doc. A/52: 2015*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2015.
- [31] ISO, *ISO/IEC 13818-1 Information technology- Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*. Geneva: International Organization for Standardization, 2000.
- [32] ATSC, *ATSC Mobile DTV Standard, Part 1- ATSC Mobile DTV System, Doc. A/153 Part 1: 2013*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2013.
- [33] —, *ATSC Mobile DTV Standard, Part 10- Mobile Emergency Alert System, Doc. A/153 Part 10: 2013*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2013.
- [34] —, *ATSC Standard: Non-Real-Time Content Delivery, Doc. A/103: 2014*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2014.
- [35] —, *ATSC Standard: ATSC 3.0 System, Doc. A/300: 2017*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2017.
- [36] —, *ATSC Standard: AC-4 System, Doc. A/342 Part 2: 2017*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2017.
- [37] —, *ATSC Standard: MPEG-H System, Doc. A/342 Part 3: 2017*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2017.
- [38] —, *ATSC Standard: Signaling Delivery, Synchronization, and Error Protection, Doc. A/331: 2017*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2017.
- [39] ABU, *Handbook on Emergency Warning Broadcasting Systems*. Beijing: Asia-Pacific Broadcasting Union, 2009.
- [40] ETSI, *EN 300 401: Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers*. France: European Telecommunications Standards Institute, 2016.
- [41] DVB. (2016). DVB Worldwide: DVB-T & DVB-T2 Map, dirección: <https://www.dvb.org/news/worldwide> (visitado 14-09-2017).
- [42] ETSI, *EN 300 744: Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*. France: European Telecommunications Standards Institute, 2009.
- [43] —, *TS 102 831: DVB; Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*. France: European Telecommunications Standards Institute, 2012.
- [44] —, *EN 300 468: Specification for Service Information in DVB Systems*. France: European Telecommunications Standards Institute, 2016.
- [45] —, *TS 101 154: Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream*. France: European Telecommunications Standards Institute, 2009.

- [46] R. Azmi, H. Budiarto y R. Widyanto, "A Proposed Disaster Emergency Warning System Standard through DVB-T in Indonesia", en *International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, Bandung, 2001.
- [47] RSS-DEV. (2000). RDF Site Summary (RSS) 1.0, dirección: <http://web.resource.org/rss/1.0/spec#s7> (visitado 15-06-2017).
- [48] C. Consortium, *Project CHORIST: Solutions for Early Warning*. Wien, 2009.
- [49] P. Simon, "CHORIST project", en *5th SDO Emergency Services Workshop*, Wien, 2008.
- [50] DiBEG. (2008). Emergency Warning Broadcast, dirección: http://www.dibeg.org/news/2008/0802Philippines_ISDB-T_seminar/Presentation5.pdf (visitado 14-01-2018).
- [51] ARIB, *STD-32: Video Coding, Audio Coding, and Multiplexing Specifications for Digital Broadcasting*. Japan: Association of Radio Industries y Businesses, 2007.
- [52] —, *STD-B52: Forward Link Only Messaging Transport Specification*. Japan: Association of Radio Industries y Businesses, 2012.
- [53] Y. Sakaguchi, T. Yoshimi e Y. Maruyama. (2013). Standarization of Emergency Warning Broadcast System in Central and South America, dirección: https://www.dibeg.org/news/2013/1310_An_Article_about_the_Standardization_of_EWBS/1310_An_Article_about_the_Standardization_of_EWBS.html (visitado 27-12-2018).
- [54] INEGI. (2016). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 México, dirección: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825079802>. (visitado 25-09-2017).
- [55] SSN. (2017). Sismos Fuertes: UNAM, México, dirección: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/sismos-fuertes/> (visitado 10-01-2018).
- [56] INEGI, *Datos Básicos de la Geografía de México*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1991.
- [57] "Programa Nacional de Protección Civil 2014-2018", *Diario Oficial de la Federación*, pág. 4, 2014-04-30.
- [58] SGM. (2017). Sismología de México, dirección: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html> (visitado 24-11-2017).
- [59] "Ley General de Protección Civil", *Diario Oficial de la Federación*, 2012-06-06.
- [60] SMN. (2017). Funciones y Objetivos, dirección: <http://smn.cna.gob.mx/es/smn/funciones-y-objetivos> (visitado 02-12-2017).
- [61] SSN. (2017). Red Sismológica Nacional, dirección: <http://www.ssn.unam.mx/acerca-de/estaciones/> (visitado 21-12-2017).
- [62] SEDEMA. (2018). El Monitoreo de la Calidad del Aire, dirección: <http://www.aire.cdmx.gob.mx> (visitado 04-01-2018).

- [63] INECC. (2017). Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, SINAICA, dirección: <http://sinaica.inecc.gob.mx/> (visitado 28-11-2017).
- [64] S. M. Nacional. (2018). Acerca del Servicio Mareográfico, UNAM, dirección: <http://www.mareografico.unam.mx/portal/index.php?page=acercade> (visitado 12-01-2018).
- [65] INEGI. (2017). Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares 2016, dirección: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/dutih/2016/> (visitado 16-12-2017).
- [66] —, (2017). Comunicado de Prensa Núm 122/17, dirección: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2017/especiales/especiales2017_03_02.pdf (visitado 05-02-2018).
- [67] ATSC, *ATSC Recommended Practice: Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, Doc. A/52A: 2003*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2003.
- [68] —, *ATSC Recommended Practice: Receiver Performance Guidelines, Doc. A/74: 2010*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2010.
- [69] ETSI, *TS 102 182: Emergency Communications (EMTEL)*. France: European Telecommunications Standards Institute, 2010.
- [70] ATSC, *ATSC Mobile DTV Standard: Part 3-Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics, Doc A/153 Part 3: 2013*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2013.
- [71] —, *ATSC Mobile DTV Standard: Part 4-Announcement, Doc. A/153 Part4: 2009*. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee, 2009.
- [72] IEFT, *FLUTE- File Delivery over Unidirectional Transport*. Internet Engineering Task Force, 2012.

Declaración

La información presentada en este trabajo se obtuvo de diversas fuentes que se consideran fidedignas y se consignan puntualmente en las referencias. El uso dado a la información es de naturaleza estrictamente de investigación académica y de divulgación, sin fines de lucro o de otra índole. Se ha hecho también el mayor esfuerzo por acreditar debidamente datos, opiniones y contenidos presentados, por lo que cualquier error u omisión en ello, es del todo involuntario.

México, Ciudad de México, Marzo de 2018.

Carmen Haide López Ortega