

**Sistema de multilateración: Implementaciones**  
*Seminario de Vigilancia y Automatización, OACI*  
*San Carlos de Bariloche, Argentina*  
*6-12 de diciembre 2010*



**era beyond radar**  
Next-Generation Surveillance.  
Delivered. Today.

Petr Mariel y Petr Burián

**era** Proven Multilateration and ADS-B Surveillance Solutions  
Beyond Radar

**Introducción a los sistemas de multilateración de ERA**

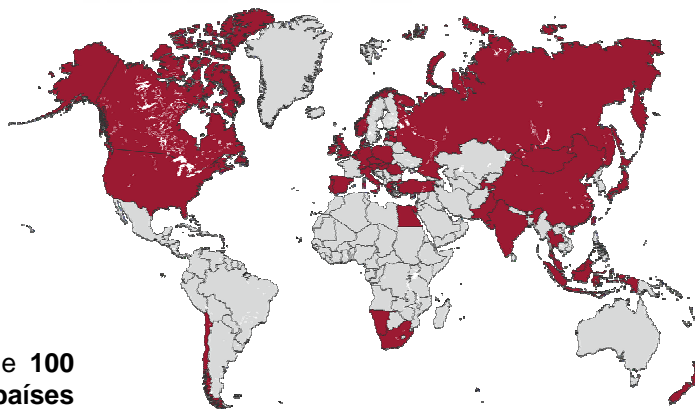
**Índice**

- 1) Sistemas de multilateración de vigilancia en superficie
- 2) Sistemas de multilateración de área extendida (WAM)
- 3) Casos de estudio (Namibia, Nueva Zelanda, Mar del Norte)
- 4) Guía para la instalación de un sistema WAM

**era** Beyond Radar

Confidencial 2

## Los sistemas de multilateración de ERA en todo el mundo



ERA tiene más de **100 clientes** en **45 países** de los cinco continentes.

Confidencial

  
Beyond Radar

3

## Sistemas de multilateración de vigilancia de superficie: En realización

CONTRATADO	CLIENTE, PAÍS	DESCRIPCIÓN
2010	Cairo Airport, EGIPTO	<b>Composición:</b> 35 Estaciones, CPS <b>Finalidad del sistema:</b> Vigilancia de superficie de aeropuerto
2010	Otopeni Airport, Bucharest, RUMANIA	<b>Composición:</b> 30 Estaciones, CPS <b>Finalidad del sistema:</b> Vigilancia de superficie de aeropuerto
2010	Sochi Airport, RUSIA	<b>Composición:</b> 26 Estaciones, CPS, 70 Unidades de localización de vehículos <b>Finalidad del sistema:</b> Vigilancia de superficie de aeropuerto
2010	Pulkovo Airport (Saint-Petersburg), RUSIA	<b>Composición:</b> 6 Estaciones, CPS, 3 Unidades de localización de vehículos <b>Finalidad del sistema:</b> Vigilancia de superficie de aeropuerto
2009	Thessaloniki "Macedonia" Airport, GRECIA	<b>Composición:</b> 11 Estaciones, CPS <b>Finalidad del sistema:</b> Sistema MSS basado en la arquitectura DT
2009	Osaka International Airport, JAPÓN	<b>Composición:</b> 20 Estaciones, CPS <b>Finalidad del sistema:</b> Sistema MSS basado en la arquitectura DT
2009	Domodedovo Airport, Moscow RUSIA	<b>Composición:</b> 30 Estaciones, CPS, 150 Unidades de localización de vehículos <b>Finalidad del sistema:</b> Vigilancia de superficie de aeropuerto
2008	Kolkata, INDIA	<b>Composición:</b> 13 Estaciones, CPS, 50 Unidades de localización de vehículos
2008	Chennai, INDIA	<b>Composición:</b> 12 Estaciones, CPS, 50 Unidades de localización de vehículos
2008	Mumbai, INDIA	<b>Composición:</b> 18 Estaciones, CPS, 50 Unidades de localización de vehículos
2007	Santiago de Compostela Airport, ESPAÑA	<b>Composición:</b> 19 Estaciones, CPS

Confidencial

  
Beyond Radar

4

## Sistemas de multilateración de vigilancia de superficie: Operacionales

CERTIFICADO

CONTRATADO	CLIENTE, PAÍS	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
2009	Istanbul, TURQUÍA	Composición: 22 Estaciones, CPS, 100 Unidades de localización de vehículos
2009	Ankara, TURQUÍA	Composición: 17 Estaciones, CPS, 100 Unidades de localización de vehículos
2009	Antalya, TURQUÍA	Composición: 23 Estaciones, CPS, 50 Unidades de localización de vehículos
2008	Ostrava Mošnov Airport, REPÚBLICA CHECA	Composición: 4 estaciones en el aeropuerto + 8 estaciones WAM, CPS (modernización del sistema instalado en 2001)
2008	Tallinn Airport, ESTONIA	Composición: 16 Estaciones, CPS, 30 Unidades de localización de vehículos
2007	Auckland, NUEVA ZELANDA	Composición: 10 Estaciones, CPS
2007	Dublin Airport, IRLANDA	Composición: 21 Estaciones, CPS (sensor de A-SMGCS)
2007	Kuala Lumpur Airport, MALAYSIA	Composición: 23 Estaciones, CPS
2007	Oslo Airport, NORUEGA	Composición: 25 Estaciones, CPS
2007	Johannesburg Airport, SUDAFRICA	Composición: 23 Estaciones, CPS
2007	Hamburg Airport, ALEMANIA	Composición: 21 Estaciones, CPS
2006	Madrid Barajas Airport, ESPAÑA	Composición: 44 Estaciones, CPS
2006	Munich International Airport, ALEMANIA	Composición: 32 Estaciones, CPS
2006	Beijing Capital Airport, CHINA	Composición: 26 Estaciones, CPS
2006	Budapest Ferihegy Airport, HUNGRÍA	Composición: 28 Estaciones, CPS
2006	Singapore Changi Airport, SINGAPUR	Composición: 30 Estaciones, CPS
2005	Riga Airport, LETONIA	Composición: 9 Estaciones, CPS
2005	Braunschweig Airport, ALEMANIA	Composición: 8 Estaciones, CPS
2005	Cape Town Airport, SUDAFRICA	Composición: 7 Estaciones, CPS
2003	Asturias Airport, ESPAÑA	Composición: 8 Estaciones, CPS
2003	Copenhagen Airport, DINAMARCA	Composición: 21 Estaciones, CPS
1999 (Modernización 2003)	Prague Ruzyne International Airport, REPÚBLICA CHECA	Composición: 22 Estaciones, CPS
2003	Palma de Mallorca Airport, ESPAÑA	Composición: 22 Estaciones, CPS
2000	Braunschweig Airport, ALEMANIA	Composición: 8 Estaciones, CPS

Confidencial

**era**  
Beyond Radar

5

## Sistemas de multilateración de área extendida (WAM): En realización

CONTRATADO	CLIENTE, PAÍS	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
2010	Bucharest, RUMANIA	Composición: 21 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de vigilancia WAM/ADS-B
2010	Khujand International Airport, TAYIKISTÁN	Composición: 10 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de vigilancia WAM/ADS-B
2009	Okayama HMU, JAPÓN	Composición: 5 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema MSS basado de la arquitectura DT
2009	Truckee Tahoe Airport, California, EE.UU.	Composición: 6 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de monitoreo de vuelo
2009	AZORES (PORTUGAL)	Composición: 11 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de vigilancia WAM/ADS-B
2009	Windhoek, NAMIBIA	Composición: 36 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de vigilancia en ruta
2008	Bangkok, TAILANDIA	Composición: 22 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: ADS-B Network
2008	FIYI (FIYI)	Composición: 16 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de gestión y ATM, WAM/ADS-B para la separación reducida
2008	Strumble, (REINO UNIDO)	Composición: 5 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Equipo de medición de altura
2007	North Sea, (HOLANDA)	Composición: 19 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
2007	Queenstown, (NUEVA ZELANDA)	Composición: 14 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema WAM
2007	Riga Airport, (LETONIA)	Composición: 6 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
2007	McCarran International Airport - Las Vegas, NV, (EE.UU.)	Composición: 6 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema WAM

Confidencial

**era**  
Beyond Radar

6

### Sistemas de multilateración de área extendida (WAM): Operacionales

**CERTIFICADO**

CONTRATADO	CLIENTE, PAÍS	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
2008	Brno Airport, REPÚBLICA CHECA	Composición: 7 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
2008	Jakarta, INDONESIA	Composición: 4 ADS-B Stations, CPS Finalidad del sistema: Vigilancia ADS-B
2006	Beijing Capital Airport, CHINA	Composición: 8 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: PRIM
1999 (Modernización 2005)	Prague Ruzyně International Airport, REPÚBLICA CHECA	Composición: 10 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
2005	Cape Town Airport, SUDAFRICA	Composición: 5 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
2004	Yerevan Airport, ARMENIA	Composición: 5 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
2004	Gyumri Airport, ARMENIA	Composición: 5 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
2003	Asturias Airport, ESPAÑA	Composición: 5 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Vigilancia TMA, Sustituto de un SSR
2001 (Modernización 2008)	Ostrava Mosnov Airport, REPÚBLICA CHECA	Composición: 8 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sustituto de un SSR
1998	Linz Area, AUSTRIA	Composición: 5 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Equipamiento de medición de altura
1996 (Modernización 2002)	MLAT Network - Cell 1, REPUBLICA CHECA	WAM System: PSS VA3D-31 Composición: 4 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de respaldo del sistema radar
1996 (Modernización 2002)	MLAT Network - Cell 2, REPUBLICA CHECA	WAM System: PSS VA3D-32 Composición: 4 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de respaldo del sistema radar
1996 (Modernización 2002)	MLAT Network - Cell 3, REPUBLICA CHECA	WAM System: PSS VA3D-33 Composición: 4 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de respaldo del sistema radar
1996 (Modernización 2002)	MLAT Network - Cell 4, REPUBLICA CHECA	WAM System: PSS VA3D-34 Composición: 4 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de respaldo del sistema radar
1996 (Modernización 2002)	MLAT Network - Cell 5, REPUBLICA CHECA	WAM System: PSS VA3D-35 Composición: 4 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de respaldo del sistema radar
1996 (Modernización 2002)	MLAT Network - Cell 6, REPUBLICA CHECA	WAM System: PSS VA3D-36 Composición: 4 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de respaldo del sistema radar
1996 (Modernización 2002)	MLAT Network - Cell 7, REPUBLICA CHECA	WAM System: PSS VA3D-37 Composición: 4 Estaciones, CPS Finalidad del sistema: Sistema de respaldo del sistema radar

**ERA**  
Beyond Radar

Confidencial 7

### Integración de los sistemas de multilateración

- **Integración**

ERA se ha enfrentado en su historia a muchos requisitos de integración de sus datos en diferentes sistemas de procesamiento de datos. Estos requisitos incluso incluían la codificación de los primeros formatos de ASTERIX 1 y 2.

- **Ejemplos de Integración**
  - Armenia WAM – EUROCAT
  - Sudafrica WAM – EUROCAT
  - Namibia – EUROCAT
  - Queenstown, NZ – SKYLINE
  - Fiyi – AURORA
  - LVNL – ARTAS
  - ANS Checo – ARTAS
  - RUMANIA - ARTAS
  - EUROCAT – THALES
  - SKYLINE – Lockheed Martin
  - AURORA – Adecel
  - ARTAS - Eurocontrol

**era**  
Beyond Radar

Confidencial 8

## Casos de estudio

### Ejemplos de implementación e instalaciones de sistemas de multilateración

- **Vigilancia en área extendida (WAM)**
  - Sistema de vigilancia del territorio nacional de Namibia
  - Sistema de TMA Queenstown y vigilancia en aproximación – Nueva Zelanda
  - Vigilancia de tráfico en niveles bajos en Mar de Norte – LVNL, Holanda

Confidencial



**era**  
Beyond Radar

9

## Namibia: Un sistema de área extendida (WAM)

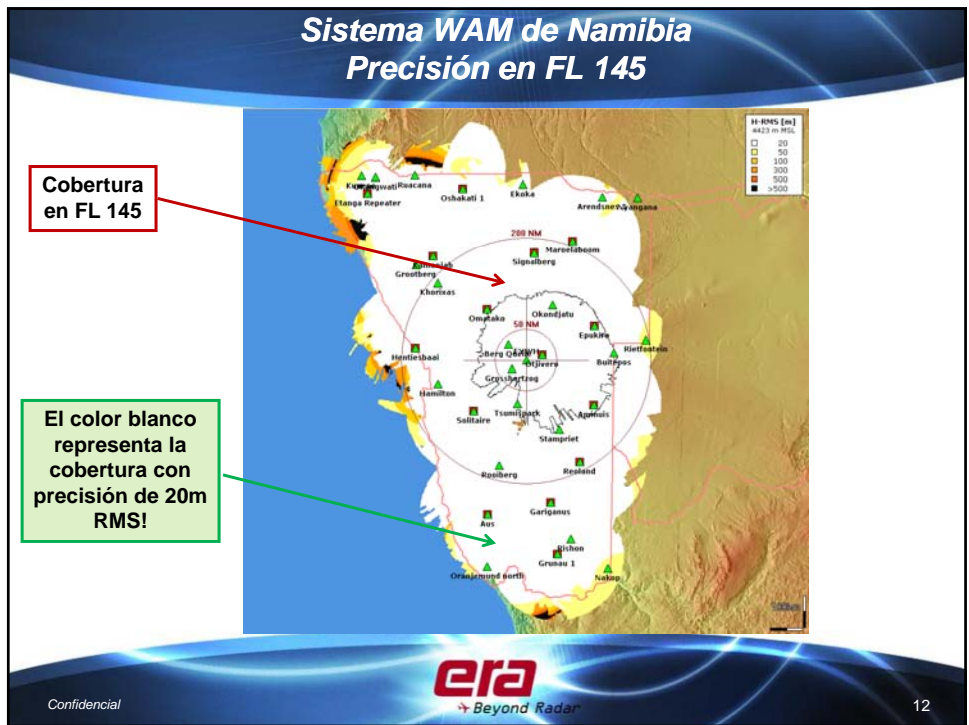
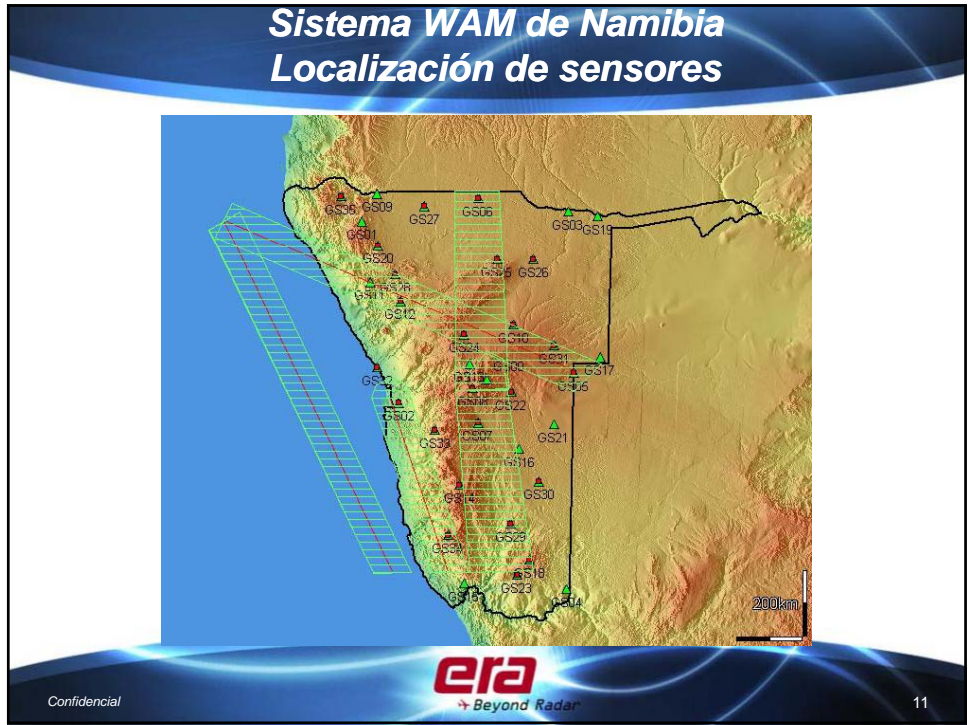
- **Namibia (WAM)**
  - Contratado en 2009
    - ✦ El sistema WAM más grande instalado del mundo
    - ✦ En 2010 contratado para su extensión para TMA y vigilancia en aproximación de los aeropuertos más importantes
    - ✦ Instalado en las torres de los operadores de la telefonía móvil
    - ✦ Operacional (N-1)
  - Requisitos
    - ✦ Cobertura de todo el espacio aéreo de Namibia en FL 145 y por encima incluyendo la rutas internacionales
    - ✦ Cobertura primariamente de los datos de WAM complementados por datos del ADS-B de las aeronaves equipadas con esta tecnología
    - ✦ Sistema de presentación de datos en "Eros Area Control Centre" y con pantallas remotas en "Hosea Kutako International Airport" y "Walvis Bay Airport"
    - ✦ Operacional para la Copa de Mundo de Fútbol en 2010
    - ✦ Integrado en el sistema de fusión de datos de Thales
  - Composición del sistema
    - ✦ 36 estaciones

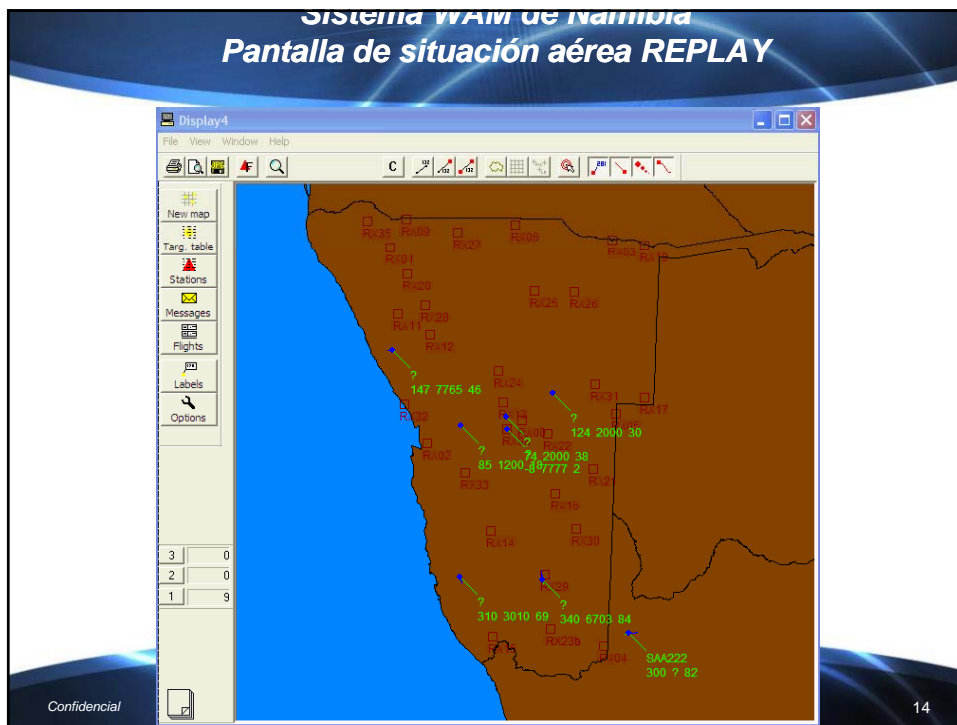
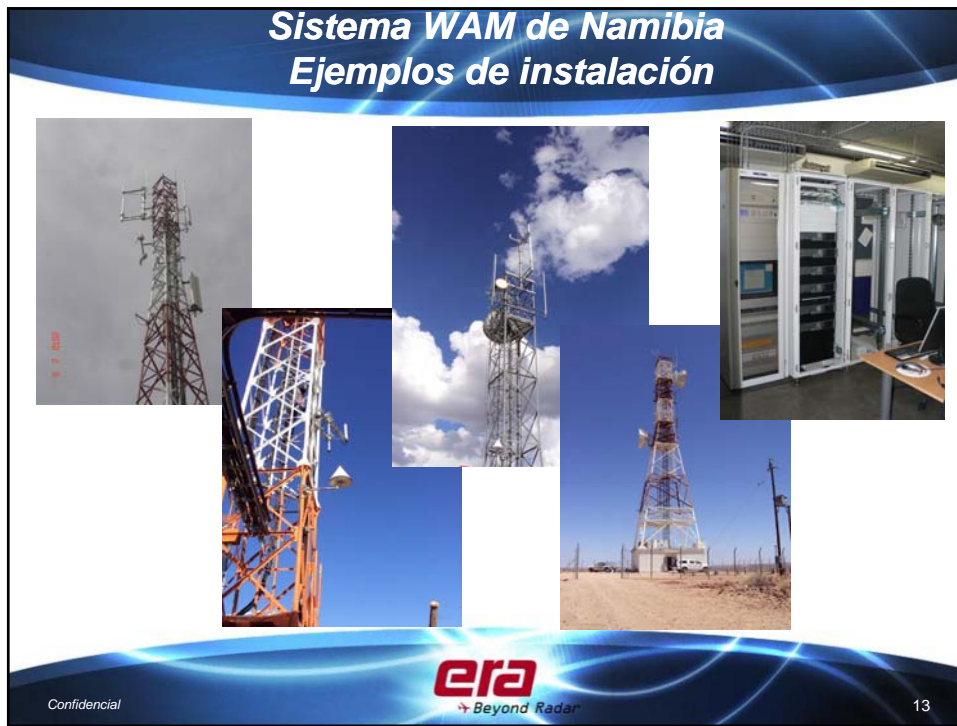
Confidencial



**era**  
Beyond Radar

10





## Sistema de multilateración de TMA y de aproximación de Queenstown

- **WAM de Queenstown**

- Contratado en 2007

- ✦ Queenstown está localizado en un terreno extremadamente complicado (montañas altas y valles profundos)
- ✦ En 2010 SAT completado exitosamente
- ✦ Terreno parecido a las condiciones que se pueden encontrar en los Andes en SAM
- ✦ Operacional (N-1)
- ✦ Condiciones atmosféricas y de terreno extremas para la instalación

- Requisitos

- ✦ Proporcionar vigilancia TMA y de aproximación para el aeropuerto de Queenstown desde 500ft AGL
- ✦ Sistema de presentación de datos en Queenstown Control Centre.
- ✦ Transmisión de datos mediante MW
- ✦ Integrado en el procesamiento de datos de vuelo de Lockheed Martin Skyline (ASTERIX 1)



- Composición del sistema

- ✦ 14 Estaciones

Confidencial

  
Beyond Radar

15

## Sistema WAM de Queenstown Localización de estaciones

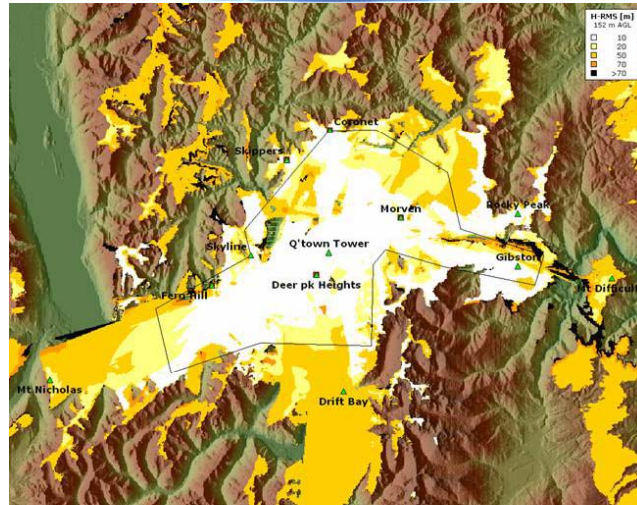


Confidencial

  
Beyond Radar

16

### Sistema WAM de Queenstown Cobertura y precisión en 500 ft AGL



Confidencial



17

### Sistema WAM de Queenstown Visualización del vuelo de prueba (SAT)



Confidencial



18

## Sistema WAM de Queenstown Ejemplos de instalación

**era**  
Beyond Radar

Confidencial 19

## Pantalla de situación aérea REPLAY Sistema WAM de Queenstown

Ident	Modo	Modo 1 - Address	Time	100%	High Pwr - 1	Altitude	SPR - Mode 30-43
100	887	CRTEA	2019-21 03	12.0		2612	
100	888	CRTE2	2019-21 03	9.2		4322	
100	892	CRTE8	2019-21 03	305.5		7206	
100	13234666	CRTE5	2019-20 44			0000	
100	13234661	CRTE8	2019-20 43			0000	
100	13234665	CRTE3	2019-17 44			0000	
100	13234667	CRTE7	2019-20 26			0000	
100	8164076	POKCH	2019-20 34			1200	3044
100	888	POKCH	2019-20 03	8.3		1300	3044
100	822	CRTE7	2019-21 03	106.3		8700	
100	13234666	CRTEA	2019-20 50			0000	
100	13234668	CRTEA	2019-20 58			0000	
100	837	CRTE3	2019-17 03	22.3		4000	3014
100	838		2019-17 03	21.1		4000	3014

Info

4803632 300054

394

2019-21 19:02:2000 2936206

ASX-FPI Cal 19.20.21.23

**era**  
Beyond Radar

Confidencial 20

## Sistema de área extendida instalada en el Mar del Norte para LVNL

- **Sistema WAM en Mar del Norte**
  - Contratado 2007
    - ✦ No existía cobertura de la parte holandesa del Mar del Norte
    - ✦ Operacional (N-1)
    - ✦ Condiciones atmosférica extremas para la instalación
    - ✦ Instalación de estaciones sobre las plataformas petroleras
    - ✦ En 2010 extensiones del sistema
  - Requisitos
    - ✦ Proporcionar la vigilancia de vuelos de bajo nivel entre las plataformas (helicópteros)
    - ✦ Vigilancia del tráfico aéreo comercial sobre el Mar del Norte
    - ✦ Sustituto de un SSR
    - ✦ Datos integrados en el sistema de fusión de datos de HITT situado en ACC Amsterdam
    - ✦ Requisitos según ED-142
  - Composición del Sistema
    - ✦ 19 Estaciones

Confidencial


  
Beyond Radar

21

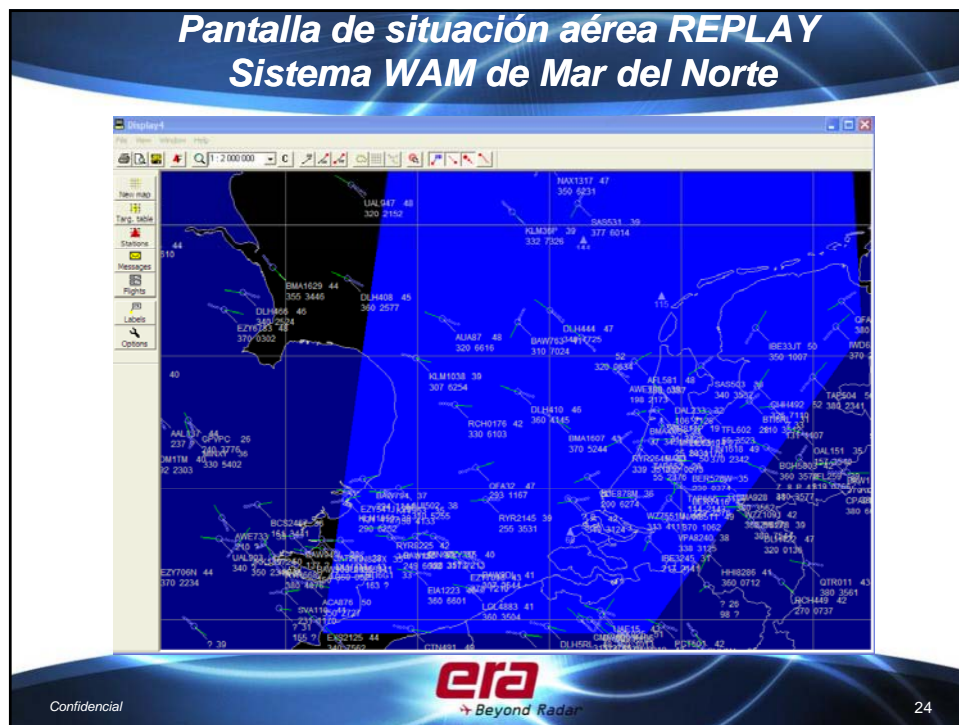
## Sistema WAM de Mar del Norte Localización de estaciones



Confidencial

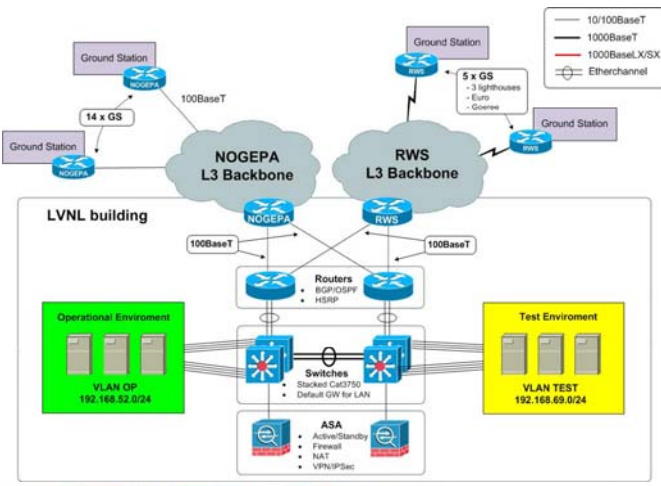

  
Beyond Radar

22



### Sistema WAM de Mar del Norte Arquitectura de la red de transmisión de datos

La estructura de la red de transmisión de datos fue complicada. En la figura se muestra un esquema simplificado de la red a la que ERA ha tenido que ajustar su sistema.



Confidencial



25

### Sistema WAM de Mar del Norte Ejemplos de instalación



Confidencial



26

## Guía para instalación de un sistema WAM

### 1) Definir el volumen en el cual se necesita la vigilancia

- El sistema WAM se debe dimensionar correctamente para poder cubrir las áreas elegidas y rutas deseadas

### 2) Definir el entorno del tráfico

- Aeronaves Modo A/C
- Aeronaves Modo S
- Aeronaves ADS-B

Confidencial



27

## Guía para instalación de un sistema WAM

### 3) Decidir si se prevé la operacionalidad (N-1)

### 4) Preparación y estudio previo detallado

- Las prestaciones de un sistema WAM dependen crucialmente del despliegue de las estaciones
- Planificar la localización de las estaciones
- Comprobar la disponibilidad de canales de comunicación
- Estudiar la cobertura y precisión esperada basada en la simulación y comprobar si cumple los requisitos preestablecidos

Confidencial



28

## Guía para instalación de un sistema WAM

### 5) Documentar los siguientes planes

- Plan de instalación
  - Posibilidad de la instalación de estaciones en sitios no pertenecientes al ATC
  - Previa aceptación por las autoridades locales
- Plan de salud y seguridad de trabajo
- Plan de rendimiento y de verificación
- Plan de formación (Personal de mantenimiento y controladores)
- Plan de transición
- Plan de mantenimiento

Confidencial


 era  
Beyond Radar

29

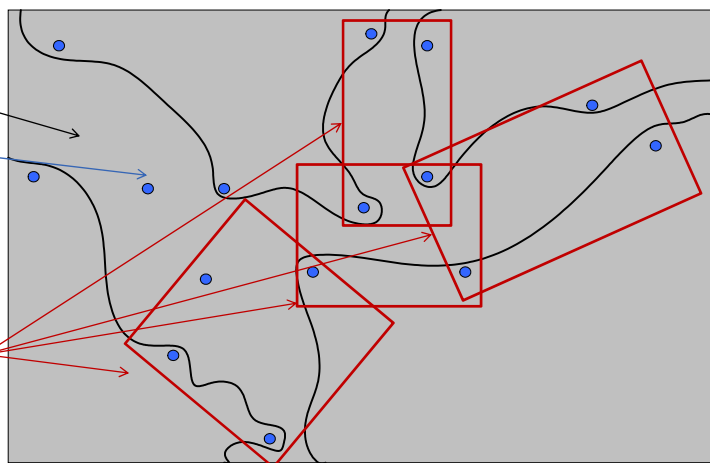
## Guía para instalación de un sistema WAM

### Ejemplo de un despliegue difícil por las condiciones del terreno

Valle

Estaciones

Para cada área rodeada de una geografía difícil se debe asegurar la línea de vista de por lo menos cuatro estaciones para asegurar la correcta funcionalidad del sistema.



Confidencial


 era  
Beyond Radar

30

## Costes de un sistema WAM

### Costes de un sistema WAM

#### Hardware

- Estación de procesamiento central
- Unidades remotas
- Transpondedores de referencia

#### Instalación y puesta en marcha

#### Costes operacionales

- Mantenimiento
- Alquiler de líneas de conexión (++)
- Alquiler de instalación en una infraestructura existente (++)

**Los costes del hardware son aproximadamente el 50 % del coste de un SSR**

Confidencial

**era**  
Beyond Radar

31

## Muchas gracias por su atención



Confidencial

**era**  
Beyond Radar

32