

# **ESTADO DEL ARTE DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS TIC APLICADAS AL ENTORNO AEROPORTUARIO**



**Procesos, Servicios de Integración,  
Procesado Complejo de Eventos  
y Cuadros de Mando**

Pedro García Fernández

# **Estado del arte de las nuevas tecnologías TIC aplicadas al entorno aeroportuario**

**Procesos, Servicios de  
Integración, Procesado Complejo  
de Eventos y Cuadros de Mando**

Primera edición: Diciembre 2012

*No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico o por fotocopias.*

**Edita:**

Isdefe

*Dirección Transporte y TIC*

*Interoperabilidad, Pruebas y Explotación del Transporte*

Beatriz de Bobadilla, 3. 28040 Madrid

CIF: A78085719

Tel: 91.271.11.40

Fax: 91.411.47.03

Web: [www.isdefe.es](http://www.isdefe.es)

**Imprime:**

Byprint

## Prólogo

Al ver el resultado del trabajo realizado por Pedro García Fernández, se hace difícil creer cómo empezó: como un encargo mío de preparar un curso de unas veinte horas para los compañeros recién incorporados a los proyectos aeroportuarios de Isdefe. Unos compañeros que, aunque tecnólogos, no conocían las peculiaridades de los sistemas aeroportuarios y otros que, siendo expertos en los procesos aeroportuarios, necesitaban una base tecnológica lo suficientemente sólida sobre la que cimentar las estructuras organizativas, modelos operativos y la gestión del conocimiento aeroportuario que desarrollaban en su quehacer diario.

Cuando lean esta monografía, no cabe duda que percibirán un cierto tono didáctico, huella de aquellos orígenes formativos que, si se encuentran en una situación parecida a la de aquellos compañeros a los que iba dirigido aquel curso que nunca vio la luz, sabrán agradecer.

Pero este estudio de Pedro va más allá. Los lectores que se las hayan tenido que ver con las dificultades inherentes a la transformación del negocio aeroportuario, con el desarrollo de concepto de red de aeropuertos y el consiguiente incremento de las necesidades de interoperabilidad entre los sistemas soporte de los nuevos procesos, encontrarán en este trabajo una guía y, a la vez, una invitación para adentrarse mediante unas nuevas tecnologías —o, por lo menos, ayer lo eran— en los nuevos servicios que los operadores y usuarios de los aeropuertos demandan: servicios basados en aplicaciones móviles, con una gestión personalizada de los pasajeros y usuarios y dirigidos al aumento de los ingresos comerciales por un mayor conocimiento del comportamiento de los usuarios como consumidores.

No encontrarán aquí una mera descripción de los aspectos tecnológicos relacionados con la integración de sistemas, la automatización de procesos de negocio, el procesado complejo de eventos y métricas e indicadores presentes en cuadros de mando. Encontrarán todos esos aspectos, sí, pero organizados y adecuados al proceso del negocio aeroportuario, con casos prácticos que, en algunos casos, quedan próximos a la implantación real.

No me queda más que felicitar a Pedro por su excelente trabajo e invitarles a que disfruten de esta monografía como yo lo he hecho.

Aurelio Fernández Sáez.

*Gracias a mi abuelo Pepe, llegué a esta profesión, y gracias a esta profesión, conocí a Carmen. Os lo dedico*

## Agradecimientos

Quiero agradecer el trabajo de muchas personas con las que he colaborado en estos últimos 8 años en Isdefe, que son parte imprescindible en la experiencia y conocimientos que plasma esta monografía, primero, por la oportunidad de trabajar juntos en los múltiples proyectos de integración de sistemas que se han acometido durante estos años, y segundo, porque son un equipo humano excepcional con los que he vivido, como para muchos, los mejores años de carrera profesional, especialmente en las AT Integración Madrid-Barajas, Málaga y Alicante. Todos ellos saben quiénes son.

También quiero agradecer a los compañeros que han dedicado tiempo y esfuerzo en recomendar cambios, revisar y proponer contenidos a la monografía.

Como colaboradores, que han aportado sugerencias, contenidos y ayudado en su redacción, he de nombrar a Manuel Fernández Astaburuaga, Lorenzo Pancorbo García, Paula García Suárez, Ángel Cepedano Beteta, Aurelio Fernández Sáez, Ángeles Varona Ibáñez, Pablo Valdeolivas y José María López Higuera. Y por supuesto a Mayte Minguez Pereda.

Por último, a mi familia y amigos, sin ellos nada hubiese sido posible.

# ÍNDICE

<b>Presentación .....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 1. Introducción a la realidad aeroportuaria en España y próximos desafíos.....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo 2. Marcos de trabajo en la gestión de proyectos de integración de sistemas aeroportuarios y reingeniería de procesos .....</b>	<b>21</b>
2.1. ¿Qué sistemas? .....	23
2.2. ¿Qué información, cómo se integra y para qué?.....	25
2.3. Centro de Pruebas de Integración (CPI).....	25
2.4. Pruebas de Integración de Sistemas.....	27
2.4.1. Pruebas en fábrica.....	29
2.4.2. Pruebas en centro de pruebas o laboratorio de integración (CPI).....	29
2.4.3. Pruebas de integración en campo .....	31
2.5. Informes de resultados.....	31
2.6. Reingeniería de procesos .....	32
2.6.1. Identificación de la estructura organizativa.....	34
2.6.2. Identificación de los procesos clave .....	34
2.6.3. Diagnóstico de la situación actual .....	36
2.6.4. Establecimiento de objetivos .....	39
2.6.5. Rediseño de los procesos .....	41
2.6.6. Implantación .....	41
<b>Capítulo 3. Procesos aeroportuarios y sistemas TIC .....</b>	<b>47</b>
3.1. Procesos clave.....	49
3.1.1. Procesos de aeronaves.....	50
3.1.2. Procesos de gestión de pasajeros y equipajes .....	51
3.1.3. Procesos de control y mantenimiento de instalaciones, equipos y sistemas .....	52

3.1.4.	Procesos de seguridad .....	52
3.2.	Sistemas TIC de soporte a los procesos aeroportuarios.....	54
3.2.1.	AODB (Airport Operational Database) .....	54
3.2.2.	RMS (Resource Management System).....	54
3.2.3.	FIDS (Flight Information Display System) .....	55
3.2.4.	MEGAFONÍA/PA (Public Address System) .....	55
3.2.5.	BHS (Baggage Handling System) .....	55
3.2.6.	CUTE (Common Use Terminal Equipment).....	57
3.2.7.	CUSS (Common Use Self-Service) y Baggage Drop System .....	57
3.2.8.	DCS (Departure Control System) .....	57
3.2.9.	BMS (Building Management System) .....	57
3.2.10.	SIS (Sistema Integrado de Seguridad).....	58
3.2.11.	Sistemas medioambientales .....	60
3.2.12.	Sistemas de gestión comercial .....	60

## **Capítulo 4. La gestión y estandarización del modelo de datos del negocio aeroportuario ..... 61**

4.1.	Estrategia en el diseño del modelo de información común aeroportuario.....	63
4.2.	Importancia del modelo de información único en la implementación de procesos y servicios aeroportuarios .....	65
4.3.	Gestión, mantenimiento y evolución del modelo de información.....	67
4.4.	La gestión de los datos maestros. MDM (Master Data Management).....	70
4.4.1.	¿Qué es el MDM?.....	70
4.5.	De los metadatos a la web semántica .....	71
4.5.1.	XML.....	72
4.5.2.	Web Semántica.....	75
4.5.2.1.	RDF (Resource Description Framework) .....	76
4.5.2.2.	OWL (Ontology Web Language) .....	77
4.5.3.	JSON (JavaScript Object Notation) .....	78

<b>Capítulo 5. La importancia de la integración de sistemas .....</b>	<b>81</b>
5.1. ¿Para qué la integración? .....	84
5.2. EAI (Enterprise Application Integration).....	87
5.3. ESB (Enterprise Service Bus).....	90
5.3.1. Patrones ESB.....	91
5.3.2. Conceptos .....	92
5.4. SOA: Arquitectura Orientada a Servicios .....	103
5.4.1. Ventajas de SOA .....	104
5.4.2. ¿Qué es un WebService? Estándares .....	105
5.4.2.1. Los Servicios Web como generadores de negocio .....	107
5.4.2.2. RestFULWebServices .....	108
5.5. SCA (Service Component Architecture).....	110
5.6. Integration as a service. Cloud Computing en la integración de sistemas.....	112
5.7. Ejemplo de participación de sistemas en el proceso aeroportuario .....	116
<b>Capítulo 6. Mejora en la gestión de procesos de negocio aeroportuario. BPM .....</b>	<b>131</b>
6.1. Clasificación de procesos .....	134
6.2. Orígenes del BPM .....	135
6.3. BPM. ¿Qué es?.....	136
6.4. ¿Qué objetivos perseguimos con su implantación? .....	138
6.5. Desarrollo y modelado de procesos .....	139
6.5.1. BPMN (Business Process Modeling Notation) .....	139
6.5.2. XPDL (XML Process Definition Language).....	144
6.5.3. BPEL (Business Process Execution Language) .....	145
6.6. Gestión de la asignación de tareas .....	146
6.7. Rendimiento de los procesos .....	147
6.8. Patrones de diseño.....	149

<b>Capítulo 7. Predicción y adaptación en tiempo real en los procesos aeroportuarios. CEP .....</b>	<b>151</b>
7.1. Conceptos.....	155
7.2. Componentes principales .....	159
7.3. Lenguajes .....	161
7.3.1. Stream processing .....	161
7.3.2. Rule languages .....	163
7.3.3. Agent languages .....	164
7.4. Aplicación .....	166
<b>Capítulo 8. Cuadros de mando. Indicadores y acuerdos de nivel de servicio. Gestión de la incertidumbre de los centros de gestión aeroportuaria ...</b>	<b>169</b>
8.1. ¿Cómo afrontarlo en la práctica?.....	172
8.2. Cuadros de mando en la gestión aeroportuaria .....	176
8.2.1. ¿Está preparada la organización? .....	177
8.2.2. Clasificación y tipos de cuadros de mando.....	178
8.2.3. Indicadores de negocio. KPI .....	180
8.2.4. Cuestiones sobre diseño y desarrollo de los cuadros de mando.....	183
<b>Capítulo 9. Implantación de centros de competencia de integración, servicios y procesos aeroportuarios .....</b>	<b>185</b>
9.1. Gestión del diseño e implantación del modelo de información, servicios de integración y procesos.....	187
<b>Bibliografía y Referencias.....</b>	<b>195</b>
<b>Acrónimos .....</b>	<b>201</b>

## **Presentación**

Esta monografía trata de reunir el estado actual de aspectos tecnológicos relacionados con: la integración de sistemas, procesos de negocio, procesado complejo de eventos y métricas e indicadores presentes en los cuadros de mando en el entorno aeroportuario.

En los últimos diez años se ha realizado una transformación muy profunda en la red de aeropuertos españoles, tanto a nivel de infraestructuras como de los sistemas que ayudan a su gestión. Sistemas que han cambiado su paradigma de funcionamiento al establecerse una extensa cooperación entre los mismos, mediante plataformas de integración y servicios. Toda la implantación de los sistemas de forma integrada y colaborativa, supone una gran base para la adopción de nuevas tecnologías que pueden apoyar aún más en la gestión aeroportuaria, como son los procesos automáticos de negocio y el procesado complejo de eventos.

El lector obtendrá una visión tanto del estado actual como la posible aplicación de las nuevas tecnologías antes mencionadas, y he de sugerirle al lector, que vea este conjunto de herramientas y arquitecturas como una nueva fuente de novedosos servicios que están a la vuelta de la esquina, relacionado con aplicaciones móviles, gestión personalizada de los pasajeros y usuarios, aumento de ingresos comerciales por un mayor conocimiento del comportamiento de los consumidores, etc.

La monografía está estructurada del siguiente modo:

En primer lugar, entre los capítulos 1 y 3 introduciremos el contexto aeroportuario actual, los marcos de trabajo con los que se han abordado los diferentes proyectos de integración de sistemas y procesos y por último, un compendio de los sistemas y procesos generales presentes en los aeropuertos.

A continuación, en los capítulos del 4 al 7, introducimos los diferentes paradigmas tecnológicos que se tratan en esta publicación: los servicios de integración y modelo de datos asociado, los procesos automáticos de negocio y el procesado complejo de eventos.

Por último, en el capítulo 8, se aborda la explotación por parte de los centros de gestión aeroportuaria de la información proveniente de los sistemas en base a métricas, acuerdos de nivel de servicio, etc., y en el capítulo 9, se plantea el Centro de Competencias necesario con los roles adecuados para abordar la implantación de las tecnologías descritas.

Espero que la lectura sea de su agrado y le resulte comprensible.

# **Introducción a la realidad aeroportuaria en España y próximos desafíos**

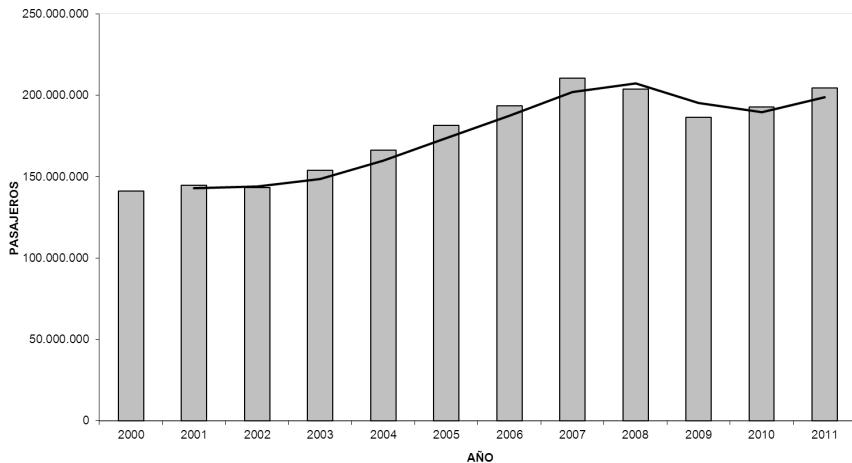
En la primera década del siglo XXI, salvo los años 2008 y 2009, hemos asistido a un incremento continuado y sostenido del tráfico aéreo, tanto en número de pasajeros como de carga transportada. Este aumento ha venido acompañado de la adecuación de las infraestructuras aeroportuarias de todo el mundo. En España son destacables los esfuerzos realizados en los Aeropuertos de Madrid-Barajas, con la nueva terminal T4 (año 2006), en Barcelona-El Prat con la nueva Terminal 1 (año 2009), en el Aeropuerto de Málaga con la nueva terminal T3 (año 2010) y por último las aperturas, de las nuevas áreas terminales de los aeropuertos de Alicante, La Palma y Santiago de Compostela, producidas durante el año 2011.

Actualmente, la red de Aena Aeropuertos cuenta con 47 aeropuertos que durante el período comprendido entre los años 2004 y 2011 refleja las siguientes estadísticas [1]:

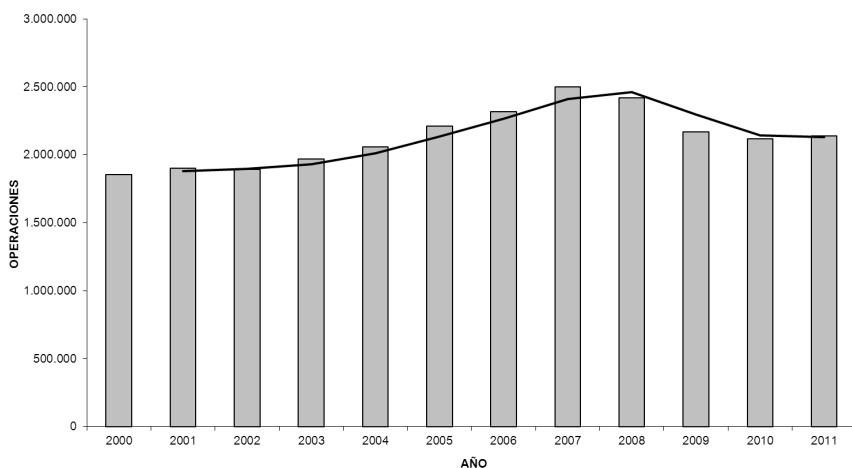
- Ha transitado una media de 192 millones de pasajeros por año.
- Se ha realizado una media de 2,2 millones de operaciones aéreas.
- Se ha transportado una media de 626 millones de toneladas de carga.

Entre los años 2000 y 2011, se ha incrementado en más de un 40% el número de pasajeros transportados, con picos de crecimiento superiores al 7% anual entre 2003 y 2007. Respecto al número de operaciones aeroportuarias, el crecimiento ha sido del entorno del 15% en el mismo periodo (2000-2011). No ha ocurrido lo mismo con la carga aérea, que ha mantenido un comportamiento irregular durante el primer decenio e inicio del segundo decenio del siglo XXI, y mostraba una gran correlación con el crecimiento económico del país, destacando el período comprendido entre los años 2004 y 2008, así como la caída del 10% de la carga transportada durante el año 2009. No obstante, el año 2011 consiguió marcar el registro más alto de los últimos 11 años pero en el 2012, con datos del tercer trimestre, el descenso acumulado se sitúa en el entorno del 4% con tendencia a incrementar las caídas hasta final de año.

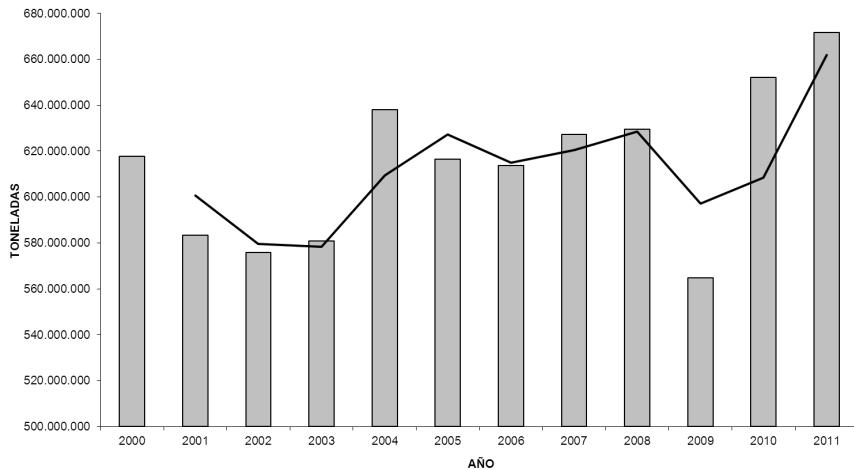
En las siguientes gráficas podemos observar cómo se han comportado a lo largo del período 2000-2011, el tráfico de pasajeros, operaciones aéreas y carga. Se añade la información de las medias móviles para identificar con mayor claridad la tendencia seguida durante el período.



**Figura 1. Evolución pasajeros2000-2011**



**Figura 2. Evolución operaciones 2000-2011**



**Figura 3. Evolución carga aérea 2000-2011**

AÑO	PASAJEROS	OPERACIONES	CARGA(tn)
<b>2000</b>	140.991.621	1.853.611	617.807.962
<b>2001</b>	144.600.603	1.901.574	583.351.821
<b>2002</b>	143.092.605	1.893.848	575.826.742
<b>2003</b>	153.826.709	1.968.824	580.726.179
<b>2004</b>	166.146.198	2.056.959	638.120.793
<b>2005</b>	181.277.741	2.210.449	616.382.085
<b>2006</b>	193.553.178	2.318.525	613.602.370
<b>2007</b>	210.498.760	2.501.537	627.330.375
<b>2008</b>	203.862.028	2.420.072	629.634.700
<b>2009</b>	186.349.814	2.167.605	564.733.858
<b>2010</b>	192.787.860	2.116.512	652.146.212
<b>2011</b>	204.373.288	2.139.614	671.722.190

**Tabla 1. Datos estadísticos 2000-2011**

La ampliación de las infraestructuras aeroportuarias ha traído consigo una mayor complejidad a la hora de controlar los principales procesos aeroportuarios, esto es, los que están orientados a la atención de pasajeros, aeronaves, equipajes, a las actividades para garantizar la seguridad y al mantenimiento de instalaciones y sistemas. Las nuevas tecnologías implementadas en estos procesos hacen que los métodos, procedimientos y medios tradicionales de control de los mismos no sean eficaces para el cumplimiento de los niveles de servicio requeridos por los procesos mencionados. A estos, se añaden una serie de desafíos a los que se enfrenta el sector aéreo y que impactan en el negocio aeroportuario. Estos desafíos son:

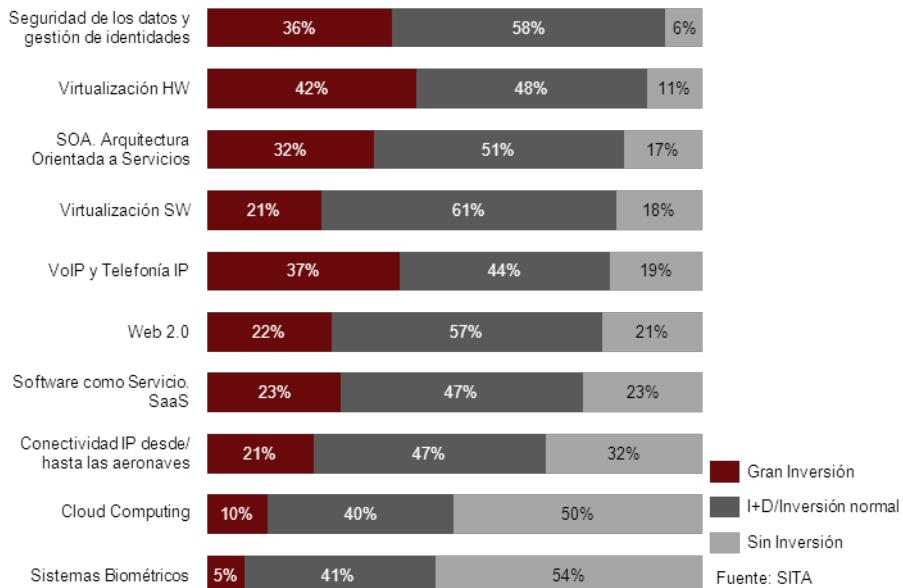
- La adopción del Cielo Único Europeo. Este nuevo marco para las operaciones aéreas se orienta a disponer de rutas más directas para los vuelos, lo cual permitirá una reducción de los tiempos de vuelo, ahorro de combustible y reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera. Permitirá un aumento en la puntualidad de las operaciones. Todo esto en su conjunto producirá una reducción de costes necesaria, ya que comparativamente el espacio aéreo europeo actual tiene un coste de entre un 30% y un 60% superior al espacio aéreo de los Estados Unidos de América.
- Concentración del sector de las aerolíneas. Las aerolíneas están sufriendo un proceso de concentración que sin duda afecta a los aeropuertos. La creación de alianzas facilita la comercialización de las rutas, ya que permite ofrecer a una compañía numerosos destinos que en principio no le serían rentables, pero que al compartir aeronave con otras compañías optimizan su uso al tiempo que mantienen la fidelidad del pasajero con una aerolínea determinada. Por otra parte, la creación de nuevas compañías y la operación de las redes por medio del establecimiento de *hubs* en determinados aeropuertos condicionan notablemente la gestión de los recursos de estos aeropuertos. Este tipo de operación consiste en concentrar todas las llegadas y salidas de una misma compañía en una determinada franja horaria, o en varias a lo largo del día, con el fin de facilitar las conexiones de pasajeros para aquellas rutas que no puedan ser directas. Si bien al aeropuerto le reporta un tráfico muy estable, también le obliga a disponer del máximo de recursos en oleadas, generando picos muy fuertes de tráfico seguidos de varias horas de actividad muy baja o en ocasiones inexistente.
- Nuevas normativas y regulaciones. La creciente regularización del sector aéreo y aeroportuario está derivando en una necesidad mayor de gestión y adaptación por parte de los aeropuertos. Entre éstas podemos enumerar las regulaciones sobre normativas de atenuación de

ruido, seguridad operacional y certificación de aeropuertos, así como las futuras normativas encaminadas a la reducción drástica de pérdida de equipajes, billete electrónico, etc.

- Seguridad aeroportuaria. De todos es conocido el creciente aumento de los trámites y control de la seguridad aeroportuaria desde los hechos ocurridos el 11 de septiembre de 2001. Estos cambios están teniendo un impacto claro en los procesos de pasajeros y en las compañías aéreas.
- Nuevo modelo de gestión aeroportuaria. El nuevo modelo de gestión y privatización parcial de los aeropuertos españoles planteado por el Gobierno de España va a suponer un cambio en los modelos de gestión que va a llevar aparejada la aparición de nuevos actores, proveedores y procedimientos de gestión.
- Búsqueda de nuevas vías de generación de ingresos. Las oportunidades de generación de valor e ingresos mediante el uso y explotación, por parte de terceros, de los servicios y datos internos generados por las organizaciones, es un valor en alza como nueva vía de ingresos, las TIC, que soportan los diferentes procesos comerciales, son los catalizadores y facilitadores de estas nuevas oportunidades de negocio incipientes.
- Inversiones en tecnología. Las continuas evoluciones y avances tecnológicos son también objeto de estudio por parte de los diferentes departamentos de tecnología del sector aeroportuario. Éstos están mostrando una clara tendencia en la implantación de dichas tecnologías, tal como se recoge en los diferentes estudios que ha realizado SITA en los últimos años.

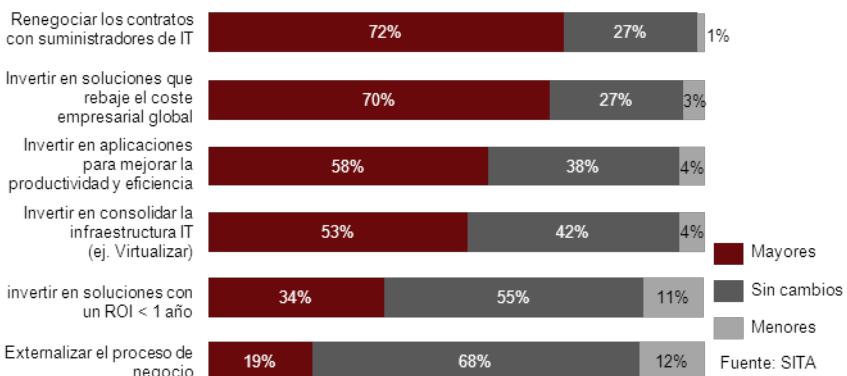
Mostramos a continuación los datos elaborados por SITA en su informe anual *Airport IT Trends* de 2009, 2010, 2011 y 2012 [2]:

- ¿En qué piensan invertir los aeropuertos en materia de tecnología en los próximos 3 años?



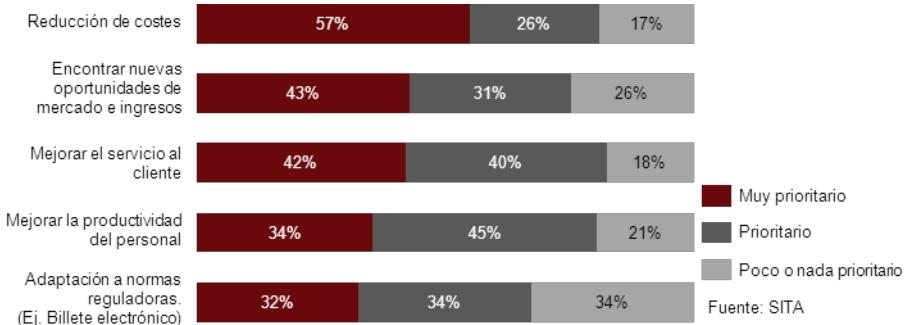
**Figura 4. Inversión IT aeropuertos 2009-2011**

- ¿Qué planes tienen, durante 2009, respecto al año 2008 para la adaptación de la estrategia de IT por cuestiones de costes?



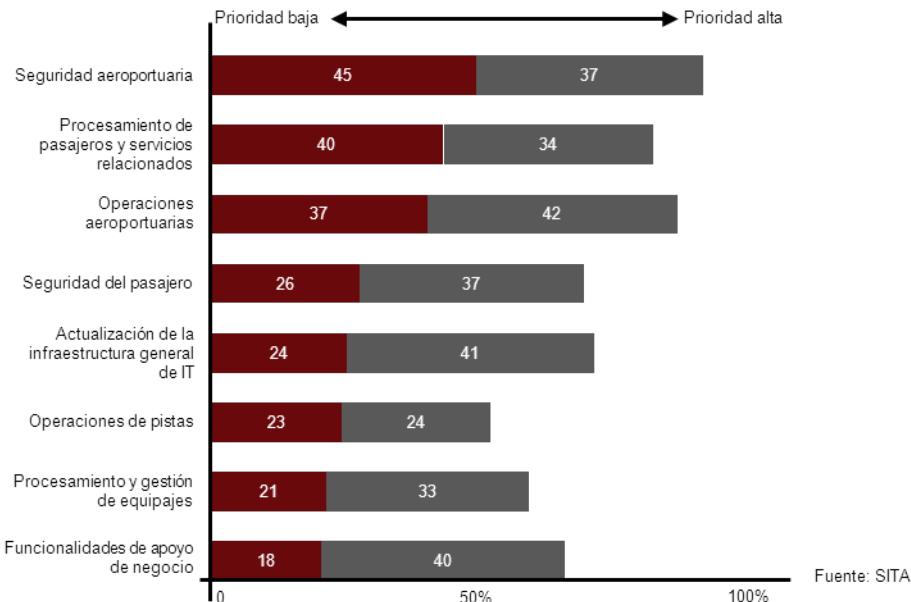
**Figura 5. Estrategia IT aeropuertos por costes 2009-2011**

■ ¿Qué factores se priorizan en la inversión en IT?



**Figura 6. Prioridad inversión IT aeropuertos 2009-2011**

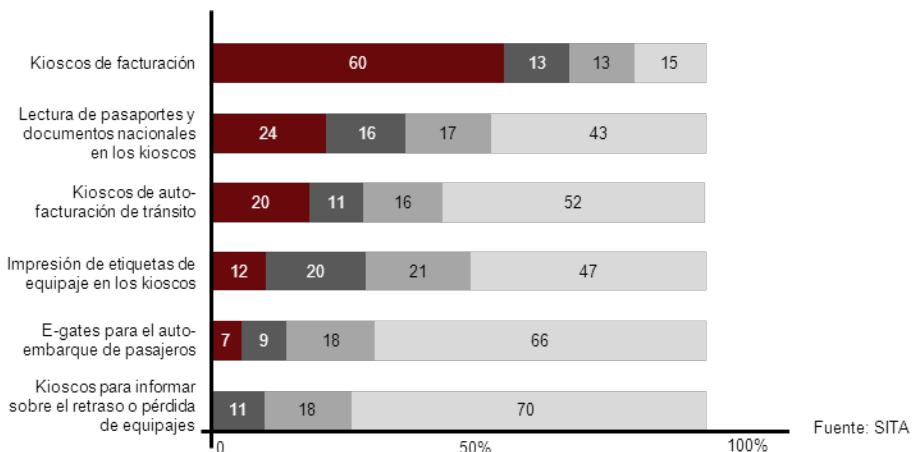
- Desde el punto de vista de estrategia global en IT, los aeropuertos consultados respondieron a la cuestión de cuáles son sus prioridades de inversión en IT.



**Figura 7. Prioridad inversión IT aeropuertos 2011**

Como titular importante, SITA menciona que el 78% de los aeropuertos mantendrá o incrementará el presupuesto destinado a IT.

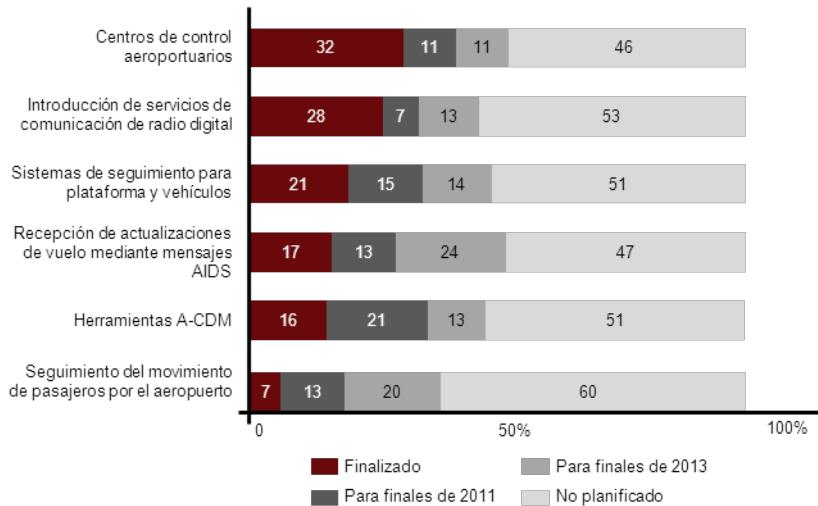
- Respecto a la adopción cada vez mayor de sistemas y procedimientos tecnológicos aplicados al proceso de pasajeros los resultados relativos a la adopción de tecnología "sírvase usted mismo" son los siguientes:



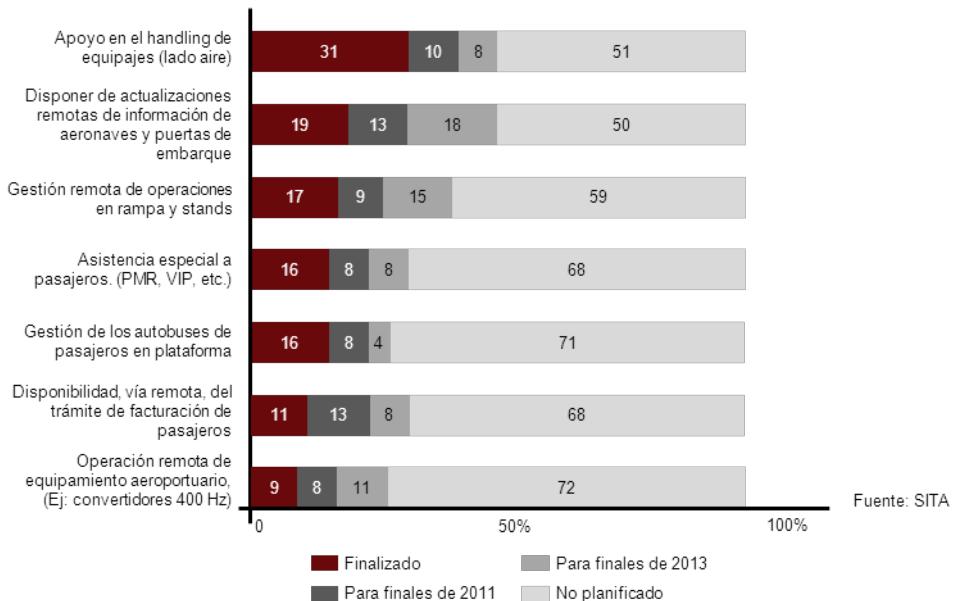
**Figura 8. Inversión IT proceso pasajeros 2011-2013**

Se espera que el 34% de los aeropuertos tengan para el año 2013 los denominados *e-Gates*, que ayudarán a reducir los tiempos de espera y por lo tanto aumentar la velocidad del proceso de pasajeros.

### Proyectos IT en relación con operaciones aeroportuarias

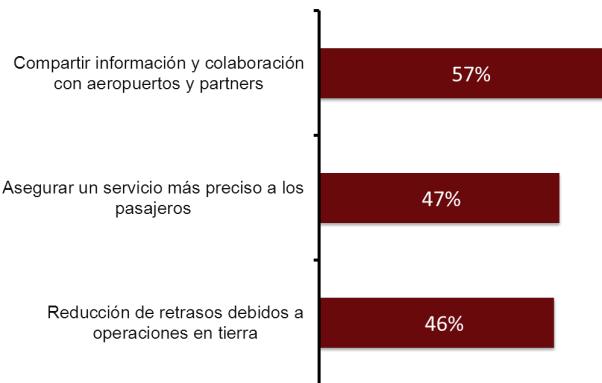


### Servicios inalámbricos en dispositivos de mano para personal aeroportuario



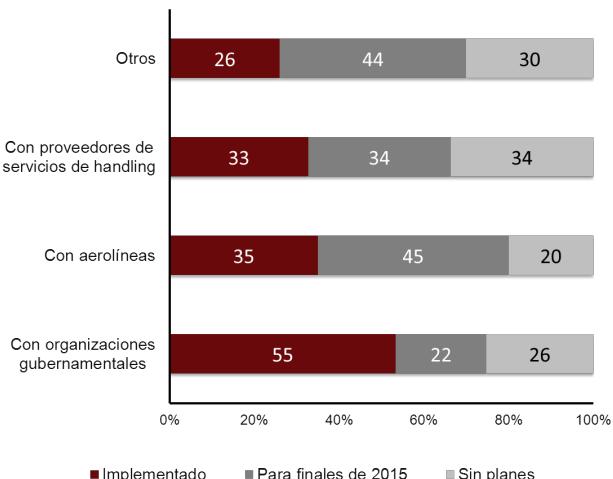
**Figura 9. Inversión IT aeropuertos 2011-2013**

En el estudio de SITA para el 2012, se introduce la necesidad de compartir información del aeropuerto con terceros, para dotar una mayor inteligencia de negocio con los pasajeros y con el resto de entidades relacionadas.



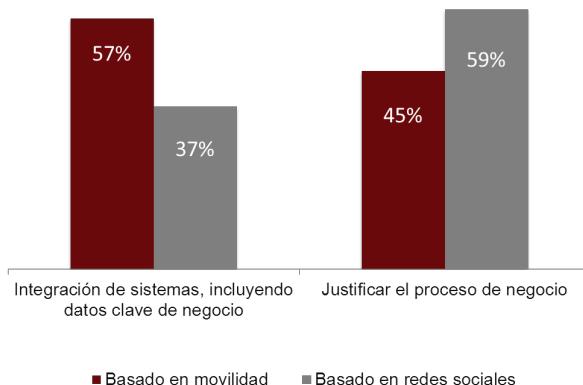
**Figura 10. Razones para la inversión en Business Intelligence**

Si analizamos el detalle del apartado relativo a la compartición y colaboración con terceros, vemos los siguientes resultados:



**Figura 11. Planes para compartir información con terceros**

Por último, se muestran los retos ante la exposición de nuevos servicios para plataformas móviles así como para la estrategia relacionada con redes sociales.



**Figura 12. Retos para la implementación de servicios móviles y de redes sociales orientados a pasajeros**

A estos datos recogidos en los estudios de SITA, se ha de nombrar el reto de poder transformar la ingente cantidad de información y datos que fluye por los sistemas aeroportuarios que suponen una clara oportunidad de creación de nuevos servicios tanto desde el punto de vista comercial, de mejora de satisfacción de los usuarios, como de interrelación con otras entidades nacionales, internacionales y supranacionales para la optimización de las operaciones aeroportuarias, por ejemplo la estrategia Airport Collaborative Decision Making (A-CDM).

- Gestión medioambiental. Con la creciente concienciación de los sectores productivos y económicos respecto al uso responsable de la energía y de la gestión de los residuos, la gestión medioambiental ya está siendo relevante y cobrará en los próximos años un importante avance en la gestión de los aeropuertos.

Podemos observar, desde el punto de vista medioambiental, los siguientes aspectos propios de los aeropuertos:

- Consumo de combustible de las aeronaves.
- Separación de hidrocarburos recogidos en la plataforma y depuración de aguas.

- Consumo energético de las terminales producido por climatización y ventilación, sistemas de equipajes, iluminación, suministro a aeronaves en pasarela, etc.
- Ruido y calidad del aire como obstáculo en el crecimiento de las operaciones y expansión de los aeropuertos.
- Conservación del entorno en la zona perimetral del aeropuerto.

Al margen del propio estilo arquitectónico, materiales, etc., de los diferentes edificios que componen el área aeroportuaria, los cuales pueden favorecer más o menos la eficiencia energética, los sistemas, instalaciones, mantenimiento y control de la información de estado, son claves a la hora de determinar el gasto y eficiencia energética de los aeropuertos.

El consumo energético no sólo afecta desde el punto de vista económico, sino también, desde el punto de vista de confort de los pasajeros y trabajadores, establecimientos comerciales, rendimiento de los sistemas, etc. Por ello, apostar por una estrategia de optimización del gasto energético supone ventajas económicas de calidad de servicio y, por supuesto, medioambientales.

Afrontar esta estrategia requiere una base tecnológica que provea de toda la información necesaria para poder encarar con garantías los objetivos de eficiencia energética, además de tener actualizados todos los dispositivos generadores y consumidores de energía. Aquí cobran especial relevancia los sistemas de control de instalaciones, que realizan un control minucioso de la energía, iluminación, protección contra incendios, climatización, red de agua, etc.

A pesar de que debe existir una política de gestión medioambiental común para todo el sector aeroportuario, localmente existen multitud de condicionantes que hacen que cada aeropuerto deba adaptar dicha política a su entorno e instalaciones propios.

Para todos estos desafíos actuales y futuros, se está produciendo una implantación paulatina de Centros de Gestión Aeroportuaria en los aeropuertos españoles; esto está suponiendo la creación de nuevas plataformas de gestión de tiempo real con un altísimo componente tecnológico. Las tecnologías deben facilitar el objetivo aeroportuario de ejercer un mayor control sobre cómo se están comportando o cómo están siendo impactados los diferentes procesos clave. La implantación de estos centros supone además una oportunidad de mejora notable que está redefiniendo la gestión aeroportuaria aplicada hasta ahora.

**Marcos de trabajo en la  
gestión de proyectos de  
integración de sistemas  
aeroportuarios y reingeniería  
de procesos**

La experiencia desarrollada en los diferentes proyectos de integración aeroportuaria, (Madrid-Barajas, Barcelona-El Prat, Málaga y Alicante) se ha basado en un marco de trabajo común en el que se establecen unas fases muy marcadas que permiten que la gestión de proyectos de integración de sistemas tengan éxito y se haya podido aplicar en cada aeropuerto. Este marco de trabajo organiza las actividades de modo *bottom-up*, esto es, desde los sistemas hasta los escenarios de integración en los que participan los mismos, detallándose la información y mecanismos tecnológicos de integración necesarios para la cooperación de los sistemas aeroportuarios. Mostramos a continuación una representación resumida del marco de trabajo desarrollado por Isdefe:



**Figura 13. Marco de trabajo Isdefe en proyectos de integración de sistemas**

## 2.1. *¿Qué sistemas?*

El inventario de sistemas es la referencia a lo largo del proceso de Integración de Sistemas. Contiene el detalle completo de sistemas y aplicaciones, clasificados en función de varios parámetros, pertenencia al grupo funcional, fase de integración, desarrollador/implantador del sistema, etc.

Los sistemas objeto de inventario se dividen en:

- Sistemas de ingeniería y mantenimiento. Incluyen todos los sistemas de gestión y control de instalaciones aeroportuarias (BMS), balizamiento, pasarelas telescopicas, central eléctrica, climatización, iluminación, baja tensión, etc. En general basados en plataformas SCADA.
- Sistemas de servicios aeroportuarios. Incluyen el sistema de gestión de servicios aeroportuarios, gestión de aparcamientos y bolsa de taxis, etc.
- Sistemas operacionales. Incluyen todos los relacionados con la operación clásica aeroportuaria y de equipamiento común, tales como bases de datos aeroportuarias (AODB), sistemas de asignación de recursos (RMS), sistemas de información al público (FIDS), sistemas de facturación y embarque (CUTE), sistemas de tratamiento de equipajes (BHS), etc.
- Sistemas de seguridad. Incluyen los sistemas de control de accesos (ACS), los circuitos cerrados de TV (CCTV), etc.
- Sistemas comunes. Son los sistemas e infraestructuras comunes, como la red de comunicaciones troncal del aeropuerto, telefonía, radio, TETRA, etc.
- Sistemas de medio ambiente. Incluyen los sistemas de detección de huella de ruido, estaciones depuradoras de agua residuales, estaciones de tratamiento de residuos sólidos, sistemas para el análisis de la calidad del aire, etc.
- Sistemas comerciales. Son los sistemas mediante los cuales el gestor aeroportuario, optimiza y gestiona los ingresos del espacio comercial aeroportuario, tales como agentes TPV, sistemas de publicidad, etc.
- Sistemas de navegación aérea. Todos los relacionados con el control aéreo y la monitorización de ayudas a la navegación aérea.
- Sistemas externos. Aquellos sistemas de compañías aéreas y agentes *handling* (DCS), SITA, etc.

## 2.2. ¿Qué información, cómo se integra y para qué?

Partiendo del inventario de sistemas, se elabora el Modelo de Información (MdI) de los diferentes sistemas aeroportuarios, con el propósito de conseguir un conocimiento conceptual del funcionamiento de las interfaces e identificar nuevos requisitos para los sistemas a integrar (RdI).

Este MdI servirá como mecanismo principal para establecer los requisitos de Integración de Sistemas y se compone de:

- Un esquema de funcionamiento conceptual de las diferentes interfaces entre sistemas (Modelo Conceptual).
- El esquema lógico de intercambio de mensajes entre funciones.
- Los escenarios de integración aeroportuarios (EdI).

En la siguiente tabla se resumen esquemáticamente las características del MdI.

COMPONENTE MdI	ORIENTADO A	CONSISTE EN
MdC (Modelo Conceptual)	Sistemas	Traducción de los requisitos de usuario a un diagrama de contexto indicando sistemas y flujos de información.
RdZ (Requisitos de Interfaz)	Interfaces	Fichas de Interfaz incluyendo toda la información detallada: estructura de mensajes, canales de comunicación, reglas de generación, etc.
EdI (Escenarios de Integración)	Procesos Aeroportuarios	Definición de los escenarios aeroportuarios implicando múltiples sistemas e interfaces.

**Tabla 2. Características del modelo de información**

## 2.3. Centro de Pruebas de Integración (CPI)

Los CPI han sido la herramienta fundamental para el éxito de los proyectos de integración aeroportaria. Estos centros están formados por un espacio físico, infraestructuras, recursos técnicos y humanos orientados a:

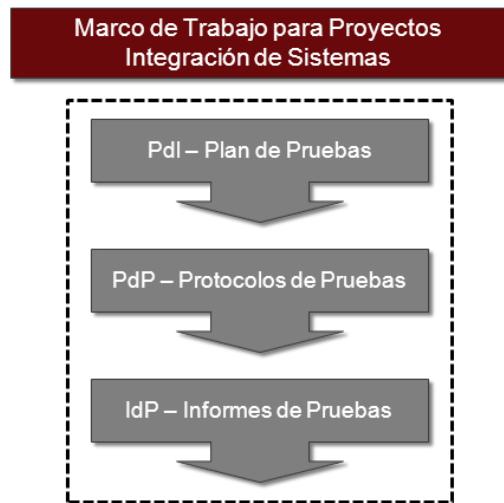
- Asegurar el cumplimiento de los requerimientos de la Integración de Sistemas.
- Conseguir el nivel máximo de Integración de Sistemas.
- Ejecutar las distintas verificaciones necesarias para el cumplimiento de los dos puntos anteriores.
- Verificar que la formación realizada se ajusta a las necesidades de los usuarios.
- Lograr la correcta puesta en marcha de los sistemas cumpliendo las tres máximas de todo proyecto: planificación, presupuesto y funcionalidad.

En línea con los objetivos de la Integración de Sistemas, cada uno de los desarrolladores/implantadores de los sistemas del aeropuerto suministra, especialmente para el CPI, un prototipo y banco de ensayos (maqueta) representativo del sistema real para la realización de pruebas y posterior formación del usuario.

Los beneficios que se obtienen son:

- Reducción drástica del riesgo de fallos durante las pruebas en campo.
- Ejecución de los planes de formación puntualmente y con total comodidad.
- Identificación y corrección de problemas de forma temprana antes de su despliegue en campo.
- Centralización de la realización de las pruebas con todos los sistemas.
- Disminución del tiempo total de ejecución del proceso total de verificación y por tanto del coste asociado.
- Aumento de confianza sobre el funcionamiento de los sistemas.
- Disponibilidad durante más tiempo de un entorno de pruebas.
- Sienta las bases de un laboratorio de ensayo, validación y verificación multipropósito para el aeropuerto.

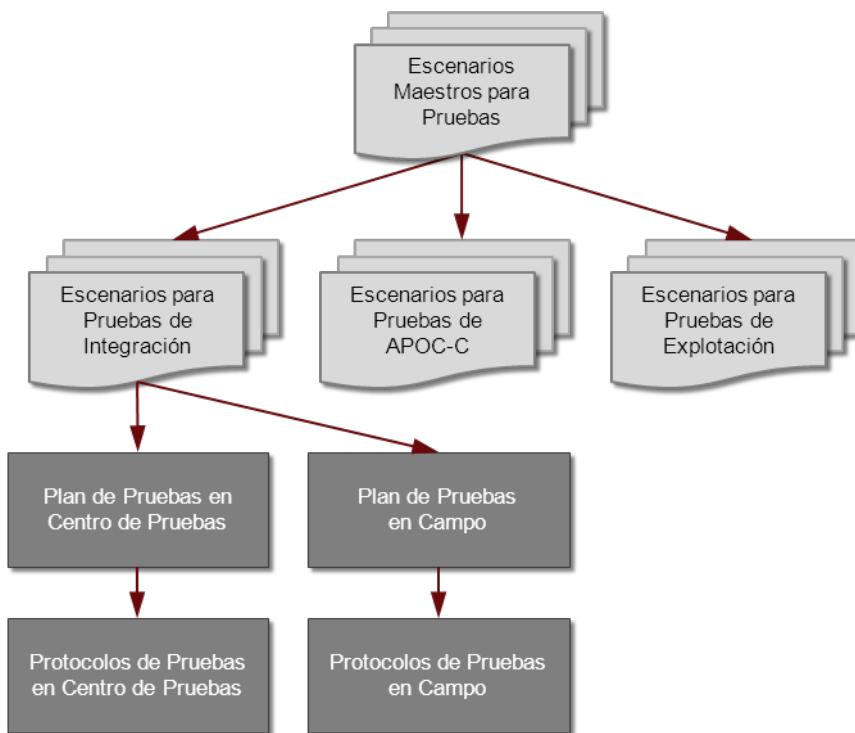
## 2.4. Pruebas de integración de sistemas



La complejidad del servicio aeroportuario implica adoptar una estrategia encaminada a minimizar los riesgos de la puesta en explotación de grandes infraestructuras del aeropuerto, en la que el proceso de verificación constituye un elemento fundamental. En particular, en el proceso de Integración de Sistemas, esta verificación adquiere aún mayor importancia cuando se trata de pruebas de integración de sistemas heterogéneos.

Para la alineación de requisitos de la gestión aeroportuaria con la integración de sistemas se definen unos escenarios maestros mediante los cuales se identifican los procesos de gestión y operación aeroportuarios a los que sirven los sistemas colaborativos.

El siguiente diagrama muestra la secuencia lógica de identificación de escenarios y creación de los planes de pruebas.

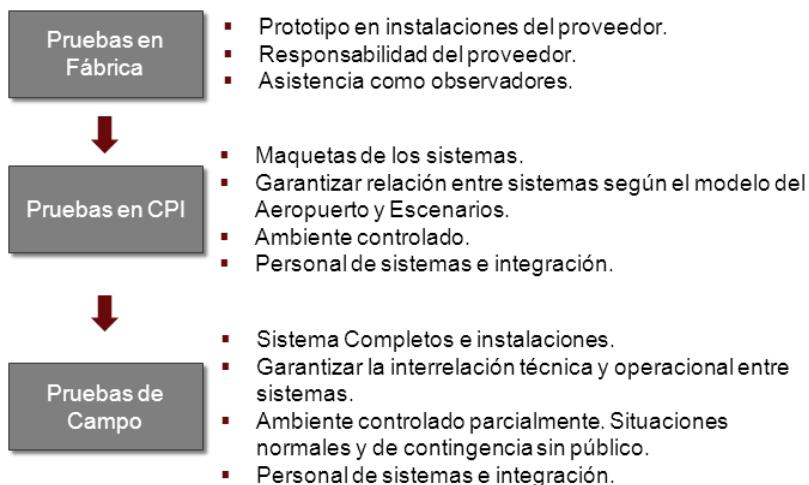


**Figura 14. Secuencia identificación de planes de pruebas de integración**

Para que el proceso de verificación y validación se ejecute de una manera eficiente y se pueda minimizar su duración, debe existir una actividad previa al diseño de pruebas: la elaboración del Plan de Pruebas (PdP), es el documento que define los aspectos normativos y estratégicos de los ensayos de integración, tales como: objetos a probar, casos y condiciones de prueba, datos de prueba, entorno, responsabilidades y programación de pruebas, ciclo de vida de las incidencias, así como los recursos necesarios para su realización.

Para cada una de las fases de validación se describen las actividades, hitos, pruebas y documentación a ser realizados, alcanzados y generados para probar los diferentes sistemas aeroportuarios.

A continuación se presentan el conjunto de actividades, sus objetivos, hitos, actores y responsables.



**Figura 15. Tipología de pruebas de integración**

#### **2.4.1. Pruebas en fábrica**

Esta fase tiene como finalidad la verificación tecnológica de las interfaces externas del sistema a través de los analizadores y emuladores del proveedor.

#### **2.4.2. Pruebas en centro de pruebas o laboratorio de integración (CPI)**

Las validaciones en este entorno, tienen por objeto verificar la integración de un sistema con aquellos que se relaciona. Se desarrollarán en un entorno controlado e independiente del resto del aeropuerto y con su propia red y servicios. En el CPI se instalan maquetas de los sistemas a integrar como una representación válida al sistema definitivo en producción, el cual cuenta con las capacidades de gestión y comunicación equivalentes al definitivo. Las pruebas en CPI pueden desglosarse a su vez en 5 fases:

1. Las Pruebas de Hardware y Software consisten en efectuar una serie de comprobaciones rutinarias que verifican y validan que la arquitectura HW y SW de cada maqueta instalada funciona correctamente. Esta certificación se ejecuta cada vez que hay un cambio de versión.

2. Las Pruebas de Conectividad consisten en realizar unas comprobaciones básicas relativas a la conectividad de cada maqueta, ya sea al *middleware* o el canal físico-lógico establecido, y el acceso a las funciones de publicación/suscripción y petición/respuesta de mensajes de forma unitaria, así como aquellas funciones que sean propias de otra naturaleza físico-lógica. En definitiva, se trata de verificar los requisitos de integración de las interfaces físicas.
3. Las Pruebas del Adaptador/Conejero del Bus Aeroportuario o mecanismo de integración utilizado, consisten en realizar unas comprobaciones básicas del Adaptador/Conejero de cada maqueta, para garantizar la correcta instalación y configuración del adaptador, la monitorización, las trazas y su formato, y la arquitectura del Adaptador/Conejero. También se realizan las comprobaciones específicas de carga y estabilidad del mismo.
4. Pruebas de Integración entre maquetas. Tienen por fin verificar los requisitos de integración de las interfaces lógicas (mensajería y canales) del RdZ. En primer lugar, son validaciones unitarias de cada maqueta donde se comprueba el envío/recepción correctos de cada maqueta por separado (1 a 1). Y en último lugar, son pruebas conjuntas de parejas de maquetas donde se verifican las interfaces definidas (1 a n).
5. Pruebas de Escenarios de Integración (EdI). Estas pruebas se diseñan para verificar el cumplimiento de los requisitos de integración operacionales recogidos en escenarios representativos de los procesos aeroportuarios. Un EdI es una representación simplificada del funcionamiento real que simula el intercambio de información entre sistemas dentro del proceso aeroportuario. Para establecer los EdI los procesos aeroportuarios se dividen en Procesos de Negocio (Aeronaves, Pasajeros y Equipajes) y Procesos de Soporte (ingeniería y mantenimiento, seguridad e informática). Sirven, por tanto, para la verificación del intercambio de mensajes especificado en los diagramas de secuencia de cada escenario operativo definido. Además, se diseñan versiones de los escenarios en modo Carga y Estabilidad para comprobar su rendimiento.

### **2.4.3. Pruebas de integración en campo**

Tienen como objetivo aumentar la confianza en la adecuación del sistema en su ubicación y entorno definitivos, son el conjunto de comprobaciones previas a las de Puesta en Operación Aeroportuaria. Las fases que se abordan son:

- Pruebas de Integración Unitarias. Se verifica que los sistemas tienen unas condiciones de implantación en campo suficientes para poder comenzar con los ensayos de integración posteriores. Se realizarán una serie de comprobaciones según el alcance del sistema, pero al menos incluirán la verificación de que el servidor está disponible, que las versiones de software son las que se han probado en CPI, que existe conectividad con la red y que se dispone de, al menos, un puesto cliente y parte de los elementos de campo.
- Pruebas de Integración entre Sistemas. Se verifica la integración del sistema dentro del entorno aeroportuario, validando para cada uno su relación con aquellos sistemas con los que intercambie información en el proceso aeroportuario.

Una vez disponible el conjunto del sistema aeroportuario, se realizan en campo todas las pruebas que verifiquen la IS entre los sistemas que lo componen, utilizando para ello los mismos grupos funcionales que en el CPI.

- Pruebas de Escenarios de Integración (EdI). Se verifica que los sistemas, dentro del entorno definitivo, cumplen con los requisitos definidos en los EdI. Se iniciarán una vez hayan finalizado la fase de pruebas de integración entre sistemas.

### **2.5. Informes de resultados**

Durante la ejecución de las pruebas, se registran los resultados de las mismas y las incidencias producidas. Esta gestión se realiza mediante procedimientos conocidos por todos los actores intervenientes en las pruebas. Es la herramienta común que permite disponer de:

- Registro de todos los ensayos ejecutados.
- Notificación, resolución y gestión de discrepancias de las incidencias.
- Trazabilidad total entre los requisitos de integración especificados y su cumplimiento.

Así mismo, se generan informes ejecutivos de grado de avance de las pruebas respecto a la puesta en marcha del aeropuerto.

## **2.6. Reingeniería de procesos**

La reingeniería de procesos, o BPR (*Business Process Reengineering*) surge a finales de la década de los 80 como concepto de gestión en EEUU, ante la necesidad de incrementar la competitividad de las grandes corporaciones ante un mercado cada vez más dinámico, competitivo y agresivo comercialmente.

Fueron Michael Hammer y James Champy en los 90 los que enunciaron los principios fundamentales de la reingeniería de procesos a través de diversos artículos en la Harvard Business School, siendo su definición formal de reingeniería de procesos una de las más aceptadas en el mundo empresarial.

*"Revisión fundamental y rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez"*  
*(Hammer y Champy)*

Otras definiciones también extendidas son:

*"Análisis y diseño de los flujos de trabajo y procesos dentro y entre organizaciones"*  
*(T.H. Davenport)*

*"Reconsideración, reestructuración y racionalización de las estructuras de negocio, procesos, métodos de trabajo, gestión de sistemas y relaciones externas, a través de los cuales creamos y distribuimos valor..."*  
*(R. Talwar)*

Así, las diversas fuentes disponibles definen la reingeniería de procesos como una metodología basada en el análisis pormenorizado del modo en que se ejecutan los procesos de negocio de una empresa con el fin de rediseñar esta ejecución, de modo que la organización del trabajo resultante quede orientada a la satisfacción de sus clientes internos y externos. Normalmente, esta metodología se aplica para transformar la gestión funcional de un negocio (altamente compartimentada y en la que cada elemento se preocupa por realizar las funciones que tiene asignadas, independientemente de los efectos en el resto de la organización), en una gestión por procesos (en la que cada elemento conoce el objetivo y efectos

de su actividad en el resto del proceso, de modo que puede contribuir a su correcta finalización).

El éxito de esta técnica se fundamenta en dos pilares básicos: por una parte, el apoyo convencido e implicado de la dirección de la organización objeto de la reingeniería y, por otra, la creación de un equipo multidisciplinar que lidere el proceso de transformación y mejora, desde su inicio hasta la implantación de los cambios acordados y su seguimiento en el tiempo.

La reingeniería de un proceso, del modelo operativo de un centro de trabajo, de la organización de una empresa o planta industrial, implica la gran dificultad de que lo que se pretende reinventar ya existe y funciona, este hecho dificulta el proceso de transformación y rediseño puesto que fácilmente se inclina a basarse en la realidad existente. Por tanto para facilitar el éxito de la reingeniería se debe empezar a trabajar sin ideas predefinidas, sin dar nada por sentado, se debe determinar primero la visión objetivo que se pretende alcanzar y luego analizar y planificar de manera realista como llegar hasta ella.

Como herramientas facilitadoras de la reingeniería de procesos destacan las siguientes:

- **Modelado de procesos.** Se considera una de las herramientas clave del éxito. Se definen los subprocesos, relaciones, indicadores y métricas, métodos de control, factores críticos de éxito. Obliga al equipo de reingeniería a ver los procesos de negocio de una forma distinta.
- **Gestión del cambio.** Fundamental para asegurar el éxito del proyecto. Cambios importantes en la manera de realizar los procesos pueden provocar ansiedad y resultar traumático para los trabajadores. La gestión del cambio se complementa con planes de comunicación y formación.
- **Benchmarking.** Técnica consistente en estudiar a las organizaciones y productos líderes del sector para analizar sus puntos fuertes y débiles con el objetivo de extraer ideas a utilizar durante el proceso de reingeniería.
- Y por último y más importante: **tecnología.** El uso de la tecnología es la palanca más utilizada y potente en la reingeniería de procesos. La tecnología permite la automatización de procesos (*workflows*), facilita la toma de decisiones (cuadros de mando y observación) y permite una mejor organización y control del trabajo (portales de voz, gestión automatizada de tareas, etc.).

Además de la experiencia adquirida en integración de sistemas aeroportuarios, Isdefe ha tenido la oportunidad de participar en proyectos de reingeniería de procesos en los aeropuertos de Madrid-Barajas y Palma de Mallorca orientados a mejorar la organización del trabajo y la gestión de las dependencias objeto de dicha reorganización. Gracias a esta experiencia, Isdefe ha refinado una metodología propia basada en técnicas de reingeniería de procesos.

Al contrario que la integración de sistemas antes descrita, las actividades se realizan *top-down*, es decir, desde los objetivos estratégicos de la organización hasta la propia descripción de tareas y roles de los puestos de trabajo resultantes. Ambas vistas, *bottom-up* y *top-down*, son complementarias a la hora de acometer grandes proyectos de reingeniería e integración de sistemas, como han sido los proyectos de los APOC-C de Madrid/Barajas y Palma de Mallorca.

En los proyectos de re-ingeniería se han llevado a cabo. La metodología utilizada se ha basado en las etapas típicas definidas para cualquier proyecto de este tipo, a saber:

### **2.6.1. Identificación de la estructura organizativa**

El primer paso para acometer este tipo de proyectos es profundizar en la estructura de la empresa: es preciso conocer en profundidad y comprender las relaciones existentes en la organización que va a ser objeto de la reingeniería y seleccionar los miembros del “grupo facilitador”, es decir, el grupo de personas que definirá los objetivos, aprobará el rediseño resultante y promoverá su implantación.

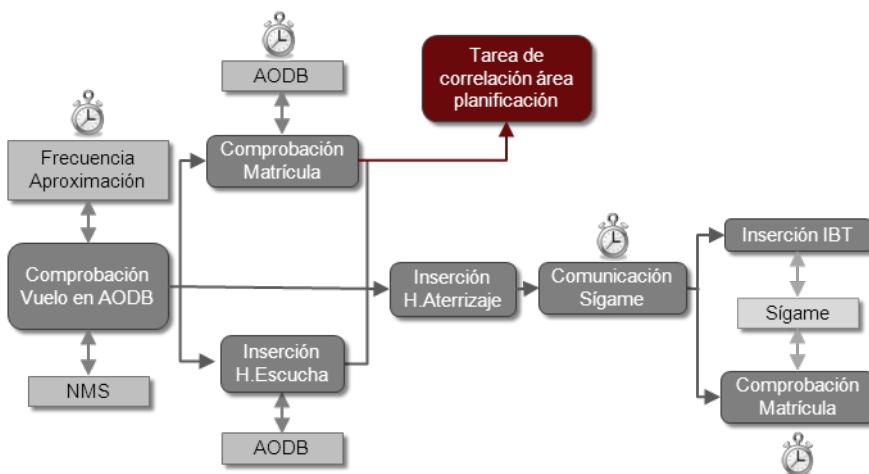
### **2.6.2. Identificación de los procesos clave**

Esta etapa tiene por objetivo comprender en profundidad la actividad de la organización, detallando en un completo mapa de procesos las tareas que se realizan de modo que se dé respuesta a estas preguntas:

- Qué se hace y por qué (o para qué).
- Cómo y dónde se hace.
- Con qué medios.
- Quiénes lo hacen.
- Qué competencias y destrezas deben tener estos actores.
- Qué información de entrada necesitan.
- Qué datos/productos/servicios generan.

Con toda esta información se dibujan gráficos de distinto nivel de detalle, dependiendo del nivel de proceso, subprocesso o actividad que se esté modelando y su uso posterior.

Los mapas de procesos permiten obtener una versión modelada de toda la actividad de la empresa e identificar los elementos clave que toman parte en cada subprocesso, actividad o tarea. El uso de modelos permite a su vez generalizar y eliminar del proceso de re-ingeniería los factores subjetivos que suelen acompañar a estos procesos, dotando a la descripción del negocio de la objetividad necesaria para acometer un análisis en profundidad de las verdaderas debilidades y fortalezas de la organización.



**Figura 16. Ejemplo de mapa de actividad**

La creación de mapas de procesos es la entrada imprescindible a la siguiente fase, por lo que su detalle debe ser suficiente para facilitar:

- El diagnóstico de la situación actual de la organización.
- La adquisición de datos y el establecimiento de medidas para analizar la carga de trabajo actual de las actividades y los procesos que conforman el punto de partida de la re-ingeniería. Estos datos se utilizarán para evaluar el resultado final del proceso.

### **2.6.3. Diagnóstico de la situación actual**

Se trata de un análisis crítico y constructivo del estado de los procesos y la organización objeto de la re-ingeniería.

A la hora de acometer esta tarea, es necesario ser consciente de la importancia de establecer desde el principio una línea de trabajo que tenga en cuenta las necesidades de la fase de implantación. Por ello, conviene elegir grupos multidisciplinares de trabajo que acompañen todo el proceso, desde el diagnóstico a la validación del modelo de trabajo propuesto y su implantación. Al tiempo que se extraen los datos necesarios para establecer la situación actual, se puede detectar a las personas más adecuadas para liderar el proceso de cambio inherente a este tipo de proyectos. El éxito del proyecto será mayor cuanto más esfuerzo se ponga en descubrir los problemas que pueden surgir durante la implantación para aplicar medidas paliativas lo antes posible. Y escoger un buen grupo de líderes del cambio será una de las medidas más acertadas.

Son varios los métodos utilizados para realizar esta fase de la reingeniería, algunos de ellos basados en técnicas probadas de toma de datos y otros en técnicas de dinamización de grupos. A continuación se enumeran los métodos utilizados por Isdefe en los distintos proyectos de re-ingeniería realizados:

#### **■ *Métodos de toma de datos***

##### **— *Entrevista***

Su objetivo es recabar la información necesaria de manera verbal, mediante preguntas que propondrá el analista. Los entrevistados serán los participantes en los procesos actuales o bien aquellos que son usuarios potenciales del sistema propuesto. El analista podrá entrevistar al personal de forma individual o en grupos.

Las entrevistas serán de dos tipos, en función de la información que se desee obtener:

- Estructurada. Esta entrevista utiliza preguntas estandarizadas con el fin de obtener datos más específicos o bien asegurar una alta confiabilidad de las respuestas.
- No estructurada. El objetivo de este tipo de entrevista radica en adquirir información general a partir de una serie de preguntas sin estructura, con una sección de preguntas y respuestas libres.

La atmósfera abierta y de fácil flujo proporciona una mayor oportunidad para conocer las actitudes, ideas y creencias de la persona entrevistada.

— **Cuestionarios**

Los cuestionarios proporcionan una alternativa muy útil a las entrevistas, siendo una forma adecuada de extraer información de un gran número de personas. Se elabora un cuestionario detallado que debe ser distribuido a aquellas personas que puedan ofrecer información relevante.

— **Muestreo**

Consiste en la recopilación de información que se encuentra disponible dentro de la propia empresa, se consultan manuales de regulaciones, políticas, procedimientos, operaciones, etc. Los datos obtenidos permiten al analista familiarizarse con operaciones, departamentos y organizaciones.

— **Observación**

Es un método que proporciona al analista ciertos hechos que no podría obtener de otro modo. La observación proporciona información de primera mano sobre la manera en la que se llevan a cabo las distintas actividades. La observación incluye la medición de los parámetros e indicadores que se hayan establecido para medir la eficacia del proceso. Estas medidas serán la línea base con la cual se compararán los nuevos procesos una vez implementados.

Las tomas de datos se planifican previamente teniendo en cuenta las necesidades operativas de los distintos colectivos.

El resultado de esta fase será una descripción de alto nivel de los distintos puestos de trabajo así como de los procesos asociados, y la determinación de la carga de trabajo actual.

■ **Métodos de dinamización de grupos**

— **Tormenta de ideas**

La tormenta de ideas es una técnica de grupo cuyo objetivo fundamental es generar ideas originales en un ambiente relajado. Permite liberar la creatividad de los participantes generando un

número extenso de ideas u opiniones sobre un proceso o actividad susceptible de ser mejorado.

Aspectos importantes de esta técnica son:

- Un único asunto de discusión.
- Fomentar la creatividad construyendo ideas sobre las ideas de otros.
- Todas las ideas serán inicialmente aceptadas sin crítica.

La tormenta de ideas es una herramienta eficaz en las primeras etapas del análisis de procesos de negocio o en proyectos de reingeniería de organizaciones, pues permite identificar grosso modo la visión de un equipo de trabajo sobre algo inexistente o lejano a la actualidad.

#### — **Mesa redonda**

Tras la exposición de un tema por varios especialistas, se inicia un debate entre todos los presentes. El debate estará dirigido por un moderador que buscará el contraste de opiniones y la obtención de conclusiones. Tiene la ventaja de permitir centrar el tema del debate desde el principio y combinado con formularios para el registro de notas e impresiones, acelerará la fase de comparativa y análisis.

#### — **Discusión dirigida**

El coordinador de la discusión debe tener claro cuáles son los objetivos y resultados a obtener de la discusión, pero permite el diálogo abierto y libre del equipo de trabajo, siempre y cuando los asuntos discutidos estén orientados a la consecución de los objetivos y resultados definidos.

### ■ **Análisis DAFO**

Por último, y como colofón de la tarea de diagnóstico de la situación actual, se ha empleado el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) con dos objetivos fundamentales:

- Recopilar parte de la información extraída durante las actividades de toma de datos.

- Facilitar el establecimiento de líneas de actuación que se desarrollarán en la redacción del Plan de Implantación.



**Figura 17. Líneas estratégicas extraídas de un análisis DAFO**

Si bien este tipo de análisis suele utilizarse para la generación de planes estratégicos de una empresa, también es apropiado utilizarlo a menor escala cuando de lo que se trata es de establecer un cambio de cualquier tipo en una organización. En este caso, el análisis DAFO se dirigirá hacia una pregunta concreta como, por ejemplo, "¿cuál es la situación DAFO de mi organización para implantar el resultado de la reingeniería propuesta?"

#### **2.6.4. Establecimiento de objetivos**

No es posible realizar un buen proceso de reingeniería sin tener unos objetivos claros de mejora. Esta fase es una buena oportunidad para investigar distintas posibilidades de mejora a todos los niveles. Además de establecer objetivos estratégicos desde la alta dirección, es posible implicar al resto del personal afectado para detectar objetivos de mejora más cercanos que faciliten la aceptación de los cambios que necesariamente se producirán.

A la hora de establecer objetivos estratégicos en el nivel de dirección, se utilizan algunas de las técnicas de dinamización de grupos antes mencionadas, como la tormenta de ideas, la mesa redonda, el *benchmarking* y las discusiones dirigidas. La siguiente figura presenta el método utilizado para la definición funcional del nuevo modelo de gestión del tiempo real del aeropuerto de Palma y su estudio de viabilidad.



- Participantes:
  - Operaciones.
  - Servicios Aeroportuarios.
  - Mantenimiento.
  - Seguridad.
  - Informática.
  - Producción.
  - Otros Agentes handling. TWR y RR.HH.
- Los participantes de Aena son los actores principales.
- La AT facilita la ejecución del método.



**Figura 18. Método de definición del nuevo modelo de gestión del tiempo real de Palma de Mallorca**

Una vez establecidos los objetivos estratégicos, se puede iniciar la recopilación de objetivos de otros niveles. Para ello:

- Explicar a los grupos seleccionados para esta tarea los objetivos estratégicos.
- Preguntar por posibles mejoras a estos grupos participantes.
- Investigar los problemas ocultos que se van a ir detectando.
- Analizar cuál de estas mejoras propuestas se ajustan a los objetivos estratégicos y contribuyen a subsanar problemas.
- Consolidar toda esta información en un conjunto de objetivos que puedan ser fácilmente comprendidos y asimilados por todo el personal.

Este conjunto de objetivos se utilizará como guía para resolver los conflictos que puedan surgir durante toda la reingeniería y su implantación.

Además, formarán la base del Plan de Comunicación, un elemento imprescindible para la aceptación de los cambios propuestos.

### **2.6.5. Rediseño de los procesos**

Se trata de la actividad central de la re-ingeniería y se basa fundamentalmente en los objetivos que se han acordado. Durante esta etapa se realizan las siguientes actividades:

- Identificar actividades que no aportan valor al proceso.
- Identificar procesos o tareas fragmentados, que ganarían notablemente en eficacia al realizarlos de una sola vez o desde un único punto de actividad.
- Identificación de tareas nuevas necesarias, que hay que acomodar en la reorganización.
- Creación de un nuevo mapa de procesos depurado.
- Definición de:
  - Responsables de cada tarea.
  - Destrezas o competencias necesarias para realizarlas, tanto las existentes como las nuevas que se detectaran.
  - Herramientas y medios necesarios para llevarlas a cabo.
  - Asignación de tareas a los puestos de trabajo.
  - Simulación de la carga de trabajo resultante para compararla con la línea base establecida durante el análisis de la situación actual.

### **2.6.6. Implantación**

Una vez validado y aprobado el nuevo modelo, llega el momento de la verdad, es decir, su implantación. Para llevar a cabo esta implantación, se deben cubrir las siguientes etapas: en primer lugar, se evalúa la viabilidad de la propuesta resultante de la reingeniería y, a continuación, se propone y ejecuta un Plan de Implantación.

Este Plan de Implantación divide las actividades que hay que realizar en tres fases:

- Fase preparatoria, que recoge las actuaciones necesarias antes de poner en marcha los cambios propuestos. Durante esta fase se debe prestar especial atención a las actividades dirigidas a facilitar el cambio, que requieren poder explicar y justificar contra los objetivos acordados todas las líneas de acción que se propongan. Para ello, se debe disponer de un Plan de Comunicación que incluya un exhaustivo Plan de Formación.
- Fase de implantación, que indica cómo llevar a cabo su puesta en marcha y propone algunas herramientas para realizar su seguimiento.
- Fase de evaluación, cuyo objetivo es analizar el resultado final de la implantación y que incluirá un conjunto de recomendaciones y mejoras posibles. En esta fase se aprovechan las mediciones realizadas durante el diagnóstico de la situación actual para compararlas con los resultados obtenidos para los mismos indicadores, una vez implantado el nuevo modelo. Tras esta comparación se está en condiciones de analizar si la reingeniería ha surtido los efectos deseados o si es necesario realizar algún ajuste y dónde. Esto último constituye la propuesta de recomendaciones y mejoras.

### Ejemplos de experiencias:

**Aeropuerto de Madrid-Barajas. Centro de Gestión Aeroportuaria (CGA-MAD).** La Dirección del Aeropuerto de Madrid definió la misión del CGA, y esta definición fue uno de los puntos de partida de las actividades de reingeniería.

“Ordenar o acordar en tiempo real el uso de los recursos del aeropuerto para prestar el conjunto de servicios que conforman el negocio aeroportuario” (Misión del CGA del Aeropuerto de Madrid-Barajas). Esta misión se desplegó en dos objetivos fundamentales a perseguir (y obtener a través del proceso de reingeniería):

- Asegurar la buena marcha de los Procesos Aeroportuarios, y
- Cuidar del recinto aeroportuario, vigilando, inspeccionando y controlando todos los elementos necesarios para la prestación de servicios a pasajeros y aeronaves.

El nuevo Modelo Operativo definido se conceptualizó en diversas vistas que facilitan la comprensión del nuevo “*modus operandi*”.

Cada vista representa un aspecto completo del CGA atendiendo a una estrategia distinta. Así pues, puede entenderse el CGA conceptualmente (Vista Conceptual), desde el punto de vista de los servicios que presta a sus clientes (Vista de Servicio), atendiendo a los trabajos que se realizan (Vista de Actividad), según quién hace los trabajos (Vista de Ejecución) y según que competencias y por tanto formación se requiere (Vista de Competencia y Formación).



**Figura 19. Vistas del modelo operativo**

Como resultado del nuevo modelo operativo fue necesario reinventar los sistemas de comunicaciones y de organización del trabajo.

En base a los roles definidos y a los servicios y actividades a desempeñar se diseñó y se puso en explotación sistemas de atención al cliente que permiten distribuir las llamadas entrantes al CGA en función del cliente y servicio demandado, de modo que cada llamada sea atendida por el interlocutor más adecuado para prestar el servicio.

Además un sistema de modelado y ejecución de procesos automatizados permite distribuir tareas entre los distintos roles que participan en el servicio.

Fruto de la reingeniería de procesos y mediante el uso de nuevas tecnologías (como las anteriormente mencionadas y otras como la activación automática de colectivos) se ha conseguido mejorar la eficacia y eficiencia de muchos procedimientos aeroportuarios ya existentes, como por ejemplo los Procedimientos de Baja Visibilidad.

### Aeropuerto de Palma de Mallorca (PMI)

Colaboración con el Aeropuerto de Palma de Mallorca en dos proyectos de reingeniería de procesos:

- Reingeniería del CEOPS (Centro de Operaciones).
- Especificación y diseño de un nuevo modelo de gestión del tiempo real y del Centro de Gestión Aeroportuaria.

La Reingeniería del CEOPS supuso la definición formal de un nuevo modelo de operación basado en roles que prestan servicios y en la rotación del personal por los distintos puestos de trabajo. Se realizaron actividades de control de métodos y tiempos, así como un estudio de cargas de trabajo que permitiese acomodar los recursos existentes a la demanda de servicio de cada momento.

La especificación del nuevo modelo de gestión del tiempo real (MGTR), supuso un esfuerzo importante en sus comienzos, el equipo de reingeniería de Isdefe, el mismo que había participado en el nuevo CGA del Aeropuerto de Madrid-Barajas, tuvo que eliminar mentalmente el modelo operativo de Madrid para que lo rediseñado en ese aeropuerto no influyese el nuevo proceso creativo (la "iluminación" creativa es vital al inicio de un proyecto de reingeniería, ésta normalmente surge en cualquier momento después de intensas jornadas de trabajo en equipo).

Isdefe colaboró con la Dirección de PMI en la definición del objetivo aeroportuario y en la del nuevo modelo de gestión a implantar.

#### Los objetivos del MGTR deben estar alineados con el Objetivo Aeroportuario

##### OBJETIVO PMI

Facilitar el cumplimiento de la programación manteniendo los niveles de calidad de servicio y seguridad

##### Producto Aeroportuario

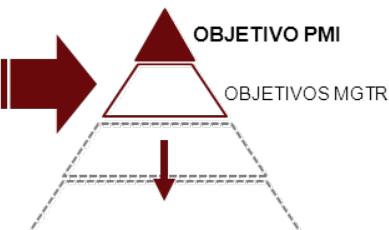
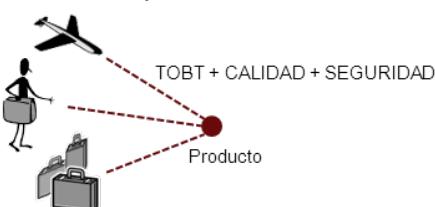


Figura 20. Entradas al proceso de reingeniería

Como resultado de la reingeniería se definió un modelo basado en controlar en todo momento el estado aeroportuario y sus procesos mediante determinados indicadores de negocio que permitan anticiparnos a los problemas e incidencias del aeropuerto en un control centralizado, cuando las decisiones a adoptar o servicios a prestar requieran de una visión global del negocio o de la máxima autoridad, y por medio de un control descentralizado para aquellos servicios que puedan prestarse y controlarse de manera local.

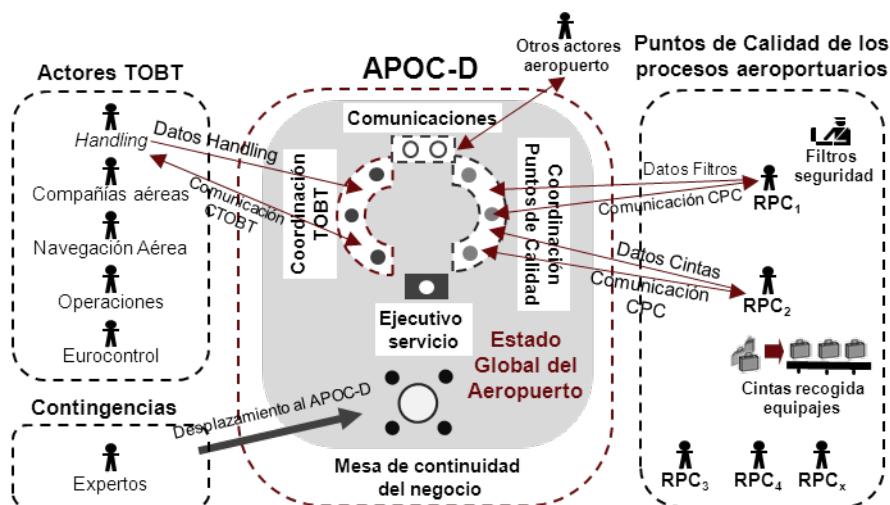


Figura 21. Esquema conceptual del APOC-D PMI

## **Procesos aeroportuarios y sistemas TIC**

Se puede definir el “Proceso Aeroportuario” como el conjunto de actividades que de forma rutinaria y cotidiana se desarrollan para facilitar el flujo de pasajeros y aeronaves [4].

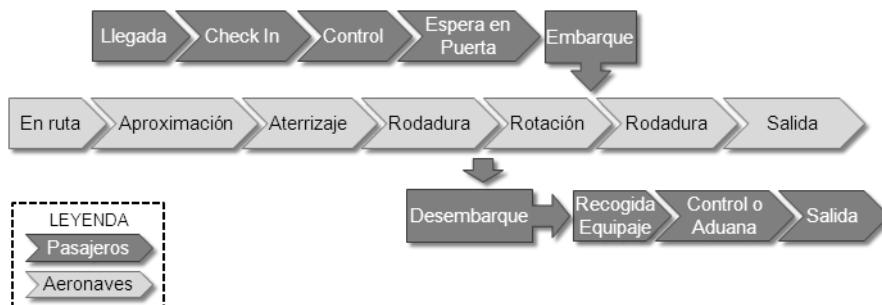
Podemos clasificar los procesos principales de operación y gestión de un aeropuerto en dos grandes grupos:

### **3.1. Procesos clave**

Denominados así porque recogen las actividades que hacen del aeropuerto su razón de ser, y que son fundamentalmente:

- Procesos de Gestión de Aeronaves.
- Procesos de Gestión de Pasajeros y Equipajes.
- Procesos de apoyo, que recogen actividades que aunque no forman el núcleo principal de actividad del aeropuerto, sí son necesarias para su funcionamiento y para que se puedan realizar las actividades de los procesos clave:
  - Procesos de control y mantenimiento de Instalaciones, equipos y Sistemas.
  - Procesos de Seguridad.
  - Procesos Medioambientales.

A continuación se muestra un diagrama simplificado del proceso general aeroportuario:



**Figura 22. Proceso general aeroportuario**

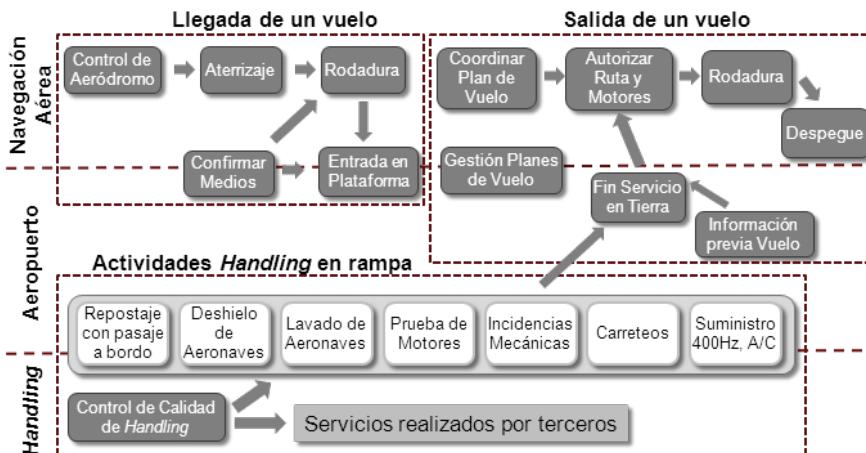
Veamos con más detalle cada uno de los procesos clave y el proceso de seguridad.

### 3.1.1. Procesos de aeronaves

Comprenden las actividades necesarias para la gestión de las aeronaves ante la llegada, estacionamiento y salida de las mismas. Existen multitud de subprocessos asociados tales como:

- Programación de vuelos y asignación inicial de medios.
- Programación de vuelos y asignación de medios en tiempo real.
- Monitorización meteorológica.
- Monitorización de condiciones operativas y de la seguridad operacional.
- Monitorización y estado de los medios asignables.
- Llegadas y salidas.
- Servicio de pasarelas.
- Actividades de *handling* en rampa.
- Control de la actividad de *handling* en rampa.

A continuación se muestra un esquema de las actividades relacionadas con los Procesos de Gestión de Aeronaves, indicando la secuencia en que se suceden y los responsables de su realización:



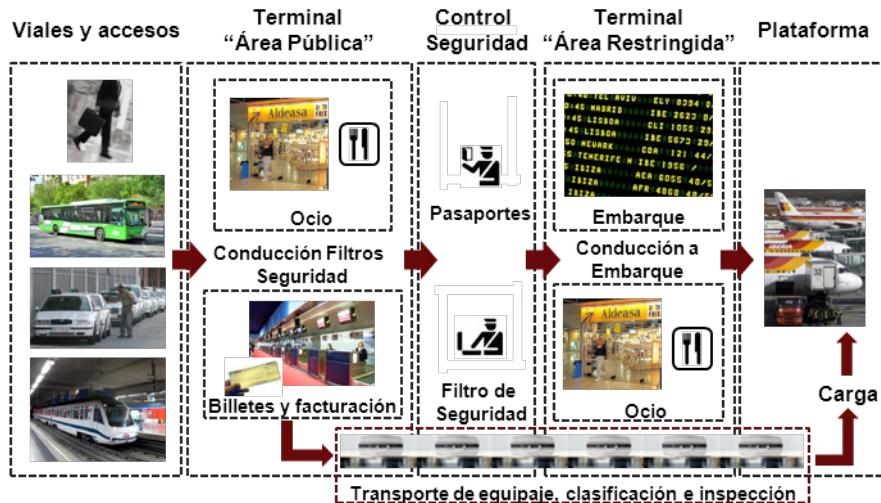
**Figura 23. Proceso de gestión de aeronaves**

### 3.1.2. Procesos de gestión de pasajeros y equipajes

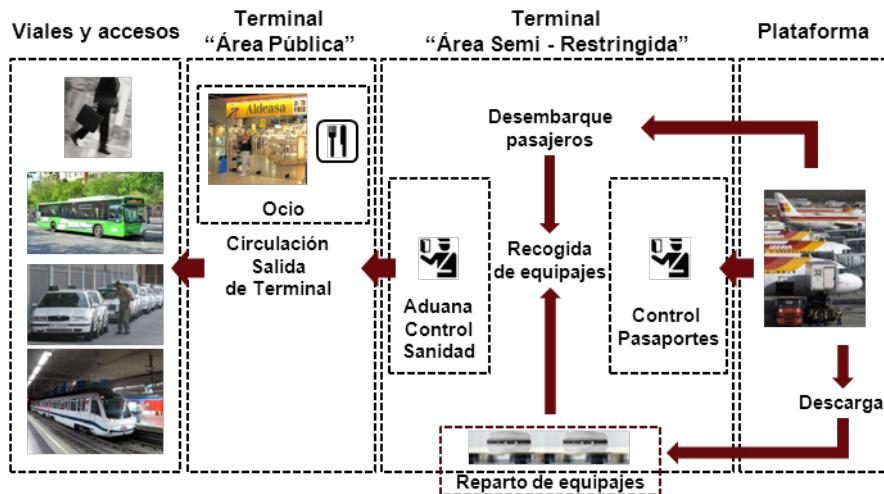
Contienen las actividades relacionadas con la gestión de los pasajeros y usuarios del Aeropuerto y sus equipajes. Los subprocesos más importantes dentro de este grupo son los siguientes:

- Facturación.
- Filtros de seguridad y pasaportes.
- Embarque y desembarque.
- Conexiones.
- Equipajes en salida, llegada y conexión.

A continuación se muestran sendos esquemas descriptivos de los procesos de pasajeros y equipajes en salidas y en llegadas respectivamente:



**Figura 24. Proceso de pasajeros y equipajes en salidas**



**Figura 25. Proceso de pasajeros y equipajes en llegadas**

### 3.1.3. Procesos de control y mantenimiento de instalaciones, equipos y sistemas

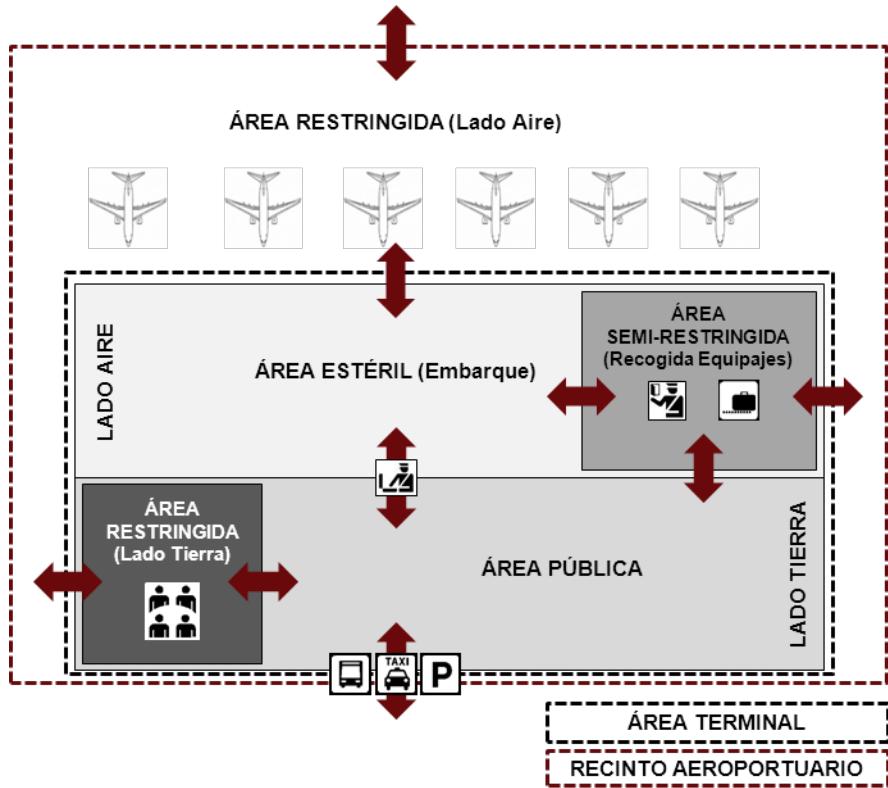
Este grupo de procesos agrupa las actividades dirigidas a garantizar la disponibilidad de las infraestructuras, equipos y sistemas necesarios para facilitar la gestión aeroportuaria. Estas actividades se relacionan con los procesos clave anteriores (gestión de aeronaves, pasajeros y equipajes) a través de dos actividades fundamentales:

- Monitorización y control del estado de infraestructuras y sistemas.
- Coordinación del mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, de las instalaciones y sistemas con el objetivo de paliar los efectos de las incidencias producidas en ellos sobre los procesos clave (gestión de aeronaves, pasajeros y equipajes).

### 3.1.4. Procesos de seguridad

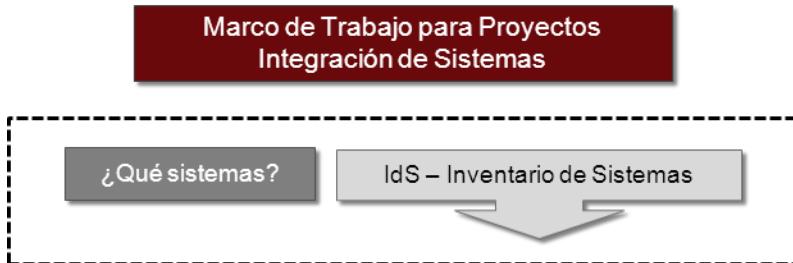
En este grupo se incluyen las actividades dirigidas a garantizar la seguridad de las infraestructuras y las personas, el cumplimiento de las normativas y leyes vigentes que afectan al transporte aéreo y a la vigilancia de las fronteras. Estos procesos se relacionan con los procesos clave a través de las siguientes actividades fundamentales:

- Establecimiento de medidas de seguridad para las distintas zonas del aeropuerto.
- Control de accesos.
- Atención a puntos de trámite.
- Inspección de equipajes.
- Facilitación de medios especiales de seguridad.
- Vigilancia del recinto y los bienes aeroportuarios.



**Figura 26. Áreas de seguridad aeroportuaria**

### **3.2. Sistemas TIC de soporte a los procesos aeroportuarios**



En el entorno aeroportuario existen una serie de sistemas básicos comunes a todos los aeropuertos que sirven como soporte a los procesos mencionados anteriormente. A continuación indicamos su denominación genérica (la denominación específica puede variar de un aeropuerto a otro) y describimos brevemente su funcionalidad.

#### **3.2.1. AODB (Airport Operational Database)**

Es la base de datos central operacional del aeropuerto, contiene la información principal de los vuelos y sirve al resto de sistemas aeroportuarios como fuente maestra de datos de vuelos, compañías aéreas, facturación, etc.

Se compone de una base de datos operacional del aeropuerto, donde se registran los datos operativos y administrativos referentes a cada vuelo (horas reales de operación para cada vuelo, datos significativos de cada vuelo, algunos datos de tiempo real). También se registran y gestionan los recursos del aeropuerto: mostradores, cintas, puertas de embarque, etc. Además facilita datos para fines administrativos, facturación por el uso de los medios empleados, generación de estadísticas y elaboración de informes.

Asimismo, recibe/envía información de/a entidades externas tales como Navegación Aérea, Eurocontrol, mensajería SITA de las compañías aéreas etc. Es la pieza central que dotará a los aeropuertos de la característica A-CDM.

#### **3.2.2. RMS (Resource Management System)**

Es el sistema mediante el cual se gestionan, planifican y asignan los diferentes medios aeroportuarios, esto es, mostradores de facturación,

hipódromos, puertas de embarque, pasarelas, cintas de recogida de equipajes, estacionamientos, etc.

La función del sistema es ayudar a la decisión para la asignación de medios aeroportuarios: stands de aparcamiento, puertas de embarque, salas de llegada, cintas de equipaje, mostradores de facturación, etc. Parte de una programación de vuelos y permite realizar una asignación de medios aeroportuarios en base a la forma de operar del aeropuerto, representada por una estrategia, pudiendo el usuario disponer de tantas como desee, activando una u otra dependiendo de la situación concreta del aeropuerto.

### **3.2.3. FIDS (Flight Information Display System)**

Es el sistema de información de vuelos al pasajero y a usuarios internos del aeropuerto (aerolíneas, agentes *handling*, etc.). Presenta la información contenida en la AODB mediante las pantallas y teleindicadores desplegados en el aeropuerto, filtrándola dependiendo de la zona del aeropuerto y los usuarios a los que va destinada (zona pública, llegadas, salidas, mostradores, patio de carrillos, etc.).

### **3.2.4. MEGAFONÍA/PA (Public Address System)**

Es el sistema de distribución de mensajes de megafonía, capaz de distribuir señales de audio tanto digitales como analógicas que se le introduzcan desde distintas procedencias:

- Voces de vuelos provenientes AODB. El sistema debe ser capaz de gestionar la zonificación y las prioridades de mensajes.
- Mensajes pregrabados (avisos, alertas, etc.).
- Mensajes emitidos manualmente por un operador desde la consola del sistema y desde los puestos de facturación y embarque.

### **3.2.5. BHS (Baggage Handling System)**

Es el sistema encargado de la recogida, clasificación, inspección y entrega de los equipajes.

El BHS constituye, junto con las actividades directamente asociadas a las Compañías aéreas y agentes *handling*, el sistema global de tratamiento del

equipaje de bodega, desde la facturación en el origen hasta la carga del mismo en el avión y viceversa, en llegadas.

Las funciones asignadas al BHS, sintetizando los pasos y sus variantes, son:

- Recibir e identificar el equipaje en el punto de facturación.
- Someterlo a los correspondientes controles de seguridad.
- Clasificarlo en función del destino, tipo de equipaje, etc.
- Transportarlo al área de almacenamiento en su caso y a la cinta o hipódromo correspondiente en el patio de carrillos, para su posterior carga en el avión.
- Reportar a las partes interesadas del flujo de procesamiento del equipaje.

En el sentido opuesto, desde la descarga del avión, en el caso de equipaje en tránsito, el sistema debe transportar el equipaje en transferencia al punto de inspección para incorporarlo de nuevo en la cadena de pasos anteriormente descrita.

Físicamente está constituido por diferentes sistemas electromecánicos, como cintas y motores, dedicados al transporte del equipaje entre diferentes puntos, de sistemas de identificación (lectoras de infrarrojos de código de barras, lectoras de radio frecuencia, etc.) y de sistemas de inspección de Rayos X y tomografía, cuya función fundamental es la de analizar el contenido del 100% del equipaje que es estibado en las bodegas de las aeronaves que salen desde el aeropuerto.

Las partes genéricas del BHS son las siguientes:

- Lógica de negocio del sistema de tratamiento de equipajes (SAC), que es la parte del sistema que interactúa con AODB, CUTE y sistemas externos como SITA con su red *Bag Message*.
- SCADA de control de las instalaciones.
- Equipos de inspección de equipajes en bodega.
- Elementos electromecánicos de transporte, clasificación y almacenamiento de equipajes.

- Almacén de equipajes tempranos.
- Estaciones de codificación manual y de equipajes problemáticos.
- Hipódromos de entrega de equipajes, tanto del patio de carrillos como de pasajeros en llegadas.

Mencionar que las compañías aéreas, cuentan con un sistema complementario para la reconciliación de equipajes antes de estibar en la aeronave. Este sistema se denomina *Baggage Reconciliation System* (BRS).

### **3.2.6. CUTE (Common Use Terminal Equipment)**

Es el equipamiento común tecnológico, ordenador, impresoras de etiquetas de embarque (ATB), impresoras de etiquetas de equipajes (BTP), scanner de mano, lectoras de tarjetas de embarque, micrófono, etc. Para la facturación y embarque de los pasajeros y sus equipajes en los vuelos de las distintas compañías que operan en el aeropuerto.

### **3.2.7. CUSS (Common Use Self-Service) y Baggage Drop System**

Es el equipamiento para que los pasajeros realicen por sí mismos la gestión y emisión de las tarjetas de embarque y de las etiquetas de equipaje para el *Baggage Drop System*, el cual permite facturar el equipaje sin necesidad de un agente de facturación. Ambos sistemas comportan un gran ahorro en los tiempos del proceso de salidas de pasajeros, así como de ahorro de espacio en los vestíbulos de facturación del aeropuerto.

### **3.2.8. DCS (Departure Control System)**

Es la aplicación que utilizan las compañías aéreas y agentes *handling* para realizar la facturación, emisión de tarjetas de embarque, y etiquetas de equipaje. Estos sistemas se conectan a los sistemas de gestión de las compañías de forma remota desde el equipamiento CUTE o mediante sus propios equipos.

### **3.2.9. BMS (Building Management System)**

Controla y monitoriza los sistemas básicos necesarios de las instalaciones aeroportuarias, tales como energía, iluminación, protección contra incendios, climatización, red de agua, etc.

- Energía. gestiona la red eléctrica de baja, media y alta tensión de todo el aeropuerto. Controla Cuadros Generales de Baja Tensión, las cabinas de Media y Alta tensión.
- Protección contra Incendios (PCI). Se trata de la red de centralitas conectadas al sistema de supervisión que muestra las alarmas y estado de los dispositivos de campo, además de gestionar la lógica necesaria en caso de emergencia, esto es, rutas de evacuación, actuaciones sobre suministro eléctrico, ventilación, instalaciones electromecánicas, accesos, etc.
- Edificios. Sistema de control de instalaciones de gestión técnica los edificios terminal y auxiliares. Incluye el control de los siguientes subsistemas:
  - Fontanería y saneamiento.
  - Baja Tensión.
  - Climatización.
  - Electromecánicos (incluyendo ascensores, montacargas, escaleras, rampas, pasillos, puertas correderas y puertas giratorias).
  - Alumbrado.

### **3.2.10. SIS (Sistema Integrado de Seguridad)**

Es una denominación que engloba aquellos subsistemas dedicados a la gestión de seguridad aeroportuaria, desde el control de accesos y visualización de vídeo.

- Control de acreditaciones y visitas. Gestiona las acreditaciones de seguridad, tanto temporales como permanentes para personas y para vehículos, a las diferentes zonas del aeropuerto. Genera y controla las autorizaciones y envía la información de las acreditaciones a los puestos de control de accesos.
- ACS. Gestión de control de accesos (*Access Control System*). Gestiona la funcionalidad de las actividades que tienen lugar en los puntos siguientes:
  - Puntos de paso a las zonas de acceso controlado, tanto atendidos como desatendidos.

- Puertas de embarque y mostradores de facturación, para las acciones de identificación y autorización de accesos en las situaciones de apertura y cierre.
  - Puestos de acceso a la plataforma con vehículos, para identificación y autorización de accesos de personas que tiene lugar en los eventos de entrada y salida de la plataforma.
  - Puestos de acceso a la zona de patio de carrillos.
- Control de rondas. Gestiona (creación, mantenimiento y seguimiento) las rondas de vigilancia programadas en el aeropuerto.
  - Control de entradas y salidas de vehículos en plataforma. Gestiona el acceso a las zonas restringidas de seguridad de aquellos vehículos cuyos datos han sido recogidos y poseen la autorización.
  - Control del CCTV. Gestiona el equipamiento de video, tanto de tecnología IP (cámaras IP, codificadores, etc.) como aquellas cámaras analógicas.
    - Permite: seleccionar cualquier cámara integrada en el CCTV, poder realizar las acciones de movimiento, zoom y pre-posicionamiento, accionar los mecanismos necesarios para el envío de los canales de vídeo y control a los sistemas de visualización, tratamiento de imágenes y de almacenamiento necesarios. El sistema es capaz de reaccionar ante determinados eventos o señales provenientes de sistemas como detectores de movimiento, apertura de puertas, etc., y capaz también de definir rondas de tele vigilancia.
  - Gestión del Vallado Perimetral. El sistema mediante báculos situados por sectores en el vallado, controla mediante cámaras, sensores de infrarrojos y cableado microfónico, la seguridad exterior del recinto aeroportuario.
  - Control de instalaciones. Controla las instalaciones de todo el equipamiento instalado e integrado en el sistema de seguridad en explotación.
  - Gestor de eventos y alarmas. Integra y vigila el resto de módulos del sistema. Debe mantener una comunicación en tiempo real con cada uno de los módulos del sistema así como una conexión directa con la base de datos de seguridad para la obtención de información:

- Eventos de seguridad ilícitos y lícitos.
- Eventos de sabotaje.
- Eventos técnicos.

### **3.2.11. Sistemas medioambientales**

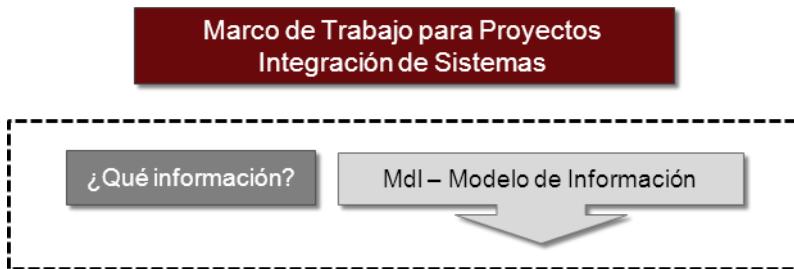
Realizan el control de aspectos como las sendas de ruido de las aeronaves NMS (Noise Monitoring System), tratamiento y depuración de hidrocarburos, calidad del aire, tratamiento de aguas, halconera, etc.

### **3.2.12. Sistemas de gestión comercial**

La oportunidad de negocio que supone para los gestores aeroportuarios el gran espacio comercial disponible, ha supuesto el desarrollo de diversos sistemas que permiten controlar y gestionar los ingresos, terminales punto de venta, el estudio del comportamiento de los consumidores, información y soportes publicitarios, etc. Tal como si de una superficie comercial se tratara.

La importancia, cada vez más creciente, de los gestores aeroportuarios, de los ingresos comerciales, está impulsando iniciativas basadas en el uso de la tecnología móvil, geo-localización, redes de proximidad inalámbricas, etc., las cuales van a proporcionar una personalización en el canal de venta entre los vendedores y consumidores. Además, estos sistemas, hacen uso de la información disponible sobre las operaciones de llegada y salida, que pueden condicionar un incremento del consumo ante eventos determinados, como son los retrasos.

## **La gestión y estandarización del modelo de datos del negocio aeroportuario**



#### **4.1. Estrategia en el diseño del modelo de información común aeroportuario**

La información es la materia prima para una efectiva toma de decisiones en cualquier organización y en particular en un entorno aeroportuario, por lo que es fundamental una buena gestión de la misma, esto es, tener toda la información necesaria siempre disponible, accesible y con las herramientas adecuadas para manejarla.

La multitud de sistemas que se utilizan en un Aeropuerto procesan y comparten todo tipo de información, datos que se incluyen específicamente en cada sistema y que en numerosas ocasiones están duplicados y/o no tienen el mismo formato y contenido. Esta incoherencia tiene un gran impacto tanto en la operativa diaria como en la incorporación de nuevos sistemas y arquitecturas tecnológicas como SOA y BPM, ya que el mantenimiento y depuración de estos datos es muy costoso. Establecer una estrategia de dato único, obliga a que cada dato se defina una sola vez y que su mantenimiento y actualización sean únicos.

Asimismo, es importante tener claramente identificada cuál es la información realmente útil y necesaria para la consecución de los objetivos fijados y no desperdiciar así recursos costosos en la gestión y mantenimiento de datos no relevantes. La "información" a gestionar deben ser los sucesos y datos significativos cuya comunicación puede ser de interés, ya sea para fundamentar la toma de ciertas decisiones, o para conocer la situación del entorno de trabajo.

Un modelo de información identifica y define la información relevante en una organización, la fuente que la produce y los destinatarios para los cuales es necesaria o útil.

La existencia de un modelo de información bien gestionado aporta una serie de ventajas a cualquier organización y en particular a un entorno aeroportuario:

- Permite acelerar la implementación de servicios de integración. La existencia de un modelo de información bien construido, constituye la base sobre la que asentar la implementación de cualquier tecnología de integración, ya que define aspectos básicos para el proceso de integración como cuáles deben ser los sistemas a integrar y qué información suministra y/o requiere cada uno de ellos.
- Permite tener una infraestructura de datos que facilitará la interoperabilidad con futuros desarrollos. Si a posteriori se añade un nuevo sistema o se modifica alguno de los existentes incluyendo nuevas funcionalidades, es mucho más sencillo encajar los nuevos requerimientos de información, tanto suministrada como consumida, dentro de un modelo de información bien definido.
- Reduce el esfuerzo en la definición del modelo de datos entre interfaces de sistemas. Un aspecto básico en la integración de sistemas es la definición de las interfaces entre ellos, es decir, los datos a intercambiar y el canal o medio para hacerlo. La tarea de definición de los datos a intercambiar, contenido, datos y estructura es más sencilla si se dispone de un modelo de información único.
- A largo plazo, su mantenimiento y evolución es económico. Aunque la definición inicial de un modelo de información completo supone un esfuerzo y requiere la inversión de recursos, a largo plazo supone un ahorro ya que simplifica notablemente la tarea de gestión de la información posterior.
- Permite trazar las transacciones que ocurren en la organización. Un modelo de información bien definido identifica y refleja los intercambios de información entre sistemas, permitiendo seguir fácilmente y de forma ordenada los flujos de información que constituyen las transacciones.

No obstante también hay que señalar algunas desventajas que la definición del modelo de información puede acarrear:

- Añade una capa de traducción y adaptación más. Para recopilar la información proporcionada por cada sistema heterogéneo y unificarla en un modelo general único, es necesario incluir una capa de adaptación de la información.
- Una implementación inadecuada puede conllevar un efecto dominó negativo sobre la implantación de servicios de integración, en caso de que se observe a posteriori la necesidad de cambiar el modelo de datos. No obstante, se asume en la construcción de los modelos de

información, que estos han de tener la lógica evolución y mantenimiento.

- Tanto el desarrollo inicial como las primeras etapas del mantenimiento son costosos, hasta que el modelo de datos se asiente.

#### ***4.2. Importancia del modelo de información único en la implementación de procesos y servicios aeroportuarios***

Centrándonos en el medio que nos ocupa, el entorno aeroportuario, veamos la importancia que tiene la definición de un modelo de información único a la hora de implementar los procesos y servicios aeroportuarios. Para ello tomemos como base y ejemplo el proceso clave de pasajeros y equipajes en salidas.

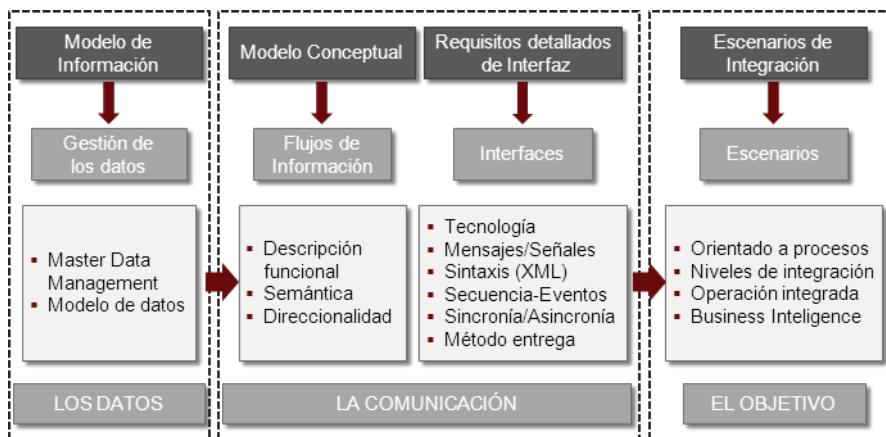
Para la realización correcta de este proceso se plantean una serie de necesidades:

- Los sistemas implicados deben poder intercambiar la información necesaria con un formato homogéneo y comprendido por todos (información de vuelos, horarios, equipajes, asignación y disponibilidad de medios, etc.). Además el formato de intercambio de información debe ser ampliable, es decir, estar abierto a la posibilidad de incluir nuevos datos si es necesario.
- Debe existir un conjunto de datos maestros comunes a todos los sistemas, sobre los cuales no exista riesgo de duplicidad en ningún momento de su ciclo de vida, ni en su carga ni en su mantenimiento, actualización o borrado durante el desarrollo habitual del proceso. Por ejemplo, los datos relativos a un vuelo de salida (código, horario, medios asignados, etc.) pueden resultar modificados a lo largo del proceso, estas modificaciones deben realizarse sobre un dato único y difundirse al resto de sistemas, evitando siempre posibles discrepancias entre la información manejada por distintos sistemas.
- Es importante poder incorporar datos procedentes de entidades externas pero participantes en el proceso al intercambio de información, por ejemplo datos de compañías aéreas o de otros aeropuertos.

Veamos ahora cuáles son las aportaciones del modelo y gestión de la información a la resolución de las necesidades planteadas por el proceso de pasajeros y equipajes en salidas:

- Biblioteca o repositorio centralizado de datos maestros.
- Lenguajes de intercambio de información.
- Adopción de estándares de la industria que aseguran la interoperabilidad y evolución de los sistemas y procesos automáticos de negocio.
- Gestión inteligente de información y de eventos complejos, útiles para arquitecturas de sistemas de análisis predictivo y de negocio.

El siguiente gráfico muestra cómo los datos y el modelo de información son la base para la posterior definición de la comunicación entre sistemas (flujos de información e interfaces) con el objetivo del buen desarrollo de los procesos aeroportuarios [34]:



**Figura 27. El proceso de integración de sistemas**

Una vez identificados los datos a gestionar y construido el modelo de información, se puede pasar a definir la comunicación entre los sistemas, tanto los flujos de información necesarios como los detalles de cada interfaz. Todo ello con la finalidad de desarrollar los distintos escenarios aeroportuarios con todos los sistemas operando de forma conjunta y coordinada.

### **4.3. Gestión, mantenimiento y evolución del modelo de información**

En este apartado ilustraremos todo lo anterior describiendo el proceso de elaboración, gestión, mantenimiento y evolución del Modelo de Información llevado a cabo en el Aeropuerto de Málaga, que sirve como ejemplo para cualquier otro entorno aeroportuario similar.

El Modelo de Información desarrollado ha servido como mecanismo principal para aclarar, definir y establecer los requisitos de los sistemas de información de la ampliación del Aeropuerto de Málaga, tomando como punto de partida el diseño previo en vigor en el aeropuerto. Por lo tanto, el primer paso es analizar la situación actual, los sistemas existentes y sus intercambios de información, los cambios previstos, los nuevos sistemas, nuevos servicios, posibles automatizaciones de procesos, etc.

A continuación, se definen los flujos de información entre los sistemas de información que se tiene previsto instalar o que operan actualmente en el aeropuerto, reflejando la información intercambiada entre ellos y estableciendo el modelo de colaboración entre los sistemas que permitirá alcanzar los fines previstos en el proceso de integración.

La naturaleza cambiante de los flujos de información entre sistemas provee a la tarea de elaboración del Modelo de Información, un carácter fuertemente evolutivo, ya que para cumplir su propósito debe ser actualizado con los cambios que se produzcan en la situación real.

Una vez definidos los flujos de información y tomándolos como base, se procede a describir con mayor nivel de detalle las interfaces necesarias entre todos los sistemas implicados:

- Origen y destino de la información intercambiada.
- Información intercambiada.
- Canal o medio para el intercambio de la información.
- Otros detalles técnicos que permitan su implementación posterior.

El proceso de creación, gestión, mantenimiento y evolución del Modelo de Información de un entorno aeroportuario es complejo y costoso. Por ejemplo, si se presenta la necesidad de hacer una modificación, inclusión o eliminación de un sistema o interfaz, es fundamental tener claramente identificadas las repercusiones que eso conlleva sobre otros sistemas/interfaces para que el conjunto siga siendo coherente. Por ello es conveniente disponer de alguna herramienta o aplicación que facilite el desarrollo y control del Modelo de Información.

Las actividades que se desarrollan en el desarrollo del Modelo de Información son:

- Catalogación de los sistemas participantes.
- Definición de los diagramas de contexto de los sistemas a integrar.
- Elaboración de los requisitos detallados de interfaz con el detalle de los mensajes y de los canales de comunicación.
- La definición de los escenarios de integración operacional del modelo de información.

De forma resumida se muestran los números correspondientes a las actividades mencionadas en cuatro aeropuertos de primer y segundo nivel de la red de Aena Aeropuertos:

	MADRID-BARAJAS	BARCELONA-EL PRAT	MÁLAGA	ALICANTE
NÚMERO DE SISTEMAS	120	>100	105	42
INTERFACES	180	>180	140	97
MENSAJES	>700	>700	>150	130
ESCENARIOS DE INTEGRACIÓN	26	26	12	10

**Tabla 3. Datos estadísticos de proyectos de integración aeroportuaria**

En los siguientes puntos de este capítulo veremos ejemplos de diagramas de contexto e interfaces.

El uso de herramientas para acometer esta gestión es fundamental. Mostramos las principales características de estas herramientas:

- Fuente única de datos. Aglutinar la mayor cantidad posible de información necesaria para las tareas de los gestores y coordinadores de la implantación, pruebas e implantación de sistemas, con el objetivo de facilitar su cotejamiento.
- Dato único. Evitar la repetición de información en distintos ficheros y el consiguiente riesgo de inconsistencias.

- Acceso concurrente. Permitir el acceso y edición de la información a varios usuarios a la vez. Cada usuario utiliza credenciales de acceso distintas para permitir trazabilidad de cambios.

Las actividades de integración e implantación de sistemas a las que las herramientas dan soporte son:

- Mantenimiento del Modelo de Información (MdI). Inventario de sistemas de información del aeropuerto y definición de los interfaces entre ellos, incluyendo los mensajes que intercambian y los canales por los que lo hacen. Elaboración de escenarios maestros, que comprenden los diferentes procesos aeroportuarios, utilizados en escenarios de integración.
- Gestión de Requisitos de Integración. Requisitos detallados de interfaces u otros que se considere necesario. Gestión de configuración y de cambios en los requisitos.
- Gestión de Protocolos de Pruebas. Los protocolos se cargan en las herramientas estructurados en casos de prueba y pasos, que se pueden relacionar con los requisitos que se pretenden probar y con la ejecución de las pruebas.
- Inventario de Maquetas y Elementos de Configuración (EdC). Inventario de elementos del Centro de Pruebas de Integración (CPI) y elementos sujetos a ensayos de integración en Campo. Gestión de configuración (versiones y cambios) de EdC.
- Gestión de Pruebas. Generación de sesiones de verificación, asociadas a los protocolos, EdC y personas relacionadas. Generación de convocatorias y registro de resultados.
- Gestión de Incidencias. Generación de incidencias –asociadas o no– a las pruebas. Ciclo de vida –cambios de estado– de las incidencias. Notificaciones.
- Seguimiento de despliegue de Medios. Inventariado de elementos desplegados para la puesta en operación de los sistemas.
- Gestión de Riesgos. Almacenamiento de riesgos y cambio de estados de los riesgos.

#### **4.4. La gestión de los datos maestros. MDM (*Master Data Management*)**

La multitud de sistemas que utilizan las organizaciones, procesan y comparten información, de tipo personal, direcciones, facturaciones, clientes, proveedores, etc. Datos que se incluyen específicamente en cada sistema que en numerosas ocasiones están duplicados y/o no tienen el mismo formato y contenido.

Esta incoherencia tiene un gran impacto tanto en la operativa diaria como en la incorporación de nuevos sistemas y arquitecturas tecnológicas, como SOA y BPM, debido a que el mantenimiento y depuración de estos datos es muy costoso.

Establecer una estrategia de dato único debe obligar a que un dato se defina una sola vez, su mantenimiento sea único, su carga y actualización sean únicas.

En la actualidad, dada la elevada adopción de arquitecturas tecnológicas en las que la información es fundamental, están surgiendo tecnologías y conceptos que permiten una gestión más eficaz de la información vital de una organización. Destaca *Master Data Management* (MDM).

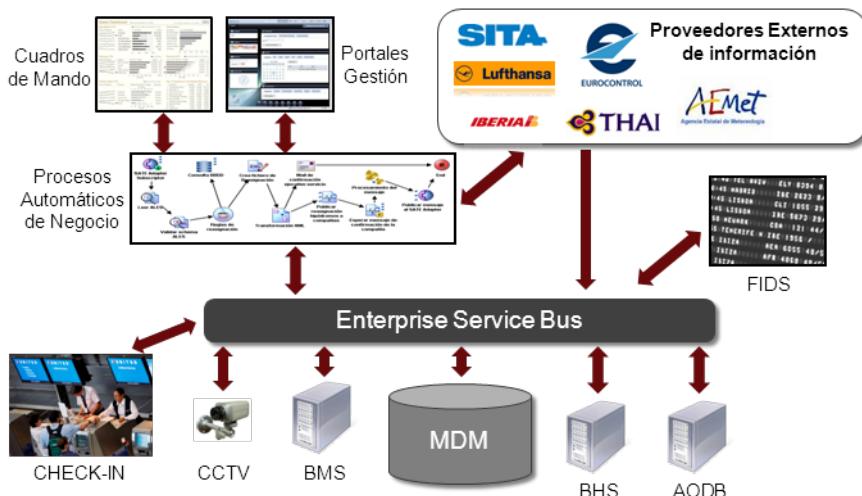
##### **4.4.1. ¿Qué es el MDM?**

Es un conjunto de actividades y herramientas que definen y gestionan las entidades de datos de una organización.

También puede ser definido como el conjunto de aplicaciones, herramientas y disciplinas que proporcionan datos maestros coherentes al conjunto de sistemas de una arquitectura orientada a servicios y procesos.

Tiene el objetivo de proporcionar tareas y actividades para recopilar, agrupar y distribuir la información asegurando su consistencia y controlando su recepción y su uso por parte de las aplicaciones. MDM busca asegurar que en la organización de los distintos sistemas no se use información duplicada, potencialmente inconsistente.

Veamos en la siguiente figura, qué papel cumple el MDM dentro de la arquitectura global aeroportuaria:



**Figura 28. Participación del MDM en la integración de sistemas**

Las actividades habituales en las soluciones MDM son los siguientes:

- Identificación de fuentes.
- Recogida de datos.
- Transformación de datos.
- Normalización, detección y corrección de errores.
- Almacenamiento de datos.
- Distribución de datos.

Las herramientas incluyen: redes de datos, sistemas de archivos, *Datawarehouse*, herramientas de análisis de datos, herramientas de visualización de datos y servicios de distribución de datos.

Las actividades de MDM se ejecutan en un repositorio de datos centralizado, al cual llegan todas las peticiones de información y devuelve los mismos resultados, independientemente del origen y el destino de la información.

#### 4.5. De los metadatos a la web semántica

En el entorno aeroportuario, tal como ocurre en el resto de industrias, se ha impuesto el uso de lenguajes basados en XML. La irrupción del XML en los sistemas de información ha supuesto un salto cualitativo en la forma en

la que se describe y trata la información. Introduzcamos brevemente qué son los metadatos y el lenguaje XML.

Los metadatos son datos que describen otros datos: un metadato es una descripción estandarizada de las características de un conjunto de datos. Esto es, indican cómo son, qué información pueden contener, si están relacionados con otros datos, etc. Es un concepto análogo al uso de índices para localizar objetos (por ejemplo, en una biblioteca para localizar libros se utilizan fichas que indican autor, título, editorial, ubicación, etc.). De la misma forma, los metadatos ayudan a relacionar y localizar datos.

Como evolución a los modelos de información basados en XML, está empezando a tener una mayor relevancia la adición de una semántica a los datos, lo cual favorece aún más la automatización y procesamiento de los datos. Esta evolución denominada Web Semántica, también es de aplicación en el mundo aeroportuario. Así mismo, introduciremos JSON como notación para el intercambio de información, muy utilizado como formato de intercambio entre numerosas plataformas web que hacen uso de *Web Services*, y que ofrece determinadas ventajas sobre el uso de XML.

#### **4.5.1. XML**

Como paradigma actual de lenguaje que hace uso de meta datos y contenedor de información, tenemos al XML, es un Lenguaje de marcas extensible (*Extensible Markup Language*), desarrollado por la W3C. Permite definir la estructura y los datos cualquier modelo de información y permite ser utilizado como un estándar para el intercambio de información estructurada entre sistemas. Entre sus ventajas encontramos:

- Información auto descrita mediante el uso de etiquetas.
- Información organizada y estructurada.
- Facilidad de manipulación (lectura y construcción).
- Aplicación de transformaciones y formateado sencillas.
- Validación del contenido (datos obligatorios/opcionales, tipos de datos,...).
- Se puede extender de forma sencilla.

Para la correcta validación y construcción de los documentos XML, se ha de usar documentos que los describan, mediante los cuales establecer las

definiciones de los tipos de datos y sus relaciones, ocurrencias, etc. Para tal fin contamos con dos formas muy extendidas.

- DTD. Document Type Definition.
- XSD. XML Schemas.

Como ejemplo de los múltiples desarrollos y modelos de datos basados en XML, mostramos a continuación un ejemplo de la información que envía un mostrador de facturación al sistema BHS (recordamos, Sistema Automatizado de Equipajes). Por cada equipaje facturado se le indica al BHS lo siguiente:

- A qué vuelo pertenece.
- Identificador de equipaje.
- Destinos y posibles vuelos de conexión.
- Mostrador desde el que se ha facturado.

Se muestra a continuación un documento XML que describe este mensaje, denominado pBSM (*Pseudo Baggage Source Message*)<sup>1</sup>:

```
<pBSMxmlns="urn:aoml" type="B">
<flightCompany code="IATA">LH</flightCompany>
<flightNumber>2245</flightNumber>
<scheduledDate>25NOV</scheduledDate>
<nextAirport>FRA</nextAirport>
<checkin>378</checkin>
<checkinSequenceNumber>12</checkinSequenceNumber>
<suitcases>01</suitcases>
<suitcase-BSMNumber>0075528621</suitcase-BSMNumber>
<flightConnectionCompany code="IATA">LH</flightConnectionCompany>
<flightConnectionNumber>4576</flightConnectionNumber>
<flightConnectionScheduledDate>6NOV</flightConnectionScheduledDate>
<finalAirport>BKK</finalAirport>
</pBSM>
```

Otros ejemplos desarrollados en los proyectos de Integración de Sistemas Aeroportuarios se pueden resumir en:

- AOML (*Airport Operations Modelling Language*)<sup>2</sup>. Normalización de mensajes para los mecanismos de comunicación utilizados en el

---

<sup>1</sup> El original Baggage Source Message (BSM), es un estándar definido por IATA por el cual las compañías informan de los datos de identificación de los equipajes y sus vuelos asociados a los BHS, en base a los datos proporcionados en la facturación del equipaje. El pBSM es un mensaje con carácter redundante al BSM utilizado en aeropuertos de Aena Aeropuertos. Es un diseño de Aena Aeropuertos.

entorno operacional del aeropuerto. Esto es, información de vuelos en tiempo real, equipajes, entidades aeroportuarias, etc. Mostramos a continuación un mensaje que informa de un cambio de asignación de estacionamiento y cinta de recogida de equipajes:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<soap:Envelope>
<soap:Header>
<context:contextHeader>
<sender>AODB</sender>
<date>16/11/2008 10:30:47</date>
</context:contextHeader>
</soap:Header>
<soap:Body>
<flight aoml:command="UPDATE" xmlns="urn:aoml"
xmlns:aoml="urn:aoml">
    <flightCompany code="OACI">JKK</flightCompany>
    <flightNumber>102</flightNumber>
    <scheduledDate>16/11/2008 11:25:00</scheduledDate>
    <flightType>Arrival</flightType>
    <resource>
        <resourceType>Stand</resourceType>
        <resourceName>T30</resourceName>
        <startDate>16/11/2008 11:40:00</startDate>
    </resource>
    <resource>
        <resourceType>Belt</resourceType>
        <resourceName>I106</resourceName>
        <startDate>16/11/2008 11:50:00</startDate>
        <endDate>16/11/2008 12:20:00</endDate>
    </resource>
</flight>
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

- ALES (Alarmas y Estados)<sup>3</sup>. Normalización de la publicación de las alarmas o notificación de las mismas y de los estados de cada sistema o notificación de los mismos. Principalmente orientado a informar sobre

---

<sup>2</sup> AOML es un diseño de Aena Aeropuertos. Las empresas que desean implementar un interfaz que haga uso de este lenguaje pueden solicitar acceso a su definición.

<sup>3</sup> ALES es un diseño de Aena Aeropuertos. Las empresas que desean implementar un interfaz que haga uso de este lenguaje pueden solicitar acceso a su definición.

los eventos producidos en los diferentes sistemas de control de instalaciones de edificios, equipajes, central eléctrica, campo de vuelos, etc.

El ejemplo que se muestra a continuación es una notificación de alarma por parte del sistema de control de accesos (ACS), por intrusión en una zona no permitida de la zona de equipajes.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<soap:Envelope>
<soap:Header>
    <context:contextHeader>
        <sender>ACS</sender>
        <date>29/12/2008 12:02:05</date>
    </context:contextHeader>
</soap:Header>
<soap:Body>
    <alarmNotif activity="alarm-On" >
        <origin>ACS</origin>
        <element>"/ACS/ZonaBHS/PuertaX</element>
        <severity>High</severity>
        <date>29/12/2008 12:02:05.100</date>
        <zone>/AGP/TERMINALES/T3/ZONA...</zone>
        <alarmType alarmId="Apertura Puerta">
            <description>Apertura no autorizada de una
                puerta de acceso a la zona</description>
        </alarmType>
    </alarmNotif>
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

#### 4.5.2. Web Semántica

Con la Web Semántica [6] [7] se busca la mejora en la comunicación entre las máquinas y los humanos, reduciendo la acción de estos segundos sobre los primeros considerablemente. La forma de conseguirlo es dando a la Web, o modelo de información basado en XML, un mayor significado (de ahí el apellido de semántica), con lo cual se favorece el intercambio, procesamiento y transferencia de información de forma sencilla.

La Web Semántica permite al usuario dejar en manos del software tareas de procesamiento o razonamiento de un determinado contenido. Se sirve de dos estándares o metalenguajes de aparición reciente: RDF y OWL.

Estos lenguajes definen una serie de ontologías que definen los componentes del lenguaje usables para definir o representar un campo del que se tiene o se desea tener conocimiento.

La Web Semántica está basada en la idea de añadir metadatos que describen el contenido, el significado y la relación de los datos. Los metadatos son proporcionados de manera formal, de forma que son evaluables automáticamente por sistemas de procesamiento, así se amplía la interoperabilidad entre sistemas diversos.

La Web Semántica, tal como comentamos en la introducción, es una evolución de los actuales documentos HTML (basados en lenguajes de marcas como XML), válido para adecuar el aspecto visual de un documento e incluir objetos multimedia en el texto, pero ofrece pocas posibilidades para categorizar los elementos que configuran el texto. La Web Semántica resuelve estas deficiencias haciendo uso de las tecnologías XML, XML Schema, RDF, RDF Schema y OWL.

Veamos brevemente RDF y OWL [8] con un pequeño ejemplo de aplicación.

#### 4.5.2.1. RDF (Resource Description Framework)

Creado, como no en la W3C, aunque como la mayoría por miembros de proyectos anteriores, es un marco para la descripción de recursos (meta datos) basado en XML. La descripción de los recursos usa la forma de expresión *sujeto-predicado-objeto*, esto es "*un sujeto TIENE un predicado CUYO VALOR es objeto*" en donde:

- Sujeto: es el recurso que se está describiendo.
- Predicado: es la propiedad o relación que se desea establecer acerca del recurso.
- Objeto: es el valor de la propiedad o el otro recurso con el que se establece la relación.

Para verlo de forma más gráfica y aplicada, podemos utilizar otro ejemplo basado en equipajes.



**Figura 29. Relación sujeto-predicado-objeto en RDF**

El (recurso) equipaje pertenece (predicado) a un pasajero (objeto) cuyo "valor" es Rafa Nadal. Veamos cómo se expresa en formato de documento RDF basado en el ejemplo de BSM, mostrado en el apartado XML.

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" xmlns:air="http://aeropuertos.com/">
<air:Equipajerdf:nodeID="b1">
<air:bsm>04005054</air:bsm>
<air:pertenece>
    <air:Pasajerordf:nodeID="p1">
        <air:NombrePasajero>RafaNadal</air:NombrePasajero>
    </air:Pasajero>
</air:pertenece>
</air:Equipaje>
</rdf:RDF>
```

#### 4.5.2.2. OWL (Ontology Web Language)

La combinación de RDF con otras herramientas como OWL, forman la base de la Web Semántica. Ambas herramientas son compatibles si bien OWL se utiliza para desarrollar conjunto de palabras específicas con los que asociar una serie de recursos. OWL es un estándar de representación que proporciona un lenguaje para definir ontologías utilizables por otros sistemas. OWL extiende RDF para la definición de ontologías y posibilita un nivel avanzado de inferencia mediante definiciones y restricciones de clases, propiedades y relaciones. Por lo que añade más vocabulario para describir las clases y las propiedades de los recursos. Proporciona una mayor interoperabilidad entre sistemas que usen XML, RDF y RDF-S (RDF Schema) mediante vocabulario adicional y una semántica formal. Tiene tres sub-lenguajes:

- OWL Lite. Para clasificaciones y jerarquías sencillas. Sólo permite cardinalidad 0 o 1.
- OWL DL. Para máxima expresividad. Se garantiza su procesamiento por máquinas.
- OWL Full. Máxima expresividad pero no garantiza su procesamiento por máquinas.

#### 4.5.3. JSON (JavaScript Object Notation)

En los últimos años, dada la explosión de servicios web, y sus API para desarrolladores disponibles, que pueblan el ecosistema de Internet, se ha visto en la necesidad de implementar mecanismos de intercambio de información que sean capaces de facilitar la implementación con una sintaxis más sencilla, más capacidad de procesamiento, tanto por parte del lado del servidor como del lado del cliente, con una carga más ligera y además que sea fácil de validar. *JavaScript Object Notation* (JSON) [9] es la notación que se está imponiendo en la gran mayoría de los servicios que precisan de intercambio de información de forma ligera. Veamos las ventajas y desventajas principales, de JSON frente a XML:

Ventajas:

- Mayor velocidad de procesamiento. Sobre todo para interfaces donde no es necesario realizar una validación de los datos (aunque si permite la validación frente a un esquema).
- Menor carga de red. El tamaño del mensaje es sustancialmente menor al no necesitar las formalidades de etiquetado de los documentos XML. Si bien, en mensajes que sólo representan clave-valor, la diferencia no es significativa.
- Al igual que XML, está soportado por la gran mayoría de los lenguajes de programación, por lo que la integración en sistemas existentes está garantizada. Así mismo, las librerías de programación son de un tamaño muy inferior a las equivalentes en XML.

Desventajas:

- No permite la adición de datos extras al mensaje, como documentos (binarios), imágenes, sonido, etc.
- No es extensible.
- No permite la transformación del mensaje a otros formatos, como sucede con el uso de XSL aplicado sobre XML.
- No permite el uso de espacio de nombres.

Utilicemos el ejemplo del pBSM mostrado en el apartado de XML, y trasladémoslo a JSON.

```
{"pBSM":  
  { "flightCompany": "LH", "flightNumber": "2245",  
    "scheduledDate": "25NOV", "nextAirport": "FRA",  
    "checkin": "78", "suitcases": "01",  
    "suitcase-BSMNumber": "0075528621",  
    "flightConnectionCompany": "LH",  
    "flightConnectionNumber": "4576",  
    "flightConnectionScheduledDate": "26NOV",  
    "finalAirport": "BKK"  
  }  
}
```

Si bien en el paso directo a JSON, hemos perdido los atributos de tipo de código de compañía (IATA/OACI) de las etiquetas *flightCompany* y *flightConnectionCompany*, lo que se trata de ilustrar con este ejemplo, son dos de las principales ventajas del uso de JSON como formato de intercambio de mensajes, que son la velocidad de procesamiento y la carga de red. En el caso del mensaje con formato XML, hay 544 caracteres y en el equivalente en JSON son 287, esto significa más de un 50% de reducción en el tamaño del mensaje con el mensaje en formato JSON.

Por lo que en entornos donde la capacidad de procesamiento, con alta carga de mensajes, y con interfaces claras donde el formato e información a intercambiar esté muy definida, JSON se presenta como una alternativa clara a XML.

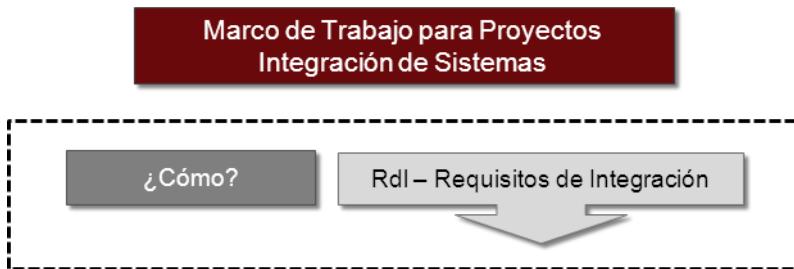
Como se verá más adelante, en esta monografía, entornos con un uso intensivo de mensajes como es el del Procesado Complejo de Eventos (CEP) y arquitecturas SOA, son un entorno adecuado en el que contar con una alternativa real como es JSON.

Por último, en entornos de Big Data en donde están aflorando bases de datos NoSQL, el formato JSON es usado por algunas de estas bases de datos como formato nativo de registro. Por ejemplo, en MongoDB, este sería el registro para un documento JSON que representa algunas métricas del entorno aeroportuario.

```
{ "_id" : { "$oid" : "5096b0d94a9241e31f18783e" } ,  
  "KpiArray" : { "kpi" : [  
    { "name" : "Departures Punctuality" , "value" : "22" , "measureUnit" :  
      "Pct" } ,  
    { "name" : "Arrivals Punctuality" , "value" : "45" , "measureUnit" : "Pct" } ,  
    { "name" : "RWY Configuration" , "value" : "South" } ,  
    { "name" : "RWY Capacity" , "value" : "75" , "measureUnit" : "flights p/h" } ,
```

```
{ "name" : "METAR" , "value" : "METAR SAZM 012200Z 23004KT 8000 -RA  
BKN022 08/07 Q1014" } ,  
{ "name" : "TAFOR" , "value" : "TAF LEMD 181700Z 1818/1918 02004KT  
9999 SCT020 BKN040 TX10/1914Z TN02/1820Z TEMPO 1818/1910 RA  
BKN020 TEMPO 1822/1909 3000 RA BR OVC010=" } ,  
{ "name" : "Platform Occupancy" , "value" : "56" , "measureUnit" : "Pct" } ,  
{ "name" : "Bags per hour" , "value" : "5000" } ,  
{ "name" : "Bags Demand p/h" , "value" : "4200" } ,  
{ "name" : "1st Bag Mean Time" , "value" : "7" , "measureUnit" : "min" }  
]} }
```

## **La importancia de la integración de sistemas**



La integración de sistemas ha cobrado una gran relevancia en prácticamente todos los sectores empresariales y procesos de negocio. Actúa como mecanismo facilitador en la integración y distribución de información permitiendo la operación conjunta de una gran heterogeneidad de sistemas y arquitecturas. El mundo aeroportuario no ha sido ajeno a estas tecnologías y arquitecturas. En los últimos diez años la implantación de arquitecturas de integración de sistemas ha crecido a la par de los proveedores tecnológicos, que han evolucionado sus sistemas hacia la "inter-operabilidad" de los sistemas aeroportuarios. Esto ha supuesto un avance en los medios tecnológicos con los que cuenta la operación aeroportuaria, permitiendo además sentar las bases de los centros de gestión aeroportuaria para una administración y control de los procesos aeroportuarios en tiempo real.

Durante este capítulo veremos los fundamentos y conceptos de las tecnologías y arquitecturas de integración de sistemas y cómo estos se están aplicando en el mundo aeroportuario.

En los diferentes proyectos surgidos en el campo de la integración de sistemas del sector aeroportuario, se ha realizado un estado previo a la integración de sistemas cuyas principales características y dificultades a vencer eran:

- Diseño de sistemas orientado a una función concreta, no para colaborar en la gestión global.
- El suministro y la operación de los sistemas dependientes de diferentes organizaciones de acuerdo a criterios de diseño particulares.
- Multitud de sistemas heterogéneos en tecnología y funcionalidad.
- La introducción de nuevos sistemas implica cambios de difícil implementación en otros.

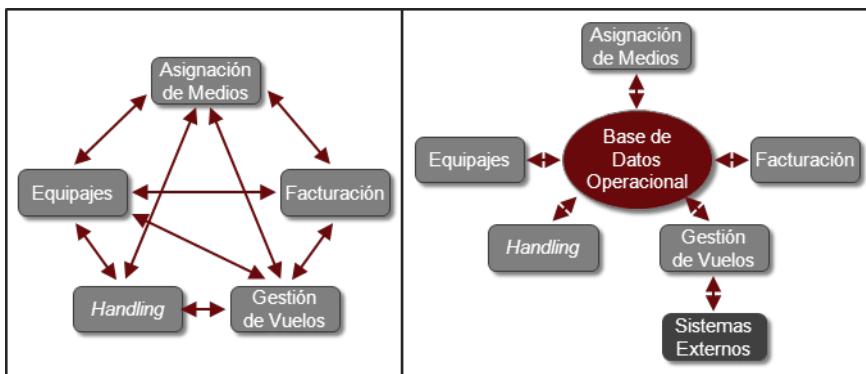
- Diferentes centros de coordinación dispersos.
- Dificultad para supervisar la organización atendiendo al nivel de servicio al usuario, eficiencia de procesos y disponibilidad de medios.
- El “día a día” impide al usuario una participación adecuada en la especificación de requisitos.
- Falta de un centro de validación y verificación para garantizar: la puesta en servicio de nuevas versiones, y la integración de nuevos sistemas, sin riesgo para la organización.

### **5.1. *¿Para qué la integración?***

De forma general podemos señalar que la integración tiene su sentido en:

- Es una consecuencia lógica de la automatización e informatización de sectores productivos.
- Permite organizar los intercambios de información (reducción del efecto *spaghetti*).
- Aprovechar adecuadamente la información disponible para mejorar el negocio. Agregar las diferentes fuentes de información convirtiendo datos en información.
- Provee los servicios necesarios para la explotación de la información más allá de los intercambios de información entre sistemas. Por ejemplo, procesos automáticos de negocio, cuadros de mando integral, inteligencia empresarial, etc.

Las arquitecturas de integración aeroportuaria han ido evolucionando de forma constante a lo largo de los últimos años, en la figura siguiente se muestra un esquema de las diferentes generaciones en la evolución de la integración aeroportuaria y que hoy coexisten:



**Figura 30. Evolución en la integración de sistemas aeroportuarios. Primeras fases**



**Figura 31. Situación actual de la integración de sistemas aeroportuarios**

- Primera Generación. Modelo de integración clásico mediante la red troncal aeroportuaria (LAN) y la red corporativa (WAN), realizando interfaces individuales entre sistemas.
- Segunda Generación. Modelo de integración a través de la base de datos de operaciones (AODB – *Airport Operational Data Base*), a la que se conectan un número importante de sistemas (facturación, información al público, información a compañías, equipajes, etc.). Tanto este modelo como el anterior presentan limitaciones cuando crece el número de sistemas y las necesidades de intercambio de información, pues el número de interfaces aumenta exponencialmente.

- Tercera Generación. Modelo de integración mediante un bus de mensajería corporativo, que permite publicar y suscribirse a mensajes de información. Los sistemas se conectan al bus mediante conectores que independizan el sistema del bus de mensajería. Este modelo es el utilizado en los grandes aeropuertos y es la base del modelo del futuro.
- Por lo que de forma particular al sector aeroportuario, tras introducir de forma general el sentido de la integración, podemos señalar que la integración de sistemas no es más que un medio para asegurar la interoperabilidad de los sistemas mediante el tratamiento e intercambio eficientes de información con los siguientes objetivos:
  - Facilitar los intercambios de información entre sistemas de forma que mejoren su propio funcionamiento.
  - Proveer información para la gestión del aeropuerto de forma que se conozca en cada momento el estado de funcionamiento, no solo de los sistemas, sino también de los servicios prestados a los usuarios y se puedan tomar acciones preventivas y reactivas.
  - Habilitar los mecanismos para automatizar en lo posible el funcionamiento del aeropuerto, disminuyendo el personal necesario para ejecutar determinadas tareas o aumentando la eficiencia.
  - Registrar todo lo acontecido durante las operaciones aeroportuarias para aprender de situaciones pasadas y prever necesidades futuras.

Las ventajas que se derivan del proceso de integración de sistemas son múltiples, pudiéndose destacar las siguientes:

- Desde el punto de vista de la gestión aeroportuaria: proporcionar información relevante y a tiempo a quienes toman las decisiones; difundir con agilidad las decisiones tomadas; resaltar las situaciones que requieren respuesta inmediata; mejorar la coordinación entre organizaciones; y mejorar la calidad de los servicios prestados.
- De cara a las operaciones aeroportuarias: facilitar las tareas de planificación y asignación de recursos; la gestión de incidencias operacionales y técnicas; el cumplimiento y seguimiento de los procedimientos aeroportuarios; la implantación de mejoras en la gestión del mantenimiento; y aumentar la disponibilidad de los servicios.

- En el terreno económico: aumentar la productividad de los recursos; disminuir el consumo energético; y facilitar una gestión económica basada en usos y consumos reales.
- Finalmente, en la parte técnica: facilitar la integración de nuevos sistemas; permitir la definición e implantación de nuevas herramientas; y reducir los riesgos asociados a modificaciones en los sistemas.

Dentro de las diferentes arquitecturas y estrategias de implantación de servicios de integración de sistemas, contamos con, EAI (*Enterprise Application Integration*), SOA (*Service Oriented Architecture*), así como sub-variantes o concreciones de los mismos, tales como ESB (*Enterprise Service Bus*), SCA (*Service Component Architecture*), REST (*Representational State Transfer*), etc. A continuación trataremos de introducir todos estos conceptos ligándolos a ejemplos del mundo aeroportuario.

## 5.2. **EAI (*Enterprise Application Integration*)**

La infinidad de estándares de comunicación, lenguajes de programación, sistemas operativos, protocolos propietarios, etc. hacen que la interoperabilidad de sistemas heterogéneos haya sido una piedra filosofal a la que hasta hace pocos años resultaba tremadamente complejo y casi una "aventura" poder abordar. Las soluciones solían ser tan propietarias que su falta de escalabilidad y su arquitectura cerrada volvía a resultar un problema para futuras integraciones. Pero cumplían su propósito.

Han ido apareciendo diversos estándares como CORBA, que permiten una integración entre algunas arquitecturas y lenguajes, es un concepto válido y usado pero algo complejo de desarrollar y de evolucionar en las actuales arquitecturas empresariales de sistemas y servicios. No obstante sigue siendo un modelo válido en muchas implementaciones.

El auge de Internet desde mediados de los años 90 ha hecho evolucionar el concepto de integración como no se había hecho antes, se ha convertido en una necesidad para poder abordar proyectos de banca, telecomunicaciones, etc. y como es nuestro caso, aeronáuticos y aeropuertos.

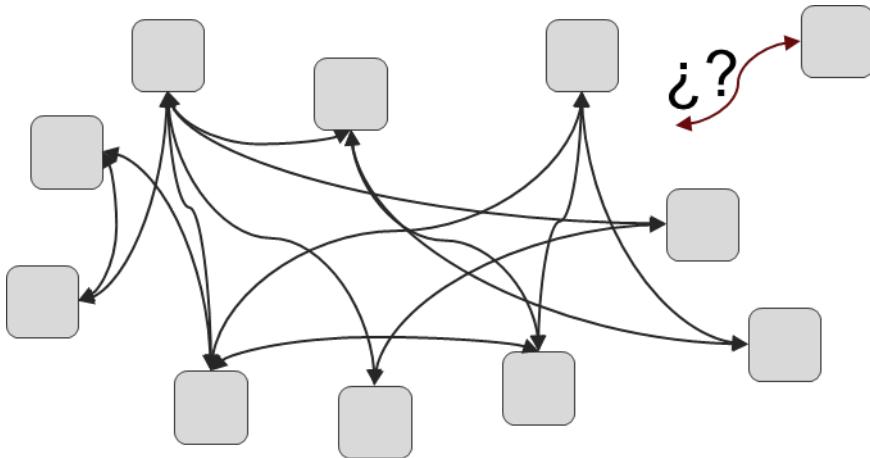
La filosofía de los diversos "*middleware*" de integración existentes es la de proveer los mecanismos e interfaces necesarios para la integración de cualquier sistema por muy heterogéneo que sea, permitiendo un menor coste de desarrollo, mantenimiento y evolución que una solución propietaria, siendo escalable y abierto a nuevas tecnologías venideras. Implementaciones de mercado son: TIBCO, Webmethods, IBM MQSeries,

Oracle JMS, Microsoft MSMQ, Mule, RedHat/JBossJMS y RedHat Fuse, SonicMQ, etc.

Mostremos un gráfico, clásico, en el que se observa la complejidad de la integración de aplicaciones una a una (efecto de Integración "spaghetti"). El número de conexiones necesarias para unir todos los sistemas se puede calcular mediante:

$$\text{Conexiones} = n(n - 1)/2.$$

Por lo que conectar 15 aplicaciones supondría desarrollar 105 conexiones.



**Figura 32. Modelo integración "spaghetti"**

La Integración de Sistemas se ha planteado en diferentes niveles:

- Nivel de Interconexión y Comunicaciones: asegura que el equipamiento y los programas son instalables de forma adecuada en el entorno previsto, y que la información se transmite de forma eficiente y segura entre los sistemas a través de un bus de mensajería o de buses dedicados.
- Nivel de Datos: especifica los flujos de información aeroportuarios entre sistemas (mensajes, orígenes y destinos de la información, frecuencia de intercambio, uso de la información por otras aplicaciones, propietario de la información, etc.).

- Nivel de Aplicaciones: asegura el funcionamiento correcto de las interfaces y mensajes entre sistemas, es decir, que los mensajes son utilizables y adecuados para el sistema receptor.
- Nivel de Procesos del Aeropuerto: conlleva el intercambio de información y herramientas para gestionar los procesos de negocio del aeropuerto.
- Nivel de Procesos Corporativos: conlleva el intercambio de información y herramientas para gestionar procesos de Aena Aeropuertos como organización.
- Nivel de Colaboración con Socios: conlleva el intercambio de información para colaborar con otras organizaciones (líneas aéreas, agentes *handling*, Eurocontrol, etc.) en actividades comunes.

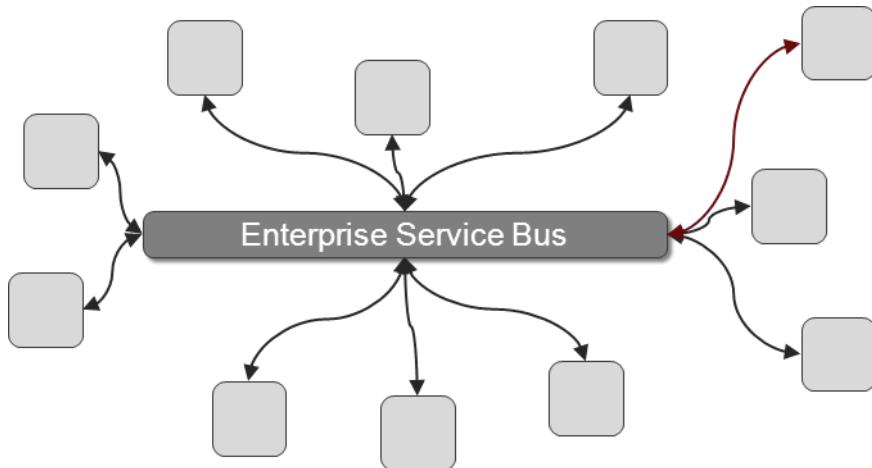
Los tres primeros niveles se conocen como Nivel de Control, que se asocia al intercambio y proceso de información entre sistemas para sus propios fines. Los tres últimos niveles se corresponden con el Nivel de Gestión, que se asocia al intercambio y proceso de información para mejorar la gestión del aeropuerto en su conjunto y de la organización.



**Figura 33. Niveles de integración de sistemas**

Dentro del concepto de EAI contamos con el BUS Empresarial de Servicios (*Enterprise Service Bus*) que es el que proporciona los servicios necesarios para evitar esta complejidad de integración “spaghetti”, no obstante, la adopción de un ESB, no sólo incorpora racionalidad desde el punto de vista

de las conexiones, sino que además incorpora funcionalidades imprescindibles para realizar la integración de sistemas.



**Figura 34. Integración mediante Enterprise Service Bus**

### 5.3. ESB (*Enterprise Service Bus*)

Es una plataforma que permite comunicar, integrar y transformar la información entre varias aplicaciones, orientado a mensajes o eventos y que permite abstraer las arquitecturas de cada sistema y los protocolos que usan.

El ESB incorpora una serie de funcionalidades que lo definen claramente [10]:

- Permite desacoplar la lógica de negocio, si bien es cierto que las herramientas actuales permiten interactuar con la lógica de negocio e incorporarse a la misma.
- Independencia de su localización. Permite conectar aplicaciones independientemente de su localización. Además permite abrirse a comunicaciones con proveedores externos de la empresa.
- Conversión de protocolos de comunicación o estructuras de datos. Permite conectar aplicaciones que utilicen diferentes protocolos tanto de entrada como de salida al BUS. Por ejemplo de HTTP -> JMS, de FTP -> MQSeries, SOAP -> EJB, etc.

- Transformación de mensajes. Permite adaptar, componer, agregar, etc. la información contenida en los mensajes.
- Enrutamiento de mensajes. Filtra y encamina los mensajes basados en técnicas de tópicos, colas, etc.
- Permite realizar transacciones para aumentar la fiabilidad de la integración.
- Seguridad, mediante mecanismos que aseguran la seguridad de la plataforma, integridad de las conexiones y mensajes.

### 5.3.1. Patrones ESB

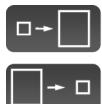
Al igual que en el resto de disciplinas del mundo de la informática relacionadas con la arquitectura de software, existen innumerables patrones de funcionamiento de los componentes del ESB que facilitan la definición de arquitecturas y que resuelven de forma eficaz los objetivos a cubrir con la integración de sistemas. Veamos algunos de los más significativos para comprender sus capacidades y utilidades [10]:



*Filtrado de Mensajes:* Permite el filtrado de mensajes basado por ejemplo en el paradigma de Publicación/Subscripción para sólo tratar aquellos mensajes en los que se está interesado.



*Transformación y mapeo de mensajes:* Permite traducir formatos de mensajes, por ejemplo traducir un mensaje EDI en uno XML, un CSV en un objeto Java, etc.



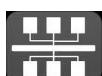
*Enriquecimiento/Segregación de contenido:* Se puede añadir/quitar contenido del mensaje con información proveniente de otras fuentes, como otros sistema, una base de datos, etc.



*Enrutamiento basado en contenido:* permite el envío del mensaje a su próximo destino basado en el contenido del mensaje.



*Puente de mensajería:* permite enviar mensajes entre diferentes protocolos o sistemas de mensajería. Por ejemplo desde HTTP/SOAP a JMS, JMS a MQSeries, JMS Colas a JMS Tópicos, TIBCO/RV a MQSeries, etc.



*Múltiples proveedores y consumidores:* Permite recibir/enviar mensajes desde/a múltiples aplicaciones.

**Figura 35. Ejemplos de patrones en la arquitectura de integración de sistemas**

### 5.3.2. Conceptos

Dentro del “ecosistema” de la integración de sistemas y aplicaciones existen multitud de implementaciones comerciales y “Open Source” de ESB, pero todos tienen unos fundamentos y conceptos comunes. Veamos cuáles son:

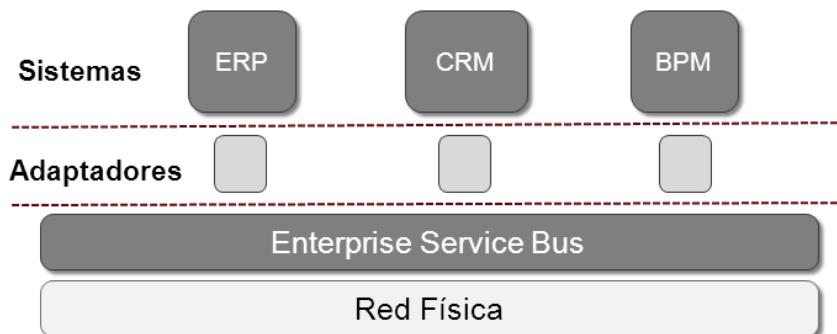
- Transportes: Para el envío de mensajes a través del ESB y por tanto por la red es necesario que los programas se conecten a un proceso que realice dicho trabajo y sea transparente para los desarrolladores.
  - Los transportes son los responsables finales del envío, recepción, confirmación y retransmisión de los mensajes, actúa según el tipo de transporte que lo utilice (certificado manual/automático, confiable), filtra por el tópico del mensaje, ordena los paquetes que conforman los mensajes y los entrega a los transportes receptores correspondientes. Los más utilizados son HTTP, JMS, SOAP/HTTP, SOAP/JMS como genéricos y por el lado de los propietarios podemos mencionar a TIBCO Rendezvous e IBM MQSeries.
  - En el caso de TIBCO Rendezvous los programas se conectan a “daemons” locales de la misma máquina o remotos en el mismo segmento de red o enrutadores “routing daemons”. Permite crear canales físicos/lógicos diferentes mediante la utilización de puertos UDP, grupos multicast y tópicos.
  - En el caso de Servidores de Colas (de tipo JMS, MQSeries, etc.), las aplicaciones se conectan a los servidores mediante el protocolo soportado, normalmente JMS.

Es de vital importancia detallar bien la estrategia de configuración de los transportes, ya que se ha de involucrar desde el principio a los administradores y gestores de la red, para su correcto dimensionamiento y aprovechamiento de la misma.

- Adaptador. Es el componente *software* que permite comunicar sistemas o aplicaciones propietarias con el ESB, pudiéndose así extraer o incorporar información desde o hacia el bus. Prácticamente casi todos ESB cuentan con API para la programación de estos adaptadores en lenguajes ampliamente extendidos como Java, C++, .NET, etc.

Los adaptadores precisan del uso de un servicio de transporte que permita comunicarse con el bus. Los más extendidos hoy en día son JMS, HTTP y TIBCO/RV. Así mismo, existen ya desarrollados numerosos Adaptadores comerciales para prácticamente todas las soluciones

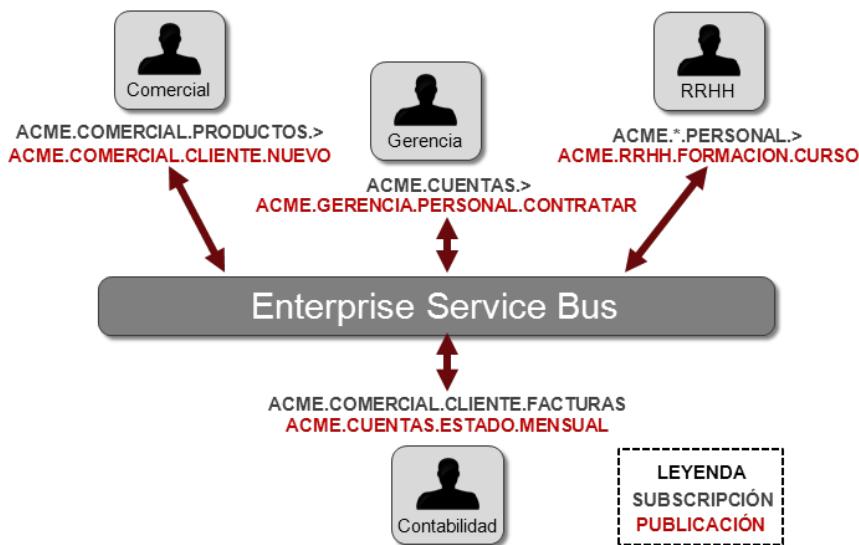
empresariales que dominan el mercado, de tipo ERP, CRM, BBDD, etc. No requieren ser desarrollados y se pueden incorporar directamente a las arquitecturas de integración, se trata de adaptadores para SAP, Siebel, Lotus Notes, etc.



**Figura 36. El uso de adaptadores en la comunicación de los sistemas y el ESB**

- Tópicos. Es una característica usada por el sistema de mensajería (p.ej. implementaciones bajo JMS y TIBCO RV) para proporcionar la capacidad de publicación y suscripción en las aplicaciones, y así tratar los mensajes que realmente sean de interés para las aplicaciones. Cada mensaje está etiquetado con un tópico que identifica los posibles destinos a los que debe llegar. Cuentan con las siguientes características:
  - Es una cadena de caracteres que puede estar dividido en elementos separados por puntos (.).
  - Tienen una estructura jerárquica que permite ser usada para describir el dominio, aplicación, acción y contenido del mensaje.
  - Los consumidores están a la escucha mediante suscripción o a la espera de petición de estos mensajes.
  - Los tópicos tienen capacidad de filtrado, utilizando caracteres para filtrado como ">" o "\*".

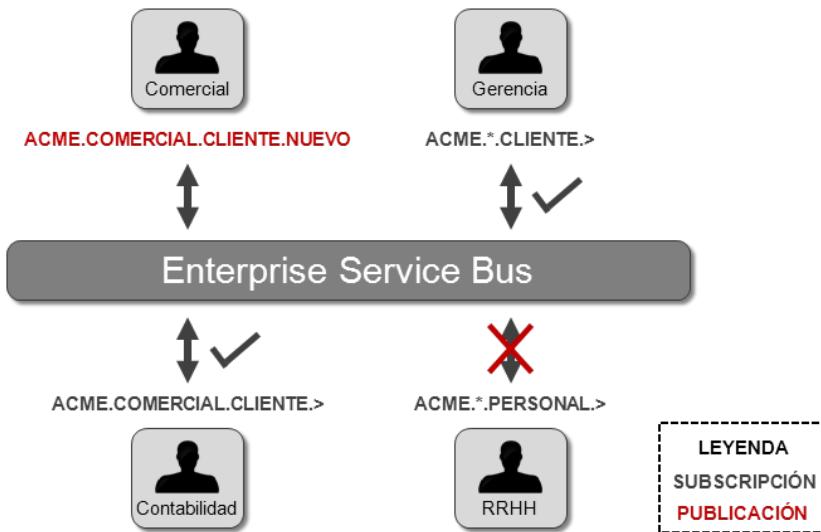
Veamos un ejemplo de uso de tópicos mediante el cual los diferentes actores publican y se suscriben a la información que precisan.



**Figura 37. Utilización de tópicos para la publicación y suscripción de información**

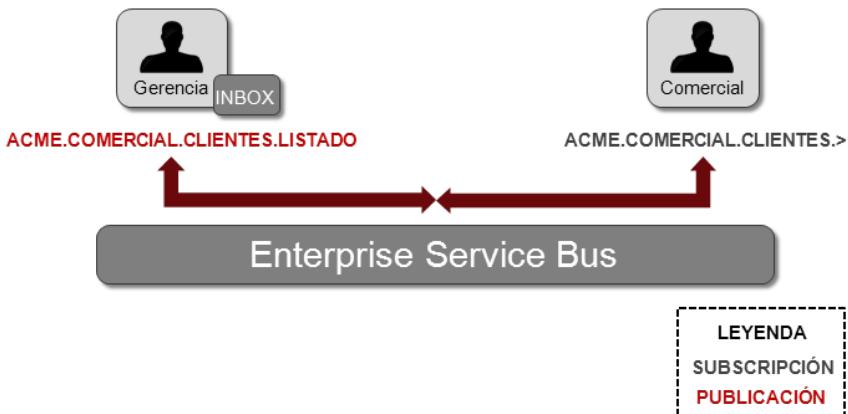
- Publicación/Subscripción. Es el paradigma de comunicación por excelencia. Su misión es desacoplar al emisor del receptor, el emisor publica un mensaje por un tópico, por ejemplo y serán los receptores suscritos a ese tópico los que lo recojan, los que no estén suscritos no harán caso del mensaje. Esta comunicación es de típicamente asíncrona, en los que los publicadores no quedan a la espera de respuesta de los receptores, si esta fuera necesaria.

Por ejemplo, en el siguiente gráfico se muestran cuatro aplicaciones que representan a su vez departamentos de una organización. Los tópicos con tipografía en color verde son a los que los receptores están suscritos, por lo que esperan recibir información asociada a esos tópicos. En tipografía de color rojo, está representado un emisor, que publica información por el tópico especificado. Como se puede observar en los tópicos de suscripción, se hace uso del filtrado, permitiéndose así aumentar la definición de la información de interés suscrita.



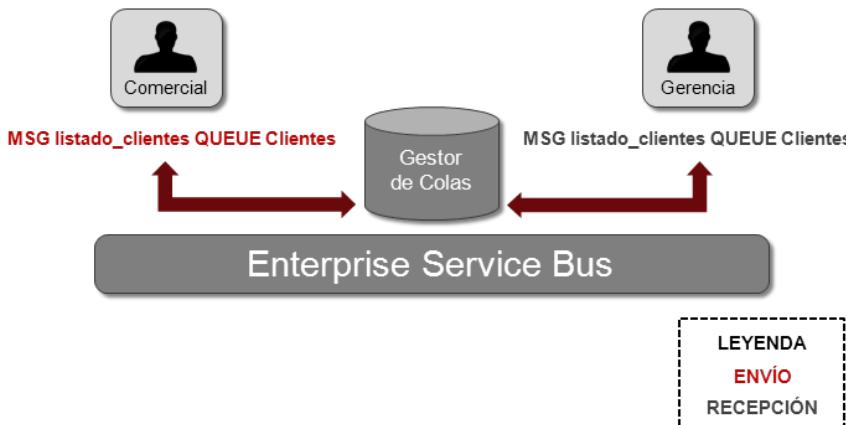
**Figura 38. Paradigma publicación/suscripción**

- Petición/Respuesta. Es el paradigma de comunicación punto a punto entre dos aplicaciones o sistemas. En el caso de TIBCO Rendezvous, por ejemplo, el tópico, por el que esperará la respuesta, es creado dinámicamente por el emisor, lo especifica en el mensaje de petición, y se queda esperando la respuesta escuchando por ese tópico. También este tópico de respuesta puede ser especificado explícitamente, por lo que el mensaje de respuesta podría ser dirigido tanto al emisor de la petición como a otros receptores interesados en la respuesta. Esta comunicación sí que es típicamente síncrona, en donde los emisores y los receptores se encuentran acoplados.



**Figura 39. Paradigma publicación/respuesta**

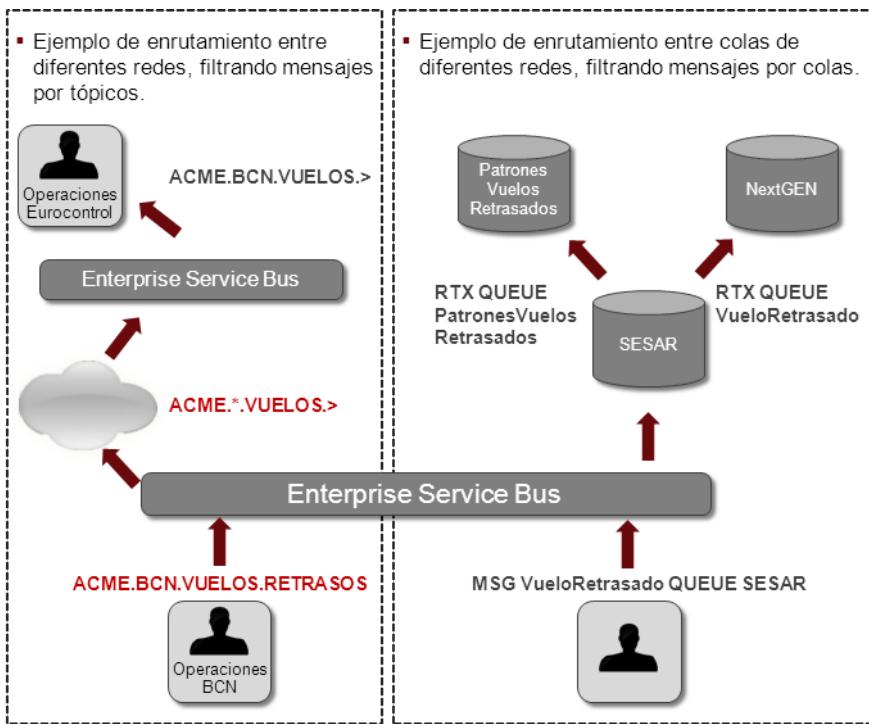
- Colas. Es otro paradigma de comunicación punto a punto entre dos aplicaciones o sistemas, pero que a diferencia de los mecanismos de petición/respuesta basados en el uso de la capa de transporte, este paradigma precisa de un servidor de colas. Las características básicas de este paradigma son:
  - Los mensajes punto a punto mediante colas tienen un emisor y un receptor por mensaje.
  - Los mensajes permanecen en la cola a la espera de ser consumidos, por lo que no se obliga al receptor a estar conectado. Asincronía.
  - Las colas son del tipo *FIFO* "first-in, first-out". El primer mensaje que entra es el primero que sale. Permiten el uso de transacciones durante todo o parte del proceso para asegurar la integridad de la operación.
  - Tal como hemos mencionado anteriormente, requiere de un servidor de colas al que se conectan los emisores y receptores, esta aproximación a la mensajería se denomina *Hub and Spoke*. Ejemplos de implementaciones basadas en colas son, IBM MQSeries, cualquier implementación bajo estándar JMS como Apache ActiveMQ, TIBCO EMS, JBoss, etc. así como Microsoft MSMQ y basados en la nube como Amazon SQS.



**Figura 40. Mecanismo de integración mediante colas**

- Envío confiable y certificado. Los transportes utilizados en ESB suelen estar basados en UDP, que es un protocolo de transporte no confiable y no orientado a conexión, esto aporta como positivo, una utilización menor ancho de banda al necesitar menos mensajes de control del protocolo de comunicación, y son más rápidos, no obstante, los diferentes proveedores han incluido características propias que aportan fiabilidad en la transmisión de mensajes.
  - Guardan copia del mensaje enviado durante un período de tiempo, configurable, para poder retransmitirlo en caso de pérdida. Suelen ser pérdidas detectadas por los receptores al encontrarse con saltos de los números de secuencia que identifican a los mensajes. Esto, por el contrario puede suponer que si finalmente se recibe el mensaje pendiente, puede darse que se repitan algunos mensajes de los que se pidió la retransmisión. No obstante esta mensajería se usa en entornos en los que la repetición no causa ningún impacto.
  - En el caso de necesitar una garantía en la entrega del mensaje, y sin duplicidades, existen mecanismos de entrega certificada, análoga al correo postal certificado, mediante el cual los emisores y receptores se “conocen” y mantienen una comunicación constante sobre su estado.

- El emisor certificado emite los mensajes y guarda una copia hasta que reciba una aceptación del receptor. Si se perdiera la aceptación, el emisor informaría que el receptor no está respondiendo y seguirá guardando el mensaje a la espera de su recuperación y conocer el estado en el que se quedó.
  - Es más lento y utiliza un mayor ancho de banda, precisa de mayor mensajería de control para mantener el protocolo de comunicación.
- Encaminamiento. Tanto los transportes y servidores de colas, usados en los ESB, permiten el encaminamiento entre ellos en configuraciones de red mucho más amplias.
- Esto es permite interconectar diferentes ESB ubicados en zonas geográficas y redes diferentes.
  - Permite también crear entornos paralelos para obtener una alta disponibilidad de la infraestructura, así como poder crear entornos de desarrollo, ensayos, etc.
  - El encaminamiento es totalmente configurable, tanto a nivel de UDP, tópicos, colas, etc. permitiendo encaminar los mensajes bajo conveniencia.



**Figura 41. Combinación de diferentes paradigmas de integración**

Veamos un ejemplo real del mundo aeroportuario relacionado con el proceso de facturación de equipajes. Resumimos los pasos necesarios para realizar todo el proceso de facturación:

1. El BHS necesita conocer los vuelos de la planificación. Para lo cual consulta al AODB la planificación de vuelos.
2. BHS asigna los hipódromos de formación específicos en los que las compañías recibirán los equipajes de cada vuelo.
3. Los mostradores de facturación, están asignados por el RMS/AODB y para su apertura para una facturación se autentican contra ellos.

4. Se factura el equipaje de un pasajero y se generan dos mensajes BSM:

- El que emite la compañía, que es enviado a través del proveedor de comunicaciones SITA mediante una cola de mensajes a la que está conectada el BHS.
- El que emite el mostrador como back-up al primero, en algunos casos este es el primario, mediante el BUS aeroportuario al BHS.

5. De forma aleatoria el AODB informa en tiempo real, tanto a los mostradores como al BHS, los cambios que se producen en los vuelos, cambios de hora, cambios de puerta, etc.

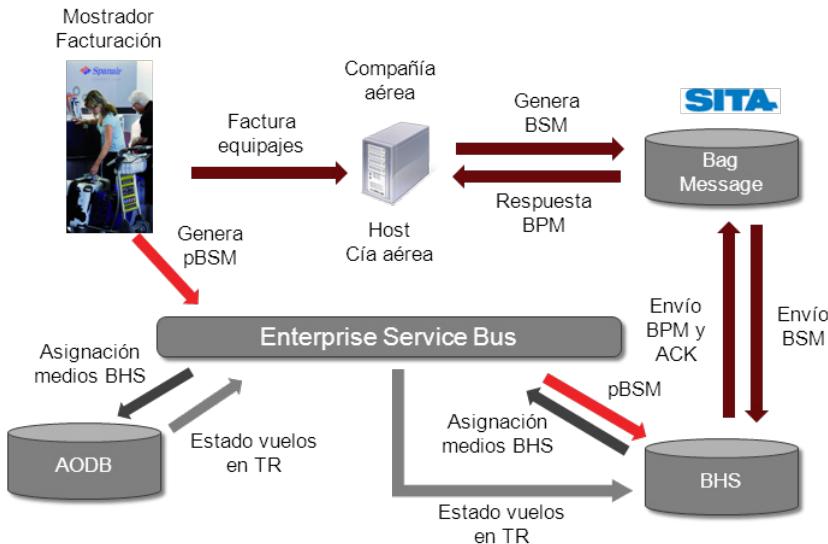
Por lo tanto el proceso de facturación de equipajes necesita:

- Asegurar el tratamiento correcto y rápido de los equipajes.
- Asignar de forma eficiente los medios del BHS basado en la planificación y estado real de vuelos.

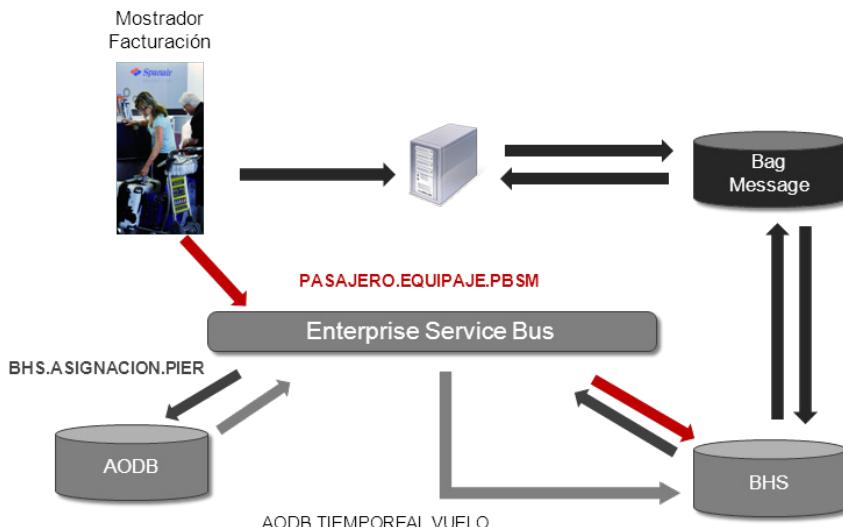
Para lo que la tecnología de integración de sistemas aporta en este caso:

- Comunicación en tiempo real de los equipajes facturados por cualquier compañía.
- Establece mecanismos de contingencia en caso de fallo del canal primario.
- Conocimiento en tiempo real de los cambios de estado de vuelos.
- Comunicación de la asignación de medios del BHS al AODB.

En las dos figuras siguientes, se muestra este proceso:

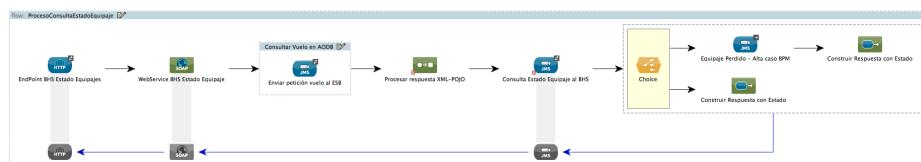


**Figura 42. Arquitectura integración proceso de facturación y asignación de medios relacionados**



**Figura 43. Ejemplos de tópicos con información de equipajes, vuelos y asignación de medios**

Como último ejemplo, mostramos un flujo de integración simplificado, diseñado con la herramienta MuleStudio, que modela un servicio de consulta del estado de un equipaje, esto es, un pasajero podría consultar e informarse por los diferentes estados de su equipaje en el BHS hasta su entrega para la carga en la bodega del avión, si se detecta una pérdida del mismo, el flujo solicita a un BPM que abra un caso para tratar la pérdida del equipaje y resolver el caso de forma interactiva con el usuario.



**Figura 44. Flujo de un servicio de consulta de estados de equipaje**

Veamos un poco más de detalle del mismo:

El usuario realiza una petición, por ejemplo desde su terminal móvil, vía WebService (veremos más sobre estos en el siguiente apartado):



**Figura 45. Petición HTTP/SOAP sobre estado de equipaje**

A continuación, solicitamos, mediante petición/respuesta al ESB JMS, más información sobre el vuelo del pasajero al AODB, procesamos la respuesta que viene en formato XML, y la transformamos en un objeto Java, el cual es el necesario para realizar la petición de estado del equipaje al BHS.



**Figura 46. Consultas a los sistemas AODB y BHS mediante el ESB**

Si no se ha encontrado el equipaje, por pérdida en el BHS, se abre un caso en el BPM, vía ESB, en cualquier caso construimos la respuesta al usuario,

ya sea con una referencia al caso creado por pérdida como al estado del equipaje dentro del BHS.



**Figura 47. Enrutamiento basado en el estado del equipaje**

Por último se remite la respuesta al cliente en su terminal móvil.



**Figura 48. Respuesta con el estado del equipaje**

Este proceso está simplificado, hemos realizado de forma transparente todas las posibles transformaciones de tipos de formato de datos.

#### 5.4. SOA (Arquitectura Orientada a Servicios)

La Arquitectura Orientada a Servicios [11] (SOA, *Service Oriented Architecture*) es esencialmente, una colección de servicios que pueden comunicarse entre ellos, ya sea intercambiándose datos y/o formando parte de un proceso de negocio, aplicación o sistema.

Esta arquitectura no es algo nuevo, este concepto está presente en arquitecturas como DCOM (Modelo de Objetos Distribuidos de Microsoft) y los ORBs (*Object Request Brokers* basados en CORBA), y por supuesto tecnologías recientes como las basadas en Middleware Orientados a Mensajes con ESB basados en JMS, TIBCO Rendezvous, Oracle Fusion, IBM MQSeries, etc.

El empuje definitivo a este concepto lo ha dado la generalización de arquitecturas de integración de sistemas junto son estándares como XML y SOAP y por supuesto, la "explosión" de las redes, tanto Internet como las redes empresariales.

Para esta arquitectura orientada a servicios, es la interoperabilidad mediante protocolos estándar la que proporciona toda su potencia y éxito. La tecnología que ejemplifica esta arquitectura son los Servicios Web o *WebServices*. No obstante no debemos limitarlo a esta tecnología ya que gracias a la adopción de numerosos estándares podemos utilizar tecnologías como MOM (*Middleware Oriented Messaging*), JCA (*Java Connector Architecture*) y ESB como parte del estilo de arquitectura SOA.

#### **5.4.1. Ventajas de SOA**

Veamos pues las ventajas que ofrece esta arquitectura desde el punto de vista de los *WebServices*:

Los *WebServices* son un mecanismo simple para conectar aplicaciones independientemente de dónde estén ubicadas, la tecnología que usen y del dispositivo físico utilizado para su acceso.

Hoy en día, prácticamente casi todas las plataformas físicas tienen capacidad de creación y gestión de *WebServices*. Su ubicación basada en la red permite ser accesible desde cualquier lugar.

La gran virtud de los *WebServices* es que están basados en estándares, por lo que no se “atan” a soluciones comerciales únicas, pero permiten su implementación ya que prácticamente todas las soluciones comerciales soportan estos estándares.

Permiten el uso de redes públicas como Internet, eliminando las costosas redes punto a punto entre empresas o internas. Este uso implica el uso de políticas de seguridad que también son estándar en esta arquitectura.

Permite el uso de otros protocolos de transmisión además del HTTP, tales como JMS. Por lo que se puede adoptar esta arquitectura a requerimientos de transporte más específicos.

*Componentes desacoplados*, ya que describen la forma de comunicarse, no la tecnología final, por lo que esta características es la que le da sentido al concepto de Servicio.

*Reusable*, al ser componentes independientes, autónomos y modulares, permiten ser utilizados por diferentes clientes, aplicaciones, procesos, etc.

Soportan múltiples escenarios de conectividad, esto es, todas aquellas implementaciones distribuidas tipo EAI, EDI, portales, BPM, etc. contienen

diferentes formas de comunicarse a los que los *WebServices* permite que exista una *unicidad* en la forma de comunicarse.

*Auto-Descriptivo*, los *WebServices* proporcionan en la información de su interfaz toda la información necesaria para comunicarse y trabajar con él.

Encapsulan y abstraen la lógica de negocio así como el método y entorno en la que están desarrollados los clientes.

Permite el uso de repositorios de *WebServices* para su acceso como si de un listín telefónico se tratara, añadiendo además funcionalidades como son las políticas de seguridad.

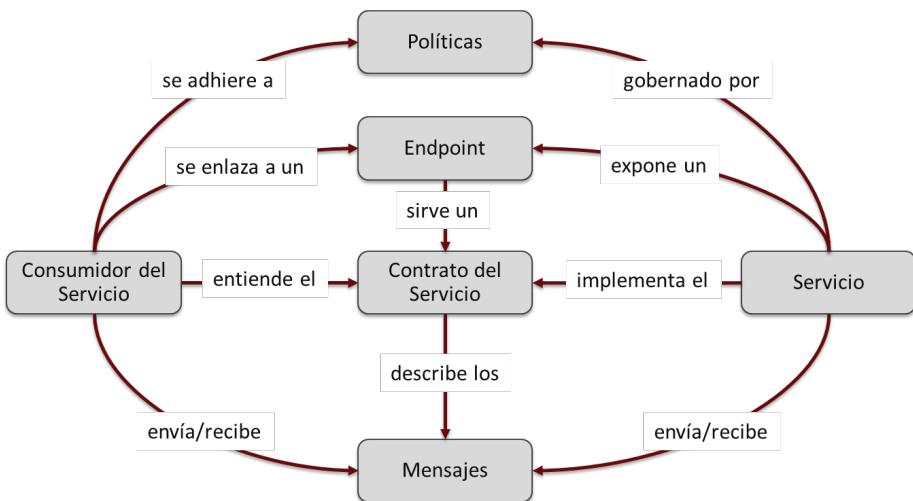
#### **5.4.2. ¿Qué es un *WebService*? Estándares**

Pero realmente qué es un *WebService* y que estándares y fundamentos están detrás de esta tecnología.

Un *WebService* es un sistema software (protocolos y estándares) que permite la interoperabilidad e intercambio de datos, sobre una red, entre distintas aplicaciones.

Los *WebServices* se comunican utilizando protocolos y tecnologías estándar, tales como HTTP, SOAP, JMS y XML. Prácticamente todos los lenguajes de programación, plataformas de integración y procesos tienen capacidad de implementación y uso de los *WebServices*, esta estandarización y amplia difusión les otorga un papel protagonista en todos los grandes proyectos que implican integración de sistemas, gestión de procesos automáticos de negocio, etc.

En la siguiente figura se muestran los componentes participantes en esta arquitectura y la relación entre ellos [12]:



**Figura 49. Componentes SOA y su interrelación**

Veamos una descripción de cada uno de los componentes:

**Servicio**: es la parte principal de esta arquitectura, implementa toda la funcionalidad acordada en el contrato del servicio. Esta funcionalidad se expone para que pueda ser usada por el Consumidor del servicio.

**Contrato del Servicio**: contiene todos los mensajes y funciones que se pueden utilizar y están soportados por el Servicio.

**Endpoint**: identifica dónde está el servicio ubicado, indicando el detalle de su dirección, se basa en un URI.

**Mensajes**: es el contenedor de la información que se intercambian el Servicio y el consumidor del mismo. Los mensajes pueden venir en diferentes formatos, en el caso de los WebServices, los más comunes son SOAP, HTTP GET (de la arquitectura REST) o JMS.

**Políticas**: permiten definir las condiciones mediante las cuales se presta el Servicio, además, estas políticas no se implementan en la lógica del componente que representa el Servicio lo cual permite una gran versatilidad ya que no es necesario tocar nada del Servicio para poder aplicar dichas políticas. Voy a extenderme un poco más en la importancia de las políticas ya que tienen una gran importancia en varios aspectos tanto técnicos como de posibilidad de generación de negocio:

- Seguridad, permite definir las políticas de seguridad relativas a la autenticación, encriptación, etc., por lo que se delega en este componente la gestión de la seguridad del Servicio expuesto.
- Acuerdos de nivel de servicio, en aquellas prestaciones de servicio en la que la disponibilidad y rendimiento sea crucial, se pueden definir políticas SLA para cada uno de los diferentes consumidores del servicio, esto es, se puede configurar la calidad del servicio según el cliente que lo consume.

#### 5.4.2.1. Los Servicios Web como generadores de negocio

Tal como se ha mostrado en el punto anterior, las políticas SLA, suponen una herramienta idónea para la generación de valor en los servicios para terceros. En el primer capítulo, se indicó que existen nuevos desafíos en el sector aeroportuario a los que hacer frente, uno de ellos es, la generación de nuevas fuentes de ingresos, una de estas fuentes puede ser la exposición de servicios web con información y funcionalidad para terceros, ya sean desarrolladores, entidades y organizaciones relacionadas como compañías aéreas, organizaciones del sector turístico, empresas de consumo, etc.

Los aeropuertos tienen los siguientes puntos que resultan de interés:

- Con la adopción de plataformas móviles usadas por los pasajeros y usuarios, los aeropuertos tienen y proveen un acceso directo a consumidores de información y productos mediante un punto común, las aplicaciones móviles en dispositivos inteligentes.
- Información relacionada con los pasajeros y usuarios, tales como estado de procesamiento de equipajes, vuelos, ventas e ingresos en los espacios comerciales, niveles de confort de temperatura e iluminación en las diferentes zonas del aeropuerto, accesos de entrada y salida, etc., etc. Esta información, ya sea de forma independiente como agregada y compuesta, permite ofrecer y obtener información sobre el comportamiento de y a los usuarios, desde.

Desde el punto de vista de consumidores de los servicios que pueda exponer un aeropuerto:

- La posibilidad de utilizar el canal para acceder a los pasajeros y usuarios, por ejemplo, para promociones basadas en geolocalización, basadas en estado de los vuelos, o simplemente para

aquellos pasajeros que estén interesados en recibir el estado de procesamiento de su equipaje.

- Como plataforma de servicios de pago y de compartición de beneficios entre aeropuertos y desarrolladores de servicios, como puedan ser servicios turísticos, suministro de información de comportamiento de usuarios, optimización de infraestructuras y servicios de transporte, etc.

Es un sector nuevo por desarrollar en la que los diferentes actores tanto a nivel aeroportuario como a nivel de la ubicación geográfica en la que se ubica el aeropuerto, pueden obtener una nueva vía de ingresos y de oportunidades de negocio ya sea mediante modelos de pago por uso como por modelos "freemium" en los que los usuarios usan servicios a cambio de recibir publicidad o pagando pequeños importes.

Por lo tanto, el desarrollo de servicios web y el uso de las de políticas de su uso son una herramienta potentísima para la gestión de nuevas oportunidades de negocio.

#### 5.4.2.2. RestFULWebServices

Como evolución y simplificación en el desarrollo y uso de los *WebServices*, se está imponiendo un estilo de arquitectura de software, denominado REST, *Representational State Transfer*, en el que cada mensaje HTTP contiene la información necesaria para procesar la petición, esto es, mediante el uso de los cuatro métodos disponibles en HTTP, GET, POST, PUT y DELETE se hace la analogía de las operaciones de CREATE, READ, UPDATE y DELETE propias de CRUD. Esto significa que con la información contenida en la URI (Identificador único del recurso) de la petición podemos identificar claramente con qué recurso estamos trabajando. Por ejemplo, una petición HTTP GET, con el siguiente URI:

[www.monografia-aeropuertos.com/handler/101](http://www.monografia-aeropuertos.com/handler/101)

El servidor devolverá los datos correspondientes al *handler* indexado con el identificador 101. El formato de los datos, puede ser XML, JSON, texto plano... por lo que como se puede comprobar simplifica la creación de WebServices, ya que no es necesario el uso de WSDL y por tanto el uso del protocolo SOAP. Resumamos las principales características de REST:

- El servicio Web no tiene estado, por lo que ante caídas de servidores, no importa el estado previo de las operaciones.

- Permite realizar las operaciones básicas de CRUD, sin especificar por contrato (WSDL) las acciones a ejecutar entre el cliente y el servidor, ya que las operaciones están definidas con GET, POST, PUT y DELETE.
- Los recursos (modelo de datos) son accesibles mediante su URI definida, por lo que la sintaxis es universal, para estas URI se pueden asociar qué operaciones son las que van a soportar.
- Tanto el productor como el consumidor, conocen el contexto y contenido que va a ser comunicado.
- Al no usar SOAP, la sobrecarga de información de cabeceras y pasos del protocolo, es muy útil para entornos que precisan de mayor velocidad y de una utilización más eficiente del ancho de banda.
- Soporte multiformato, permite la transmisión de HTML, XML, texto (p.ej. en formato JSON), etc.
- Los componentes están más desacoplados que con la versión SOAP de los WebServices.

Pongamos de ejemplo una aplicación de tipo cuadro de mando, se hablará con más detenimiento en el capítulo 8 de esta monografía, que consulta métricas de puntualidad en las operaciones de salidas y llegadas. Esta aplicación consulta a un *WebService* de tipo REST, por las métricas relativas a puntualidad y el *WebService*, le responderá con la información de los métricas, en este caso en formato JSON. Veamos cómo sería:

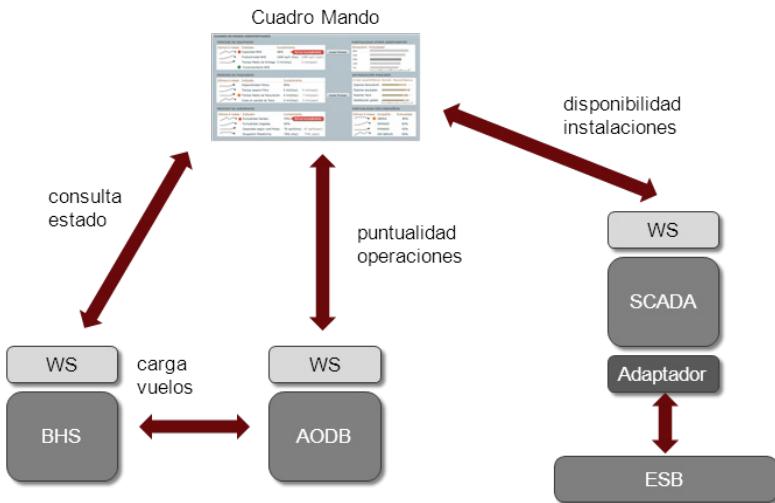
En primer lugar, el cuadro de mando realizaría la petición con el identificador siguiente:

<http://servidormetricas/servicio/punctuality>

Como se puede observar, se ha realizado la petición, pidiendo directamente la lectura de la puntualidad que contenga el servidor de métricas, donde se aloja el *WebService*. El *WebService*, devuelve un *array* con las puntualidades tanto de salidas como de llegadas, con el formato e información siguientes:

```
{"PunctualityArray":  
{"kpi": [{"name": "DeparturesPunctuality", "value": "92",  
"updated": 1, "measureUnit": "%"},  
 {"name": "Arrivals Punctuality", "value": "87",  
"updated": 0, "measureUnit": "%"}  
]}}
```

En la siguiente figura se muestra un resumen de una arquitectura de integración simple basada en *WebServices* y ESB mediante la cual un Cuadro de Mando es alimentado por los sistemas operacionales, equipajes y de instalaciones.



**Figura 50. Arquitectura integración mixta con WebServices y ESB**

## 5.5. SCA (*Service Component Architecture*)

Dentro de las nuevas tendencias tecnológicas de integración y derivado de los conceptos de SOA y EAI, SCA viene a simplificar y añadir una estrategia de composición de aplicaciones y de integración de sistemas.

SCA es una arquitectura [13] y un modelo de programación que permite crear aplicaciones y sistemas basados en SOA. Permite “unir” servicios SOA de plataformas heterogéneas y “componer” aplicaciones. Además permite conectar los diferentes componentes tanto con *WebServices*, Middleware/BUS como RPC. Por lo que las posibilidades de utilizar componentes y formar con ellas una aplicación compuesta son infinitas. Proporciona por tanto la forma de crear los componentes como la forma de que estos componentes trabajen juntos.

A continuación se muestra en notación SCA un ejemplo de composición para el negocio aeroportuario:



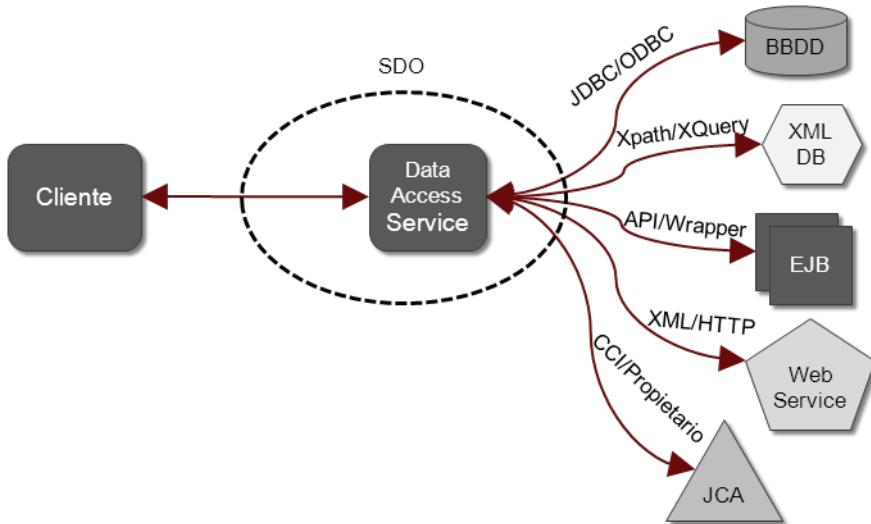
**Figura 51. Composición de aplicación con SCA**

En la Arquitectura SCA, la interacción con múltiples servicios y componentes implica una gran variedad de fuentes de datos, bases de datos, EJBs, mensajes XML, etc. Cada una de estas fuentes de datos se ha consultar de forma completamente distinta. SDO [14] incorpora la abstracción al acceso de estos datos para desligar el tipo de fuente de los datos y poder acceder a ellos de manera uniforme. Veamos sus características:

- Su API está disponible para gran variedad de lenguajes de programación.
- Libera al desarrollador de conocer el acceso a cada tipo de fuente de datos.
- Si se cambia el tipo de fuente de datos, por ejemplo de Base de Datos a EJB, el acceso a través de SDO encapsula el cambio no teniendo que cambiar el acceso y tratamiento de los datos.
- Permite trabajar con los tipos y relaciones de los datos mediante introspección, esto es, conocer sus tipos, sus relaciones mediante programación dinámica o mediante descriptores estáticos.
- Hace uso de patrones de diseño como *Helper* mediante el cual hace uso de XML para el uso de esquemas que definen las propiedades de acceso, tipos, etc.

Un ejemplo de implementaciones de SCA/SDO son: Apache Tuscany y Fabric3 en el lado Open Source, y por el lado propietario, tenemos a los fabricantes acostumbrados, TIBCO, IBM, Oracle, etc.

Veamos un diagrama de su implementación:



**Figura 52. Implementación SDO**

## **5.6. Integration as a service. Cloud Computing en la integración de sistemas**

En los últimos dos años estamos asistiendo a la explosión de los servicios basados en la nube (*Cloud Computing*). El mundo de la integración de sistemas no es ajeno a este fenómeno, y en un futuro muy cercano estará presente en el mundo aeroportuario tal como está ocurriendo en el resto de la industria. Veamos una pequeña introducción a lo que es *Cloud Computing* y las potenciales posibilidades que ofrece.

### *Cloud Computing*

Se trata de ofrecer un servicio de infraestructura de computación bajo demanda en el que los clientes sólo pagan por su uso, externalizando, y por tanto perdiendo cierto "control", máquinas, almacenamiento, despliegue de aplicaciones, monitorización y dimensionamiento de los sistemas.

Es una tecnología que engloba varios conceptos de servicios y aporta una nueva infraestructura para ampliar y complementar la existente en las organizaciones.

Es lo que, como está descrito en Wikipedia, análogamente ofrece el servicio de infraestructura de las Redes privadas virtuales (VPN) implementadas por las operadoras de telecomunicaciones llevado al mundo de las plataformas informáticas (HW y SW) de la empresa.

La gran aceptación y desarrollo de la virtualización de plataformas y la gran expansión de las redes han hecho posible este servicio. Si nos preguntamos sobre si:

- ¿Es posible crear y ajustar bajo demanda las necesidades de servidores, equipos, espacio para bases de datos, despliegue de aplicaciones, escalabilidad de rendimiento de sistemas sin necesidad de comprar nuevo hardware, aumentar los costes de mantenimiento y administración, etc.? ¿Y puedo hacerlo en minutos?
- ¿Es posible pagar sólo sobre lo que necesito y hacerlo según mis necesidades de red, almacenamiento y procesamiento?
- ¿Es posible usar aplicaciones desde cualquier ubicación sin estar ligado a un equipo físico? ¿Puedo además interaccionar mediante *WebServices* para integrarlos con otros sistemas?
- ¿Puedo aprovechar la capacidad infrautilizada de mis servidores, equipos, almacenamiento, etc. para unificarla y crear máquinas y espacio bajo demanda sin necesidad de invertir en nuevo equipamiento?
- La respuesta afirmativa a estas cuestiones es lo que ofrece el *Cloud Computing*, que se suele adornar todas sus capacidades con términos de marketing como *Elastic Computing*.

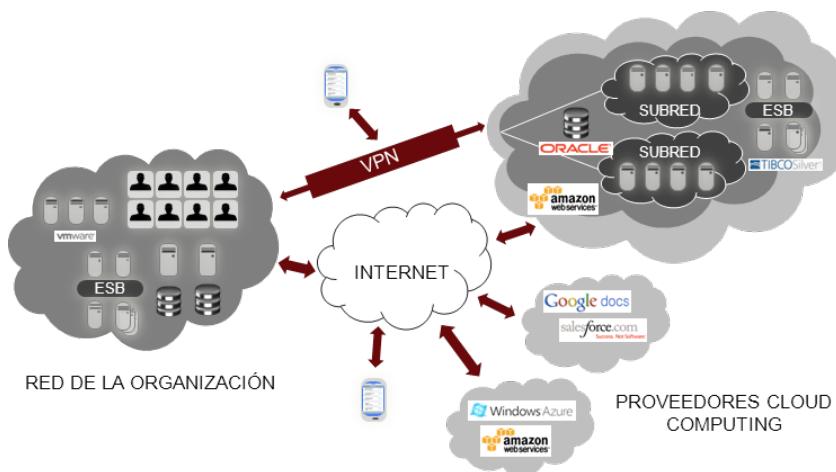
Los servicios creados en torno a *Cloud Computing* son numerosos, veamos algunos de ellos:

- Virtualización. Es la capacidad de poder crear máquinas virtuales dotándolas de la capacidad de procesamiento y memoria necesarios para el fin de su creación. En la práctica supone aprovechar todo el rendimiento y memoria de los sistemas que no se utiliza. Por lo que una base de hardware dedicada para crear máquinas virtuales ofrece una mayor disponibilidad de recursos optimizando su capacidad real.

Ejemplos claros son los sistemas VMWare y Xen para crear equipos virtuales.

- Infraestructura como Servicio (IaaS). Es el servicio que ofrece equipamiento informático, esto es, disponer equipos (servidores, clientes, estaciones de trabajo, etc.), redes, etc. de forma virtual. Ejemplos Amazon EC2 y Savvis.
- Software como Servicio (SaaS). Es el servicio que ofrece aplicaciones para su uso bajo demanda sin necesidad de despliegue en los propios equipos de la organización, delegando su disponibilidad, actualización y funcionalidad al proveedor del servicio. Por ejemplo, *Google Docs*, *Salesforce.com*, Amazon SQS, *Windows Azure*, etc. En este punto se podrían encuadrar lo tratado en el apartado de SOA referente a la nueva generación de oportunidades de negocio mediante servicios web, en las que un aeropuerto, o conjunto de ellos, exponen servicios que proporcionen información, funcionalidad así como, el mecanismo de interrelación entre los usuarios del aeropuerto y los actores externos/internos.

A modo de ejemplo, mostramos la siguiente figura con una arquitectura con servicios de *Cloud Computing* tanto externos como internos a la empresa.



**Figura 53. Arquitectura integración de aplicaciones e infraestructuras en la nube**

Tras esta breve introducción, veamos pues las posibilidades que nos ofrece este servicio desde el punto de vista de integración de sistemas, servicios, e información, y por supuesto económicas. Aunque se mostrarán las pertinentes ventajas e inconvenientes, se muestra a continuación un ejemplo simple de coste (según tarifas del tercer trimestre de 2012) para un determinado servicio [15]:

- Una hora de uso de un Servidor con 1,7Gb de memoria, 160Gb de disco duro -> 0.065\$.
- Servicio mensajería de colas con un paquete de 10.000 mensajes o peticiones -> 0.01\$.
- 1Gb de tráfico de datos al mes-> 0.0\$ de 1Gb a 1Tb al mes -> 0,12 \$ por Gb.

Estos costes extrapolados a las vastas inversiones ya realizadas no suponen un gran beneficio de ahorro, primero porque hay que amortizar las inversiones ya realizadas y, en segundo lugar, porque los costes son similares.

Pero esto no es así en aquellas organizaciones que deben acometer nuevas inversiones, ya sea para renovar la infraestructura como para ampliar o crearla desde cero.

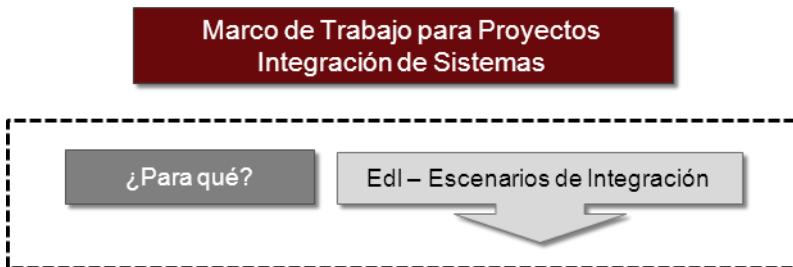
Ventajas:

- El tiempo de puesta en marcha de nuevo equipamiento es mucho menor.
- Permite planificar mejor los costes de inversión frente a la demanda que necesita la empresa.
- Permite ampliaciones de "emergencia" frente a necesidades de pico de demanda de infraestructuras.
- La verdadera ventaja es usar *Cloud Computing* con infraestructura propia de la empresa, y ofrecerla como servicio a los diferentes departamentos de la empresa y terceros, por ejemplo para la generación de servicios y oportunidades de negocio tratados en el apartado de SOA.

Desventajas:

- Pérdida de control de la infraestructura y datos, consecuencias con la LOPD.
- No es un estándar aún, y de nuevo te liga a un proveedor, tus datos te los podrás llevar pero no así la lógica, en el caso de SaaS.
- La integración de aplicaciones y sistemas es aún algo compleja y costosa.

### **5.7. Ejemplo de participación de sistemas en el proceso aeroportuario**



Mediante el siguiente ejemplo, denominado Escenario de Integración, en él se recogen los requisitos de integración de sistemas en combinación con las acciones humanas, cumpliendo con la operativa aeroportuaria. Se muestra cómo, en un caso real aeroportuario, los sistemas se integran entre ellos y participan en el proceso de facturación, embarque y de pasajeros. Es un ejemplo de Escenario de Integración.

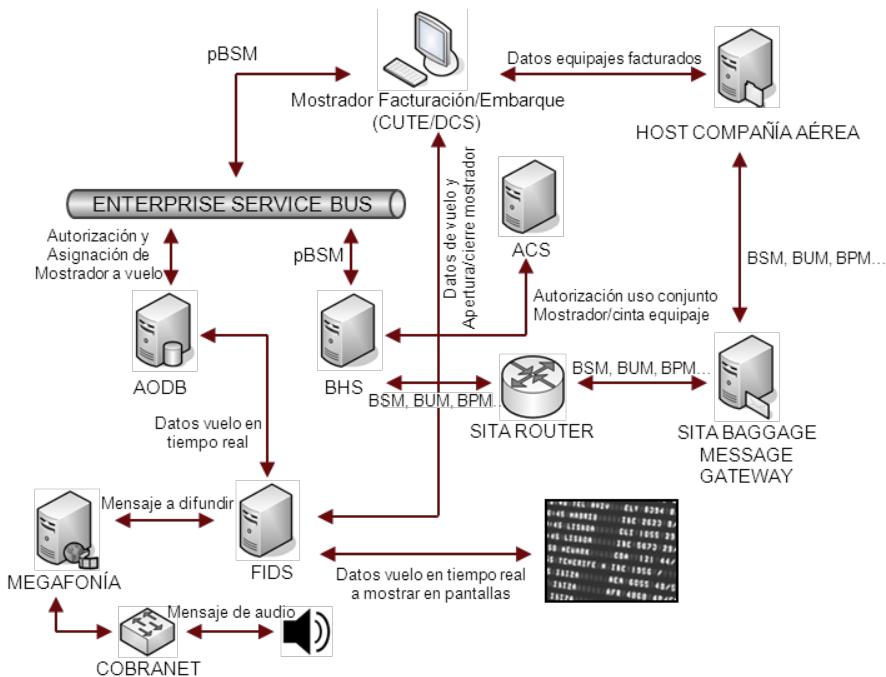
Este caso describe las acciones e intercambios de información que se producen durante el trámite de facturación de los pasajeros, desde que se abre el mostrador de facturación para la facturación de un vuelo hasta que el pasajero realiza el embarque. Es un ejemplo simplificado, pero la realidad cuenta con un intercambio mayor del mostrado.

Para una mejor comprensión de la secuencia de actividades y participantes de este proceso, aquellas actividades en las que participa un sistema intercambiando información con otro se muestran sombreadas.

Los sistemas participantes en este caso presentado son:

- ACS: Sistema de control de accesos.
- BHS: Sistema automatizado de equipajes.
- AODB: Sistema y base de datos operacional del aeropuerto.
- CUTE: Equipamiento común de los mostradores de facturación y embarque.
- DCS: Sistemas de facturación y embarque de las compañías aéreas y agentes *handling*.
- FIDS: Sistema de información al público.
- SITA: como entidad proveedora de mensajes de tipo “*Bag Message*” necesarios para la clasificación de los equipajes facturados en el BHS.
- MEGAFONÍA: Sistema de información de avisos de carácter general y específicos de embarque.
- Host Compañía: sistema central de reservas de la compañía aérea.

La arquitectura de integración entre los sistemas participantes se muestra en el siguiente diagrama:



**Figura 54. Ejemplo de arquitectura de integración aeroportuaria**

Caso genérico de Escenario de Integración del proceso de facturación y embarque:

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
FACTURACIÓN				
1	Actualización de la base de datos de FIDS con la información de los vuelos de AODB. Este mensaje se produce de forma regular, cada X tiempo configurable.	M-Vuelos-0004	AODB	FIDS
2	Presentación de la información de los mostradores de facturación del vuelo en los teleindicadores FIDS de información general. Esta información es estática, y cuando el vuelo se opera se desvanece tras un tiempo parametrizable.	-	FIDS	Teleindicadores FIDS de información general

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
3	En los monitores de los hipódromos de distribución de BHS aparecerá el vuelo y la puerta de embarque.	-	FIDS	Monitores de hipódromos de distribución de BHS
4	Mostrar logotipo de la compañía y "cerrado" en el monitor del mostrador. Logotipo de la compañía de <i>handling</i> y mensaje de mostrador "cerrado". Si el mostrador está asignado para facturación simultánea, y el operador todavía no lo ha abierto, cuando llegue la hora asignada, aparecerá en el monitor el logotipo del operador de <i>handling</i> y la información complementaria de "cerrado".	-	FIDS	Monitor FIDS del mostrador de facturación asignado
5	El agente <i>handling</i> introduce su identificación en el terminal CUTE. Lanzamiento de la aplicación CUTE.	-	-	CUTE
6	Petición de acceso. CUTE consulta al AODB si el usuario está autorizado y el mostrador asignado para la facturación de ese vuelo.	M-Medios-0009	CUTE	AODB
7	Confirmación de acceso. Respuesta al mensaje anterior. El mostrador estaba asignado a ese usuario y AODB le permite el acceso a la aplicación.	M-ConfirmacionMedios-0007	AODB	CUTE
8	Apertura del mostrador de facturación simultánea. Como resultado del mensaje M-Medios-0009 se lanza este mensaje, una vez que AODB valida el acceso.	M-Medios-0014	CUTE	FIDS
9	Recepción del mensaje por parte de FIDS.	M-Medios-0020	FIDS	CUTE
10	Información de logotipos de las compañías y en formato de texto. La información que contiene este mensaje se visualizará en las pantallas de los puestos CUTE. En el monitor aparece el logotipo de la compañía.	M-Medios-0021	FIDS	CUTE
11	Petición de la lista de los vuelos asignados a la compañía que opera el mostrador en facturación simultánea. Sincronismo.	M-Vuelos-0006	CUTE	AODB

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
12	Información relativa a los vuelos asignados a la compañía que opera el mostrador. Respuesta al mensaje anterior.	M-Vuelos-0008	AODB	CUTE
13	El Agente <i>handling</i> selecciona el vuelo a presentar en el monitor de entre la lista de vuelos programados asignados a su compañía.	-	-	CUTE
14	Envío de Información adicional para los usuarios (formato estándar o con texto libre). La información puede ser enviada con un código o con texto libre, y será visualizada en las pantallas asignadas a ese mostrador.	M-Medios-0019	CUTE	FIDS
15	Recepción de un mensaje por parte de FIDS.	M-Medios-0020	FIDS	CUTE
16	En el monitor del mostrador aparece, junto con el/los vuelo/s a facturar en dicho mostrador, la información complementaria para los pasajeros: Compañía, Vuelo seleccionado e información adicional.	-	FIDS	Monitor FIDS del mostrador de facturación
17	Información de medios. Información de los medios asignados al vuelo. El agente <i>handling</i> accede a la ventana de información de medios aeroportuarios que le permite conocer cuál es la puerta de embarque asignada al vuelo.	-	-	CUTE
18	Lanzamiento de la emulación de la aplicación de simulación de la compañía. El agente <i>handling</i> accede a la aplicación de facturación de su compañía.	-	CUTE	DCS
19	El agente <i>handling</i> valida su tarjeta en el mostrador de facturación para poder subir la persiana de acceso al BHS y comenzar las operaciones en la cinta de equipajes del propio mostrador.	-	-	SIS (ACS)
20	Un pasajero se presenta con su billete válido para el vuelo a facturar en el mostrador de facturación.	-	-	-

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
21	El agente <i>handling</i> introduce los datos en la aplicación de facturación: Id. Pasajero, reserva, vuelo, peso y número de maletas. Asimismo el agente <i>handling</i> introduce la puerta de embarque asignada.	-	-	DCS
22	Coloca las maletas en la cinta de pesado.	-	-	-
23	Impresión de etiquetas (etiquetas de equipajes y tarjeta de embarque). Peso y nº de maletas, Id. Pasajero, numero de control, destino(s). En el código de barras de las etiquetas deben aparecer todos los datos correctamente, así como en la tarjeta de embarque.	-	CUTE	Impresora ATB y BTP
24	La Red SITA enviará un BSM a BHS por cada pasajero que factura equipaje en el aeropuerto origen.	M-Tratamiento Equipaje-0004	RED SITA	BHS
25	Confirmación de mensajes BSM.	M-Tratamiento Equipaje-0008	BHS	RED SITA
26	Al realizar la impresión de las cintas de equipaje desde la aplicación de la compañía, se genera el pseudo-BSM correspondiente al proceso de facturación del pasajero. El pseudo-BSM permite al BHS contar con un BSM de back-up por si la RED SITA no estuviera disponible.	-	CUTE	CUTE
27	El agente <i>handling</i> habrá pegado previamente las etiquetas sobre las maletas, habrá solicitado bandejas auxiliares si las necesita, habrá dispuesto las maletas sobre ellas, y habrá situado las maletas en la cinta inductora del mostrador para ser introducidas en el BHS en cuanto el sistema lo permita.	-	-	BHS
28	<i>HeartBeat</i> . Sincronismo.	M-Tratamiento Equipaje-0001	CUTE	BHS
29	Confirmación procesamiento correcto. Respuesta al mensaje anterior.	M-Tratamiento Equipaje-0003	BHS	CUTE

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
30	Envío del pseudo-BSM a BHS.	M-Tratamiento Equipaje-0002	CUTE	BHS
31	Confirmación de envío correcto del pseudo-BSM a BHS.	M-Tratamiento Equipaje-0003	BHS	CUTE
32	BHS identifica el equipaje y lo envía al hipódromo correspondiente.	-	BHS	-
33	BPM. Equipaje procesado y entregado en el hipódromo correspondiente.	M-Tratamiento Equipaje-0006	BHS	RED SITA
34	Nuevo pasajero presenta billete. Pueden repetirse los pasos 20 a 33 por cada pasajero que se desee simular.	-	-	-
35	Cierre del vuelo y, posteriormente, del mostrador. El agente de <i>handling</i> procede al cierre del vuelo una vez finalizada la facturación del mismo.	-	-	-
38	Solicitud de cierre de vuelo. En este mensaje CUTE informa a AODB del nº de pasajeros procesados. Sincronismo.	M-Vuelos-0005	CUTE	AODB
39	Respuesta afirmativa a solicitud de cierre de vuelo. Respuesta al mensaje anterior.	M-Confirmación-0001	AODB	CUTE
40	El agente <i>handling</i> valida su tarjeta en el mostrador de facturación para bajar la persiana de acceso al BHS.	-	-	SIS (ACS)
EMBARQUE				
41	Información de vuelos para el público. Un proceso de FIDS residente en AODB copia los datos de la tabla SIP_VUELOS de AODB en las tablas de FIDS VUELOS_DIARIOS y TERM_GENERALES.	M-Vuelos-0004	AODB	FIDS
42	Información de vuelos al público. Los Teleindicadores FIDS de información general en el vestíbulo de salidas muestran la Información de vuelos de salida: embarque del vuelo XX-1234 en mostrador X.	-	FIDS	FIDS

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
43	Información de vuelos al público. El Monitor FIDS de la puerta de embarque muestra el número de vuelo, destino y compañía en el monitor de la puerta de embarque. Además presenta información complementaria de mostrador "cerrado" hasta que no se procede a su apertura.	-	FIDS	FIDS
44	Apertura del mostrador de embarque. El agente de <i>handling</i> abre el mostrador de embarque asignado al vuelo, para lo cual introduce su clave de acceso en CUTE.	-	-	CUTE
45	Petición de acceso. CUTE consulta en AODB si el usuario está autorizado y el mostrador asignado para el embarque de ese vuelo.	M-Medios-0009	CUTE	AODB
46	Respuesta afirmativa a la anterior petición. Acceso autorizado. AODB envía además el número de vuelo, agente de <i>handling</i> , compañía operadora, nombre compañía para FIDS, fecha/hora de inicio de ocupación, fecha/hora programada, escalas y aeropuerto de destino.	M-ConfirmaciónMedios-0006	AODB	CUTE
47	CUTE comunica a FIDS la apertura del mostrador de embarque y le envía número y tipo de mostrador, terminal donde se ubica, clave de acceso de usuario, compañía, número de vuelo y fecha/hora programada.	M-Medios-0013	CUTE	FIDS
48	Confirmación de recepción de datos. Cada vez que FIDS recibe un mensaje de CUTE le envía este mensaje de acuse de recibo.	M-Medios-0020	FIDS	CUTE
49	FIDS deja de mostrar el mensaje de mostrador "CERRADO" en el monitor.	-	FIDS	FIDS
50	Selección de la aplicación de embarque. CUTE pierde el control sobre la actividad de facturación dejando a otra aplicación el control de la misma.	-	-	CUTE

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
51	Al seleccionar la aplicación de la compañía se envía el número de mostrador, compañía, número de vuelo, fecha, muelle de BHS para formación del vuelo.	-	CUTE	DCS
52	Información adicional para los pasajeros. El agente de <i>handling</i> decide incluir información extra en el monitor de la puerta de embarque. Puede estar predefinida o en formato de texto libre.	M-Medios-0019	CUTE	FIDS
53	Confirmación de recepción de datos. Cada vez que FIDS recibe un mensaje de CUTE le envía este mensaje de acuse de recibo.	M-Medios-0020	FIDS	CUTE
54	La información adicional aparece en el monitor de FIDS de la puerta de embarque.	-	-	FIDS
55	Petición a AODB del inicio de embarque. Sin necesidad de interrumpir la aplicación de embarque, el agente <i>handling</i> puede acceder a la pantalla principal de CUTE y seleccionar la pantalla de Megafonía para dar la voz de "Apertura de Embarque". Este mensaje incluye: número y tipo de mostrador, número de vuelo, compañía aérea y fecha/hora programada.	M-Vuelos-0007	CUTE	AODB
56	Respuesta afirmativa al inicio de embarque.	M-Confirmación-0001	AODB	CUTE
57	Este momento marca el Inicio del embarque, con el consiguiente cambio en AODB y en FIDS. Las siguientes acciones en CUTE, AODB, FIDS y MEGAFONÍA relativas al Inicio del embarque se producen al mismo tiempo de manera automática.	-	-	-

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
58	Número de vuelo, compañía operadora, fecha/hora programada, identificador de la voz a reproducir, número de veces que se ha enviado el mensaje, zona de distribución del mensaje.	M-Megafonia-0002	MEGAFONÍA	FIDS
59		M-ControlZonas-0002	MEGAFONÍA	FIDS
60		M-InhibiciónMensaje-0002	MEGAFONÍA	FIDS
61	Cambio de estado del vuelo a embarcando "BRD" Como consecuencia del mensaje de Inicio del embarque (M-Vuelos-0007 y su aceptación M-Confirmación-0001) cambia el estado del vuelo en AODB.	-	AODB	AODB
62	Actualización de la base de datos de FIDS con la información de los vuelos de AODB. Un proceso de FIDS residente en AODB copia los datos de la tabla SIP_VUELOS de AODB en las tablas de FIDS VUELOS_DIARIOS y TERM_GENERALES.	M-Vuelos-0004	AODB	FIDS
63	Reflejo en FIDS del estado del vuelo: embarcando. Los teleindicadores de FIDS de información general de la zona de salidas muestran que el vuelo está embarcando y el monitor de la puerta de embarque también.	-	FIDS	FIDS
64	Mensaje para comunicar a FIDS que debe dar la voz estándar de comienzo del embarque. En este mensaje se incluye: Terminal de ubicación del mostrador, clave de acceso de usuario, compañía operadora, número de vuelo y fecha/hora programada.	M-Megafonía-0002	MEGAFONÍA	FIDS
65	Proceso de embarque. Interno de la compañía. El pasajero presenta la tarjeta de embarque al agente de <i>handling</i> , que la introduce en la lectora de tarjetas de embarque. Devuelve el resguardo de la tarjeta al pasajero. La lectora de tarjetas se comunica con la aplicación de la compañía, permitiendo el recuento de pasajeros posterior.	-	-	DCS

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
66	Minutos antes del cierre del embarque el agente de <i>handling</i> solicita emitir la voz de "última llamada".	-	-	CUTE
67	En AODB cambia el estado del vuelo desde "Embarcando" hasta "Última llamada" y el estado de ocupación de la puerta a U (Última llamada).	-	AODB	AODB
68	Actualización de la base de datos de FIDS con la información de los vuelos de AODB. Un proceso de FIDS residente en AODB copia los datos de la tabla SIP_VUELOS de AODB en las tablas de FIDS VUELOS_DIARIOS y TERM_GENERALES.	M-Vuelos-0004	AODB	FIDS
69	Reflejo en FIDS del estado del vuelo: Última llamada. Los teleindicadores de FIDS de información general de la zona de salidas muestran que el vuelo está en "Última llamada" y el monitor de la puerta de embarque también.	-	FIDS	FIDS
70	Número de vuelo, compañía operadora, fecha/hora programada, identificador de la voz a reproducir, número de veces que se ha enviado el mensaje, zona de distribución del mensaje.	M-Megafonia-0002	MEGAFONÍA	FIDS
71		M-ControlZonas-0002	MEGAFONÍA	FIDS
72		M-InhibiciónMensaje-0002	MEGAFONÍA	FIDS
73	Proceso de reconciliación. Interno de la compañía. Mediante la aplicación de embarque el agente <i>handling</i> procederá al recuento de pasajeros embarcados y equipajes facturados, según sus propios procedimientos.	-	-	DCS
74	Cierre del mostrador de embarque y cierre del vuelo al embarque. Al terminar el embarque de pasajeros el agente de <i>handling</i> procede al cierre del vuelo.	-	-	CUTE

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
75	Petición de cierre del vuelo a AODB. Se envía: Número de vuelo, compañía operadora, fecha/hora programada y número de pasajeros procesados.	M-Vuelos-0005	CUTE	AODB
76	Respuesta afirmativa a la petición de cierre del vuelo.	M-Confirmación-0001	AODB	CUTE
77	Como consecuencia del fin del embarque cambia el estado del vuelo en AODB: de embarcando – “BRD” a preparado “RDY”.	-	AODB	AODB
78	Actualización de la base de datos de FIDS con la información de los vuelos de AODB. Un proceso de FIDS residente en AODB copia los datos de la tabla SIP_VUELOS de AODB en las tablas de FIDS VUELOS_DIARIOS y TERM_GENERALES. El periodo, actualmente de 6 segundos, es ajustable.	M-Vuelos-0004	AODB	FIDS
79	Reflejo en FIDS del estado del vuelo: Vuelo cerrado. Los teleindicadores de FIDS de información general de la zona de salidas muestran que el vuelo está cerrado y el monitor de la puerta de embarque también.	-	FIDS	FIDS
80	Cierre de mostrador. El agente <i>handling</i> , una vez cerrado el vuelo y terminadas sus operaciones, procede al cierre del mostrador.	-	-	-
81	Petición de cierre del mostrador de embarque de CUTE a AODB. Se envía: Número de vuelo, compañía operadora, fecha/hora programada y número de pasajeros.	M-Medios-0011	CUTE	AODB
82	Respuesta afirmativa a la petición de cierre del mostrador de embarque.	M-Confirmación-0001	AODB	CUTE

DESCRIPCIÓN		MENSAJE	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
83	CUTE comunica a FIDS el cierre del mostrador, para que FIDS elimine los datos del vuelo del monitor del mostrador. Se envía: Terminal de ubicación del mostrador, clave de acceso de usuario, compañía operadora, número de vuelo y fecha/hora programada.	M-Medios-0017	CUTE	FIDS
84	Confirmación de recepción de datos. Cada vez que FIDS recibe un mensaje de CUTE le envía este mensaje de acuse de recibo.	M-Medios-0020	FIDS	CUTE
85	El agente de <i>handling</i> cierra la puerta introduciendo su identificación en el tarjetero. SIS comprueba la autorización del agente de <i>handling</i> para cerrar esa puerta.	-	-	SIS

**Tabla 4. Protocolo de prueba de un escenario de integración de facturación y embarque**

Como se puede comprobar, en las tablas, el intercambio de mensajes entre los diferentes sistemas es intenso y, para resumirlos, se muestra a continuación la tabla resumen de los interfaces descritos, mensajes y canales genéricos empleados para su intercambio.

INTERFAZ	MENSAJE	CANAL	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
I-MEGAFONÍA-FIDS-001	M-Megafonía-0002	C-AUDIO-002	MEGAFONÍA	FIDS
I-MEGAFONÍA-FIDS-002	M-ControlZonas-0002	C-SEÑALES ELÉCTRICAS-003	MEGAFONÍA	FIDS
I-MEGAFONÍA-FIDS-003	M-Inhibición Mensaje-0002	C-SEÑALES ELÉCTRICAS-003	MEGAFONÍA	FIDS
I-GSA-BHS-004	M-Autenticación Facturacion-0001	C-SEÑALES ELÉCTRICAS-001	GSA	BHS
I-REDSITA-BHS-001	M-Tratamiento Equipaje-0004	C-TCP-007	RED SITA	BHS
I-REDSITA-BHS-001	M-Tratamiento Equipaje-0006	C-TCP-007	BHS	RED SITA

INTERFAZ	MENSAJE	CANAL	SISTEMA ORIGEN	SISTEMA DESTINO
I-REDSITA-BHS-001	M-Tratamiento Equipaje-0008	C-TCP-007	RED SITA	BHS
I-AODB-FIDS-001	M-Vuelos-0004	C-DBLINK-001	AODB	FIDS
I-AODB-CUTE-002	M-Confirmación-0001	C-ESB-004	AODB	CUTE
I-AODB-CUTE-002	M-Confirmación Medios-0006	C-ESB-004	AODB	CUTE
I-AODB-CUTE-002	M-Confirmación Medios-0007	C-ESB-004	AODB	CUTE
I-AODB-CUTE-002	M-Medios-0009	C-ESB-004	CUTE	AODB
I-AODB-CUTE-002	M-Medios-0011	C-ESB-004	CUTE	AODB
I-BHS-CUTE-001	M-Tratamiento Equipaje-0001	C-ESB-008	CUTE	BHS
I-BHS-CUTE-001	M-Tratamiento Equipaje-0002	C-ESB-008	CUTE	BHS
I-BHS-CUTE-001	M-Tratamiento Equipaje-0003	C-ESB-008	BHS	CUTE
I-FIDS-CUTE-001	M-Medios-0013	C-TCP-002	CUTE	FIDS
I-FIDS-CUTE-001	M-Medios-0014	C-TCP-002	CUTE	FIDS
I-FIDS-CUTE-001	M-Medios-0017	C-TCP-002	CUTE	FIDS
I-FIDS-CUTE-001	M-Medios-0019	C-TCP-002	CUTE	FIDS
I-FIDS-CUTE-001	M-Medios-0020	C-TCP-002	FIDS	CUTE
I-FIDS-CUTE-001	M-Medios-0021	C-FTP-005	FIDS	CUTE
I-AODB-CUTE-002	M-Vuelos-0005	C-ESB-004	CUTE	AODB
I-AODB-CUTE-002	M-Vuelos-0006	C-ESB-004	CUTE	AODB
I-AODB-CUTE-002	M-Vuelos-0007	C-ESB-004	CUTE	AODB
I-AODB-CUTE-002	M-Vuelos-0008	C-ESB-004	AODB	CUTE

**Tabla 5. Listado de interfaces y mensajes correspondiente al escenario de integración de facturación y embarque**

## **Mejora en la gestión de procesos de negocio aeroportuario. BPM**

La clara orientación actual a la gestión empresarial por procesos, en los que las organizaciones verticales de las empresas forman parte de los procesos motores en la generación de servicios y productos, así como en las actividades internas de la empresa; esta orientación no es ajena al mundo aeroportuario.

Podemos definir los proceso aeroportuarios como un conjunto de actividades relacionadas llevadas a cabo para gestionar y proveer servicios.

Tal como se introdujo en el capítulo 3, PROCESOS AEROPORTUARIOS, podemos clasificar los procesos principales de operación y gestión de un aeropuerto en cuatro grandes grupos:

- Aeronaves.
- Pasajeros y Equipajes.
- Instalaciones y Sistemas.
- Seguridad.

Estos, a su vez, se descomponen en decenas de subprocessos que están desplegados en todos los niveles organizativos de los aeropuertos. Por ejemplo, el Proceso de Pasajeros y Equipajes se puede subdividir a su vez en:

■ ***Pasajeros en salidas***

- Acceso al aeropuerto.
- Facturación de equipajes.
- Paso por controles de seguridad y emigración.
- Embarque.

■ ***Pasajeros en llegadas***

- Desembarque.
- Paso por el control de inmigración y aduanas.
- Recogida de equipaje.
- Salida del aeropuerto.

■ ***Pasajeros en conexión***

- Paso por el control inmigración.

Todos estos contemplan dentro de sus actividades, tareas automáticas y manuales. Las automáticas provistas por sistemas y las manuales provistas por personas. La aparición en los últimos años de plataformas tecnológicas

de gestión de procesos de negocio, BPM (*Business Process Management*) está cambiando el modo en el que los procesos son gestionados y cómo están combinando las tareas tanto manuales como automáticas en su ejecución.

## 6.1. Clasificación de procesos

Como carácter general podemos clasificar globalmente a los procesos atendiendo su base:

- Primarios: son aquellos que producen el principal producto de la empresa, genera resultados/ingresos y están relacionados, obviamente, con los clientes.
- Secundarios: son los que sirven a los primarios, son por lo tanto, los procesos de soporte de la empresa, aquellos relacionados temas financieros, personal, marketing, etc.
- Terciarios: relacionados con la gestión, dirigen y coordinan los primarios y secundarios.

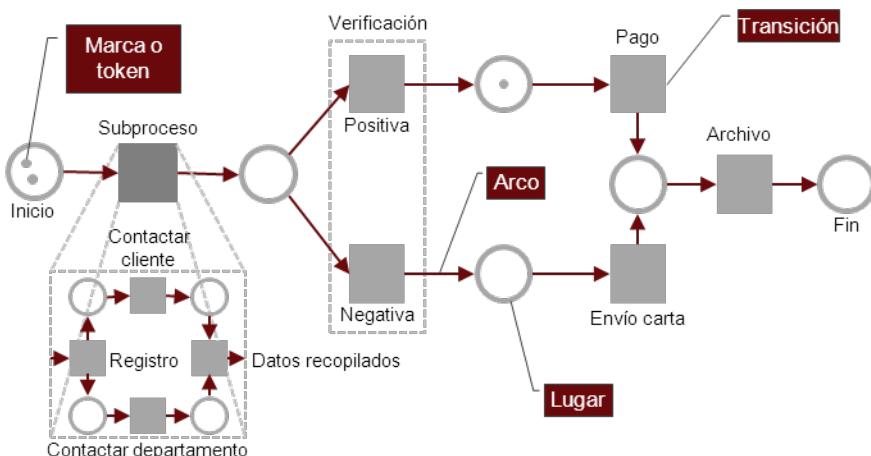
Los procesos de gestión podemos a su vez clasificarlos según su frecuencia y alcance, entendiendo alcance como período de tiempo al que afectan las decisiones y su impacto financiero, en:

- De tiempo real: las decisiones han de tomarse muy frecuentemente (entre microsegundos a horas). El período en el que tiene efecto la decisión es muy pequeño. Las consecuencias económicas de una mala decisión son pequeñas.
- Operacional: las decisiones han de tomarse regularmente (entre horas y días). Su impacto es limitado, no dura más que un período breve de tiempo.
- Tácticos: las decisiones han de tomarse periódicamente (entre días y meses). Su impacto es mayor.
- Estratégicos: las decisiones se toman una vez en cada definición de plan estratégico (normalmente entre un año y 3 años). El impacto de sus consecuencias es visible durante un largo período de tiempo.

## 6.2. Orígenes del BPM

Los orígenes del BPM vienen determinados por la composición misma de los procesos. Cada uno de estos, está compuesto por entradas, funciones y salidas. Estos elementos tienen su base matemática desarrollada en las redes Petri.

Las entradas son requisitos que deben tener o condiciones de disparo antes de que una función pueda ser aplicada (por ejemplo, la facturación de equipajes de los pasajeros). Cuando la función es ejecutada tras las entradas del proceso, obtenemos las salidas resultantes (por ejemplo, la carga en la bodega de la aeronave de los equipajes). En el siguiente ejemplo, se muestra en representación de red Petri, un ejemplo de un proceso simple de pago.



**Figura 55. Ejemplo de una red Petri para un proceso de pago**

Las redes Petri representan matemáticamente estos componentes los cuales forman un sistema distribuido discreto. Cuentan con las siguientes características.

- Permite describir sistemas (procesos) que procesan información y con características concurrentes, asíncronas, paralelas, distribuidas, no deterministas y/o estocásticas.
- Permite, así mismo, ver el comportamiento dinámico del sistema, en nuestro caso de un proceso. Es un grafo formado por:

- Elementos estáticos:
  - Lugares. Donde se ejecutan las acciones.
  - Transiciones. Encaminan los diferentes estados del proceso.
  - Arcos: unen los lugares con las transiciones.
- Elementos dinámicos:
  - Marcas o *tokens*: muestran el estado del proceso en cada momento, se sitúan en los lugares.

### **6.3. BPM. ¿Qué es?**

Existen muchas aproximaciones a la definición de BPM, según desde el punto de interés del usuario de esta tecnología, vamos a mostrar tres definiciones desde diferentes puntos de vista.

Definición simple. "Es un conjunto de métodos, herramientas y tecnologías utilizados para diseñar, representar, analizar y controlar procesos de negocio operacionales" [16].

Definición por rentabilidad. "Es la disciplina de modelar, automatizar, manejar y optimizar procesos para incrementar la rentabilidad de un negocio" [17].

Definición práctica. Si tenemos toda la información operacional, multitud de sistemas que sustentan nuestro negocio, una infraestructura de integración y gestores con ganas de innovar y mejorar los procesos de la empresa que resultan rentables para la empresa. ¿Por qué no aprovechar esta oportunidad de mejora?

La aportación de plataformas BPM comporta una serie de beneficios, tal como apunta Luis Fernández Sánchez, Fundador de BPM *Global Solutions*, estos beneficios que mostramos a continuación tiene una segunda lectura que comentamos seguidamente en cada caso basado en nuestra experiencia.

- "Visibilidad de los procesos de las empresas". Esta visibilidad obliga a tener documentado el mapa de procesos de la organización, una tarea que no es acometida regularmente y que adolece muchas veces de la actualización necesaria.

- “Mayor flexibilidad y agilidad para adaptación al cambio”. Esto es posible una vez implementada una cultura de gestión y tecnológica que no es fácil de establecer.
- “Posibilidad de integrar la información del negocio dispersa en diferentes sistemas”. Hoy en día los servicios que proveen las plataformas de integración de sistemas son capitales para conseguir una automatización de procesos en los que sistemas y personas los gestionen.
- “Dirigir los esfuerzos de la empresa de una manera planeada y alineada con los objetivos estratégicos”. Inculcar la cultura BPM es fundamental, los gestores deben comprenderla y usarla. Los tecnólogos deben comprender lo que los gestores demandan del proceso.
- “Adquirir la habilidad para diseñar, simular y monitorear (sic.) procesos de manera automática y sin la participación de usuarios técnicos”. Esto supone incrementar la formación en la empresa y una gran inversión en el inicio de la implantación con la contratación de recursos externos que inicien este proceso.
- “Adquirir una ruta de mejoramiento y eficiencia continua al convertir actividades ineficientes en menores costos a través del uso de tecnología enfocada a procesos”. Esto es lo que persigue toda la teoría de procesos, la eficiencia de los mismos para dar el mejor servicio y producto posible al menor coste posible.
- “Reducir costos futuros de integración y mantenimiento al adquirir tecnología ya preparada para abordar el cambio”. Para este fin se deben incluir conceptos como el Modelo de Datos Común, Centros de Competencia, plataformas de integración, etc.

Esta plataforma tecnológica incluye varios aspectos a destacar:

- El diseño y modelado de procesos posibilita que, de forma fácil y rigurosa, se puedan definir los procesos, coordinar los roles y empleados, sistemas y otros recursos necesarios que forman parte de los mismos.
- La integración de sistemas permite incluir en los procesos de negocio cualquier sistema de información, sistema de control, fuente de datos o cualquier otra tecnología. La arquitectura orientada a servicios (SOA) ofrece esta información de forma muy accesible. No es necesario desprenderse de las inversiones ya realizadas; todo se puede reutilizar.

- Los entornos de trabajo de aplicaciones compuestas (SCA) le permiten construir e implementar aplicaciones, basadas en web por ejemplo, casi de forma instantánea, completamente funcionales y sin necesidad de código.
- La ejecución convierte de forma directa los modelos acción en el mundo real, coordinando las actividades en tiempo real.
- La supervisión de la actividad de negocio (BAM) realiza el seguimiento del rendimiento de los procesos mientras se ejecutan, controlando indicadores y métricas, tendencias clave y prediciendo futuros comportamientos.
- El control le permite responder a eventos en los procesos de acuerdo a las circunstancias, como cambio en las reglas, notificaciones, excepciones y transferencia de incidentes a un nivel superior.

#### **6.4. *¿Qué objetivos perseguimos con su implantación?***

Desde un punto de vista aeroportuario, la gestión automática de procesos tienen una serie de objetivos que hacen que esta tecnología en combinación con las demás presentadas en esta monografía tenga una gran relevancia. Como objetivo común que debe perseguir un aeropuerto gestionado en base a procesos podríamos indicar que el fin de esta gestión es mejorar los relacionados con el seguimiento, control y actuación en caso de incidencias habituales y/o excepcionales, así como mejorar la colaboración entre departamentos y el intercambio de información sobre la actividad en tiempo real, facilitando la coordinación a nivel de planificación y ejecución en cada uno de los procesos claves (pasajeros, equipajes y aeronaves) y los soporte (instalaciones, técnicos, entre otros). Además de este objetivo común podemos indicar los siguientes:

- Objetivos estratégicos:
  - Persigue alinear a los actores aeroportuarios con el objetivo común ya mencionado.
  - Facilitar el cumplimiento de los niveles de calidad de servicio y seguridad en los procesos aeroportuarios.
- Objetivos funcionales:
  - Obtener una imagen del estado global del aeropuerto por cualquiera de los actores implicados en su operación y/o gestión.

- Implantación homogénea de los procesos de gestión del tiempo real a todos los niveles organizativos del aeropuerto, por medio de la definición de reglas de fácil comprensión para todos los actores del modelo.
  - Visión global del proceso aeroportuario con la suficiente información de contexto para permitir, no sólo la detección de las incidencias, sino la valoración de su impacto y la toma de decisiones adecuadas para su mitigación y/o resolución.
- Objetivos de rendimiento:
- Mejorar el índice de cumplimiento de la programación establecida convirtiendo al aeropuerto en reductor de demoras para el resto de la red.
  - Definición de indicadores y cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio.
  - Mejorar la predicción ante desvíos en la operativa respecto a lo planificado y mejorar la capacidad de anticipación ante contingencias e incidencias.

Por tanto, a través de la gestión y ejecución de los principales procesos aeroportuarios se puede conocer en detalle el funcionamiento del estado global aeroportuario y el nivel de cumplimiento de los objetivos establecidos para los servicios que presta, así como gestionar las medidas que permitan identificar cualquier desviación que impida una calidad del servicio propio o que afecte al resto de la red aeroportuaria.

## 6.5. Desarrollo y modelado de procesos

En la actualidad existen varias notaciones y lenguajes específicos para el diseño, modelado y desarrollo de los procesos de negocio automáticos. Estas notaciones y lenguajes tienen dos cometidos diferentes, los que están orientados para el modelado como BPMN y XPDL y los que están orientados a ejecución como BPEL. Veamos una introducción a cada uno de ellos.

### 6.5.1. BPMN (Business Process Modeling Notation)

Es el estándar definido por el *Object Management Group*, OMG ([www.omg.org](http://www.omg.org)), para el modelado de procesos de negocio. Aunque este estándar fue iniciado por el *Business Process Management Initiative*, BPMI

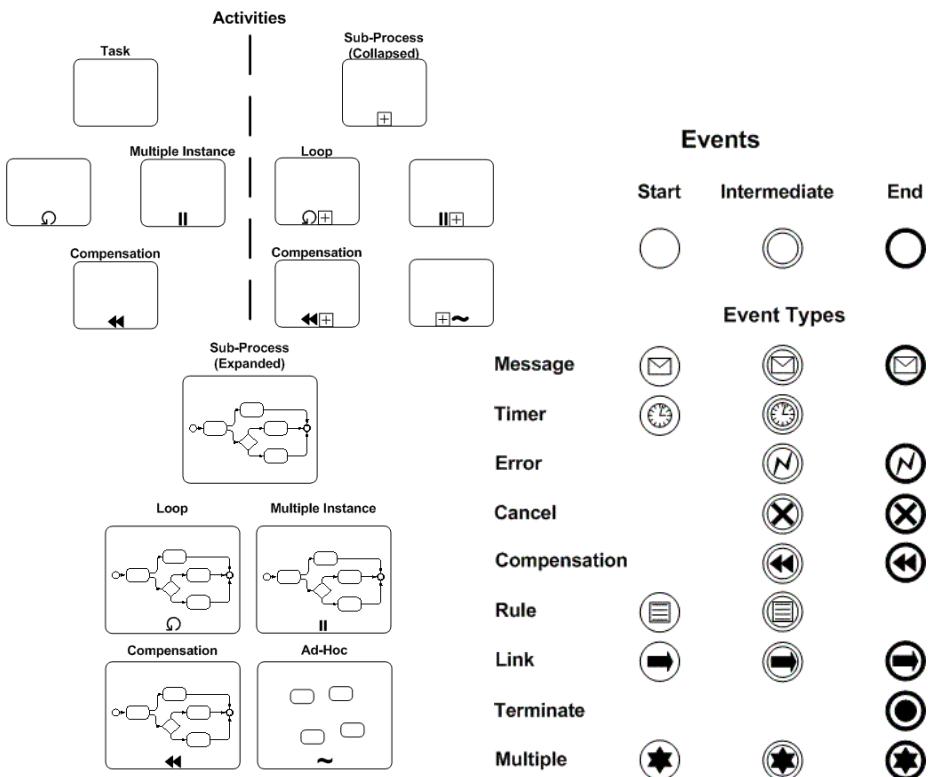
([www.bpmi.org](http://www.bpmi.org)), hasta que decidieron la fusión de las iniciativas en el campo del BPM en el año 2005. Sus características principales son:

- Es entendible tanto por el personal de IT como de negocio, lo cual cubre una de las lagunas más frecuentes en el entendimiento entre el personal técnico y gestor.
- Define cómo se dibujan los diferentes objetos del proceso, tales como, actividades, eventos, controles de flujo, artefactos (datos, grupos, anotaciones), etc.
- El objetivo es, describir procesos de negocio y de todos sus tipos. Desde los centrados en personas hasta los centrados en colaboración de sistemas. Involucrando tanto a los gestores de negocio de más alto nivel hasta el personal técnico involucrado en su implementación técnica.

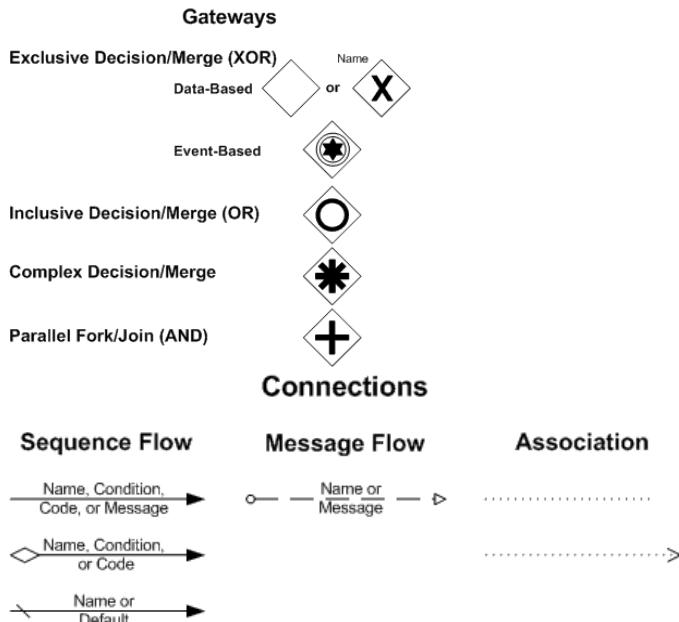
Tal como se ha indicado en la introducción anterior, BPMN está orientado al modelado, aunque se le atribuyen características de las que adolece y para los que no fue diseñado, entre otras debemos destacar qué no caracteriza a BPMN:

- No describe organizaciones ni recursos.
- No define el formato del fichero que contiene la representación gráfica del proceso.
- No define el modelo de datos del proceso. Se sirve de ellos.
- No describe reglas de negocio, son las reglas las que a menudo disparan los procesos.

Actualmente la última versión oficial es la 1.2 aunque en agosto de 2009 se publicó la beta de la nueva versión 2.0. Prácticamente todos los fabricantes de software BPM soportan esta notación, TIBCO, IBM, Aris, Software AG, SAP, etc. Se muestran algunos de los elementos definidos de esta notación [18]:



**Figura 56. Elementos pertenecientes a la notación BPMN (1/2)**



**Figura 57. Elementos pertenecientes a la notación BPMN (2/2)**

Veamos un ejemplo orientado al mundo aeroportuario. Se trata de la modelización de un proceso de caída de comunicaciones entre el BHS y la pasarela de mensajes de equipajes BSM de SITA, y cómo se ven involucrados los diferentes actores afectados, departamento de sistemas para la reanudación del servicio, los niveles de servicio (SLA), aerolíneas, agentes de *handling*, pasajeros, etc. Así mismo, se puede ver cómo el proceso está organizado en dos *swimlanes* para diferenciar las tareas manuales de las de los sistemas.

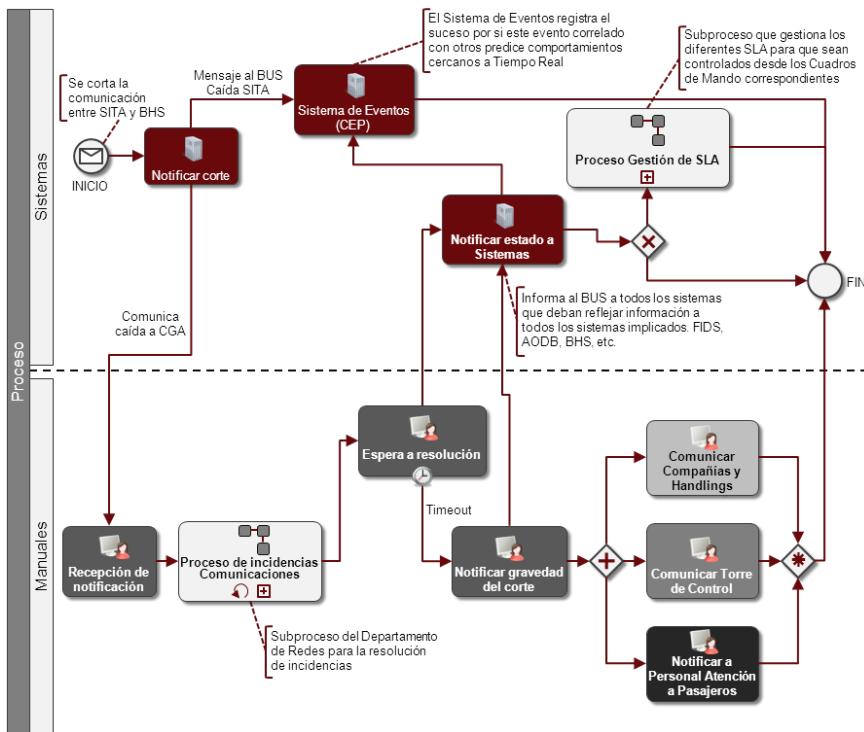
Pero primero veamos qué necesita este proceso aeroportuario de la tecnología BPM:

- Modelar procesos complejos con intervención de sistemas y personas.
- Comunicar el estado de cada actividad del proceso tanto a personas como a sistemas.
- Registrar de forma continua el estado de avance del proceso.

- Ofrecer información del proceso a agentes externos como sistemas, cuadros de mando, otros procesos.
- Poder asignar tareas a determinadas personas.

La tecnología BPM aporta a las necesidades del proceso:

- Diseño, simulación y ejecución del proceso.
- Representación gráfica y en lenguaje máquina del proceso.
- Capacidad de comunicar información a personas, mediante formularios, bandejas de entrada, e-mail, etc.
- Capacidad de comunicar con otros sistemas mediante mecanismos de integración. ESB/SOA.
- Control y registro.
- Comunicación con subprocesos.
- Asignación de tareas.
- Fuente de información y eventos para sistemas externos.



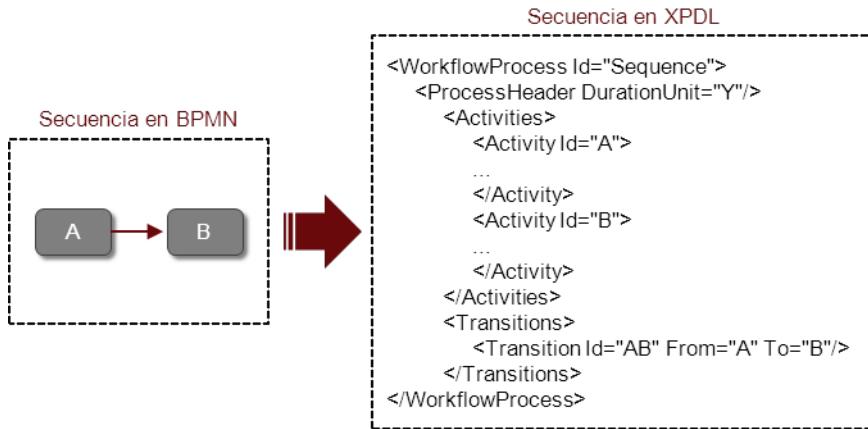
**Figura 58. Ejemplo de proceso de incidencia de corte de comunicación SITA/BHS en notación BPMN**

### 6.5.2. XPDL (XML Process Definition Language)

Es el formato de archivo, basado en XML, que permite almacenar y soportar todo lo definido en la notación BPMN. El gráfico, su posición, las relaciones entre elementos, incluye, incluso, aquellas propiedades o variables de ejecución del proceso. Es un formato que permite la traducción de ambas notaciones. De BPMN->XPDL y viceversa. Por lo tanto, permite el intercambio efectivo de archivos entre las diferentes herramientas comerciales existentes. La versión actual es la 2.1. Su origen se remonta al año 2002, es gestionado por la *Workflow Management Coalition*, WfMC, [www.wfmc.org](http://www.wfmc.org).

No obstante, XPDL permite extensiones específicas a los diferentes fabricantes. Ya que casi todos los fabricantes ofrecen funcionalidades y patrones y tipos de ejecución específicos. La traducción entre la notación

gráfica, con sus atributos, a la notación en lenguaje XPDL se refleja en la siguiente figura, en la que se expresan tanto las actividades, tipo de proceso como las transiciones entre actividades:



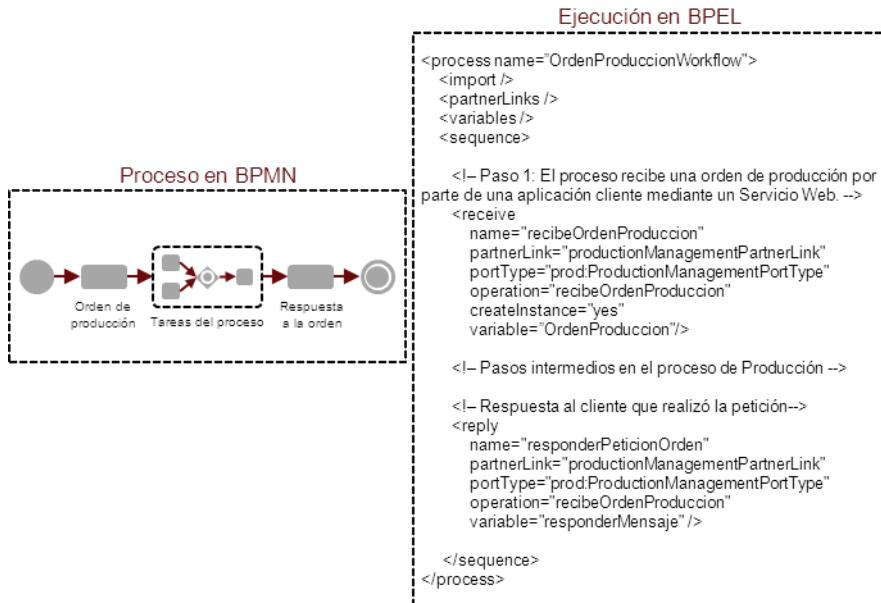
**Figura 59. Equivalencia en XPDL de la notación BPMN**

### 6.5.3. BPEL (Business Process Execution Language)

Es un lenguaje de programación, basado en XML, para la ejecución de procesos orientados a Servicios Web. Define la orquestación de Servicios Web de un proceso. Como todo lenguaje, tiene variables y operaciones. Las operaciones pueden enviar/recibir mensajes SOAP, soporta transformaciones de estructuras de datos en XML, por ejemplo, mediante plantillas XSLT.

BPEL no trata el aspecto gráfico ni de contenido de los procesos definidos, de eso se encarga BPMN y XPDL, que están orientados al modelado y diseño. BPEL, en definitiva, es un complemento para aquellos entornos de ejecución de procesos que requieran de Servicios Web de forma estándar. De ahí que también es llamado WS-BPEL (Web Service-BPEL). BPEL es un estándar definido por la organización OASIS. La versión actual es la 2.0 definida a finales del año 2004.

Tal como se mostró en el caso de la conversión de la notación gráfica BPMN a XPDL, mostramos a continuación un ejemplo de un pequeño proceso que recibe una orden de producción de un cliente y le responde al mismo.



**Figura 60. Equivalencia en BPEL de un proceso en BPMN**

## 6.6. Gestión de la asignación de tareas

Uno de los puntos más críticos en la ejecución de los procesos, son las asignaciones de tareas a los recursos (personas y sistemas) ya que no todos ejecutan las actividades con la misma efectividad. Las plataformas BPM cuentan con las disciplinas [19] más comunes para realizar las estrategias de asignación adecuadas a cada proceso, resumamos las más significativas:

- **FIFO:** *First-In, First-Out.* Para aquellas actividades que han de ejecutarse en el orden de creación. Es la más usada en la práctica.
- **LIFO:** *Last-In, First-Out.* Al contrario de FIFO, se ejecuta la actividad creada en último lugar. Este método de asignación de tareas, es útil para aquellas actividades que requieran un alto nivel de servicio, en cuanto inmediatez.
- **SPT:** *Shortest Processing Time.* En algunos casos es posible conocer cuánto tiempo se tarda en ejecutar ciertas tareas, por lo que se opta

por ejecutar primero aquellas que necesiten menor tiempo. El caso contrario es el LPT, *Largest Processing Time*.

- SRPT: *Shortest Rest-Processing Time*. En aquellos procesos ya iniciados con tareas pendientes de terminar, se realizan aquellos con menor duración pendiente. Análogamente al LPT, tenemos el LRPT, *Largest Rest-Processing Time*, que escoge antes aquellos que precisen de mayor tiempo para su terminación.
- EDD: *Earliest Due Date*. Se realizan las tareas priorizando aquellas que estén programadas para un fecha/hora anterior.

## 6.7. Rendimiento de los procesos

Al igual que ocurre con las estrategias de asignación de tareas, el otro, y quizás más importante, problema a resolver en el diseño de los procesos, es su rendimiento.

En los estados iniciales del diseño e implantación, es común encontrarse con ineficiencias y cuellos de botella en los procesos, y por lo tanto un bajo rendimiento de los mismos, a continuación se muestra algunos de los síntomas que nos pueden ayudar a identificar sus problemas:

- Tiempos variables de ejecución. No se garantiza siempre un tiempo medio de ejecución de proceso, los tiempos varían dentro de un alto rango.
- Número de casos en ejecución demasiado grande. Puede indicar una gran complejidad en el número de pasos a realizar para completar los casos, un bajo rendimiento de los recursos que ejecutan las tareas o elevada secuencia de las tareas del proceso.
- Tiempo de completitud demasiado largo respecto a la media actual. Se tarda más en ejecutar de lo normal. Se han de revisar los recursos asignados al proceso y las posibles ineficiencias de los diferentes caminos por los que discurren las decisiones dentro de un proceso.

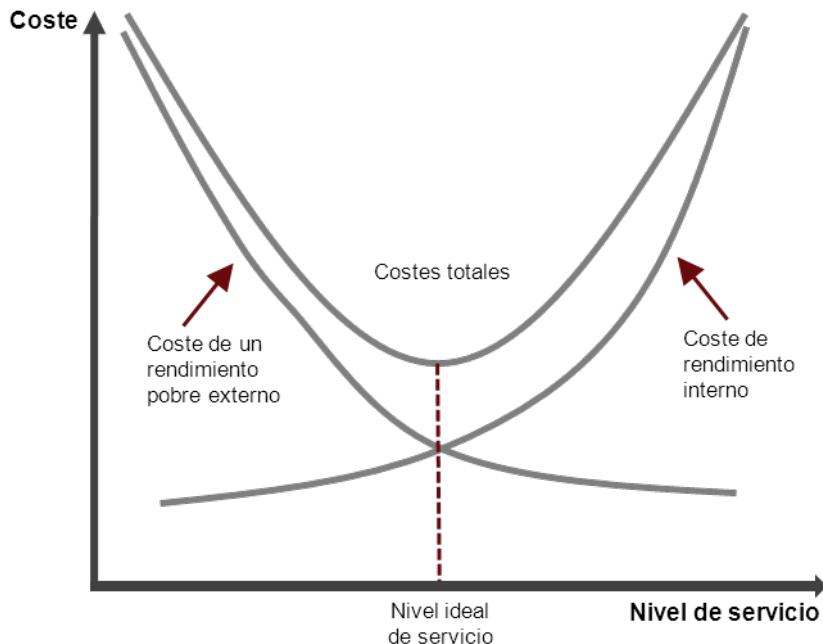
Para alertar de todos estos síntomas se han de crear indicadores de rendimiento del proceso. Podemos dividirlos en dos grandes grupos:

- Externos, orientados al caso: aquellos que proporcionan información sobre el entorno del proceso, como los tiempos medios de completitud de un proceso.

- Internos, orientados al recurso: indican el esfuerzo que se ha de realizar para alcanzar el rendimiento externo. Por ejemplo, el nivel de utilización de un recurso, el número de casos por recurso, número de transacciones fallidas, etc.

Este análisis de rendimiento es vital para una correcta gestión de los procesos, si bien es cierto que tender a la perfección en el rendimiento puede incurrir con costes no asumibles por la organización, ya que no compensa la inversión frente al servicio o propósito final que ofrece el proceso.

La siguiente figura muestra las consecuencias, en coste y nivel de servicio, de un mal nivel de servicio, con el consiguiente coste para la organización, así como el exceso de coste interno para ofrecer mayor nivel de servicio. Como es acostumbrado, en el punto medio está la virtud.



**Figura 61. Costes asociados a los diferentes niveles de servicio**

Para el estudio del rendimiento contamos con diferentes técnicas y su capacidad de trabajo. Métodos como las cadenas *Markov*, Teoría de colas, simulaciones y estudios de capacidad (*Capacity Planning*) son herramientas

útiles para medir y dimensionar el rendimiento y capacidad de los procesos a implementar.

Prácticamente todas las herramientas BPM cuentan con simuladores que permiten lanzar todos los casos posibles, asignar recursos, roles, etc. y verificar cómo se comportan los diferentes procesos. Se miden tiempos medios de espera entre tareas, tiempos totales, recursos utilizados, cómo optimizar la asignación de recursos, etc.

## 6.8. Patrones de diseño

Como en todo modelado y desarrollo, los procesos tienen patrones de diseño que definen sus diferentes variedades de flujo, estos patrones de diseño son genéricos e independientes a cualquier sistema de BPM. Se pueden organizar en los siguientes grupos [20]:

- Control de flujo. Muestran cómo se organizan las secuencias de pasos de los procesos. Desde los básicos como *Sequence*, *Parallel Split* hasta más complejos como el *Interleaved Parallel Routing*. Existen alrededor de unos 40 patrones de este tipo. Podemos incluir en esta categoría patrones basados en eventos que rigen la ejecución de las actividades, como el patrón *Milestone*.
- Recursos. Muestran las diferentes maneras de cómo los recursos son representados y utilizados en los procesos. Contamos con patrones como *Direct Distribution*, *Automatic Execution*, *Distribution by Offer*, *Random Allocation*, *Shortest Queue*, *Delegation*, etc. Existen alrededor de otros 40 patrones de este tipo.
- Basados en datos. Aquí cobran importancia los datos, cómo son representados y usados, según su visibilidad, interacción, transferencia y cómo se encaminan. Son aproximadamente otros 40 patrones entre los que encontramos, *Environment Data*, *Task Data*, *Data Interaction – Case to Case*, *Data Transfer byValue*, *Data Transformation – Input*, etc.
- Control de excepciones. Son aquellos patrones que definen las estrategias para la captura de excepciones e las actividades. Excepciones a nivel de caso, tarea, cómo continuar tras una excepción.

**Predicción y adaptación en  
tiempo real en los procesos  
aeroportuarios. CEP**

Uno de los caballos de batalla diarios en la gestión aeroportuaria es la necesidad de poder anticiparse a situaciones complejas de operación, que de ser posible permitiría adaptar la gestión para mitigar los efectos que pueda causar situaciones inesperadas. O visto de otra forma, optimizar los recursos aeroportuarios ante oportunidades detectadas en las que el gestor aeroportuario es capaz de prever la demanda de sus servicios en base a multitud de eventos que ocurren de forma continua. Eventos que aportan los diferentes sistemas del aeropuerto, tales como alarmas, sobrecapacidades, retrasos en los vuelos, cancelaciones, colas en facturación, accidentes en viales de accesos, problemas de suministro eléctrico, eventos programados, mantenimiento de instalaciones, y así hasta un largo etcétera. La capacidad de procesamiento y análisis necesarios para detectar patrones de comportamiento, y por lo tanto predicción de situaciones futuras como de situaciones ya pasadas, es a lo que viene a cubrir la tecnología de Procesado Complejo de Eventos.

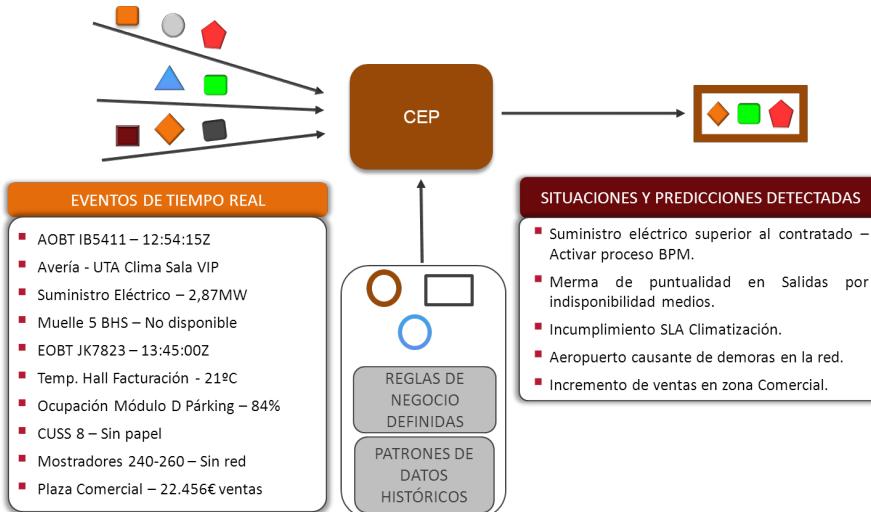
El Procesado Complejo de Eventos (CEP, *Complex Events Processing*) es la tecnología que permite conocer y predecir en tiempo real, o muy cercano a él, situaciones que afectan al negocio. CEP provee la capacidad de definir, gestionar y predecir eventos, situaciones excepcionales, oportunidades y amenazas en redes heterogéneas, contando como fuentes de información, ESBs, WebServices, SNMPS, RFIDs, sensores, información web (p.ej. hashtags de Twitter), Bases de Datos y Aplicaciones tales como CRMs, ERPs, Web, BPMs, etc. La cantidad ingente de fuentes de datos y la facilidad de homogeneizar estas en arquitecturas SOA y en modelos de datos comunes, permite incorporar esta capa de conocimiento en tiempo real al funcionamiento y gestión de la empresa.

Esta detección de patrones y eventos complejos con significado de negocio está basada en tecnologías de consulta de datos masivos en tiempo real y en algoritmos y técnicas de análisis como las Redes Bayesianas, Redes Neuronales y motores de reglas entre otros. Se trata por tanto de la explotación de datos mediante análisis que confieren resultados del tipo "Probabilidad de que ocurra A dada la ocurrencia de B", realización de análisis de variables dependientes, aplicación de patrones para la detección de eventos y situaciones, etc. El uso típico, hoy en día, de esta tecnología está enfocado a entornos:

- Financieros: detección de fraudes, gestión de riesgos, sistemas de mercados de valores, etc.
- Industriales: control de líneas de fabricación, lectura masiva de RFIDs, etc.

- Monitorización de redes: cumplimiento de SLA, intrusiones, predicción de problemas de red, etc.
- Aeronáuticos: control aéreo, gestión de eventos en aeronaves, gestión de recursos en compañías aéreas...la aerolínea *Southwest* en un buen ejemplo de ello [21].
- Militares: conocimiento y predicción de estrategias, inteligencia, etc.
- Y como curiosidad, en los casinos, para la retención de clientes alojados, y por lo tanto jugadores. Así como casinos online para la detección de apuestas fraudulentas.

Por lo que CEP se basa en el consumo y tratamiento de eventos desde múltiples fuentes, procesarlos frente a patrones y algoritmos, y en la obtención como resultado, la detección de situaciones y predicciones útiles para el negocio. Veamos una ilustración para aclarar su funcionalidad [22].



**Figura 62. Tratamiento de eventos y predicción en tiempo real**

## 7.1. Conceptos

CEP está basado en una serie de elementos y conceptos básicos [23]:

- Evento. Es el objeto que representa una actividad o suceso que acaba de suceder o está sucediendo (cambia de estado).
  - En el mundo aeroportuario:
    - Fuerza de calzos de una aeronave, equipaje entregado en hipódromo, un retraso de un vuelo, Taxi Time...
  - En otros entornos:
    - Alta de un cliente, queja por un mal servicio, última noche en el Casino...

Un evento tiene un tiempo de vida en el modelo. Su duración puede ser fija (segundos, minutos, semanas, etc.) o simplemente el evento desaparece al ser consumido o estudiado.

- Correlación de eventos/Patrones de eventos. Es la combinación de eventos, combinaciones basadas en tiempo, causales, booleanas, espacio-temporales, etc. Esto permite establecer las relaciones entre los eventos, un ejemplo de un patrón, o correlación es:
  - Vuelo IB 2030 ( $\{\text{STD?}, \text{Entrega_Equipajes?}, \text{Pasajeros_Facturados?}\}$ ). Donde la detección del evento se basa en el conocimiento del estado de la hora estimada de salida (STD), si las maletas han sido procesadas por el SATE y el número de pasajeros facturados.
  - Niebla  $\rightarrow$  Retraso\_Vuelos (STD + 30 min) Y SLA ( $\{\text{Entrega_equipajes_a_tiempo?}\}$ ). En este caso se produce el evento *Niebla* que producirá un retraso de 30 minutos de media y que además puede producir retrasos adicionales si se está o no cumpliendo el SLA en el procesamiento de maletas por parte del SATE.
  - Un ejemplo financiero, el uso de la misma tarjeta de crédito en el espacio de una hora en dos localizaciones geográficas separadas por 300km.

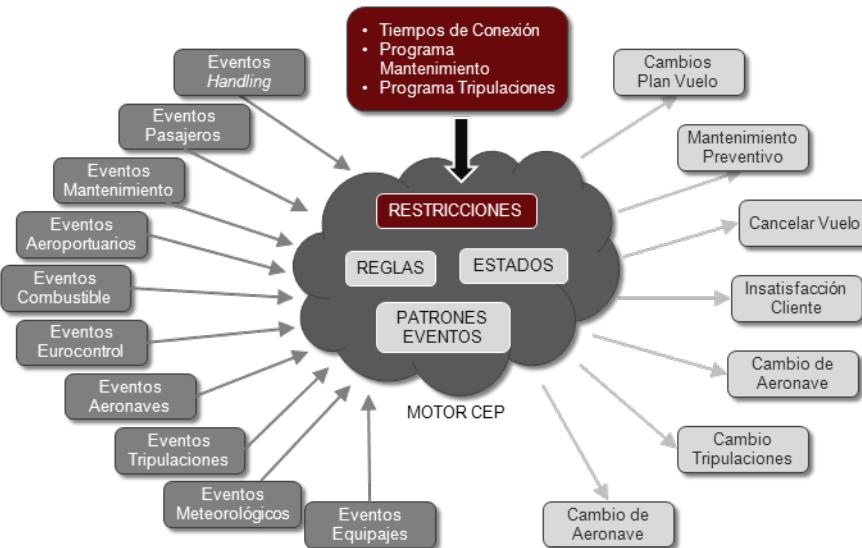
Esta correlación produce eventos compuestos que a su vez pueden ser correlacionados, son la condición de disparo para el lanzamiento de procesos o la notificación (mediante SOA por ejemplo) de información relevante a cuadros de mando, aplicaciones interesadas, etc. La capacidad de correlación de eventos por segundo en las plataformas actuales de CEP es muy elevada, de cientos, incluso de miles por segundo.

- Restricciones en patrones de eventos. Expresan las condiciones que deben ser satisfechas, más bien las que nunca lo serán, en las actividades propias del negocio a estudiar. Por ejemplo:
  - EL SLA de Porcentaje de éxito de maletas procesadas en la línea de facturación de Business no será menor del 99%.
  - Todos los pasajeros deberán poder pasar el control de seguridad en un tiempo menor de 6 minutos.
- Disparo de reglas reactivas: ante situaciones provocadas por los eventos, pueden dispararse reglas que ejecuten procesos o acciones. Por ejemplo:
  - Mientras, Tiempo\_Medio\_Espera\_Facturación > 12 mins y % Disponible\_Mostradores => 25%.
  - Entonces Lanza\_Proceso (Asignar\_Más\_Mostradores).
- Eventos Complejos. Son la abstracción o el conjunto de eventos del mismo tipo al que representan. Por ejemplo:
  - El Crash del 29, la abstracción sería la multitud de eventos de pérdida de dinero en las ventas de acciones.
  - Operación Aeroportuaria, el número de eventos de despegues y aterrizajes.
- Jerarquía de Eventos. Cómo se organizan los diferentes niveles de actividades y reglas que las correlacionan. Los niveles superiores abstraen a los niveles menores. Por ejemplo:
  - En el nivel más bajo contamos las operaciones del BHS: maletas clasificadas, inspeccionadas, perdidas, etc.

- En un nivel medio contaría con los eventos de Porcentaje de equipajes inspeccionados por vuelo, Promedio de equipajes clasificados por hora, Vuelos retrasados por retraso en BHS, etc.
- Y en un nivel superior, contaría con, por ejemplo, Satisfacción del servicio de equipajes en las Compañías, Pasajeros, etc.

La aplicación de estos conceptos además ha de hacer ver al lector el concepto de holismo, por el cual el todo no es igual a la suma de sus partes, los eventos, la correlación y suma de eventos obvios, no suele dar el resultado esperado, pero nos ofrece una información valiosa acerca de cómo se está comportando nuestro negocio y cómo mejorarlo.

En la siguiente figura podemos mostrar una serie de eventos que pueden afectar, por ejemplo, a una compañía aérea [24]:



**Figura 63. Eventos aeroportuarios y su impacto en las operaciones de una compañía aérea**

Como es posible aventurar, estos conceptos anteriormente descritos son semejantes a los conceptos del *Datamining* tan utilizado como herramienta esencial en los entornos empresariales hoy en día con fines muy parecidos, pero entonces, ¿es lo mismo? No. Pero vayamos por partes. Como introducción básica al lector indicaremos las características principales del

*Datamining* para así poder argumentar posteriormente el por qué no es lo mismo CEP que *Datamining*.

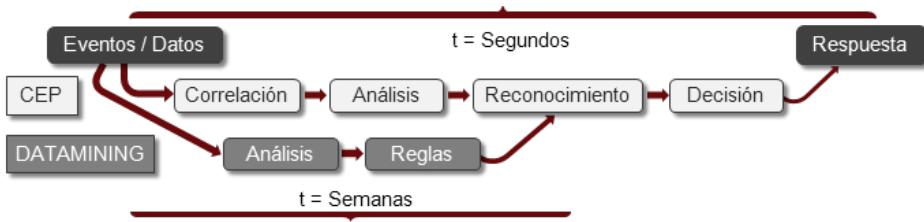
*Datamining* se caracteriza por:

- También extrae patrones de datos, detectando grupos de potenciales consumidores, comportamiento de consumidores, satisfacción de clientes, fraudes, etc.
- También usa técnicas de análisis y algoritmos, como Redes Neuronales, Árboles de decisión, *Clustering*, etc.
- Precisa de modelos e infraestructuras de datos tipo *Datawarehouse* organizados por las dimensiones a estudiar, tiempo, cliente, compras, transacciones, etc.
- Es una tecnología basada en datos pasados y en el uso masivo de los mismos, los cuales requieren un tratamiento cuidadoso de limpieza, selección y organización.

Como vemos, seguimos viendo claras analogías entre ambos mundos, ¿dónde radica entonces la diferencia?

La primera diferencia radica en el tiempo. En el tiempo de procesamiento y en el momento en el que se producen los eventos a estudiar.

- *Datamining* precisa una larga recopilación de datos basados en el pasado y CEP utiliza eventos (datos) producidos en tiempo real, por supuesto, una de las fuentes de eventos de CEP pueden ser las salidas de un proceso de *Datamining* y sus datos.
- El tiempo de respuesta varía sustancialmente entre ambas tecnologías.
- La buena noticia, es que ambas son complementarias. Aunque las fuentes de datos son muy diferentes.
- Asumiendo las analogías en el proceso que tanto CEP y Datamining hacen de los datos, esto es, la secuencia de:
  - Evento/dato -> Correlación -> Análisis -> Reconocimiento de Patrones -> Decisión -> Respuesta.
  - Podemos aclarar en la siguiente figura, el tiempo usado en ambas tecnologías.



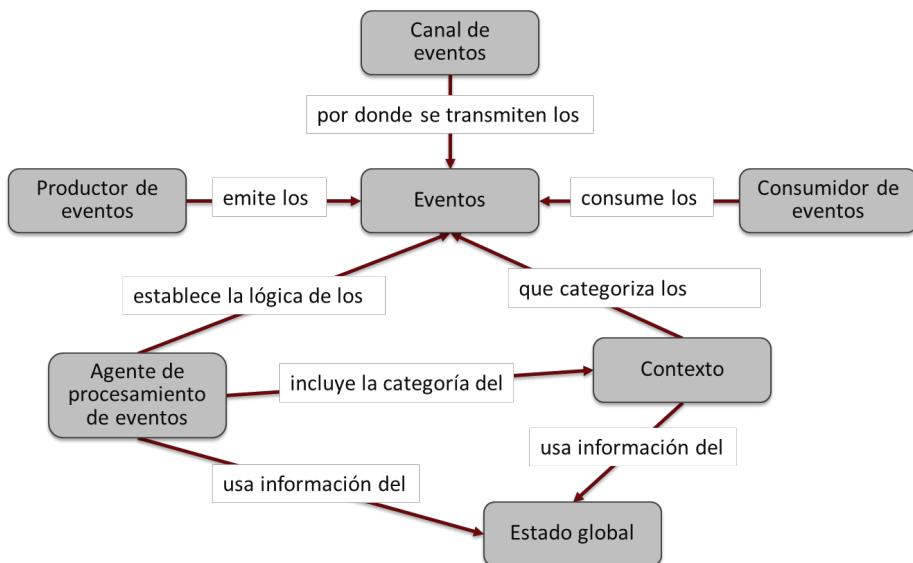
**Figura 64. Diferencia temporal en la detección de patrones entre Datamining y CEP**

La segunda gran diferencia [25], es que el *Datamining* tiene un carácter descriptivo y CEP es predictivo:

- *Datamining* contesta a preguntas del tipo “¿Qué ha pasado?”, “¿Qué está pasando? (con perspectiva de pasado)”.
- CEP, por su parte contesta a cuestiones del tipo “¿Qué pasará?”, “¿Y si está ocurriendo esto...?”, “¿Qué riesgo asumimos si...?”.

## 7.2. Componentes principales

Para encuadrar el concepto del procesamiento de eventos, podemos utilizar el listado de componentes de esta arquitectura, descrita por Opher Etzion [26]:



**Figura 65. Componentes para el procesado de eventos**

Obviamente, la parte visible externa de esta arquitectura de componentes, la forman el productor y el consumidor, que son los que, respectivamente, emiten y consumen los eventos.

El agente de procesamiento de eventos, es el que realiza las funciones de intermediario entre el productor y emisor. Son los que tienen la capacidad de filtrar los eventos, transformarlos y de detección de patrones de comportamiento, lo cual puede derivar en la emisión por parte del agente de nuevos eventos.

El canal de eventos es el componente que es capaz de encaminar los eventos entre el emisor y el receptor. Podemos incluir cualquier tipo de transporte conocido, desde JMS, HTTP, propietario de la implementación CEP, etc.

El contexto, es el que contiene las condiciones, ya sean espaciotemporales, orientadas a estado o segmentadas bajo criterios particulares.

Por último, el estado global, el cual representa toda aquella información que permite enriquecer los eventos, así como proporcionar almacenamiento temporal de eventos, incluso ser fuente de eventos históricos. Esta información es proporcionada a los agentes y al contexto.

### 7.3. Lenguajes

Existen diferentes aproximaciones tecnológicas de CEP, cada una trata de servir para una problemática y necesidad diferente, por lo que se han de tomar como diferentes herramientas que se adecuan a cada escenario. Veamos cada una de ellas con mayor detalle [27].

- Lenguajes Orientados a Proceso de Flujos (*Stream Processing*).
- Lenguajes Orientados a Reglas.
- Lenguajes Orientados a Agentes.

#### 7.3.1. Stream processing

Se basa en que el flujo de datos a procesar es una secuencia continua de eventos. Por ejemplo, cotizaciones de bolsa en el mercado financiero, o la lectura de etiquetas de equipajes del Sistema de Equipajes de un Aeropuerto.

Los Eventos son procesados en un grafo dirigido compuesto por:

- Nodos, que son los elementos a procesar.
- Conexiones, que comunican eventos entre los nodos.

Está basado en el lenguaje SQL, denominado, genéricamente, *Streaming/SQL*. El resultado de las consultas va variando según fluyen los datos.

Veamos un ejemplo de aplicación al proceso de equipajes en el que se precisa predecir y correlacionar varios eventos. Concretamente se trata de la posible detección de retrasos de vuelos de salida debido a una mala clasificación de equipajes por el BHS de vuelos que tienen cercana su hora estimada de salida.

El proceso por tanto precisa de lo siguiente:

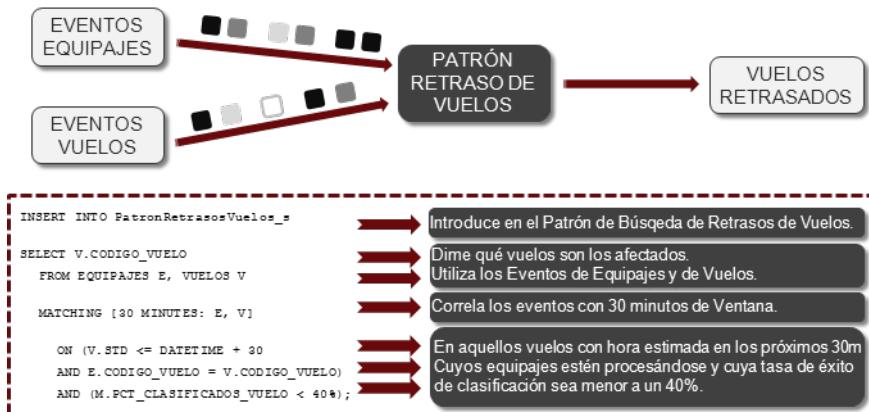
- Poder predecir y correlacionar eventos en tiempo real.
- Obtener eventos de múltiples tipos de fuentes.
- Procesar multitud de eventos en un tiempo mínimo.

- Ser fuente de información para otros procesos relacionados, p.ej: aeronaves, pasajeros, seguridad... y para otros sistemas y cuadros de mando.
- Poder crear reglas y estados por parte de los gestores de negocio.

La tecnología CEP le aporta por tanto:

- Capacidad de obtener información de eventos por múltiples fuentes, objetos Java, ESB, WebServices, BBDD, ficheros...
- Capacidad de procesamiento de cientos de eventos por segundo.
- Permite suministrar información de salida (predicciones y hechos) a sistemas externos mediante ESB, SOA, BBDD, etc.
- Editores de reglas y estados para perfiles de negocio.

Veamos por tanto, la implementación de esta necesidad mediante *Stream Processing*. Se muestra como se realiza la búsqueda de un patrón en una cadena de eventos. Desde el punto de vista gráfico y en lenguaje CCL, *Continuous Computation Language*.



**Figura 66. Ejemplo de patrón de búsqueda de retrasos de vuelos en CCL**

Un ejemplo de implementación con orientación a *Stream Processing* es Esper, de la empresa EsperTech. Implementa su lenguaje de *Stream Processing* pero añadiendo, en el mismo lenguaje, capacidades de causalidad.

### 7.3.2. Rule languages

Los lenguajes basados en Reglas procesan los eventos basados en los cambios de estado. Los eventos y clases son definidos en la declaración de las reglas y se cargan y procesan en la regla, si estos cumplen con lo definido, se dispara la acción detallada en la regla. Esto es [27]:

*if condición then acción*

El procesamiento lo puede realizar de dos formas diferentes:

- *Forward Chaining*. Donde el procesamiento es independiente del orden. (Algoritmo RETE y variantes, que veremos más adelante). Procesa los datos presentes para extraer de ellos más e inferir el resultado basado en hechos verdaderos.
- Procedural. Es una ejecución con orden establecido en un entorno de ejecución, motor de reglas.

El algoritmo RETE (red en latín) [28] [29]: es un algoritmo de reconocimiento de patrones. Desarrollado en los años 70 por Charles L. Forgy en la Universidad Carnegie Mellon. Comprueba los "hechos" contra las reglas definidas. Estos "hechos" son los eventos cargados en memoria y que son la base del conocimiento del sistema de inferencia. Este algoritmo no es adecuado para el procesamiento de cadenas de eventos. Resulta mucho más lento que el *Stream Processing* que vimos anteriormente, pero posee la ventaja de que es muy rápido al utilizar grandes cantidades de memoria principal (eventos cargados en memoria esperando a cambios de estado), por lo que sacrifica la misma para ganar en rapidez. Las variantes de este algoritmo en las actuales implementaciones de CEP han reducido enormemente esta dependencia de la memoria, usando mecanismos de caché e instancias múltiples de motores de reglas. Productos como TIBCO Business Events, Drools de RedHat/JBoss utilizan esta tecnología de inferencia de reglas.

Al igual que los lenguajes de *Stream Processing* existen varios lenguajes que se sirven de este paradigma de lenguajes. Veamos la descripción de RuleML y un ejemplo de aplicación de detección de retraso de vuelos por mala clasificación de equipajes, análogo al mostrado en *Stream Processing*.

RuleML [30] está basado en XML. Y como tal, puede extenderse para dotarle de mayor funcionalidad. En este ejemplo, el motor va a comprobar cada 5 segundos (evento temporizador) que se están produciendo lecturas de equipajes (evento) y va a comprobar en el listado de vuelos su destino (condición) y va a ver si el vuelo puede tener, o no, retraso basado en el

porcentaje de equipajes procesados y la cercanía de la hora de salida (acción). En el caso de la primera ocurrencia (pos condición) no se procesa más este evento para este vuelo ya que se ha confirmado su retraso. Y en caso de que no se encuentre el destino del vuelo del equipaje, procesa la regla del estado de la clasificación de equipajes (alternativa). Las sentencias se escriben en lenguaje “natural” para simplificar el ejemplo.

```
<Reaction kind="ecapa" exec="active">
  <event>
    <Reaction kind="ea">
      <event>Temporizador_5_Segundo</event>
      <action>DetectarRetraso</action>
    </Reaction>
  </event>
  <body>BUSCA_Destino_En_Lista_de_Vuelos CUANDO STD < 10min Y Equipajes_Procesador < 55%</body>
  <action>Notifica_Retraso_en_Vuelo</action>
  <postcond>No_es_necesario_reconocer_más_eventos.Vuelo_Retrasado</postcond>
  <alternative>Si_no_se_encuentra_el_vuelo_de_la_maleta_Procesar_Regla_EstadoCalsificación</alternative>
</Reaction>
```

**Figura 67. Ejemplo patrón de detección de retraso de un vuelo con RuleML**

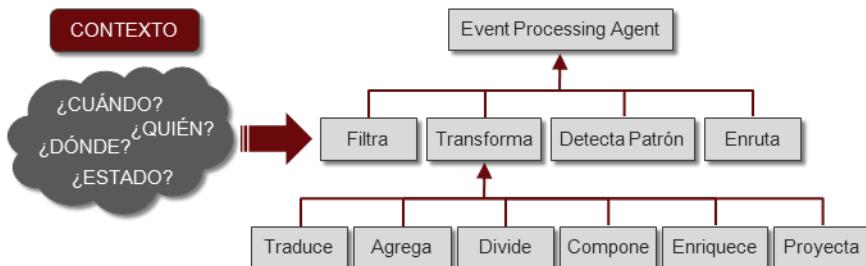
### 7.3.3. Agent languages

Las soluciones orientadas a Agentes están compuestas por dos elementos básicos [31]:

EPA (*Event Processing Agent*): es el agente que procesa el evento. Lo puede hacer solo o con ayuda de otros agentes. El agente tiene la función de:

- Filtrar. No todos los eventos son relevantes para su procesamiento.
- Transformar. Puede transformar eventos en varios, agregar varios en uno, puede enriquecer su contenido y puede traducirlo en otro evento.
- Reconocer patrones.
- Encaminar la salida. Encamina el resultado del evento (normalmente otro evento) por:
  - Un itinerario ya marcado. *Itinerary-based Routing*.

- Publicando el evento y que un subscriptor interesado en él lo reciba. (Paradigma Publicación/Subscripción).
- Enrutamiento inteligente, enrutamiento dinámico basado en datos, patrones, etc. cargados en el sistema.
- Los agentes son sensibles al contexto, esto es, responden a los siguientes planteamientos:
  - ¿Cuándo? Intervalos de tiempo, temporizadores, etc.
  - ¿Dónde? Atributos espaciales, situación, coordenadas GPS, etc.
  - ¿Quién? Qué actor está implicado, sistema, cliente, compañía aérea, etc.
  - ¿En qué estado? El evento sucede en un estado. Retrasado, Alerta, Normal, etc.



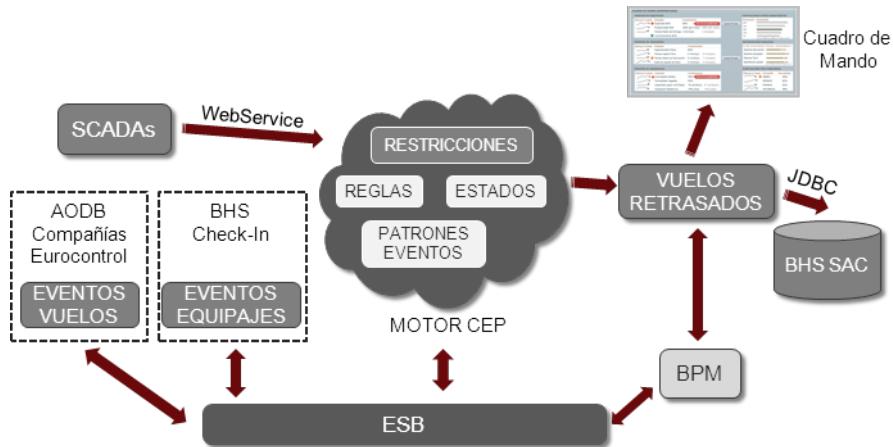
**Figura 68. Capacidades del Event Processing Agent**

EPN (*Event Processing Network*) como segundo elemento básico: es una red compuesta por un conjunto de agentes (EPA), la serie de canales que los conectan y los flujos de información.

- Se representa como un grafo dirigido. En el que cada nodo es un evento.
- Su misión es detectar patrones sobre eventos múltiples.
- Ejemplos de este tipo de aproximación es Oracle/BEA Weblogic Event Server y Event Zero.

## 7.4. Aplicación

Como ejemplo representativo a los patrones de retrasos de vuelos, en los que el lector habrá adivinado la posible presencia de infraestructura de integración, BPM, etc. mostramos a continuación una simplificación de esta arquitectura con dicha combinación de elementos.



**Figura 69. Arquitectura de utilización de CEP en un entorno de integración de sistemas y procesos automáticos de negocio**

En el mundo aeroportuario, podemos plantear infinidad de situaciones, en las que la aplicación de CEP puede ser de gran ayuda, por ejemplo:

- Ante los diferentes eventos de incrementos de consumo por parte de instalaciones de la terminal (máquinas de climatización, luminarias, equipamiento de los concesionarios, etc.) que indiquen una clara superación en la demanda de consumo eléctrico con la compañía distribuidora, con el consiguiente incremento del gasto económico, deslastrar instalaciones no críticas, dejar de usar instalaciones no necesarias en ese momento, por ejemplo módulos de aparcamiento no necesarios por demanda (que también puede ser tratado como evento), equipos de climatización en zonas poco transitadas, luminarias, etc.
- Detección de eventos de pasajeros facturando en equipos CUSS y CUTE, cuántos facturan, estado de los equipos, eventos de mantenimiento de los equipos, situaciones de baja disponibilidad de los mismos, formación de colas, etc.

- Utilización de los eventos reales aeroportuarios en simulaciones de los procesos clave aeroportuarios, predicción de situaciones de riesgo, anticipación de recursos, etc.
- Todas las relativas al conjunto de eventos que pueden provocar el retraso en la salida de los vuelos, etc.
- Eventos de tránsito de los pasajeros por la terminal, predicción de comportamientos comerciales, análisis de posibles reclamaciones, etc.

Es ahora, cuando se está alcanzando una madurez en el proceso de normalización de la arquitectura de integración así como los procesos a los que impacta, cuando se hace necesario avanzar en la potencialidad de la información disponible, para transformarla en conocimiento y en fuente de información para análisis y predicción de eventos que impactan sobre los procesos aeroportuarios, así como una oportunidad para la creación y mejora de los servicios que ofrece la instalación aeroportuaria a todos sus usuarios, ya sean pasajeros como compañías concesionarias, compañías aéreas, agentes *handling*, etc.

Se trata, por tanto, de incorporar una serie de beneficios tangibles e intangibles que podemos resumir en los siguientes puntos:

- Reducción de costes mantenimiento.
- Reducción de costes de consumo energético.
- Mejora en el cumplimiento de los indicadores de nivel de servicio, así como la oportunidad de creación y mejora de los mismos mediante la información disponible.
- Implantar un salto cualitativo en la arquitectura de sistemas basada en que proporcione un nuevo nivel de conocimiento.
- Adopción de la automatización de procesos mediante los cuales se combinan las actividades manuales gestionadas por personas, como de actividades gestionadas por sistemas.
- Facilitar y hacer más sencilla la visibilidad del estado general aeroportuario.
- Anticipar y detectar necesidades y riesgos, cercanos al tiempo real, que impactan sobre los procesos aeroportuarios.

- Incorporar nuevos servicios a terceros, tales como:
  - Plataforma de minería de datos para el análisis de mercado en tiempo real, del comportamiento y consumo de los pasajeros en los comercios del aeropuerto.
  - Gestión personalizada de los pasajeros a demanda de las compañías aéreas.
  - Información a las compañías aéreas y agentes *handling*, sobre el estado de los sistemas que impactan en los procesos de aeronaves y pasajeros, informando en tiempo real sobre posibles situaciones adversas y oportunidades de optimización de la operación.

Y como resumen final mostremos en el siguiente diagrama de forma gráfica la funcionalidad que ofrece CEP.



**Figura 70. Funcionalidad básica de CEP**

**Cuadros de mando.  
Indicadores y acuerdos de  
nivel de servicio. Gestión de la  
incertidumbre de los centros  
de gestión aeropuaria**



En un entorno como el aeroportuario el grado de incertidumbre sobre la cantidad de eventos y sus consecuencias crece a medida que la complejidad de sus procesos, sistemas y actores evolucionan.

Aspectos como:

- Eventos y consecuencias, así como sus magnitudes.
- Gestión del riesgo. Sus factores y desencadenadores.
- Áreas de incertidumbre.
- Oportunidades de mejora.

Son claves en la gestión aeroportuaria, y el rápido crecimiento ocurrido en estos últimos años, ha introducido nuevas variables a considerar, tales como el aumento de pasajeros respecto a la década anterior, el incremento de las normativas de seguridad, explotación comercial, etc.

La gestión de la incertidumbre está en la gestión de los propios procesos, en las relaciones y en sus vínculos. Gestionar en la incertidumbre supone la falta de gestión en el conocimiento seguro y claro de la realidad con la suficiente immediatez. Esta limitación de conocimiento dificulta la resolución rápida y eficaz de escenarios de resolución de incidencias que afecten a la operativa aeroportuaria, tanto del propio aeropuerto como de la red, así como a los servicios prestados.

La introducción de nuevos mecanismos y tecnologías para una gestión aeroportuaria cuya complejidad requiere de nuevas formas de gestión y adaptación de los procesos existentes, implica una implantación serena y evolutiva para adaptar a las organizaciones al cambio y afrontar esta nueva gestión desde un punto de vista de oportunidad de mejora cualitativa y cuantitativa.

La oportunidad de mejora que se presenta en esta nueva forma de gestión permite prever y anticiparse en los escenarios de resolución de incidencias. Mediante la información fiable, y en tiempo, se reducen las variantes de escenarios a resolver, lo que permite definir un número menor de estrategias de gestión. Es imposible predecir lo que pasará y, por tanto, cómo actuar. Concentrémonos en lo que tenemos.

Esta oportunidad de mejora la podemos concretar en los siguientes puntos:

- La definición de procesos y estrategias exige un entendimiento profundo de lo que sucede en el aeropuerto y en todos los actores que intervienen en él, pasajeros, compañías aéreas, trabajadores, concesionarias, etc.

- Protege la inversión, ganar flexibilidad y crear nuevas oportunidades de mejora.
- Introduce un nuevo ritmo de gestión.
- Añade dinamismo en la gestión de los procesos aeroportuarios, anticipar cambios y necesidades.

### **8.1. ¿Cómo afrontarlo en la práctica?**

En la experiencia aeroportuaria española se observan diferentes tendencias locales en la gestión y coordinación global.

- Airport Operations Center APOC Centralizado (APOC-C), en donde se centraliza la gestión y coordinación de los principales procesos aeroportuarios. Tanto en tiempo real como de planificación.
- APOC distribuidos (APOC-D), cuya labor es la coordinación entre los centros locales de proceso, permite coordinar y dar a conocer aquellos eventos relevantes que impactan en cada uno de ellos.
- Centros locales de proceso, cada centro local de proceso se encarga de coordinarse con el resto mediante procedimientos de comunicación a medida. Centros locales como, mantenimiento, operaciones, seguridad, servicios aeroportuarios, informática, etc.

Cada tipo de centro implica una serie de características, ventajas e inconvenientes simplificados en la siguiente tabla:

TIPO	NIVEL COORDINACIÓN	NIVEL INTEGRACIÓN SISTEMAS	AUTOMATIZACIÓN PROCESOS	OPTIMIZACIÓN PERSONAL	CONOCIMIENTO DEL ESTADO GENERAL AEROPORTUARIO	CALIDAD DEL SERVICIO
APOC-C	ALTO	ALTO	ALTA	ALTA	ALTO	ALTO
APOC-D	MEDIO / ALTO	MEDIO	MEDIA	BAJA	MEDIO	MEDIO / BAJO
CENTROS LOCALES	BAJO / MEDIO	BAJO	BAJA	BAJA	BAJO	BAJO

**Tabla 6. Características y diferencias entre APC-C, APOC-D y centros locales de gestión aeroportuaria**

Veamos brevemente las características y objetivos principales de los diferentes centros de gestión:

**APOC-C.**

- Vista global del estado del Aeropuerto.
- Centro de Coordinación y Control único.
- Punto de Contacto único.
- Comunicación inmediata entre procesos aeroportuarios.
- Medición del nivel de calidad y servicio prestado.
- Análisis de los resultados de la prestación de servicio.
- Optimización de recursos y costes de explotación.



**Figura 71. Departamentos organizativos presentes en un APOC-C**

Con la descentralización de los diferentes departamentos aeroportuarios se afrontan los siguientes problemas:

- Coordinación complicada.
- Falta de información inmediata del estado global aeroportuario para tomar decisiones.
- Muchos canales de comunicación.
- Tiempos de respuesta largos.
- Personal especializado en una sola área.

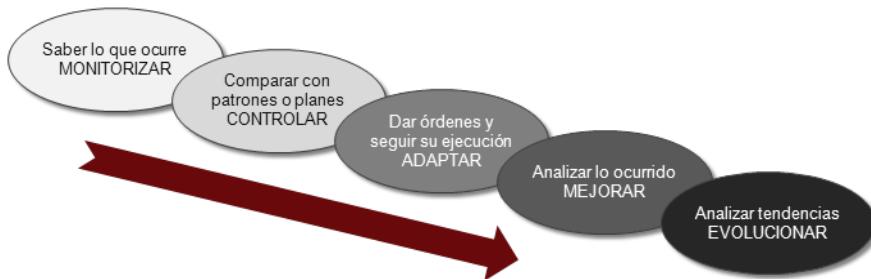
El APOC-C viene a suprir estas carencias y dificultades ofreciendo las siguientes ventajas:

- Coordinación facilitada.
- Mejor información para tomar decisiones.

- Integración de las comunicaciones.
- Reducción de tiempos de respuesta.
- Personal multifuncional (optimización del personal).

Su misión principal es, adaptar los procesos y recursos disponibles a los sucesos, demanda y estado del sistema aeroportuario, en un entorno de calidad. Esto es:

- Saber lo que ocurre. MONITORIZAR.
- Comparar con patrones o planes. CONTROLAR.
- Dar órdenes y seguir su ejecución. ADAPTAR.
- Analizar lo ocurrido. MEJORAR.
- Analizar tendencias. EVOLUCIONAR.

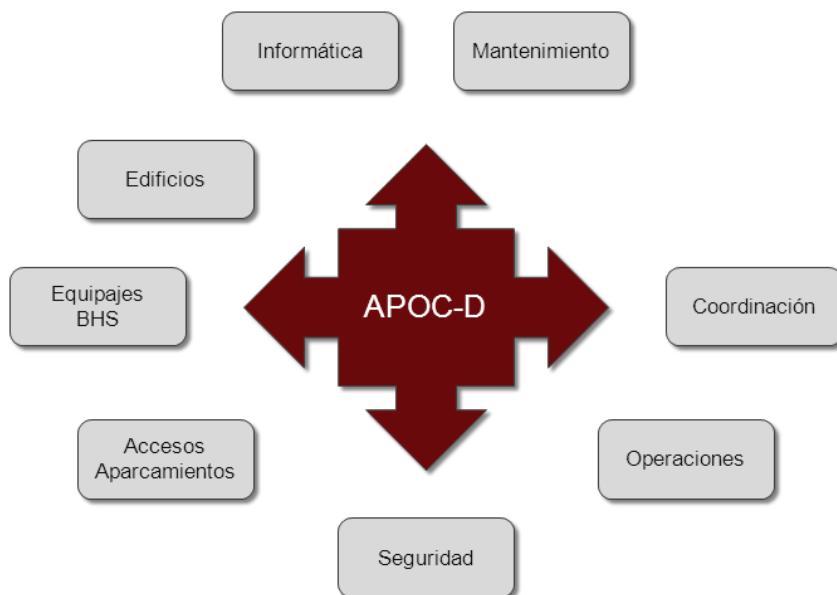


**Figura 72. Misión del APOC-C**

#### *APOC-D.*

- Vista básica del estado del Aeropuerto.
- Centro de Coordinación único.
- Punto de apoyo de los centros locales.
- Comunicación de eventos que puedan afectar a los diferentes procesos.
- Seguimiento de procesos de forma básica.
- Mejora de la calidad de servicio.
- Los centros locales controlan y miden sus procesos.

Se trata pues, de un modelo de gestión más orientado a una coordinación no ejecutiva, como sí hace el APOC-C, en la que el centro de gestión es facilitador del conocimiento del estado del aeropuerto y de la coordinación entre departamentos.



**Figura 73. Coordinación con los departamentos organizativos mediante APOC-D**

Las ventajas respecto al modelo descentralizado son:

- Coordinación básica.
- Mejor información para tomar decisiones.
- Facilitador en la coordinación.
- Mantiene independencia de los centros locales.
- Visualización básica del estado aeroportuario.
- Capacitado para integrar centros de control locales, facilita su evolución a APOC-C.

Tanto para el APOC-C como para el APOC-D, existen unos objetivos comunes básicos claros que mencionamos a continuación:

- Objetivos estratégicos:
  - Alinear a los actores aeroportuarios con los objetivos del aeropuerto.

- Facilitar el cumplimiento de los niveles de calidad de servicio y seguridad en los procesos aeroportuarios.
- Objetivos funcionales:
  - Obtener una imagen del estado global del aeropuerto por cualquiera de los actores implicados en su operación y/o gestión.
  - Implantación homogénea de los procesos de gestión del tiempo real a todos los niveles organizativos del aeropuerto, por medio de la definición de reglas de fácil comprensión para todos los actores del modelo.
  - Visión global del proceso aeroportuario con la suficiente información de contexto para permitir, no sólo la detección de las incidencias, sino la valoración de su impacto y la toma de decisiones adecuadas para su mitigación y/o resolución.
- Objetivos de rendimiento:
  - Mejorar el índice de cumplimiento de la programación establecida convirtiendo al aeropuerto en reductor de demoras dentro de la red.
  - Definición de indicadores y cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio.
  - Mejorar la predicción ante desvíos en la operativa respecto a lo planificado con anterioridad y mejorar la capacidad de anticipación ante contingencias e incidencias.

## **8.2. Cuadros de mando en la gestión aeroportuaria**

La inclusión de los cuadros de mando en la gestión aeroportuaria son claves para conseguir un punto de información del estado general aeroportuario desde el cual gestionar ágilmente los diferentes procesos que dan soporte a la operación aeroportuaria.

Los cuadros de mando según la definición original [32], es una herramienta revolucionaria, (definición de 1982) para movilizar a la gente hacia el pleno cumplimiento de la misión, a través de canalizar las energías, habilidades y conocimientos específicos de la gente en la organización hacia el logro de metas estratégicas de largo plazo. Permite tanto guiar el desempeño actual

como apuntar el desempeño futuro. Usa medidas en cuatro categorías [33]:

- Desempeño financiero.
- Conocimiento del cliente.
- Procesos internos de negocios.
- Aprendizaje y crecimiento.

Estas categorías son útiles para alinear iniciativas individuales, organizacionales y tras-departamentales e identifica procesos enteramente nuevos para cumplir con objetivos del cliente y accionistas.

Desde el punto de vista de negocio aeroportuario podríamos adaptar y resumir esta definición a:

*"Es la herramienta que permite gestionar los procesos de tiempo real, indicadores, acuerdos de nivel de servicio con compañías, adjudicatarios, pasajeros y demás actores implicados permitiendo conocer el estado general aeroportuario y predecir situaciones cercanas en el tiempo".*

Obviamente esta definición está orientada a centros de gestión de tiempo real, pero nótese que cuadros de mando de otros niveles, por ejemplo estratégicos, pueden alimentarse de la información y eventos gestionadas por éstos.

Desde cualquiera de los enfoques de negocio que podamos imaginar, hay una consideración que por su simpleza creo que resume el alcance de los cuadros de mando:

*"No puedes gestionar lo que no puedes medir ni monitorizar"*  
*(Peter Drucker)*

### **8.2.1. ¿Está preparada la organización?**

Adoptar un cuadro de mando [32], no es adoptar un sistema más en la organización, como un mero elemento autónomo más de gestión, tiene profundas implicaciones en la organización, la cual ha de estar preparada para cambiar el modelo de gestión y aprovechar la oportunidad de mejora que los cuadros de mando introducen en la gestión aeroportuaria. Por lo que toda organización que considera la implementación de un cuadro de mando debe preguntarse lo siguiente:

- ¿Tiene su organización una estrategia clara, coherente, con objetivos y medidas bien definidas?

- ¿Se ha demostrado que la organización necesita del Cuadro de Mando? ¿Cuánto es el padecimiento por no tener la capacidad de seguir y medir el rendimiento y estado del negocio?
- ¿Cómo afrontan los mandos intermedios la implementación del Cuadro de Mando? ¿Lo apoyan? ¿Están abiertos a hacer públicos los datos de rendimiento de sus procesos?
- ¿El grupo de implementación del Cuadro de mando tiene suficiente conocimiento y experiencia de negocio y técnico?
- ¿Tiene la organización cultura de toma de decisiones basadas en métricas?
- ¿Existen los datos para alimentar a los indicadores? ¿Son limpios y completos?
- ¿Tiene la organización una infraestructura técnica suficiente para soportar al Cuadro de Mando?

### **8.2.2. Clasificación y tipos de cuadros de mando**

No existe el cuadro de mando universal que abarque todas las necesidades de una organización, existen diferentes tipos de cuadros de mando según su misión y fuentes de información y aplicación, veamos brevemente cuáles son:

- Según su información:
  - Operacionales. Realizan el seguimiento de las actividades operacionales centrales de la empresa, enfocándose más en la monitorización de estos más que en su análisis y gestión.
  - Tácticos. Abordan seguimiento de los procesos y proyectos departamentales, centrándose en su análisis y no en su gestión o monitorización.
  - Estratégicos. Siguen la ejecución de los objetivos estratégicos, primando la gestión frente al análisis y monitorización.

- Según su aplicación:
  - Monitorización. Permite ver información crítica de un vistazo, de forma gráfica.
  - Análisis. Permite a los usuarios analizar y explorar datos de rendimiento en varias dimensiones y niveles de detalle para llegar hasta el origen de la información.
  - Gestión. Promueve la comunicación entre los ejecutivos, gerentes y personal, y proporciona una continua alimentación de información de las actividades críticas permitiendo dirigir de forma correcta la organización.

De forma esquemática, en la siguiente tabla, podemos ver resumido los diferentes tipos de cuadros de mando.

	OPERACIONAL	TÁCTICO	ESTRATÉGICO
PROPOSITO	Monitorizar operaciones	Medir progresos	Ejecutar estrategias
USUARIOS A LOS QUE SE DIRIGE	Supervisores, especialistas	Directores, Analistas	Ejecutivos, gerentes, personal
ÁMBITO	Operacional	Departamental	Empresarial
INFORMACIÓN	Detallada	Detallada/Resumida	Detallada/Resumida
ACTUALIZACIÓN DE DATOS	Diaria	Diaria/Semanal	Mensual/Trimestral
ENFOQUE	Monitorización	Ánalisis	Gestión

**Tabla 7. Tipos de cuadro de mando**

En los centros de gestión aeroportuarios la funcionalidad de los cuadros de mando necesariamente debe considerar las siguientes características:

- Deben estar orientados (enfocados) a los procesos aeroportuarios. (Pasajeros, Equipajes, Aeronaves e instalaciones/mantenimiento).
- Permitir la definición de indicadores y medidas.
- Representación sencilla y clara de indicadores y medidas.
- Control de indicadores y medidas en tiempo real.

- Agregar la información desde múltiples fuentes de información. SOA/BPM, bases de datos, BPM, CEP, DW/Datamining, etc.
- Permitan analizar y explotar la información desde los puntos de vista del cliente, del proceso, financiero, de la capacidad de mejora y descubrimiento de oportunidades.
- Permitan la ejecución de procesos automáticos de negocio.

### **8.2.3. Indicadores de negocio. KPI**

Una de los elementos fundamentales que forman parte de los cuadros de mando son los indicadores de negocio (KPI) que son las métricas que proporcionan una visión de los progresos y deficiencias, en las actividades y procesos de la organización, en este caso del negocio aeroportuario ya que ayudan a definir y medir el progreso hacia los objetivos marcados en el aeropuerto. Se trata de un concepto desarrollado en los años 60 por McKinsey [33] y es una de las formas más comunes de medición en la gestión de muchas organizaciones en el mundo. De forma teórica-práctica el proceso de desarrollo y estudio de los KPI a implementar sigue el siguiente orden:

- Identificación de los objetivos estratégicos de la empresa.
- Identificación de los factores críticos que llevarán al éxito de los objetivos estratégicos de la empresa.
- Definición de las metas para dirigir las acciones de todos los actores internos de la empresa.
- Identificación de las acciones que son necesarias para alcanzar dichas metas.

Hay que señalar que los KPI no identifican las debilidades de los procesos y actividades, sólo informan sobre los valores alcanzados por los actores individuales de la organización. Son comúnmente utilizados en *Business Intelligence* como datos de entrada para mostrar el estado actual del negocio y además, proyectar el posible rumbo que seguirá la organización.

Además son métricas indispensables para la elaboración de Acuerdos de Nivel de Servicio (ANS o SLA).

Los KPIs entre las múltiples características que deben tener, recogemos las siguientes [34]:

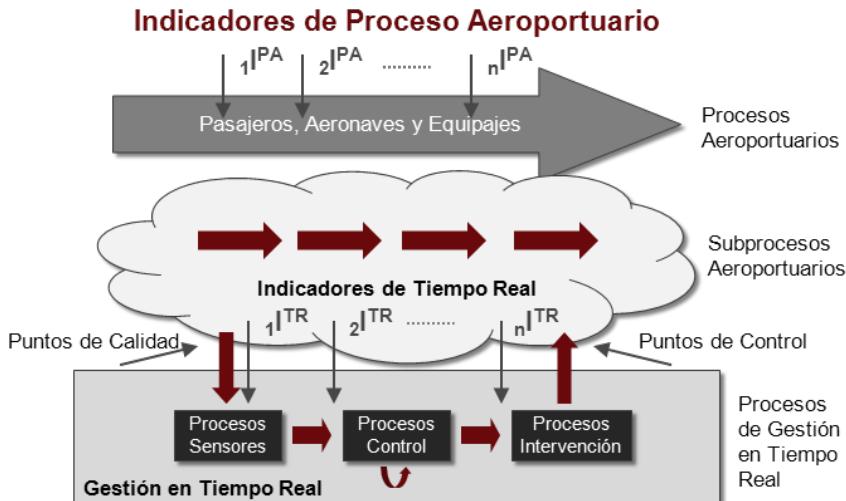
- Reflejan las directrices estratégicas del negocio.
- Son definidas por los gestores de negocio.
- Su alcance abarca a toda la organización. Desgranándose en cada nivel organizativo.
- Están basados en datos válidos.
- Deben ser sencillos de comprender.
- Son siempre relevantes.
- Proporcionan información de contexto.
- Refuerzan la acción de sus usuarios.

Como complemento final, mostramos un formulario básico utilizado para enfocar el diseño de los KPI [34]:

FUNCIÓN DE NEGOCIO	¿Para qué función de negocio es necesario el KPI?
ENFOQUE DEL KPI	¿Orientado al cliente, interno, financiero, etc.?
JUSTIFICACIÓN DE NEGOCIO E IMPORTANCIA ESTRATÉGICA	Justificar por qué es necesario el KPI. ¿Qué aporta a la ejecución estratégica, operacional o táctica de la organización?
DUEÑO DEL KPI	Experto en la materia que lo define y se hace dueño de su necesidad. ¿Quién lo define, aprueba, etc. el KPI?
OBJETIVOS DEL KPI	Definir los objetivos y alcance del KPI. ¿Cómo es elegido el objetivo y alcance, y quién aprueba el objetivo?
DEFINICIÓN, CÁLCULO Y CRITERIOS	¿Cómo se calcula? ¿Bajo qué criterio/s?
ORIGEN Y DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS	¿Cuál es el origen de los datos? ¿Cómo se recopilan? ¿Cuándo están disponibles los datos?
INFORMES QUE LOS USAN	¿Hay informes que lo van a usar?
KPI RELACIONADOS	¿Está influido por otros KPI? ¿Influye este KPI en otros?
ESTADO	Aprobado, Pendiente, Fecha de implementación prevista, etc.

**Tabla 8. Formulario para el diseño de KPI**

Ejemplo de indicadores del Proceso Aeroportuario [35]:



**Figura 74. Indicadores del proceso aeroportuario**

La combinación jerarquizada de los indicadores permite componer uno de los objetivos clave dentro de la gestión del aeropuerto, esto es, conseguir mostrar el Estado Global Aeroportuario (EGA).



**Figura 75. Estado global aeroportuario**

Dentro de los múltiples indicadores desarrollados se pueden nombrar un pequeño conjunto de ellos:

- Puntualidad de llegadas Aeronaves.
- Puntualidad general del proceso de equipajes.
- Porcentaje de pasajeros con equipajes perdidos.
- Porcentaje de infracciones por ruido por operación.
- Tiempo medio de espera en el filtro de seguridad.
- Productividad media del sistema de equipajes.
- Tiempo medio de facturación.
- Pasajeros facturados por vuelo.
- Puntualidad por Compañías.
- Tiempo medio entre puesta de calzos y entrega de la primera maleta.

#### **8.2.4. Cuestiones sobre diseño y desarrollo de los cuadros de mando**

No es objeto de esta monografía detallar las cuestiones sobre el diseño visual, *usabilidad* y aspectos de desarrollo software de los mismos. Pero sí hemos de indicar su vital importancia dentro del proceso global de especificación de los cuadros de mando. Ya que es uno de los grandes olvidados, incluso por productos comerciales de renombre.

La importancia la señala Stephen Few [36] "El cuadro de mando es un dispositivo visual con la mayoría de información necesaria consolidada y establecida en una sola pantalla, por lo que la información puede ser monitorizada de un vistazo".

Podemos recomendar al lector las lecturas y guías sobre diseño indicadas en el apartado de bibliografía y referencias al final de este capítulo como [37], [38], y [39].

No obstante, como muestra de todos los conceptos indicados en este capítulo y en los anteriores, en los que se versa cómo definir el modelo de información, cómo trasladar esta información, cómo lanzar procesos de adaptación o acción, indicadores, criterios de diseño y *usabilidad*, etc. Mostramos a continuación varios ejemplos y conceptos de cuadros de mando aeroportuarios tanto en entorno de escritorio como de movilidad.

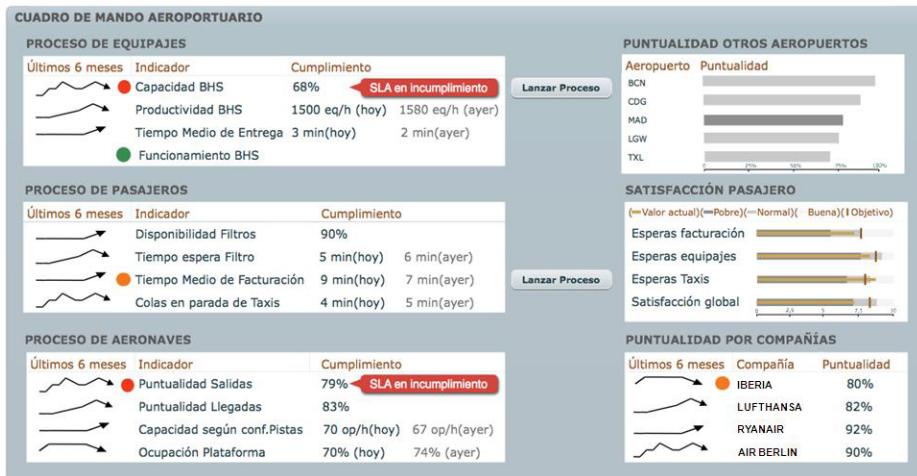


Figura 76. Ejemplo de un prototipo de cuadro de mando aeroportuario



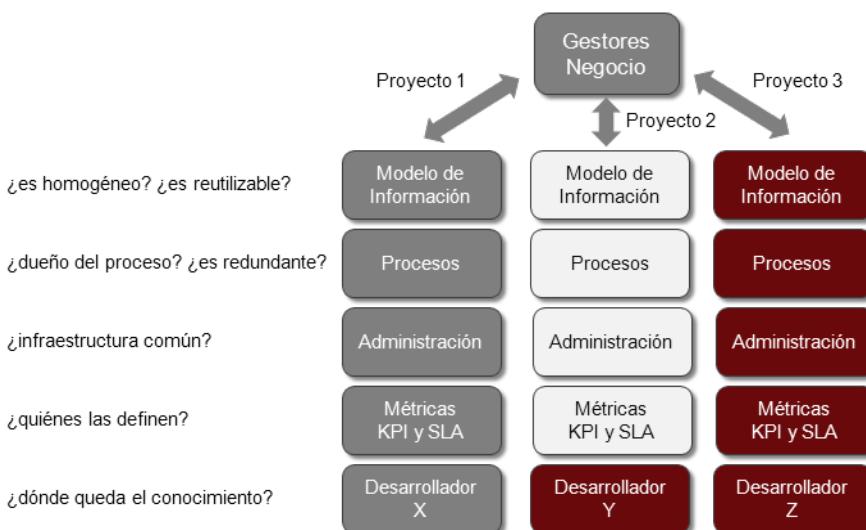
Figura 77. Ejemplos en entorno móvil de un cuadro de mando aeroportuario

## **Implantación de centros de competencia de integración, servicios y procesos aeroportuarios**

### **9.1. Gestión del diseño e implantación del modelo de información, servicios de integración y procesos**

Un Centro de Competencia es un equipo especializado en un área de conocimiento concreta, estratégica y que tiene una aplicación transversal y crítica, y por lo tanto, es un instrumento fundamental para el desarrollo y la evolución de las TIC de una organización. Permite coordinar y complementar tareas que se llevan a cabo, reduciendo redundancias y aumentando la eficiencia. La centralización de estas tareas asegura que la información y las mejores prácticas son comunicadas y compartidas por toda la organización.

La figura siguiente muestra la problemática en la gestión de proyectos y actividades relacionadas con las tecnologías y conceptos de integración de sistemas, indicadores de negocio y procesos automáticos.



**Figura 78. Problemática en la gestión de proyectos de integración y procesos**

Los Centros de Competencia tratan de resolver esta problemática enfrentándose a las dudas planteadas en la figura anterior y de las que surgen otras cuestiones adicionales.

- ¿Es homogéneo y reutilizable el Modelo de Información/Métricas?

- ¿Es posible tener una gestión unificada de los datos y evitar duplicidades de información?
- ¿Quiénes son los dueños de los procesos? ¿Existen redundancias o solapamientos? ¿Se pueden optimizar?
- ¿Qué infraestructura común se utiliza? ¿Es escalable? ¿Resulta óptima su administración?
- ¿Quiénes definen las métricas, indicadores y acuerdos de nivel de servicio? ¿Cómo se realiza su seguimiento? ¿Qué sistemas ayudan?
- ¿Dónde queda el conocimiento del desarrollo e implantación de los proyectos de integración, procesos, *Business Intelligence* y cuadros de mando? ¿Cómo se evoluciona?

Un Centro de Competencia tiene dos vertientes de actividad:

1. Estrategia. Acumular conocimiento, comunicar buenas prácticas, formar/divulgar, redactar y consensuar normativas, etc.
2. Ayuda a proyectos. Aportar conocimiento, asegurar la coherencia de los proyectos con la normativa establecida, etc.

La actividad del Centro de Competencia se extiende a todos los procesos operativos de forma transversal y está directamente vinculada a las acciones de gobierno de las TIC.

En un entorno aeroportuario es básica la implantación de un Centro de Competencia de Integración, Procesos y Servicios para la gestión de toda la infraestructura de integración, automatización de procesos y servicios, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista de análisis, gestión de nuevos desarrollos y necesidades asociadas a la arquitectura orientada al servicio y procesos.

Un Centro de Competencia aporta valor estratégico a través de todos sus sistemas y procesos, reduciendo significativamente la complejidad y los costes asociados a la entrega de datos inmediatos, precisos y comprensibles a todos los sistemas implicados en el proceso aeroportuario. Gracias a los centros de competencia de integración, se puede evitar la fragmentación y los esfuerzos ineficaces por medio de un conjunto común de servicios compartidos, metodologías y políticas.

Los centros de competencia de integración ayudan a disminuir los costes y riesgos, desarrollando funciones y procedimientos especializados en la integración de datos y aplicándolos a todos los procesos operativos.

Los objetivos del Centro de Competencia son los siguientes [40]:

- Coordinación de todos los proyectos específicos de integración, servicios y procesos.
- Colaboración más efectiva entre los gestores y conoedores del negocio con el personal de análisis y técnicos.
- Interfaz único del Aeropuerto con los proveedores y desarrolladores.
- Aprovechamiento de la experiencia en las implantaciones de integración, servicios y procesos, ya que el conocimiento permanece en la organización.
- Estandarización del modelo de datos, las metodologías y buenas prácticas.
- Administración y monitorización de la infraestructura.
- Mejor utilización de los recursos escasos, combinando funciones de integración de datos, recursos y procesos en un solo grupo.
- Reducción de los costes de desarrollo y mantenimiento, y de los plazos de entrega de los proyectos.
- Disminución de la duplicación de datos y los esfuerzos de integración.
- Desarrollo a partir de éxitos previos en lugar de empezar de nuevo con cada proyecto.
- Consolidar la inversión en integración y procesos.
- Medir la efectividad de las implantaciones y alinearlas con las necesidades de los procesos, KPI y SLA.
- Establecer un mecanismo de eliminación de redundancias, ya sean interfaces como roles.
- Permitir ser flexibles a los cambios en los requisitos de los proyectos y variaciones en los procesos.

- Gestión de la configuración y control de cambios.
- Darle la importancia necesaria en la organización y entroncarla en la estrategia global de IT. Hacer que sea un activo más de la organización.
  - Centro de formación de procesos dentro de la organización.
  - Capacidad de realizar proyectos piloto.

Un Centro de Competencia de integración, servicios y procesos aeroportuarios debe contar con la siguiente organización en cuatro secciones:

- Administración y mantenimiento.
- Consultoría de integración y negocio.
- Procesos y Business Intelligence.
- Indicadores y servicios.

Esta organización establece una serie de relaciones con todos los implicados en el proceso, se muestran de forma gráfica en la siguiente figura:



**Figura 79. Organización basada en centros de competencias**

A su vez dentro de cada una de estas secciones se establecerían una serie de roles con unas funciones determinadas, tal como se detalla en las siguientes tablas [41]:

ADMINISTRACIÓN Y MANTENIMIENTO	
ROLES IMPLICADOS	FUNCIONES
Responsable Administración y Mantenimiento	Coordinación del personal de informática: Gestión de los recursos disponibles y distribución de tareas entre los administradores de la plataforma de integración.
Administrador de Sistemas	Monitorización y gestión de la plataforma de integración y procesos: Control y seguimiento de los componentes de la infraestructura de integración: control de los adaptadores, paradas/arranques, control de logs, control de alarmas en los sistemas de monitorización, gestión de las licencias, optimización de los recursos hardware.
	Control de la puesta en producción: Control técnico de la puesta en producción de nuevas instalaciones, versiones, etc. lo que permite controlar la puesta en marcha final y en caso de fallo, la marcha atrás a la última configuración válida.

**Tabla 9. Roles en la administración y mantenimiento**

CONSULTORÍA DE INTEGRACIÓN Y NEGOCIO	
ROLES IMPLICADOS	FUNCIONES
Consultor de Integración/ Consultor de Negocio	Análisis de necesidades técnicas y de negocio.
	Análisis de viabilidad técnica: capacidad de los sistemas a integrar, información a extraer de los nuevos sistemas que se van a poner en servicio para integrarse con los sistemas existentes y cubrir las necesidades de negocio.
	Análisis y evaluación de tecnologías de integración. Evolución de la plataforma (arquitectura, herramientas, etc.).
	Diseño de arquitecturas lo suficientemente abiertas para que la plataforma de integración evolucione frente a nuevas necesidades de futuro, por ejemplo implantación de BPM's, BAM's, Datawarehouse/Datamining. Esto plantea la necesidad de estar al día en nuevas herramientas y posibilidades para optimizar la plataforma de integración, siempre con el objetivo de mejorar los procesos y operaciones.
	Control y gestión de los desarrollos.

CONSULTORÍA DE INTEGRACIÓN Y NEGOCIO	
ROLES IMPLICADOS	FUNCIONES
	Participación activa en la redacción de los requisitos técnicos para las contrataciones de proveedores y desarrolladores.
	Gestión de explotación.
	Certificación en entorno de preproducción y producción: establecimiento de una metodología y ejecución de pruebas sobre todos los desarrollos relacionados con integración.
	Diseño y coordinación de todas las necesidades para la puesta en producción de los elementos de integración: configuración de los sistemas, configuración de red, procedimiento de marcha atrás, gestión de versiones, scripts, etc.
	Seguimiento de la evolución natural de los flujos de información de la plataforma de integración y sus implicaciones en la implantación de procesos automáticos de negocio.
	Gestión del modelo de datos.

**Tabla 10. Roles en la consultoría de integración y negocio**

PROCESOS Y BUSINESS INTELLIGENCE	
ROLES IMPLICADOS	FUNCIONES
Director de procesos	Definición de la arquitectura de procesos de negocio.
Arquitecto de procesos	Diseño y construcción de modelos y entornos para los procesos de negocio clave, como son flujos de trabajo, indicadores clave de desempeño (KPI) y planes de control.
Ingenieros de procesos	Construcción de procesos de negocio ejecutables, incluyendo la creación de servicios a partir de la orquestación de otros y la creación de aplicaciones compuestas y de sistemas de medida, notificación y control.
Analista de procesos	Identificación de eventos que deben ser supervisados, diagnóstico de problemas en los procesos y soluciones al rendimiento.

**Tabla 11. Roles en procesos y Business Intelligence**

INDICADORES Y SERVICIOS	
ROLES IMPLICADOS	FUNCIONES
Responsable de métricas y ANS	Mantenimiento del contacto con los proveedores y clientes. Coordinación e implementación de los KPI y ANS. Gestión de los mecanismos de reporte y seguimiento. Coordinación de la resolución de conflictos.

**Tabla 12. Roles en indicadores y servicios**

En definitiva se trata de un centro transversal en la organización que aporta innumerables beneficios en todos los tramos de inversión, esto es, a corto, medio y largo plazo.



**Figura 80. La transversalidad de los centros de competencias**

## **Bibliografía y Referencias**

- [1] Aena Aeropuertos. Estadísticas de aeropuertos.  
[www.aena-aeropuertos.es](http://www.aena-aeropuertos.es).
- [2] The Airport IT Trends Survey 2009, 2010 y 2012. SITA, Airline Business y ACI.
- [3] Airport Collaborative Decision Making. Eurocontrol.  
[www.euro-cdm.org/](http://www.euro-cdm.org/)
- [4] Charla informativa sobre procesos aeroportuarios. Ángeles Varona. Isdefe. 2008.
- [5] Hacia la interoperabilidad en la gestión aeroportuaria: integración de sistemas y centros de gestión aeroportuarios. Aurelio Fernández y Ángeles Varona. Isdefe. 2008.
- [6] Introducción Web Semántica. José R. Pérez. Universidad Complutense.
- [7] Ontology and Semantic Web. MarekOvitko. Czech Technical University. 2008.
- [8] OWL y RDF. [www.w3c.org](http://www.w3c.org).
- [9] JSON Specification. [www.json.org](http://www.json.org).
- [10] Enterprise Integration Patterns. Gregor Hohpe, Bobby Wolf. Addison Wesley. 2006.
- [11] Service Oriented Architecture. Thomas Erl. Prentice Hall. 2004.
- [12] SOA Patterns. Arnold Rotem-Gal-Oz. Manning- 2012.
- [13] SCA. Assembly Model Specification. Open SOA. [www.osoa.org](http://www.osoa.org).
- [14] SDO. Service Data Objects.[www.osoa.org](http://www.osoa.org).
- [15] Amazon Web Services. aws.amazon.com/es.
- [16] Kiran Garimella. Software AG.
- [17] Khan Rashid. Fundador empresa Ultimus [www.ultimus.com](http://www.ultimus.com).

- [18] Workflow Management. Wil van der Aalst – Kees van Hee. The MIT Press 2001.
- [19] BPMN Notation Graphics. [www.bpmn.org](http://www.bpmn.org).
- [20] Workflow patterns. W. van der Aalst, A. ter Hofstede, B. Kiepuszewski, and A. Barros. Universidades Tecnológicas de Eindhoven (Holanda) y Queensland (Australia).
- [21] Southwest Airlines Operational Awareness using Business Events [www.tibcommunity.com/docs/DOC-1051](http://www.tibcommunity.com/docs/DOC-1051)
- [22] Opher Etzion. IBM Researcher. [epthinking.blogspot.com](http://epthinking.blogspot.com).
- [23] The Power of Events. David Luckman. Addison-Wesley. 2002.
- [24] Holistic Event Processing, future applications of CEP. David Luckham 2009.
- [25] Towards Proactive Enterprise Intelligence. Prof. Gregoris Mentzas. Director, Information Management Unit National Technical University of Athens. [www.slideshare.net/FInESCluster/p3-4gregoris-mentzas](http://www.slideshare.net/FInESCluster/p3-4gregoris-mentzas).
- [26] Event Processing in Action. Opher Etzion y Peter Niblett. Manning. 2011
- [27] Event Processing Languages Tutorial. Opher Etzion, Jon Riecke, Adrian Paschke. DEBS 2009.
- [28] Blending Complex Event Processing with the RETE Algorithm. Kay-Uwe Schmidt, Roland Stühmer, Ljiljana Stojanovic.
- [29] On the efficient implementation of production systems. Charles L. Forgy 1979.
- [30] Reaction RuleML. Adrian Paschke. 2006.
- [31] Event Processing Glossary. David Luckham, Roy Schulte. 2008.
- [32] The strategy focused organization. Robert S. Kaplan, David P. Norton. Ed. Harvard Business Press. 2001.
- [33] Barry Marcus. [www.helium.com](http://www.helium.com).

- [34] Key Performance Indicators. Wayne Eckerson. Director Investigación. TDWI.
- [35] Xavier Tarrats, Ramón Raposo. Asistencia Técnica CGA PMI. Isdefe 2009.
- [36] Information Dashboard Design. Stephen Few. Ed. O'Reilly. 2006.
- [37] Beautiful evidence. Edward R. Tufte. Graphics Press. 2006.
- [38] Performance Dashboards. Wayne W. Eckerson. Ed. Willey. 2006.
- [39] Don't make me think. Steve Krug. Ed.Que. 2000.
- [40] Integration Competency Center. Patrick Toenz. 2002.
- [41] Centros de Competencia e Integración. Lorenzo Pancorbo, Alberto Uceda y Pedro García. Isdefe. 2007.

## **Acrónimos**

A-CDM	Airport Collaborative Decision Making.
ACS	Access Control System. Sistemas de control de accesos.
AIDS	Aircraft Integrated Data System.
ALES	Alarms y estados. Lenguaje XML desarrollado en el entorno de Aena Aeropuertos.
ANS	Acuerdo de Nivel de Servicio.
AODB	Airport Operational Database. Sistema y base de datos operacional del aeropuerto.
AOML	XML Airport Operations Modelling Language. Lenguaje XML desarrollado en el entorno de Aena Aeropuertos.
API	Application Programming Interface.
APOC	Airport Operations Center.
APOC-C	Airport Operations Center Centralizado.
APOC-D	Airport Operations Center Distribuido.
AT	Asistencia Técnica.
ATB	Automated Ticket and Boarding Pass equipment. Impresora de tarjetas de embarque.
BAM	Business Activity Monitoring.
BBDD	Bases de datos.
BHS	Baggage Handling System. Sistema automatizado de tratamiento de equipajes.
BMS	Building Management System. Sistemas de gestión y control de instalaciones aeroportuarias.
BPEL	Business Process Execution Language.
BPM	Business Process Management.
BPMI	Business Process Mangement Initiative.
BPMN	Business Process Modelling Notation.
BRS	Baggage Reconciliation System.
BSM	Baggage Source Message.
BTP	Baggage Tag Printer. Impresora de etiquetas de equipaje.

BUM	Baggage Unload Message.
CCI	Common Client Interface.
CCTV	Círculo Cerrado de Televisión.
CEOPS	Centro de Operaciones.
CEP	Complex Events Processing. Procesado Complejo de Eventos.
CGA	Centro de Gestión Aeroportuaria.
CGTR	Centro de Gestión de Tiempo Real.
COBRANET	Protocolo de red para transmisión de audio por una red Ethernet.
CORBA	Common Object Request Broker Architecture.
CPI	Centro de Pruebas de Integración.
CRM	Customer Relationship Management.
CRUD	Create Read Update Delete
CSV	Comma Separated Values.
CUSS	Common Use Self-Service. Kiosco de auto facturación.
CUTE	Common Use Terminal Equipment. Sistema Terminal de uso compartido en facturación y embarque.
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.
DCOM	Modelo de Objetos Distribuidos de Microsoft.
DCS	Departure Control System. Sistemas de facturación y embarque de las compañías aéreas y agentes <i>handling</i> .
DTD	Document Type Definition.
EAI	Enterprise Application Integration.
EdC	Maquetas y elementos de configuración.
EDD	Earliest Due Date.
EdI	Pruebas de Escenarios de Integración.
EGA	Estado Global Aeroportuario.
EJB	Enterprise Java Bean.
EPA	Event Processing Agent.
EPN	Event Processing Network.

ERP	Enterprise Resource Planner.
ESB	Enterprise Service Bus.
FIDS	Flight Information Display System.
FIFO	First-in, first-out.
FTP	File Transfer Protocol.
Host Compañía	Sistema central de reservas de la compañía aérea.
HUBS	Aeropuerto concentrador de rutas aéreas.
HW	Hardware.
IaaS	Infrastructure as a Service. Infraestructura como Servicio.
IATA	International Air Transport Association.
IBM	International Business Machines.
IBT	In block Time.
IS	Integración de Sistemas.
IT	Information Technologies.
JBOSS JMS	Sistema de mensajería basada en el estándar JMS, implementada por la compañía JBOSS.
JCA	Java Connector Architecture.
JDBC	Java Database Connectivity.
JMS	Java Message Service.
JSON	JavaScript Object Notation.
KPI	Key Performance Indicator.
LAN	Local Area Network.
LIFO	Last-In, First-Out.
LOPD	Ley Orgánica de Protección de Datos.
MdI	Modelo de Información.
MDM	Master Data Management.
MEGAFONÍA/PA	Public Address System. Sistema de megafonía de avisos de carácter general y con información específica de embarque.
MGTR	Modelo de gestión del tiempo real.

Microsoft MSMQ	Microsoft Message Queue. Sistema de mensajería basada en colas de Microsoft.
MOM	Message-Oriented Middleware.
MQSERIES	Sistema de mensajería basada en colas implementada por IBM.
Mule	Fabricante de software especializado en Middleware.
.NET	Plataforma de desarrollo de Microsoft.
NMS	Noise Monitoring System.
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional.
ODBC	Open DataBase Connectivity.
OMG	Object Management Group.
Oracle/BEA JMS	Sistema de mensajería basada en el estándar JMS, implementada por la compañía Oracle.
ORBs	Object Request Brokers basados en CORBA.
OWL	Ontology Web Language.
OWL DL	Ontology Web Language Description Logic.
OWL Full	Ontology Web Language Full.
OWL Lite	Ontology Web Language Lite.
pBSM	Pseudo Baggage Source Message. Estructura de mensaje creada en Aena Aeropuertos.
PCI	Protección Contra Incendios.
ER	Protocolos de Pruebas.
PMI	Aeropuerto de Palma de Mallorca.
PMR	Persona con Movilidad Reducida.
RdI	Requisitos de Integración.
RdZ	Requisitos de Interfaz.
REST	Representational State Transfer.
RETE	Algoritmo de reconocimiento de patrones. Del Latín "rete". Red en castellano.
RFIDs	Radio Frequency Identification.
RMS	Resource Management System.

ROI	Return of Investment.
RR.HH	Rampa Handling.
RuleML	Rule Markup Language.
SaaS	Software as a Service. Software como Servicio.
SAC	Sorter Allocation Computer. Sistema que gestiona la asignación de medios en el BHS.
SAP	Systeme Anwendungenund Produkte. Empresa de origen alemán desarrolladora de productos ERP.
SCA	Service Component Architecture.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
SIEBEL	Producto CRM propiedad de la empresa Oracle.
SIS	Sistema Integrado de Seguridad.
SITA	Compañía proveedora de soluciones tecnológicas del transporte aéreo.
SLA	Service Level Agreement.
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol.
SNMPs	Simple Network Management Protocol.
SOA	Service Oriented Architecture.
Software AG	Empresa de software especializada en BPM y SOA.
SonicMQ	Sistema de mensajería basada en colas implementada por Sonic.
SPT	Shortest Processing Time.
SRPT	Shortest Rest-Processing Time.
SW	Software.
TETRA	Terrestrial Trunked Radio.
TIBCO	Empresa desarrolladora de soluciones SOA, BPM, CEP e Inteligencia de negocio.
TIBCO EMS	TIBCO Enterprise Message Service, producto de mensajería basado en JMS.
TIBCO Rendezvous	Sistema de mensajería desarrollado por TIBCO.
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

TOBT	Target Off-Block Time.
TPV	Terminal Punto de Venta.
TWR	Torre de control.
UDP	User Datagram Protocol.
URI	Uniform Resource Identifier
VIP	Very Important Person.
VMWare	Fabricante de software especializado en virtualización.
VPN	Redes privadas virtuales.
W3C	World Wide Web Consortium.
WAN	Wide Area Network.
WS	Web Service.
WSDL	Web Services Description Language.
Xen	Software de virtualización desarrollado por la Universidad de Cambridge.
XML	Extensible Markup Language.
XPDL	XML Process Definition Language.
XSD	XML Schema Definition.

