

INGENIERIA EN LA CONTRUCCION DE AEROPUERTOS: REDUCCION DE COSTES Y EL USO DE LEAN THINKING EN SU CONSTRUCCION

José Manuel Sánchez-Losada

Ph.D.c. en la Universidad del País Vasco - Profesor Asociado

Director del Aeropuerto de San Sebastián - *aena aeropuertos*

Abstract

In the last few years the air sector has experienced one of the most important changes of its short history. It is a fact that in the last few years Low Cost Airlines have obtained an elevated percentage of clients due to their reduced rate costs. For example, last year in Spain low cost airlines have managed more than 50% of all flights. But Low cost airlines demand low fares and the airports should offer cheaper fares in order to obtain a portion of this big demand of flights. Since the cost of their infrastructure is very high, the Amortization of the infrastructure becomes the 2nd element in importance.

That being so airports designers should start thinking in a more simple way. Lean Thinking could be an opportunity to redesign airports. Lean Thinking philosophy is based on the strict fulfillment of customer needs, avoiding anything not valuable from the client viewpoint and it has been applied to construction projects, becoming a differentiated management system called "Lean Construction".

Hence, this article considers the possibility of reducing the attributes of the infrastructure by using Lean Thinking in order to save money but doing so in a way compatible with Project Management (PMBOK).

Key words: Airports; Low-Cost; Project-Management; PMBOK®; Lean-Thinking; Lean-Construction

Resumen

En los últimos años, el sector aéreo ha experimentado uno de los cambios más trascendentales de su historia. Es un hecho que las compañías aéreas de Bajo Coste han obtenido un elevado porcentaje de usuarios gracias a sus precios más reducidos. Por citar un ejemplo, el año pasado las compañías aéreas de Bajo Coste transportaron más del 50% de los pasajeros en España. Sin embargo, estas compañías exigen disponer de infraestructuras cuyo coste sea más reducido con el fin de seguir ofreciendo vuelos a precio bajo. Por este motivo, los Aeropuertos han de adaptarse a dicha demanda ofreciendo tasas

más bajas. Dado que el coste de la infraestructura aeroportuaria es el segundo factor en importancia dentro de los costes aeroportuarios, resulta claro que los diseñadores de aeropuertos deben empezar a simplificar sus diseños. El pensamiento Lean representa una ayuda para conseguir este objetivo y ha sido aplicado a los proyectos de construcción, convirtiéndose en un sistema de gestión diferenciado denominado "Lean Construction".

Así pues, este artículo considera la posibilidad de ajustar los atributos de las infraestructuras aeroportuarias por medio del uso de la filosofía Lean para reducir costes, pero haciéndolo de forma compatible con Project Management (PMBOK).

Palabras clave: Aeropuertos; Low-Cost; Project-Management; PMBOK®; Lean-Thinking; Lean-Construction

1. Introducción

El sector aéreo se enfrenta a la necesidad imperiosa de reducir sus costes. Uno de los elementos que ha contribuido decisivamente al surgimiento de esta necesidad ha sido la irrupción de las compañías aéreas de Bajo Coste y el éxito que la misma ha cosechado en términos de cuota de mercado. La consecución de una cuota de mercado elevada ha puesto a estas compañías en posición de exigir mayor eficiencia a los operadores aeroportuarios. Por este motivo, los Aeropuertos se están viendo forzados reducir sus tasas, lo que les empuja a ser más eficientes en costes.

2. Objetivos

Dado que el coste de la infraestructura aeroportuaria representa un porcentaje elevado de los costes aeroportuarios, los diseñadores de infraestructuras aeroportuarias deben encontrar métodos que permitan reducir los costes de construcción. Por este motivo, el objetivo del presente artículo es mostrar cómo utilizar el pensamiento Lean para conseguir la reducción de costes de construcción de aeropuertos.

3. Metodología

La metodología utilizada ha consistido en un análisis de la situación actual, la revisión de la literatura existente, un análisis de los resultados obtenidos por la aplicación de las técnicas Lean y la elaboración de una propuesta para aplicar dichas técnicas a la construcción de aeropuertos.

Así, en el primer lugar se presenta la influencia que las compañías de bajo coste están teniendo en los requerimientos de reducción de las tasas de aeropuerto. En segundo lugar se analiza la situación actual de los aeropuertos y sus elevados costes de construcción. En el tercer lugar se analiza la respuesta dada por algunos aeropuertos diseñando infraestructuras diferenciadas para las compañías de bajo coste y se muestra que ello puede aumentar los costes totales. En cuarto lugar se analiza el estado del arte de la filosofía Lean Thinking. En quinto lugar se presentan los resultados obtenidos en el sector de la construcción por la aplicación de estas técnicas. Finalmente se llega a la conclusión de que dichas técnicas pueden ser aplicadas a la construcción de Aeropuertos con el resultado de reducción de costes de construcción y con ello satisfaciendo las necesidades de los clientes.

4. Caso de estudio: REDUCCION DE COSTES Y EL USO DE LEAN THINKING EN LA CONSTRUCCION DE AEROPUERTOS

A continuación se va a analizar la necesidad de reducir costes en la construcción de Aeropuertos y el uso de Lean Thinking para conseguirlo.

4.1. Influencia de Las compañías de Bajo Coste en el Sector aéreo

Se puede definir aerolínea de Bajo Coste (Low Cost) como aquella aerolínea que ofrece bajas tarifas a cambio de simplificar sus procesos y eliminar muchos de los servicios tradicionales a los pasajeros. El concepto surgió en Estado Unidos antes de extenderse por Europa principios de los 90 y de ahí al resto del mundo.

Las claves de una compañía aérea de Bajo Coste son:

- Una única clase de pasajeros en asientos no numerados
- Una flota compuesta de aviones de un único modelo.
- Vuelos cortos y con muchas frecuencias. Rutas simplificadas
- Venta directa de billetes, especialmente a través de Internet
- Empleados que realizan múltiples tareas y con sueldos menores.
- Ayudas de los gobiernos regionales, en forma de acuerdos comerciales, etc.
- Eliminar los “servicios añadidos”, equipajes suplementarios, catering, etc.

En un primer momento las compañías aéreas low-cost empezaron utilizando pequeños aeropuertos para el despliegue de sus operaciones. La predilección de las compañías de Bajo Coste por los aeropuertos secundarios más pequeños se debió a varios factores:

- Estaban menos congestionados, por lo que se reducían los gastos de espera.
- Tenían tasas de operación más bajas.
- Los gobiernos locales de dichas regiones más pequeñas solían subvencionar las operaciones.

Sin embargo, las compañías de bajo coste han dado el salto para competir directamente con las tradicionales en los aeropuertos principales, absorbiendo un porcentaje importante del mercado, lo que ha generado una presión añadida en estos aeropuertos para la disminución de los costes que se imputan, así como para la no contratación de ciertos servicios que eran comunes en las operaciones de las compañías tradicionales.

El motivo de esta presión ha de buscarse en las diferentes necesidades de las compañías de Bajo Coste, que son radicalmente opuestas a las necesidades de las compañías tradicionales. En un interesante artículo, De-Neufville (2007) analiza los principales requisitos que las compañías de bajo coste requieren de los aeropuertos.

1. Tasas de utilización bajas.
2. Tiempos de escala más cortos, entre 20 y 30 minutos.
3. Terminales de una sola planta (sin pasarelas)
4. Acceso peatonal hasta los aviones (para evitar uso de autobuses)
5. Utilización de altas densidades de pasajero por metro cuadrado
6. Utilización de hall común en lugar de salas de embarque diferenciadas

7. Utilización de menor número de puertas de embarque.
8. Servicios comerciales mínimos

En los últimos años la cuota de mercado de las compañías de bajo coste ha aumentado sustancialmente, representando en España más del 50% del mercado y en Europa cerca del 35%, estimándose que para el año 2015 dominarán el mercado europeo.

Por otro lado, las compañías tradicionales están reaccionando a la pérdida de cuota de negocio intentando reducir sus costes por vías similares a las empleadas por las compañías de bajo coste o incluso creando ellas mismas compañías de bajo coste a las que ir transfiriendo paulatinamente sus vuelos con el fin de que éstas puedan competir en igualdad de condiciones con las compañías Low Cost.

En consecuencia, resulta de vital importancia destacar tres elementos:

- Que las compañías Low Cost necesitan mantener bajos costes de operación
- Que en los últimos años la cuota de mercado de las compañías de bajo coste ha aumentado sustancialmente, dominando ya el mercado español y estimándose que para el año 2015 dominarán el mercado europeo.
- Que las compañías tradicionales necesitan también reducir sus costes para poder competir con las compañías de Bajo Coste.

Todo ello está induciendo en los aeropuertos una gran presión para la disminución de los costes que se imputan a las compañías por los servicios prestados por la infraestructura aeroportuaria, así como para la simplificación o eliminación de servicios que eran considerados básicos en las operaciones de las compañías tradicionales.

4.2. Estructura de costes de los aeropuertos españoles

Hasta el día de hoy la casi totalidad de los aeropuertos españoles están gestionados por "Aena aeropuertos S.A.", que es una sociedad mercantil de capital público. La compañía es propiedad de la Entidad Pública Empresarial Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (Aena), que es una entidad de derecho público con plena autonomía patrimonial y económica, adscrita al Ministerio de Fomento.

La futura privatización que sin duda va a experimentar este gestor aeroportuario traerá como consecuencia la exigencia de mayor eficiencia en todos los aeropuertos.

En consecuencia, resulta relevante analizar la estructura de costes de los aeropuertos y ver cómo su tamaño afecta a la misma.

A este respecto, es interesante notar que en España la distribución de costes de los aeropuertos pequeños es diferente de la que tienen los aeropuertos grandes.

Tabla 1: Distribución de Costes en algunos aeropuertos españoles pequeños en 2009 ¹

	Jerez	Santander	Almeria	Zaragoza	Valladolid	Pamplona	San Sebast	Melilla	AEROPUERTO PEQUEÑO PROMEDIO	TOTAL AENA
INGRESOS(Millones Euro-M€)	11,66	7,21	9,13	6,25	3,38	2,96	2,76	1,73	5,64	1875,53
INGRESOS AERONAUTICOS	6,59	5,18	5,13	4,97	2,24	2,18	1,79	1,51	3,70	1272,69
INGRESOS COMERCIALES	4,57	1,91	3,46	1,18	0,83	0,69	0,94	0,01	1,70	559,7
OTROS INGRESOS	0,5	0,12	0,54	0,1	0,31	0,09	0,03	0,21	0,24	43,14
GASTOS (M€)	22,36	10,13	14,96	12,89	6,73	7,85	8,37	10,34	11,70	2095,67
PERSONAL	5,17	3,83	4,79	4,6	2,94	2,92	3,6	2,8	3,83	354,82
SUMINISTROS Y SERVICIOS	3,81	1,84	4,23	2,57	1,85	1,53	1,96	1,49	2,41	857,46
DEFICIT TARIFA, APROXIMACION	3,38	1,48	1,74	0,55	-0,06	1,68	1,46	2,92	2,39	212,42
AMORTIZACION	4	2,98	4,2	5,17	2	1,72	1,35	3,13	3,07	670,97
EBITDA (M€)	-6,7	0,06	-1,63	-1,47	-1,35	-3,17	-4,26	-5,48	-3,00	450,83
EBIT (RESULTADO OPERATIVO)	-10,7	-2,92	-5,83	-6,64	-3,35	-4,89	-5,61	-8,61	-6,07	-220,14
PASAJEROS	1079616	958157	791837	528313	365720	335612	315294	293695	583530,5	187631102
% GASTOS	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% PERSONAL	23%	38%	32%	36%	44%	37%	43%	27%	33%	17%
% SUMINISTROS Y SERVICIOS	17%	18%	28%	20%	27%	19%	23%	14%	21%	41%
% DEFICIT TARIFA, APROXIMACION	42%	15%	12%	4%	-1%	21%	17%	28%	20%	10%
% AMORTIZACION	18%	29%	28%	40%	30%	22%	16%	30%	26%	32%

En la tabla 1 se muestra que la distribución de costes de los aeropuertos españoles pequeños es la siguiente:

- 1) Coste de Personal propio: 33%
- 2) Amortizaciones: 26%
- 3) Coste de suministros y servicios externalizados: 21%
- 4) Déficit de la tarifa de aproximación: 20%

El análisis de los resultados destaca que la partida de personal es la más abultada, por lo que parece razonable pensar que en éste aérea se deberá realizar un ajuste importante.

No obstante, se aprecia que el peso de la amortización de las infraestructuras es el segundo elemento en importancia, por lo que su optimización tendría un importante efecto.

A medida que el tamaño de Aeropuerto aumenta, se encuentra una variación en la distribución de costes.

Tabla 2: Distribución de Costes en los grandes aeropuertos españoles en 2009 ¹

	MADRID-BARAJAS	BARCELONA	PALMA DE MALLORCA	MALAGA	GRAN CANARIA	ALICANTE	TENERIFE SUR	GIRONA	AEROPUERTO PROMEDIO	TOTAL AENA
INGRESOS(Millones Euro-M€)	570,94	300,48	175,73	122,93	77,31	90,45	67,14	39,09	180,51	1875,53
INGRESOS AERONAUTICOS	413,75	199,19	125,77	75,44	48,67	55,2	43,38	25,85	123,41	1272,69
INGRESOS COMERCIALES	151,73	98,29	46,3	44,89	23,24	32,99	19,73	12,92	53,76	559,7
OTROS INGRESOS	5,46	3	3,66	2,6	5,4	2,26	4,03	0,32	3,34	43,14
GASTOS (M€)	715,5	311,13	144,11	107,81	77,53	56,23	63,42	20,94	187,08	2095,67
PERSONAL	48,79	33,42	29,14	15,62	18,21	16,06	15,93	5,94	22,89	354,82
SUMINISTROS Y SERVICIOS	334,84	152,53	72,8	40,94	32,8	22,96	21,8	6,94	85,70	857,46
DEFICIT TARIFA, APROXIMACION	48,37	17,91	11,25	15,33	11,61	4,71	9,34	1,73	15,03	212,42
AMORTIZACION	283,5	107,27	30,92	35,92	14,91	12,5	16,35	6,33	63,46	670,97
EBITDA (M€)	138,94	96,62	62,54	51,04	14,69	46,72	20,07	24,48	56,89	450,83
EBIT (RESULTADO OPERATIVO)	-144,56	-10,65	31,62	15,12	-0,22	34,22	3,72	18,15	-6,57	-220,14
PASAJEROS	48437147	27421682	21203041	11622429	9155665	9139479	7108055	5286970	17421808,5	187631102
% GASTOS	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% PERSONAL	7%	11%	20%	14%	23%	29%	25%	28%	12%	17%
% SUMINISTROS Y SERVICIOS	47%	49%	51%	38%	42%	41%	34%	33%	46%	41%
% DEFICIT TARIFA, APROXIMACION	7%	6%	8%	14%	15%	8%	15%	8%	8%	10%
% AMORTIZACION	40%	34%	21%	33%	19%	22%	26%	30%	34%	32%

¹ Origen: tabla realizada por el autor del presente artículo basada en los datos de Ministerio de Fomento (2009): "Previsión de resultados económicos de Aeropuertos Españoles – Ejercicio 2009".. La tiza.es. Apuntes de información económica. http://www.latiza.es/imagenes2/cuentas_aena_2009.pdf El número de pasajeros está disponible online: http://www.aena-aeropuertos.es/csee/Satellite?Language=ES_ES&pagename=estadisticas

Así, la tabla 2 presenta la estructura de costes de los grandes aeropuertos españoles, con el siguiente resultado:

- 1) Coste de suministros y servicios externalizados: 46%
- 2) Amortizaciones: 34%
- 3) Coste de Personal propio: 12%
- 4) Déficit de la tarifa de aproximación: 8%

En estos aeropuertos, el coste de suministros y servicios externalizados toma el primer lugar.

No obstante, se aprecia que el peso de la amortización de las infraestructuras es el segundo elemento en importancia, por lo que parece claro que su optimización tendría un importante efecto.

La tabla 2 presenta también el balance consolidado del conjunto de los Aeropuertos españoles cuya estructura de costes presenta el siguiente resultado:

- 1) Coste de suministros y servicios externalizados: 41%
- 2) Amortizaciones: 32%
- 3) Coste de Personal propio: 17%
- 4) Déficit de la tarifa de aproximación: 10%

Se aprecia claramente que el peso de la amortización de las infraestructuras es muy alto, resultando ser el segundo elemento en importancia, con peso superior al 32%.

Recientemente se han puesto en servicio varias infraestructuras importantes, como la terminal del Aeropuerto de Alicante, Valencia y otros, por mencionar solo algunos de ellos. Ello significa que el peso de la amortización de infraestructuras se ha incrementado de 2011 en adelante.

Además, en todos los casos se han realizado “infraestructuras singulares” excesivamente complejas y con tendencia a la grandiosidad y el lujo (inmensos muros de cristal y techos acristalados, paramentos verticales acabados en materiales nobles como mármoles o vidrio, imponentes alturas en hall y las salas de espera)

La tendencia de las últimas décadas a convertir las terminales de los aeropuertos en edificios emblemáticos ha añadido a estos edificios formas, materiales e instalaciones innecesarias desde un punto de vista funcional, añadidas por criterios meramente ornamentales y que en ocasiones dificultan incluso su labor funcional.

Sin embargo, en lo sucesivo habrá de plantearse si las inversiones deben acometerse de una manera más prudente, pensando en criterios coste-beneficio a corto-medio plazo que aseguren el mantenimiento de unos costes reducidos y la viabilidad económica de la compañía que gestiona los aeropuertos.

Figure 1: T1. Barcelona Terminal



Figure 2: T4. Madrid Terminal



Por tanto, parece clara la necesidad de equilibrar la situación, buscando infraestructuras más austeras que sirvan en exclusiva al objetivo principal: ofrecer estrictamente los servicios que el pasajero necesite.

4.3. Construcción de infraestructuras diferenciadas para Bajo Coste

Tal como se ha mencionado en los puntos anteriores, aunque en un primer momento las compañías aéreas low-cost empezaron utilizando pequeños aeropuertos, en los últimos años se ha dado un segundo paso con el salto de estas compañías a los grandes aeropuertos.

Para reaccionar ante tal demanda y ofrecer infraestructuras con menos servicios, tal como requieren las compañías de bajo coste, los gestores de aeropuertos dieron un paso en el diseño de infraestructuras aeroportuarias específicas de coste más reducido dedicadas a las operaciones de compañías de bajo coste. Algunos casos de aeropuertos dotados de terminales especializadas en vuelos low cost son:

- Terminal sur de Gatwick, donde operan los vuelos low-cost.
- El Aeropuerto de Bruselas, que ha rehabilitado la antigua terminal para operaciones de low-cost.
- El Aeropuerto Internacional Ben Gurión (Tel Aviv - Israel), donde la terminal 2 está especializada en compañías low cost
- Aeropuerto de Kuala Lumpur (Malaysia)

Es interesante analizar el caso de Kuala Lumpur (Malaysia), que en 2005 abrió su terminal de pasajeros low-cost remodelando una antigua terminal de carga (pabellón industrial) y en 2007 amplió el edificio mediante una estructura sencilla de estética semejante a un polideportivo. La compañía Air Asia ha tenido un gran éxito en estos años (10 millones de pasajeros en 2009) y dado su actual índice de crecimiento se plantea incluso construir un aeropuerto privado low cost cerca de Kuala Lumpur. El gobierno ha desautorizado la operación y le ofrece construirle una terminal más grande en el aeropuerto actual. Sin embargo, la compañía no desea seguir pagando elevadas tasas en dicho aeropuerto, debidas a la existencia de lujosas terminales de acero y cristal, habituales en las terminales de aviación "tradicional", que encarecen las tasas de utilización, por lo que el gobierno le ha ofrecido participar en el diseño de la nueva terminal.

Pero sin duda el exponente más radical de la nueva tendencia en aeropuertos low-cost es el propugnado por el empresario Indio G.R. Gopinath, quien en 2003 fundó Air Deccan (una de las primeras aerolíneas de Bajo Coste de la India). Este empresario lanzó en 2005 la idea de construir en la India aeropuertos de muy Bajo Coste, rebautizándolos con el nombre de "no-frill airport terminals" (terminales aeroportuarios sin florituras). Mientras el coste de construcción de un pequeño aeropuerto convencional en India se sitúa en los Rs 100 crore (unos 16 millones de euros), el empresario Gopinath creó un consorcio con tres grupos de infraestructuras para construir terminales que tengan solo la tecnología imprescindible y ahorren en servicios, creando pequeños aeropuertos a un coste equivalente a 1/5 parte de su coste habitual. Propone crear en India aeropuertos de tamaño pequeño a un coste entre los Rs 17 Crore y los Rs 20 crore (unos 3 millones de euros), con lo que la propuesta de Gopinath representaría la construcción de 5 pequeños aeropuertos por el importe de uno. Eso sí, las terminales de estos aeropuertos no tendrán sistema de tratamiento automatizado de equipajes (no habrá cintas transportadoras), no habrá aire acondicionado, no habrá pasarelas y los pasajeros tendrán que ir por su propio pie desde la terminal hasta las escaleras del avión.

La creación de infraestructuras carentes de estos servicios tiene su justificación en India debido a la carencia de servicios básicos que sufre el país. Al fin y al cabo será mejor pasar

dos horas de trayecto en avión, a pesar de hacerlo desde un aeropuerto sin servicios, que quince horas de tren sufridas en un tren y una estación que también carece de dichos servicios.

A pesar de ello, esta tendencia tiene sus detractores en India. La Autoridad Aeroportuaria India (AAI), entidad estatal que gestiona 35 aeropuertos del país (es el equivalente indio de la española Aena), ha estimado que el concepto low-cost no es deseable en los aeropuertos que gestiona. El principal motivo ha sido llegar a la conclusión de que crear aeropuertos low-cost genera el mantenimiento de una duplicidad de infraestructuras (la convencional y la low-cost), aumentando los costes totales de explotación. Estiman que solo resulta rentable generar terminales low-cost en el Aeropuerto de Delhi. No obstante, dado que el número de aeropuertos privados sigue creciendo (India dispone ya de 5 aeropuertos privados y muchos más están en proyecto, la mayoría de ellos mediante la fórmula de Colaboración Público – Privada (en inglés PPP)) la entidad estatal AAI está viéndose obligada a buscar mecanismos de reducción de costes. De hecho, anunció medidas de reducción de costes en un 30%, comenzando por la terminal de Goa, aeropuerto de tamaño mediano cuyo presupuesto se redujo de los Rs 400 crore previstos (64 millones de euros) a los Rs 330 crore (53 millones de euros) mediante la reducción del tamaño de la terminal.

En resumen, la construcción de infraestructuras aeroportuarias especiales para las compañías Low Cost viene dada por la exigencia de dichas compañías de mantener unos costes de operación bajos, pero por otro lado la realización de este tipo de infraestructuras de servicios tan básicos genera duplicación de costes, ya que las compañías tradicionales exigen mantener los servicios de las infraestructuras que utilizan (infraestructuras que tiene un alto coste) y sin embargo no desean pagar por ellas un precio más elevado.

Se genera así una restricción triple para el operador aeroportuario:

1. Debe mantener costes de operación bajos
2. Debe ofrecer menor número de servicios a las compañías de bajo coste y mayor número de servicios y mayor “calidad” a las compañías tradicionales.
3. Debería evitar la duplicidad de infraestructuras

4.4. Bases fundamentales de la filosofía Lean Thinking y su desarrollo en la Lean Construction.

La filosofía Lean Thinking persigue entregar al cliente un producto que tenga estrictamente los atributos que el cliente considera valiosos para satisfacer sus necesidades. La clave es determinar qué es lo que el cliente considera de valor en el producto, de modo que se pueda analizar si resulta posible eliminar aquellos atributos que no son percibidos como valiosos por el cliente y cuya inclusión no hace sino encarecer el producto.

La filosofía fue desarrollada por Toyota a finales de la segunda guerra mundial para competir con la industria americana del automóvil. Toyota estableció tres metas:

- Construir en cada fase de la producción solo aquello que se necesita, lo que fue el primer paso para la reducción de stocks.
- Eliminar todo aquello que no añada valor, lo que significa analizar qué es lo que el cliente percibe como valioso y eliminar, si es posible, todo lo que no lo sea
- Detenerse en cuanto surge cualquier fallo, con el fin de eliminar los defectos en el estadio más temprano

Los investigadores Womack, Roos y Jones (1990) analizaron dicha experiencia que resultó muy exitosa para Toyota. Ello dio lugar a diversas experiencias de implementación de los

procesos de Toyota en el sector de la construcción, lo que vino a denominarse “Lean Construction” por algunos autores como Melles (1994) y Seymour (1996).

En 1997 Ballard y Howell fundaron el “Lean Construction Institute” con el fin de difundir la aplicación del Lean Thinking al sector de la construcción, desarrollando una metodología denominada Lean Production Delivery System (LPDS) que mediante una redefinición de todos los procesos persigue maximizar el valor y minimizar las actividades de No Valor en el proceso constructivo. El modelo LPDS está organizado en cinco fases (definición, diseño, suministro, ensamblaje y uso).

En el método Lean Construction, para controlar de cerca el flujo de trabajo en la fase de ejecución de obra, se desarrolló el Sistema del Último Planificador (SUP) (en inglés Last Planner System LPS). Este sistema fue desarrollado en Estados Unidos por miembros del Lean Construction Institute, entre ellos el propio Ballard (1994). En este sistema, la programación de la siguiente semana de trabajo se realiza en función de los objetivos cumplidos en la semana precedente, de los objetivos previstos y de las restricciones existentes. Para ello entienden necesario realizar una reunión semanal con todos los implicados en la ejecución, desde representantes de la dirección, proveedores y subcontratistas hasta los jefes de cuadrilla responsables de los diferentes tajos de obra, con el fin de actuar de forma inmediata si se detectan porcentajes bajos de cumplimiento.

Este método de Planificación es compatible con los métodos del Project Management del PMBOK. En el número de Marzo de 2012 de la revista DYNA, Sánchez (2012) muestra la compatibilidad de la utilización del método CCM de Project Management como método de planificación Maestra (a utilizar en el Grupo de Procesos de Planificación) junto a la utilización del método SUP del Lean Construction en la Planificación a corto o semanal (en el Grupo de Procesos de Ejecución y Seguimiento y Control), así como la forma de e integrar los grupos de procesos de Project Management con las fases del modelo LPDS de Lean Construction.

5. Resultados de la aplicación de la filosofía Lean Thinking en el sector de la construcción

Un primer ejemplo de aplicación de algunos de los principios Lean Thinking en la construcción fue el caso de la construcción del túnel Heathrow express que fue analizado por el investigador Ward (2002). Tras el colapso del túnel del Ferrocarril Express que se estaba construyendo en Heathrow en 1994, el entonces Director General de la empresa que gestionaba el Aeropuerto de Heathrow (Sir John Egan) optó por evitar llevar al contratista a un largo litigio en los tribunales y designar un nuevo Director de Proyecto de reconstrucción que implantara una nueva cultura de cooperación con el contratista acorde con los principios Lean. Egan había trabajado en el sector del automóvil y pensó que la cultura de colaboración con los subcontratistas acorde al pensamiento Lean del sector del automóvil podía extrapolarse a la construcción. El resultado fue que a pesar de que las obras de reconstrucción se iniciaron con un retraso de obra estimado de 24 meses respecto a las obras originales, las obras se terminaron con un retraso de tan solo 9 meses respecto a la planificación original de la obra.

El éxito de esta iniciativa llevó al Gobierno Británico a encargarle a Egan la formación de un grupo de trabajo para mejorar la productividad del sector de la construcción, cuyo fruto fue el informe denominado “Rethinking construction” (Egan, 1998) en el que se sugerían nuevos métodos. El informe “Accelerating Change” (Egan, 2002) recogió el resultado de los más de 400 proyectos gestionados con el nuevo método en términos de mejora en tiempo, coste, calidad y satisfacción del cliente. Por este motivo, el sector público británico ha continuado desarrollando proyectos de construcción con la metodología Lean y dichos proyectos han sido estudiados por el Local Government Taskforce. El resultado es claramente positivo. Por

citar unos ejemplos, en los casos de estudio 5 (Local Government Taskforce, 2005, October), 15 (Local Government Taskforce, 2006, April), 290 (Local Government Taskforce, 2007, March), 300 (Local Government Taskforce, 2007, October) y 327 (Local Government Taskforce, 2008) se aplicó el pensamiento Lean produciendo ahorros económicos significativos.

Existen a nivel internacional diversas iniciativas de aplicación de los principios Lean a la construcción. Por citar solo algunos ejemplos:

- En los Países Bajos se han realizado experimentos piloto de implantación de técnicas Lean en la construcción de bloques de viviendas unifamiliares, obteniendo como resultado una reducción de los tiempos de construcción en más de un 60% (Cuperus y Wamelink, 2010)
- En Porto Alegre – Brasil se han analizado casos como el Programa de Construcción de viviendas sociales “City Entrance Integrated Program” en el que se percibió la mejora de la satisfacción del cliente mediante la realización de cuestionarios de valor percibido a los usuarios finales de las viviendas (Formoso y Mirón, 2010)
- En Arabia Saudí se han realizado experimentos piloto de implantación de técnicas Lean en la construcción obteniendo una reducción de desperdicios (tiempo, materiales), incremento de la productividad de la mano de obra, incremento de la cooperación y la comunicación entre los subcontratistas, el contratista principal y el equipo de proyecto (AlSehaimi, Tzortzopoulos y Koskela, 2009)
- En España la introducción de estas técnicas está en su fase inicial, aunque hay algunas constructoras que han iniciado este camino, tales como BECSA que ha implementado una planificación colaborativa al estilo del Last Planner y CROXLEY. A nivel europeo la constructora multinacional holandesa BAM está implementando el Lean Construction.

Por tanto, la experiencia internacional muestra que la aplicación de al menos algunas prácticas de Lean Construction en el marco del Project Management puede resultar en ahorros significativos de tiempo y coste, así como en una mayor satisfacción del cliente.

6. Dificultades y obstáculos para la implantación de metodologías Lean en la construcción de Aeropuertos

La implantación de metodologías Lean en la construcción de aeropuertos se ha de enfrentar a las dificultades que son normales a todo cambio conceptual y que se particularizan en los siguientes obstáculos:

1. Proyectos aeroportuarios actuales de complejidad excesiva y elevado coste: En la mayoría de las organizaciones aeroportuarias se realizan proyectos de complejidad excesiva y elevado coste debido principalmente a:
 - a) Desigualdad de las infraestructuras por origen
El origen de los aeropuertos se debe a razones muy diversas. Algunos de ellos nacieron como aeródromos militares, otros nacieron hace muchos años impulsados por las autoridades locales de la comarca o la región y aun otros nacieron recientemente por la voluntad política de sus CCAA. Por dichas razones históricas, las infraestructuras de cada aeropuerto (terminales, etc.) han tomado características totalmente singulares, hasta el punto de que casi se podría afirmar que no hay un aeropuerto que disponga de dos infraestructuras iguales.
 - b) El deseo de que la terminal sea referencia emblemática

En los últimos años se ha desarrollado una tendencia, especialmente en los edificios terminales, a que el aeropuerto sirva de referencia de la región a la que sirve. Se ha entendido que el aeropuerto debe ser la imagen de la región. Especialmente se ha entendido que los edificios terminales deben ser un símbolo o icono, que presente una imagen de modernidad y alto nivel de vida. Esto ha dado lugar a la contratación de famosos arquitectos y el desarrollo de diseños puramente arquitectónicos y poco prácticos.

Por ello, se deberá invertir la tendencia actual a que cada aeropuerto tenga infraestructuras singulares y se deberá simplificar las infraestructuras, reduciendo así su coste.

2. **Técnicos con una visión monolítica.** Falta de benchmarking con otros sectores: A pesar de que el sector de la construcción tiene una productividad muy baja en comparación con los sectores industriales, los técnicos de infraestructuras tienden a tener una visión particularizada de su sector, creyendo que dada la singularidad de cada proyecto (cada proyecto es único por definición) no es posible optimizar y estandarizar los mismos. Una comparación con otros sectores, especialmente con el sector de la automoción, hace palpable el error de esta concepción, ya que en todos los proyectos de construcción se pueden encontrar elementos que se repiten y por ello son susceptibles de optimización y estandarización. Para vencer esta concepción errónea fuertemente arraigada resulta necesario un esfuerzo formativo para cambiar la mentalidad de los equipos de trabajo.
3. **Falta de formación en las técnicas Lean Thinking:** Se necesita un esfuerzo formativo importante para que los líderes de los equipos de trabajo adquieran los conocimientos y habilidades necesarias para poner en práctica el pensamiento Lean.
4. **Dificultad en la identificación del cliente:** en la construcción de aeropuertos el cliente inmediato de la organización del proyecto es la empresa o institución que le haya encargado dicho trabajo, a saber la entidad propietaria del Aeropuerto. Sin embargo, el usuario directo de la infraestructura va a ser la compañía aérea y además existirán usuarios finales de la misma, a saber, los pasajeros. En consecuencia, la infraestructura ha de servir a los intereses de estos ofreciendo estrictamente los servicios que el pasajero necesite. En consecuencia, el equipo de diseño del proyecto ha de tener conocimientos expertos en esta materia y estar permanentemente actualizado para conocer las necesidades actuales y las tendencias futuras en las mismas. Será necesario formar equipos integrados con el promotor para poder identificar adecuadamente las necesidades de los clientes directos y finales de las infraestructuras.
5. **Dificultad para armonizar las necesidades de los diferentes clientes:** como se ha visto en el punto 4.1, las necesidades de las compañías aéreas de Bajo Coste son radicalmente opuestas a las necesidades de las compañías tradicionales, lo que puede llevar a la duplicación de infraestructuras, lo cual ha de evitarse.
6. **Falta de una evaluación completa de los resultados:** En la concepción tradicional de evaluación del éxito de un proyecto, la misma se realizaba en los términos clásicos: coste, tiempo y alcance. Con esta triple perspectiva se calificaba de éxito todo proyecto que no presentase unas desviaciones elevadas en alguno de estos tres campos. Sin embargo, para evaluar el éxito de un proyecto se ha de introducir como mínimo otra restricción más: cumplimiento de las expectativas del cliente, ya que es común que un proyecto que podría calificarse de éxito desde el punto de vista interno (de su ejecución), resulta un estrepitoso fracaso desde el punto de vista del cliente al no satisfacer sus expectativas.

7. Conclusiones

Del análisis de los puntos anteriores se desprenden las siguientes conclusiones:

- Que en los últimos años la cuota de mercado de las compañías de bajo coste ha aumentado sustancialmente, representando en España más del 50% del mercado y en Europa cerca del 35%, estimándose que para el año 2015 dominarán el mercado europeo.
- Que las compañías Low Cost necesitan mantener bajos costes de operación y exigen tasas de aeropuertos bajas
- Que las compañías tradicionales necesitan también reducir sus costes para poder competir con las compañías de Bajo Coste, por lo que también quieren tasas de aeropuertos bajas
- Que generar infraestructuras diferenciadas Low cost no es la solución porque duplica los costes
- Que la presión sobre los aeropuertos para reducir sus tasas de utilización irá aumentando, por lo que se requerirá reducir al mínimo los costes de las infraestructuras aeroportuarias.
- Que se necesita un cambio completo de paradigma.
- Que las técnicas de Lean Thinking aplicadas a la construcción pueden producir ahorros significativos de costes.
- Que se necesitará un esfuerzo formativo para implementar dichas técnicas, especialmente de los líderes de los equipos de trabajo.

¿Cuál es la solución? La aproximación entre las infraestructuras tradicionales y las infraestructuras low cost utilizando técnicas que permitan reducir los costes de construcción, utilizando de forma integrada las siguientes técnicas:

1. Técnicas de análisis del valor (Lean Thinking) junto con el cliente para la optimización de los proyectos y reducción de costes.
2. Técnicas del Project Management para la gestión de los proyectos de forma compatible con técnicas propias de Lean Construction.
3. Atención al pensamiento Lean en todas las fases del proyecto.

Respecto al primer punto, en el análisis realizado del estado del arte se ha mostrado la tendencia actual a la realización de infraestructuras individualizadas con un elevado peso de las componentes meramente estéticas, que se suelen añadir al proyecto principalmente en la fase de diseño. Por ello se llega a la conclusión de que es principalmente en la fase de diseño / Planificación donde debe prestarse especial atención al pensamiento "Lean" para entregar al cliente solo aquello por lo que está dispuesto a pagar. En consecuencia, en el presente artículo se proponen los siguientes pasos:

- a) En la fase de Iniciación la entidad que gestione el Aeropuerto (el cliente) realizará un Enunciado Preliminar del alcance del Proyecto y designará un interlocutor que le represente a los efectos del proyecto.
- b) La entidad que vaya a gestionar el proyecto de construcción (la Dirección del Proyecto) deberá determinar junto con el interlocutor del Aeropuerto cliente los

Requisitos detallados que ha de cumplir la infraestructura para poder Definir el “Alcance Definitivo” del Proyecto. Para hacerlo el Director de Proyecto se reunirá con el Interlocutor del Aeropuerto cliente para saber sus “necesidades” y convertirla en una serie de requisitos técnicos. La lista de requisitos técnicos deberá ser consensuada con el Interlocutor del Aeropuerto cliente y recibir su aprobación.

- c) Tras definir el alcance con el cliente, el Director del Proyecto procederá a convertir dichos requisitos técnicos en un prototipo de Estructura de Desglose del Trabajo EDT que se adapte a los requisitos del cliente. Para ello se pueden utilizar herramientas en forma de tablas o matrices. La definición y planificación del Proyecto ha de asegurar la satisfacción de las necesidades del cliente por medio del concepto conocido en la industria como “trazabilidad”, entendido aquí como la existencia de una relación que puede justificar todas y cada una de las características del proyecto en función de su relación con uno o varios requisitos funcionales que atiende las necesidades del cliente. La EDT deberá ser consensuada con el Interlocutor del Aeropuerto cliente, explicándole la correlación entre tareas y requisitos y deberá recibir su aprobación.
- d) Con la información obtenida en los procesos anteriores, el Director del Proyecto será el responsable del desarrollo del Plan de Gestión del Proyecto donde se documentará cómo se va a planificar, ejecutar, supervisar y controlar el mismo: Planificación de Alcance, EDT, EDA, Cronograma, Costes, Calidad, Planificación de RRHH, Comunicaciones, Riesgos, así como la Planificación de las Adquisiciones.
- e) El Plan de Gestión del Proyecto deberá obtener del Interlocutor del Aeropuerto cliente la aceptación inicial.

Durante todos estos procesos se habrá de procurar la:

- Realización de infraestructuras sencillas, prácticas y polivalentes.
- Estandarización de unidades
- Utilización de materiales económicos.
- Utilización de técnicas de construcción que reduzcan los costes.
- Utilización de técnicas de prefabricación.

Respecto al segundo punto, se propone utilizar la metodología propuesta anteriormente (Sánchez, 2012), compatibilizando la utilización del método CCM de Project Management como método de planificación Maestra (a utilizar en el Grupo de Procesos de Planificación) junto a la utilización del método SUP del Lean Construction en la Planificación a corto o semanal (en el Grupo de Procesos de Ejecución y Seguimiento y Control) e integrando los grupos de procesos de Project Management con las fases del modelo LPDS de Lean Construction.

Respecto al tercer punto, para garantizar que se entrega al cliente una infraestructura que satisfaga con exactitud sus requisitos se debe prestar atención al pensamiento Lean en todas las fases del proyecto. Así se ha de hacer también en el Grupo de Procesos de Seguimiento y Control, especialmente en los procesos de Control de Cambios, Verificación del Alcance y Control del Alcance del Proyecto. Por este motivo, habrá de realizarse reuniones regulares entre el equipo de proyecto, el interlocutor del Aeropuerto cliente y la empresa que se contrate para ejecutar la construcción. Se trata de crear Equipos Integrados de Proyecto, ya sea de forma voluntaria sin soporte contractual que obligue a ello o

recogidos expresamente en el contrato. El objetivo es entregar al cliente únicamente aquello que necesita, eliminando elementos superfluos que encarecen el proyecto. Estas reuniones resultan vitales para asegurar que todos los implicados conocen se comprometen a satisfacer los requisitos y están al tanto de las restricciones existentes y se comprometen a cumplirlas. Una forma sencilla de hacerlo es utilizar el formato de reuniones semanales previstas en el método SUP de Lean Construction.

En consecuencia, es posible implantar un nuevo modelo de construcción de infraestructuras aeroportuarias que permita mayor eficiencia y reducción de costes. El pensamiento Lean Thinking resulta ser una herramienta eficaz para conseguir este objetivo. Aunque no es necesario utilizar todas las técnicas desarrolladas por el Lean Construction Institute, algunas de ellas se han demostrado especialmente exitosas y su utilización en la construcción de aeropuertos puede resultar ser la clave para un uso mucho más racional de los recursos económicos, lo que redundará en una reducción de los costes del transporte aéreo que mejore su competitividad frente a otros medios de transporte.

Se necesitará un cambio de mentalidad profundo, por lo que será necesario un esfuerzo formativo importante especialmente de los líderes de los equipos de trabajo y un compromiso directivo fuerte para garantizar el éxito de la implantación de este nuevo paradigma, pero los resultados obtenidos indican que el esfuerzo merecerá la pena

7. Futuros estudios y actuaciones

Queda pendiente para futuros estudios el rediseño de los edificios terminales de los aeropuertos para desarrollar medidas de simplificación de los servicios que se prestan, como por ejemplo rediseñar las áreas de filtro de pasajeros, facturación y área de seguridad alrededor de la aeronave para simplificar el tratamiento de equipajes permitiendo que los pasajeros lleven consigo todas sus maletas hasta el avión.

8. Referencias

AlSehaimi, Tzortzopoulos & Koskela (2009): Last Planner System: Experiences from Pilot Implementations in the Middle East. En: *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Taipei: IGLC.

http://www.iglc.net/conferences/2009/Papers/AlSehaimi_Tzortzopoulos_Koskela_2009_Last_Planter_System_experiences_from_pilot_implementations_in_the_Middle_East_presentati_on.pdf

Ballard, H.G. (1994). The last planner. En: *Spring Conference of Northern California Construction Institute*. Monterrey: Lean Construction Institute.

Cuperus & Wamelink (2010, July): Reducing fit-out time in a Netherlands housing project. En: *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Haifa: IGLC.

http://www.iglc.net/conferences/IGLC%2018/Conference%20Papers/010%20IGLC18CUPER_US.pdf

De-Neufville, R. (2007). Low-cost airports for low-cost airlines flexible design to manage the risks. *Journal of Transportation Planning and Technology*.

Egan, J. (1998). *Rethinking Construction. The report of the Construction Task Force to the Deputy Prime Minister, John Prescott, on the scope for improving the quality and efficiency of UK construction*. London: Department of Trade and Industry,

Egan, J. (2002). *Accelerating Change. A report by the Strategic Forum for Construction*. London: Strategic Forum for Construction.

Formoso & Mirón (2010, July): Value generation in Social Housing Projects: A Case Study on the City Entrance Integrated Program in Porto Alegre, Brazil En: *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Haifa: IGLC.

<http://www.iglc.net/conferences/IGLC%2018/Conference%20Papers/>

Indian Airports (2009). No low cost airports for India. *Indian Airports News*. Obtenido de: <http://www.indianairports.com/php/showNews.php?newsid=604&linkid=17>

Izcue, M. (2007, October 4). Un empresario busca crear aeropuertos low cost para impulsar aviación india. *El economista*. Obtenido de: <http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/289012/10/07/Un-empresario-busca-crear-aeropuertos-low-cost-para-impulsar-aviacion-india.html>

Koskela L, Stratton R, & Koskenvesa A. (2010, July). Last Planner and Critical Chain in construction management Comparative analysis. En: *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Haifa: IGLC.

Local Government Taskforce (2005, October). *Showcasing Excellence Strategic Alliances for Civil Engineering and Construction & Maintenance Services- Durham County. Case Study 5*. Obtenido de:

http://www.constructingexcellence.org.uk/download.jsp?url=/pdf/case_studies/durham_council_strategic_alliances.pdf

Local Government Taskforce (2006, April). *Nottinghamshire County Council – Children’s Centre project. Case study 15*. Obtenido de:

http://www.constructingexcellence.org.uk/download.jsp?url=/pdf/case_studies/nottinghamshire_county_council_case_study.pdf

Local Government Taskforce (2007, March). *Strategic Partnership by Norfolk County Council. Case Study 290. Demonstration project Number: 1270*. Obtenido de:

http://www.constructingexcellence.org.uk/download.jsp?url=/pdf/case_studies/Norfolk_Partnership_Case_Study_4pp.pdf

Local Government Taskforce (2007, October). *High School and Specialist Sports College – a school for a changing climate. Case Study 300. Project Number: 1283*. Obtenido de:

http://www.constructingexcellence.org.uk/pdf/case_studies/WHITECROSS_Case_Study.pdf

Local Government Taskforce (2008). *Oxfordshire County Council Highways Combined Maintenance Contract. Case Study 327. Demonstration project Number: 215*. Obtenido de:

<http://www.constructingexcellence.org.uk/sectorforums/lgtf/casestudies.jsp>

Melles, B. (1994). What do we mean by Lean Production in Construction? Proc. 2nd. En: *Workshop on Lean Construction*. Santiago: Lean Construction Institute.

Ministerio de Fomento (2009). *Previsión de resultados económicos de Aeropuertos Españoles – Ejercicio 2009*. Madrid: La tiza.es Apuntes de información económica. Obtenido de: http://www.latiza.es/imagenes2/cuentas_aena_2009.pdf

Sánchez-Losada, JM. (2012). Modelos de gestión de proyectos: Dirección de Proyectos compatible con el pensamiento Lean. *DYNA Ingeniería e Industria*, Marzo. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/4367>

Sanjay, S. (2008, August 10). Exclusive terminals planned for low cost carriers. *Thaindian news*. Obtenido de: http://www.thaindian.com/newsportal/business/exclusive-terminals-planned-for-low-cost-carriers_10082174.html

Seymour, D. (1996). Developing Theory in Lean Construction. En: *Proc. 4th IGLC Conference*. Birmingham England: IGLC

Howell, G.A. & Koskela, L. (2000). Reforming Project Management The Role of Lean production. Obtenido de: <http://www.leanconstruction.org/pdf/23.pdf>

Smita (2009, January 15). After the low-cost airlines, a low-cost terminal in Delhi. *Indian Express*. Posted online. Obtenido de: <http://www.indianexpress.com/story-print/410883/>

The economist (2009, February 5). Malaysia's airport controversy, Terminal declined. *The economist*. Obtenido de: http://www.economist.com/displayStory.cfm?story_id=13061352

Ward A. (2002). Case study Heathrow express. Veryard Projects & Antelope Projects Ltd.

Womack, J. P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Secretaría XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.

Phone: + 34 96 387 70 00 Ext. 75685 / 79172

Fax: + + 34 96 387 91 73

E-mail: congresoalencia2012@aeipro.com

URL: <http://www.congresoaeipro2012.es>