



SISTEMA INTEGRADO PARA LA GESTIÓN LEAN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Pablo Orihuela¹

RESUMEN

El Lean Project Delivery System TM, propone gestionar los proyectos de construcción considerando 5 fases y 14 módulos, para ello recomienda la utilización de conceptos y técnicas destinadas a maximizar el valor para el cliente y minimizar las pérdidas en la producción. Estas pérdidas se originan durante el desarrollo de todas las fases del proyecto, tales como, diseño, abastecimiento y construcción; la práctica evidencia que una de las causas es la falta de integración de los datos e información entre dichas fases.

El presente artículo propone un sistema integrado de gestión, que se viene desarrollando en la empresa Motiva S.A. con resultados alentadores, el cual opera sobre una única base de datos en línea, de tal manera que todo el equipo de trabajo pueda acceder a la información minimizando las pérdidas originadas por la falta del flujo oportuno y eficiente de dicha información.

KEYWORDS: SISTEMAS DE INFORMACIÓN, ENTREGA DE PROYECTOS LEAN, ULTIMO PLANIFICADOR

ABSTRACT

Lean Project Delivery System™, proposes to manage construction projects considering 5 phases and 14 modules, for that purpose develops and recommends the use of concepts and techniques to maximize customer value and minimize wastes in production. These wastes occur in the development of all project phases, such as the engineering, procurement and construction; the practice evidences that one of the causes is the lack of integration of data and information between the phases.

¹ Ingeniero Civil, Profesor Principal, Pontificia Universidad Católica del Perú, Gerente General, Motiva S.A., Jr. Conde la Monclova 193 Of. 2 San Isidro, Lima Perú, Teléfono 0051/4224932, porihuela@motiva.com.pe

This article proposes an integrated management system, which has been developed in the company Motiva SA with encouraging results, which operates on a single online database, so that all staff can access information while minimizing losses caused by the lack of timely and efficient flow of such information.

KEYWORDS: INFORMATION SYSTEM, LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM, LAST PLANNER

INTRODUCCIÓN

En la práctica es evidente que el volumen de datos e información que se genera durante el desarrollo de un proyecto de construcción, a través de todas sus fases y en todas las áreas de conocimiento es cuantioso. Esta información es manejada por diferentes grupos de involucrados, en diferentes lugares físicos, en diferentes tiempos en los que se desarrolla un proyecto y con una alta informalidad en su generación, almacenamiento y distribución.

Esta situación produce una forma no eficiente de trabajo, en la práctica son muy frecuentes los re-procesos y en general las pérdidas debido a la falta de calidad en los datos y en la información, ya sea porque no están disponibles, no están completos, están errados, o no existen, como consecuencia se recurre a una nueva toma de información para un fin específico e inmediatista, duplicando esfuerzos, tiempos y muchos otros recursos. Por este motivo, es de suma importancia contar con un sistema que nos ayude a reunir de una manera integral toda la información que se genera durante el desarrollo de un proyecto.

Un sistema trabaja sobre un grupo de elementos interdependientes, que unidos forman un todo, y cuyo resultado actuando en conjunto y en forma sincronizada es mucho mayor que el que se podría obtener si estos funcionaran en forma aislada y desorganizada. Por ejemplo, el sistema digestivo está compuesto por un grupo de órganos interdependientes, tales como la boca, el esófago, el estómago y los intestinos; cuando estos funcionan de un modo coordinado, se genera un buen flujo de las funciones de cada órgano y la digestión es eficiente. Igualmente, un sistema de gestión de proyectos también cuenta con diferentes órganos, fases o áreas: la de diseño, la de programación, la de presupuestos, la de logística, la de compras, la de control de obra, la de pago de personal, la de post ocupación, etc., cuando todas ellas trabajan en forma integrada y coordinada, se genera un flujo eficiente de información y los resultados para todos los involucrados son óptimos.

Actualmente se ofertan con mucha frecuencia los Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning), ofreciendo soluciones que son modulares y que ofrecen integrar la Gestión Empresarial, con la implementación debida, las pérdidas de tiempo, los re-procesos y los errores se deberían eliminar o minimizar.

Por otro lado la filosofía Lean propone el Lean Project Delivery System TM, sistema que guía la gestión de la construcción enfocándose en la eliminación de pérdidas y en la maximización del valor entregado al cliente. Este sistema contempla que todos los proyectos de construcción deben tener 5 fases: La Definición del Proyecto, el Diseño, el Abastecimiento, el Ensamblaje y el Uso, cada una de estas fases tienen unos módulos que deben ser gestionados usando diferentes, conceptos, técnicas y herramientas (Ballard 2000, Ballard and Zabelle 2000, Ballard 2006, Ballard 2008).

El presente artículo propone un Sistema Integrado de Información, diseñado como una Intranet del tipo interactivo, que opera sobre un solo conjunto de base de datos y cuyo enfoque de gestión se basa en gran parte en el LPDS.

Esta plataforma web se viene desarrollando en la empresa Motiva S.A.; de tal manera que las fases propuestas por el LPDS puedan intercambiar, acceder y actualizar información, minimizando de esta manera las frecuentes pérdidas originadas por un flujo deficiente de la información y comunicación.

La administración de la información toma el concepto WIKI, de edición colaborativa, donde todos los integrantes del equipo de trabajo pueden ingresar datos, modificarlos, mejorarlos, editarlos e incluso eliminarlos en pro de la mejora de la calidad de la información y comunicación entre todos los involucrados del proyecto.

Todos los proyectos que ingresan a ser gestionados con este sistema de gestión tienen el mismo formato estándar de inicio, la Figura 1, nos muestra la pantalla de inicio:



Figura 1. Pantalla de Inicio

A continuación se explica el contenido que considera este sistema de gestión para cada una de las fases, y la interrelación de información que existe entre ellas:

FASE DE DISEÑO

Esta fase contempla los conceptos que el LPDS propone para las fases de Definición del Proyecto y Diseño Lean, y contiene los siguientes módulos:

El módulo **“Necesidades y Valores”**, contiene unas matrices ponderadas de las necesidades y valores tanto del propietario del proyecto como del usuario final, así como también una matriz ponderada de alineación de los conceptos de diseño (Orihuela et ál., 2011). Las dos primera herramientas evitan lo que el Lean denomina iteraciones negativas, y la última promueve el análisis de múltiples alternativas.

El módulo **“Restricciones”**, almacena un listado actualizado de las normas y reglamentos vigentes, proveyendo en línea esta información a todo el equipo de diseño, y un check list que nos ayuda a realizar un óptimo levantamiento de las condiciones de sitio donde se ejecutará el proyecto. Ambas opciones tratan de evitar iteraciones negativas.

El módulo **“Diseño del Proceso y del Producto”**, llamado “Constructabilidad”, contiene una matriz de selección del equipo de diseño, la cual contempla unos criterios de selectividad ponderada que nos ayudan a conformar el equipo más adecuado para el diseño de nuestro proyecto; también contiene un catálogo de tareas de diseño e hitos de entrega, que sirven para elaborar una matriz de responsabilidades, un cronograma de la gestión del diseño y un control por hitos. Para evitar re-diseños por cambio de materiales y componentes, se dispone de un check list de elección temprana de materiales y un catálogo de recursos novedosos existentes en nuestro mercado. Estas dos últimas opciones promueven el uso de la ingeniería concurrente y la consideración de múltiples alternativas en el uso de materiales y componentes en etapas tempranas del proyecto.

El módulo **“Planos y Documentos”**, es un repositorio donde se deben ir subiendo todos los avances del equipo de diseño, desde los conceptos de diseño hasta los planos finales con una debida codificación para evitar las iteraciones negativas. Se deben subir también los planos de compatibilizaciones.

El módulo **“Cuaderno de Diseño”**, análogo al típico cuaderno de obra, es una bitácora en línea que debe servir como eje de las comunicaciones y coordinaciones de todos los integrantes del equipo de diseño y demás involucrados.

El módulo **“Control de Diseño”**, actualmente en construcción, mostrará algunos indicadores de las bondades del diseño producido y se visualizará un control de tiempos a través de los hitos de control.

Finalmente tenemos el módulo **“Lecciones Aprendidas”**, en el cualquier miembro del equipo de diseño puede compartir una experiencia mala o buena que crea que se debe tomar en cuenta para mejorar el desarrollo de futuros diseños. Este módulo tiene un

formato muy escueto con solo tres campos: Asunto - Descripción – Recomendación, adicionalmente se puede subir cualquier tipo de imagen o archivo complementario, la información aquí registrada es compartida con todos los otros proyectos existentes en el sistema. Esta opción promueve el concepto Lean de la mejora continua en futuros diseños.

FASE DE PLANIFICACIÓN

Esta fase involucra lo que el LPDS denomina Lean Supply y además considera otras opciones:

Módulo **“Abastecimiento”**, se dispone de unos catálogos codificados y estandarizados de materiales, subcontratistas, equipos, herramientas, y proveedores; cada uno de estas bases de datos contiene los campos necesarios para interactuar y ser compartidos tanto en la planificación, en la ejecución y en el control, evitando de esta forma la futura duplicación de datos e información.

Módulo **“Programación”**, considera dos componentes importantes: El diseño de Etapas y Frentes de Trabajo y la Programación Maestra, la cual servirá de base para la elaboración del Look Ahead.

Módulo **“Dosier de Calidad”**, por el momento este módulo solo contempla un repositorio ordenado de archivos que contienen documentos y plantillas para el plan de calidad del proyecto.

Módulo **“Plan de Seguridad y M.A.”**, al igual que el plan de calidad, este se compone de un repositorio de los documentos, formatos y plantillas que contienen el plan de seguridad de obra, salud ocupacional y medio ambiente, los cuales se ajustan a la normativa vigente.

Módulo de **“Presupuesto”**, el cual contempla la selección de las partidas de obra, la elaboración de los análisis de costos unitarios, las cotizaciones de los insumos y el cálculo del presupuesto de obra. Las bases de datos que soportan estas opciones están diseñadas para interactuar con todos los otros módulos y fases.

FASE DE CONSTRUCCIÓN

Módulo **“Compras”**, se ha diseñado con la finalidad de integrar, compartir y hacer el seguimiento a la información que generan los involucrados en la logística de compras, que demanda bastante tiempo y esfuerzo. Este módulo permite seguir la secuencia lógica de esta gestión, desde que un requerimiento de compra se genera en la obra, se cotiza en la oficina, se elige al proveedor, se genera la orden de compra, se efectúa el pago y finalmente llega al almacén de la obra. Este módulo está interconectado con la opción del Last Planner del módulo de Control de Producción y también con las cotizaciones realizadas en el módulo de abastecimiento de la fase de planificación.

Módulo **“Planillas”**, la información y la secuencia que se sigue para efectuar el cálculo y el pago al personal obrero, con un sistema tan complejo de remuneraciones como es el régimen laboral de construcción civil de nuestro país, implica un proceso muy engorroso y que además frecuentemente genera errores de cálculo, confusiones y reclamos de parte de los trabajadores causando muchos re-procesos. Este módulo contempla el registro de los datos de los trabajadores, el cálculo de los pagos y la respectiva emisión de boletas de los trabajadores. La base de datos de los trabajadores está diseñada no solo para servir a este módulo, sino también para servir de soporte al módulo de Seguridad de Obra y Control de producción.

Módulo **“Last Planner”**, contempla el control de la programación a través del Last Planner TM System (Ballard 2000) , el cual toma los hitos de la programación maestra ubicada en el módulo de planificación, escoge las partidas para el Look Ahead de la opción de Presupuesto, presenta un formato para el análisis de restricciones, informa sobre los recursos e insumos necesarios para cumplir la programación semanal, los contrasta contra el stock de almacén de la opción control del costo y emite un listado de requerimientos que ingresa como pedidos de obra en el módulo de compras. Adicionalmente nos pide la información de programación cumplida y razones de no cumplimiento que almacena semanalmente.

Si bien el Last Planner controla el cumplimiento de la programación a través de los indicadores PPC y RNC, no nos informan de una manera directa como está la situación del proyecto respecto al tiempo y menos al costo. Por ejemplo, un PPC promedio de 85%, no da una idea de cuantos días de retraso tiene la obra, ni mucho menos cual es el desfase del costo respecto al presupuesto; se podría tener incluso un PPC del 100% pero si fue logrado usando una mayor cantidad de recursos a los presupuestados estaría desfasado respecto al costo y no se tendría un indicador para ello.

Para controlar el tiempo y el costo, en la práctica se debe contar adicionalmente con herramientas adicionales a las que recomienda el Lean Construction.

Módulo **“Control del Tiempo y Costo”**, se basa en la técnica del Valor Ganado, para ello se está trasladando a este sistema un software de control en otro lenguaje de programación, diseñado también por el equipo de la empresa Motiva S.A., con el cual podemos contar con los tres datos necesarios para el cálculo del Índice de Performance del Costo (SPC) y el Índice de Performance del Cronograma (SPI).

Módulo **“Supervisión Remota”**, incorpora el uso de Cámaras IP que tienen incluido un web server y un chip de compresión para transmitir videos por Internet de forma autónoma. Estas cámaras permiten ver en tiempo real qué está pasando en el campo desde cualquier lugar donde la persona receptora se encuentre. El usuario dispone de una botonera virtual, con la cual puede mover la cámara haciéndola rotar 360° en horizontal y 180° en vertical y obtener un zoom de hasta 26X.

Con esta tecnología, se puede ver los procesos constructivos desde el sistema, sin necesidad de desplazarse hasta la obra, donde quiera que ésta se encuentre. Con esta tele-supervisión se puede, en muchos casos, hacer mediciones de Tiempos y

Movimientos, Cartas de Balance, etc., sin necesidad de trasladarse hasta la obra, igualmente se puede hacer supervisión de seguridad dado que es muy fácil tomar una telefotografía y anexarla a la papeleta de amonestación que se coloca al trabajador que incurre en actos inseguros.

Módulo **“Control de Calidad”**, en este módulo se deben archivar los documentos que contemplan el aseguramiento y control de calidad de los componentes más importantes de la obra. En el caso del concreto, se dispone de una tabla interactiva que hace el seguimiento a las probetas, mostrando el control de las fechas de rotura, proyectando los resultados a los 28 días y generando una alerta en el caso que la resistencia de rotura esté por debajo de la de diseño. Para los demás controles, por ahora, sólo dispone de un repositorio de documentos de control.

Módulo **“Control de Seguridad”**, este módulo contiene una plantilla donde se elige a los integrantes de los diferentes comités de seguridad, también contiene el listado de control de entrega de los implementos de seguridad personal, la identificación de peligros y riesgos, los análisis de trabajo seguro, el control de las charlas de seguridad y los registros de incidentes y accidentes. Este módulo está interconectado con la base de datos de registro de personal obrero, el cual tiene unos campos destinados a almacenar la historia de cada trabajador en cuanto al aspecto seguridad, de tal manera que en la ficha de un determinado obrero se puede saber por ejemplo las charlas que recibió en otros proyectos, si tuvo algún accidente, si recibió alguna amonestación o si integró algún comité de seguridad.

Módulo **“Cuaderno de Obra”**, es análogo al conocido cuaderno de obra físico pero con la diferencia que es virtual, en esta modalidad en línea se registran todas las incidencias importantes que sucedan en la obra durante su ejecución, de tal manera de contar con un elemento de comunicación y luego de trazabilidad. En la práctica el uso del cuaderno físico está restringido a la comunicación entre el supervisor y el residente y sólo es accesible a los que se encuentran en la obra, con esta modalidad el acceso puede ser ampliado a todos los involucrados que se autorice, pudiendo además adjuntar fotografías, planos, y en general cualquier tipo de documentos o archivos, así mismo se puede dejar encargos pendientes y asignar responsables. Para vencer la resistencia al cambio se ha implementado una opción automática de enviar la comunicación simultáneamente vía correo electrónico.

Finalmente tenemos el módulo **“Lecciones Aprendidas”**, en él cualquier miembro del equipo puede compartir una experiencia mala o buena que crea que se deba tomar en cuenta para mejorar el desarrollo de futuras obras o diseños. Este módulo tiene un formato muy escueto con solo tres campos: Asunto - Descripción – Recomendación, pudiendo además subir cualquier tipo de imagen o documento complementario. La información contenida en este módulo es compartida a todos los proyectos existentes en el sistema y debe ser usada para generar la mejora continua en nuevos proyectos.

FASE DE USO

Módulo **“Entrega”**, contiene un check list de la documentación que debe ser entregada al usuario final y un repositorio de las actas de entrega del producto terminado.

Módulo **“Administración de Reclamos”**, contempla un formato con los siguientes campos: Fecha de reclamo, descripción del reclamo, causa, solución adoptada, fecha de solución y costo incurrido; adicionalmente se pueden subir fotos o cualquier documentación complementaria.

Módulo **“Post Ocupación”**, por ahora sólo contempla un repositorio de documentación con encuestas y apreciaciones hechas por los usuarios finales.

La información contenida en estos dos últimos módulos, conjuntamente con los módulos de Lecciones Aprendidas de las fases de Diseño y de Construcción deben servir de retroalimentación para los futuros nuevos proyectos. Esto promoverá la mejora continua de nuestros proyectos de construcción.

Se ha presentado así, de manera muy general cada uno de los módulos de este sistema integrado, el cual facilita la implementación de la filosofía Lean Construction en la empresa. A manera de ejemplo, a continuación se muestra con más detalle uno de los módulos del sistema, en este caso el módulo de Last Planner donde se podrá ver como éste se integra al resto de módulos del sistema de gestión.

INTEGRACION DEL MODULO LAST PLANNER CON EL SISTEMA DE GESTIÓN

La implementación del Sistema Last Planner en un proyecto de construcción requiere vencer algunas barreras, V. Porwal, José Fernández-Solís et ál (2010), presentan una compilación de diferentes desafíos a vencer por el equipo de proyecto, dos de ellos son “Implementación parcial y tardía del LPDS” e “Integración Física”, creemos que integrar el Last Planner dentro del sistema general de gestión de la empresa ayuda a vencer el primer desafío, y el hecho de poder interactuar virtualmente de forma más eficiente ayuda a amenguar el segundo.

En el trabajo del día a día se observa que para que esta práctica sea sostenible en el tiempo, es necesario contar con la información oportuna y necesaria para iniciar, consolidar, y hacer el seguimiento posterior a la reunión de los last planners. A continuación describimos como el sistema integrado ayuda con esta tarea.

Las condiciones contractuales de un proyecto de construcción exigen la presentación de un cronograma y un presupuesto contra el cual tendremos que responder ante el propietario del proyecto, esta información se encuentra en los módulos correspondientes de la fase de Planificación.

El módulo de Last Planner abre dos ventanas paralelas: una donde se visualizan las partidas del cronograma contractual el cual debe ser elaborado para servir como el Master Plan y al costado, otra en blanco, que vendría a ser la ventana del Look Ahead; el sistema

permite posicionarse en el Master Plan, iluminar las partidas que se piensan trabajar durante el periodo escogido y desplazarlas al Look Ahead (ver figura 2). Para una mayor comodidad esta selección de partidas se puede hacer por fases y por especialidades, de tal manera de tener mayor orden y efectividad en la reunión con todos los last planners.



Figura 2. Last Planner - Master Plan

Luego en una segunda pantalla (Figura 3), ya se puede visualizar el formato completo del Look Ahead compuesto por el listado de partidas, sus unidades de medida, las cantidades totales presupuestadas, las cantidades avanzadas a la fecha y el periodo escogido en semanas donde debemos colocar las cantidades de trabajo que proyectamos hacer semanalmente, con esta información el sistema accede a los análisis de costos unitarios que se encuentran en el módulo de presupuesto y calcula una primera estimación de la cantidad de insumos necesarios para cumplir con la programación.

N°	Item	Código	Descripción	Und	Cantidad		Cantidad Semanal				
					Total	Actual	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33	Sem. 34	
1	10.02.05	MT050	Excavación Cisterna	m3	178.0	100	100.0				
2	10.05.01	CT010	Acero Cisterna	Kg	4800.0	0	1200.0	3600.0			
3	10.05.02	CT020	Encofrado Cisterna	m2	102.4	0		102.4			
4	10.05.03	CT030	Concreto Cisterna	m3	38.5	0				38.5	

Figura 3. Last Planner-Look Ahead

En una tercera pantalla (Figura 4), el sistema muestra el listado de insumos, sus unidades, las cantidades requeridas por semana para el periodo del Look Ahead, el stock existente de estos recursos en el almacén y las cantidades finales a comprar. Este requerimiento de compra puede pasar al módulo de compras donde posteriormente puede hacerse el seguimiento de toda la secuencia de pedidos de obra en tiempo real.

Código	Insumo	Unid.	Cantidades Requeridas					A Comprar				
			Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33	Sem. 34	Total	Stock	Pedido	P. Unitario	Total	
10.01.03	Acero 1"	Var		63				63	0	63	84.73	5,338
10.01.05	Acero 3/4"	Var		95				95	80	15	48.06	721
10.01.06	Acero 3/8"	Var		122				122	50	72	16.63	1,197
10.07.02	Aditivo Rheobuild De	lt			10			10	0	10	10.20	102
10.01.09	Alambre 16	Kg		240				240	100	140	2.23	312
10.02.03	Arena Oruesa	m3			28			28	10	18	32.56	586
10.03.02	Cemento Sol tipo 1	bis			270			270	95	175	14.25	2,601
045	Mezcladora de 1/2iva	hm			25			25		25	14.28	357
10.02.05	Piedra chancada 1/2"	hm			8			8	0	8	49.00	382
053	Vibradora de concreto	hm			8			8		8	10.71	86
127	Retrosicavadora	hm	6		8			8		8	120.00	720

Figura 4. Last Planner-Look Ahead - Insumos

Para la Programación Semanal, el sistema muestra la primera semana del Look Ahead (Figura 5), aquí se pueden ver las partidas, sus unidades, un despliegue diario de toda la semana donde se deben colocar las cantidades programadas y un listado de restricciones con unos check box de liberación; cuando una partida tenga todos estos check box llenos entonces esta quedará liberada para formar parte del la programación semanal. Al igual que en el Look Ahead, aquí también se puede obtener la estimación de la cantidad detallada de recursos pero afinada diariamente.

Nº	Descripción	Unid.	Programación Semana 31							Restricciones							
			Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	T	Inform	Aut. Pres	Equip. site	Personal	Mat.	Equipos	E. Est	Liberación
1	Estructura Cisterna	m2		78						78	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Acero Cisterna	kg			400	400	400	200	1400		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Estructura Cisterna	m2							0								
4	Concreto Cisterna	m3							0								

Figura 5. Last Planner-Restricciones

Para el control de la planificación semanal, se dispone de otra pantalla (Figura 6), donde se muestran las partidas de la programación de la semana que concluyó, las cantidades que se previeron avanzar cada día, las cantidades que realmente se avanzaron (información que extrae del módulo de control de costos), un casillero que nos pide indicar si se cumplió o no con la programación, otro que permite escoger un combo de Razones de no Cumplimiento (RNC), y finalmente debajo, se especifica el Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC). Esta información se guarda identificándose con el número de semana del año y se almacena en un listado histórico, el cual queda disponible a todos los involucrados autorizados.

N°	Descripción	Und.	Programación Semana 31							Realizado Semana 31							¿Se hizo?	RNC
			Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	T	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	T		
1	Excavación Sistema	m3	78						78							80	5	Selecione
2	Acero Sistema	kg		400	400	400	200	1400			350	380	370	100	1200	N	Selecione	
3	Encofrado Sistema	m2						0							0		Selecione	
4	Concreto Sistema	m3						0							0		Selecione	
															PPC:	50%		

Figura 6. Last Planner- PPC y RNC

CONCLUSIONES

La incorporación del presente sistema dentro de una empresa, contribuye a formalizar la aplicación de los conceptos lean en el desarrollo de proyectos de construcción. Integra la información y mejora la comunicación entre el equipo de trabajo y entre las diferentes fases del proyecto, mejora los tiempos de respuesta, evita iteraciones negativas, propicia el análisis de múltiples alternativas, provee de información disponible e inmediata para la mejora de la productividad y promueve la mejora continua para futuros proyectos.

Uno de las principales barreras a vencer para implementar un sistema integrado como el que se propone, es vencer la resistencia al cambio de los integrantes del equipo del proyecto, quienes muchas veces han estado acostumbrados a participar en el desarrollo de un proyecto en base a datos e información no formalizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballard, G. (2000). “Lean Project Delivery System”. White Paper # 8, Lean Construction Institute, September 23, 2000, 7 pp.
- Ballard, G. and Zabelle, T. (2000). “Project Definition”. White Paper # 9, Lean Construction Institute, October 20, 2000, 10 pp.
- Ballard, G. and Zabelle, T. (2000). “Lean Design: Process, Tools and Techniques”. White Paper # 10, Lean Construction Institute, October 20, 2000, 15 pp
- Ballard, G. (2000). “The Last Planner System of Production”, Control Ph.D. Diss., Faculty of Engineering, Birmingham, The University of Birmingham. PHD: 192 pp.
- Ballard, G. (2006). “Rethinking Project Definition in Terms of Target Costing”. Proceedings of the 14 th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 14, 25 -27 July, Santiago, Chile, pp. 77- 89.
- Ballard, G. (2008). “The Lean Project Delivery System: An Update”. Lean Construction Journal, pp. 1-19.
- Orihuela, P., Orihuela, J., Ulloa, K. “Tools for design management on Building Project”, Proceedings of the 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 19, July, Lima, Perú, pp. 427- 436.
- Porwal, V., Fernández-Solís, J., Lavy, S., Rybkowski, S. “Last Planner System implementation challenges”, Proceedings of the 18 Annual Conference International Group for Lean Construction, IGLC 18, July 2010, Haifa, Israel, pp 548-54.