

PRACTICAEMPRESARIAL

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE PLANEACION LAST PLANNER
EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD, EFECTIVIDAD Y
EFICIENCIA EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO
(LEAN CONSTRUCCION)**

ELBERTH DELGADO ORDUZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIRIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL BUCARAMANGA
2007
PRACTICAEMPRESARIAL**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE PLANEACION LAST PLANNER
EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD, EFECTIVIDAD Y
EFICIENCIA EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO
(LEAN CONSTRUCCION)**

ELBERTH DELGADO ORDUZ

**Trabajo de grado en la modalidad de practica empresarial para optar por el
título de ingeniero civil**

Director:

Ing. M.Sc. GUILLERMO MEJÍA AGUILAR

Tutor:

Ing. JHON GILBERTH ARIAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIRIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2007**

A Dios

A la Virgen Nuestra Señora del Socorro de Guaca

*A Guaca,
la tierra que me vio nacer y en la que forje mis más anhelados sueños*

*A mis padres Agustina Orduz Chanagá
y Luís Humberto Delgado Tarazona
que me apoyaron sin dudar un momento,
cifrando en mí sus esperanzas de un mañana próspero,
a ellos les quiero decir que este es el fruto de sus consagrados esfuerzos
y a ellos dedico este primer triunfo en mi vida profesional.*

A mis familia, a mis hermanos Gloria, Margoth, Carlos y Laura

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a mis padres, porque sin duda gracias a sus consagrados y titánicos esfuerzos hoy hacen posible que escriba estas líneas para agradecerles lo más valioso que uno puede legar a sus hijos la educación; una formación no solo académica sino integral que me permite afirmar que hoy por hoy no solo soy un ingeniero civil sino un ciudadano que aun sueña con transformar el mundo.

A la Universidad Industrial de Santander que durante el transcurso de mi pregrado se convirtió en mi casa, en mi hogar, y fue el caldo de cultivo donde alimente, forje y desarrolle sueños, ilusiones. Fue mi hogar porque ninguna de sus puertas estuvo vedada para mí, me brindo conocimientos y apoyo mediante todos sus programas.

A la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas y al Consejo de Facultad que fue para mí un espacio de formación política, donde tuve la oportunidad de realizar un trabajo desinteresado por mejorar la calidad académica de nuestra alma mater.

A la Escuela de Ingeniería Civil y su cuerpo docente y administrativo para con quienes tendré una deuda de eterna gratitud.

Al Padre Freddy Ramírez de quien solo puedo decir que es un amigo, que es mi amigo en toda la dimensión de la palabra.

Al Centro de estudios de Ingeniería Civil en el cual participe activamente y del cual me llevo los mejores recuerdos.

Al ingeniero German García Vera de quien solo puedo decir que ojala nuestra Escuela tuviera más docentes de su calidad profesional.

A mi director de proyecto el ingeniero Guillermo Mejía Aguilar quien me acompaño es esta última etapa de mi formación.

Al ingeniero Dalton Moreno Girardot, por su apoyo decidido y desinteresado.

A mis pocos pero verdaderos amigos que conocí en el transcurso de esta carrera como Sandra Cote, Arturo Sandoval, Harvinson Maldonado de quienes solo espero poder conservar su amistad a través de los años como única riqueza.

Y a aquellos con quienes tuve desavenencias porque me enseñaron que un hombre ha triunfado en la vida si tiene enemigos que estén a su altura.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 GENERALIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN	3
2 LA NUEVA FILOSOFIA DE PRODUCCIÓN LEAN CONSTRUCTION.....	4
2.1 ANTECEDENTES.....	4
2.2 EL MODELO TRADICIONAL DE PRODUCCION EN LA CONSTRUCCIÓN. 5	
2.3 EL MODELO DE PRODUCCIO DEL LEAN CONSTRUCCION.....	7
2.4 PRINCIPIOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	7
2.4.1 REDUCIR LAS ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR. (PÉRDIDAS).....	8
2.4.2 INCREMENTAR EL VALOR DEL PRODUCTO A TRAVÉS DE LA CONSIDERACIÓN SISTEMÁTICA DE LOS REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.....	8
2.4.3 REDUCIR LA VARIABILIDAD.....	8
2.4.4 REDUCIR EL TIEMPO DEL CICLO.....	9
2.4.5 SIMPLIFICAR MEDIANTE MINIMIZACIÓN DE LOS PASOS, LAS PARTES Y LA NECESIDAD DE CONCILIAR INFORMACIÓN Y UNIONES	10
2.4.6 INCREMENTAR LA FLEXIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN.	11
2.4.7 INCREMENTAR LA TRANSPARENCIA EN LOS PROCESOS.	11
2.4.8 ENFOCAR EL CONTROL DEL PROCESO AL PROCESO COMPLETO	11
2.4.9 INTRODUCIR EL MEJORAMIENTO CONTINUO DE LOS PROCESOS.	12
2.4.10 BALANCEAR EL MEJORAMIENTO DE LOS FLUJOS Y LAS CONVERSIONES.	13
2.4.11 REFERENCIAR PERMANENTEMENTE LOS PROCESOS (BENCHMARKING).....	13
2.5 MEDIDAS EN LA CONSTRUCCION	14
2.6 EL CONCEPTO DE PERDIDA BAJO EL LEAN COSNTRUCTION	15
2.6.1 CARATERIZACION DE LAS PERDIDAS	16
3 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR (THE LAST PLANNER SYSTEM)	18
3.1 BASES CONCEPTUALES.....	19
3.1.1 EL CONCEPTO DE PLANIFICACION	19
3.1.2 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR.	19
3.2 NIVELES DE PLANIFICACIÓN.....	19
3.2.1 PLANIFICACIÓN DE LARGO PLAZO (PROGRAMA MAESTRO).....	20
3.2.2 PLANIFICACIÓN LOOKAHEAD	20
3.2.3 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (ITE)	24
3.2.4 PLANIFICACIÓN DE TRABAJO SEMANAL	25
3.2.5 REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL.....	29
3.2.6 MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN:.....	31
4 PROCESOS APOYADOS MEDIANTE EL SISTEMA DEL ULTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER).	33

4.1	CONSORCIO QUIJIN	33
4.2	PROYECTO DE ESTUDIO	33
4.2.1	GENERALIDADES DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO IED SAN JOSE DE MARYLAND	33
4.2.2	TIPO DE CONTRATO.....	34
4.3	EXPERINCIA DE IMPLEMENTACION	35
4.3.1	SELECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO	35
4.3.2	PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR.	39
4.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	43
4.4.1	PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS (PAC)	43
4.4.2	EVOLUCIÓN DEL SISTEMA EN LA EMPRESA.....	44
4.5	ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS ...	47
4.5.1	FALTA EQUIPO, HERRAMIENTA(23%) Y MATERIALES (14%).....	47
4.6	ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	49
4.6.1	BAJO RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA:.....	49
4.7	BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	52
4.7.1	ERRORES EN LA PLANIFICACIÓN INDUCIDOS POR LA PRESIÓN DEL SISTEMA DE COSTES 52	
4.7.2	DEFICIENTE ADMINISTRACIÓN DE OBRA	53
4.7.3	CARENCIA DE AUTOCRÍTICA	53
4.7.4	VISIÓN DE CORTO PLAZO	54
4.7.5	MALA INTERPRETACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL INDICADOR PAC.....	54
4.8	COSTOS	54
4.8.1	SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS	54
5	CONCLUSIONES	58
	BIBLIOGRAFÍA	61
6	ANEXO 1. PRESUPUESTO DE LA OBRA IED SAN JOSÉ DE MARYLAND ANEXO 2.	62
7	ANEXO 2. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	67
8	ANEXO 3. PLANILLA PTS	73
9	ANEXO 4. FORMATO DE CONTROL DE COSTOS PC-R-095	74
	ANEXO 5,¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida.	5
Figura 2. La producción como un flujo de procesos.	7
Figura 3. Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo.	9
Figura 4. Esquema del proceso de mejoramiento continuo.	12
Figura 5. Perdidas según el modelo de Lean Construction bajo el enfoque de flujos internos y externos	17
Figura 6. Revisión de actividades antes del programa Lookahead.	23
Figura 7. Preparación de actividades en la planificación Lookahead. Fuente: Ballard, Glenn. The Last Planner System of Production Control. 2002.	24
Figura 8. Enfoque de planificación del Last Planner. Fuente: Botero, Fernando. Construcción Sin Pérdidas. 2006.	26
Figura 9. Interacción de actividades planificadas.	27
Figura 10. Sistema del Último Planificador como un Todo.	29
Figura 11. Medición del desempeño según el PAC	32
Figura 12. Vistas del proyecto IED SJM (Fuente diseño arquitectónico)	34
Figura 13. Hoja Electrónica para el control de la Planificación Lookahead.	41
Figura 14. Hoja Electrónica de Excel para la planificación semanal.	42

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de un estado de Asignaciones (Inventario de trabajo realizable)	22
Tabla 3. WBS para el proceso de cimentación	37
Tabla 4. WBS para elementos verticales: muros y columnas	38
Tabla 6. Evolución del PAC semanal	43
Tabla 7. Causas de no cumplimiento.	46
Tabla 8. Comparativo entre los costos ofertados y costo real.....	57

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. PRESUPUESTO DE LA OBRA IED SAN JOSÉ DE MARYLAND ...	62
ANEXO 2. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	67
ANEXO 3. PLANILLA PTS	73
ANEXO 4. FORMATO DE CONTROL DE COSTOS PC-R-095	74
ANEXO 5. INSTRUCTIVO DE IMPLEMENTACION DEL LAST PLANNER.....	1

RESUMEN

TITULO: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE PLANEACION LAST PLANNER EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD, EFECTIVIDAD Y EFICIENCIA EN EL SISTEMA APORTICADO (LEAN CONSTRUCCION)

AUTOR: DELGADO ORUZ, Elberth.

PALABRAS CLAVES:

Lean Construction, Último Planificador, Asignaciones, restricciones, flujo de trabajo, Porcentaje de asignaciones completadas (PAC), variabilidad.

DESCRIPCION:

Bajo la filosofía de producción Lean Construction se define el proceso de producción como un flujo de información de recursos e información desde la materia prima hasta la entrega del producto al cliente final, en este flujo se distinguen dos tipos de actividades: conversiones como se denomina los procesos que transforman los recursos y flujos aquellas actividades de inspección, transportes, esperas, se considera que no agregan valor para el cliente y por ende generan pérdidas. Se debe buscar en consecuencia optimizar las conversiones y eliminar o disminuir los flujos.

Los sistemas de gestión tradicionales, al carecer de un sistema que permita predecir con cierta exactitud el flujo de trabajo dan lugar a que aparezcan flujos no previstos y se disminuya la efectividad de las conversiones y se termina adoptando un sistema de cuadrillas flexibles para mantenerlas ocupadas, extendiendo este criterio a toda la línea de producción inyectando variabilidad e incertidumbre en cuanto a los recursos a utilizar y a los tiempos de ciclo de la actividad. El punto de partida es incrementar la confiabilidad de las asignaciones de trabajo a nivel mediante horizontes cortos de planificación donde las actividades que se deberían hacer y las posibles restricciones que impedirían su normal ejecución son eliminadas.

Mediante la aplicación sistema del Ultimo Planificador se busca aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo mediante la medición del porcentaje de asignaciones completadas (PAC) como indicador de confiabilidad y mediante la determinación de las causas de no cumplimiento se procede aplicar las acciones correctivas para eliminar la variabilidad.

Los impactos potenciales de mejorar PAC en el proyecto en relación a los costos y duración del proyecto se describen en el presente estudio. ^x

^x Proyecto de grado modalidad practica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Ing. M.Sc Guillermo Mejía Aguilar.

ABSTRACT

TITLE: APPLICATION OF THE METHODOLOGY LAST PLANNER IN THE IMPROVEMENT OF THE PRODUCTIVITY, EFFECTIVENESS AND EFFICIENCY IN THE ESTRUCTURAL SYSTEM PIAZZAS

AUTHOR: DELGADO ORDUZ, Elberth.

KEY WORDS:

Lean Construction, Last Planner, Assignments, restrictions, work flow, Percentage of completed assignments (PAC), variability.

DESCRIPTION:

The philosophy of production Construction without losses is defined the production process like a flow of information of resources and information from the matter it prevails until the delivery from the product to the final client, in this flow they are distinguished two types of activities: conversions like it is denominated the processes that transform the resources and flows those inspection activities, transports, waits, it is considered that they don't add value for the client and for they generate losses. It should be looked for in consequence to optimize the conversions and to eliminate or to diminish the flows.

The traditional administration systems, when lacking a system that allows to predict with certain accuracy the work flow give place to that not foreseen flows appear and diminish the effectiveness of the conversions and he/she ends adopting a system of flexible gangs to maintain them busy, extending this approach to the whole production line injecting variability and uncertainty as for the resources to use and at the times of cycle of the activity. The starting point is to increase the dependability from the work assignments to level by means of short horizons of planning where the activities that should be made and the possible restrictions that would impede its normal execution are eliminated.

By means of the application system of the Last Planner it is looked for to increase the dependability of the work flow by means of the mensuration of the percentage of completed assignments (PAC) as indicator of dependability and by means of the determination of the non execution causes you proceeds to apply the corrective actions to eliminate the variability.

The potential impacts of improving PAC in the project in relation to the costs and duration of the project are described study presently *

* Project of grade modality practices managerial.

** Faculty of Physical-mechanical Engineerings, School of Civil Engineering, Engineer M.Sc. Guillermo Mejía Aguilar.

GLOSARIO

ASIGNACION: Orden dada a un obrero o cuadrilla para que ejecute una cantidad de obra determinada o es una directiva asignada a una persona responsable de su ejecución.

BALANCE DE CARGA: Consiste en revisar la cantidad de trabajo asignada a una cuadrilla contra su rendimiento y calificación para así estimar el tiempo que se dará a esta para que ejecute al asignación que se le encomendó.

CAPACIDAD: Es la cantidad de trabajo que una unidad de la producción, ya sea de manera individual o grupal logra ejecutar en una cantidad dada de tiempo. Esta cantidad está de trabajo esta en estricta relación con el rendimiento de la cuadrilla.

CARGA: Es la cantidad de trabajo asignado a una cuadrilla, para que esta la ejecute dentro de un plan de trabajo semanal.

CLIENTE: Es el usuario de nuestros productos ya sea interno o final.

COMPROMISOS DE PLANIFICACION: Durante las reuniones de planificación semanal cada último planificador interactúa negociando con sus similares la utilización de recursos comunes, la entrega de información y recursos para garantizar así la ejecución de actividades sin interrupciones.

CONTROL DEL FLUJO DE TRABAJO: Generar las condiciones necesaria para que el flujo de recursos a través de la línea de producción se de en los tiempos planeados, en la secuencia planificada y en las proporciones deseadas que permitan a las cuadrillas la realización de las asignaciones encargadas.

CONVERSIONES: En el proceso de producción son aquellas actividades que transforman los recursos en una cantidad de obra, ejemplo el hormigonado de una columna.

DEBERIA-PUEDO-SE HARA-HECHO: Para ser eficaz, los sistemas de dirección de producción deben decirnos lo que nosotros debemos hacer y lo que nosotros podemos hacer, para que nosotros podamos decidir lo que nosotros haremos, entonces comparar con lo que nosotros hicimos para mejorar nuestra planificación.

FLUJOS: En el flujo de recursos y materiales que sigue una línea de producción son aquellas actividades que no agregan valor porque no transforman recursos y pueden ser actividades de apoyo como transportes de recursos o actividades de inspección o demoras.

FLUJO DE TRABAJO: Es el movimiento de información y materiales a través de una red de unidades producción, cada una de las cuales los procesan estos recursos antes de que continúen por el ciclo de producción.

ITE: Inventario de trabajo ejecutable, es el compendio de todas las actividades provenientes de la planificación intermedia cuyas restricciones han sido liberadas y tentativamente podrán ser ejecutadas en la planificación a corto plazo o semanal.

RESTRICCIONES: Son todas aquellas dificultades reales y potenciales que impiden que una tarea o asignación pueda ser ejecutada. Las restricciones típicas en las tareas del plan son los prerrequisitos, la falta de materiales, equipos, mano de obra, falta de claridad y criterio para definir lo que será producido o se proporcionará. Eliminar estas restricciones se denomina preparar una actividad para que sea ejecutada.

LEAN CONSTRUCTION: es una metodología de apoyo a la gerencia de proyectos basada en la gestión de procesos productivos, ya sea que se hable de diseño y/o construcción. Su fundamento teórico consiste en maximizar el valor y minimizar las pérdidas, diseñando, documentando, administrando y controlando procesos.

PAC: Porcentaje de asignaciones completadas, es el número de asignaciones de trabajo ejecutadas dividido entre el número de las planificadas.

PLANIFICACION INTERMEDIA: En el nivel jerárquico de planificación se ubica en el nivel medio, en esta se define un horizonte de planificación cuyo objetivo es garantizar un flujo de trabajo constante mediante la liberación de las restricciones.

PERDIDAS: Ohno (1998) recoge este enfoque cuando define como perdidas: “Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción”

PREPARACION DE RESTRICCIONES: Es el proceso mediante el cual, el responsable de liberar las restricciones gestiona las condiciones necesarias para que se provean los recursos necesarios, se definan los tiempos de respuesta y se concedan los permisos necesarios si dado el caso se requieren.

PRODUCTIVIDAD: La productividad se define como la relación entre la cantidad de obra producida con respecto a los recursos empleados

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\textit{producto}}{\textit{recursos}}$$

PTS: Plan de trabajo semanal, es el conjunto de asignaciones seleccionadas del ITE que se ejecutaran el marco de una semana de planificación.

RAZONES DE NO CUMPLIENTO: Es el análisis de las causas por las cuales una asignación no fue terminada ya fuese por falta de requisitos previos, recursos.

ULTIMO PLANIFICADOR: Es la persona o grupo de personas que elaboran, definen y dirigen las asignaciones de trabajo para las cuadrillas. Llamados también jefes de escuadra.

VARIABILIDAD: Toda desviación de lo planificado, ya sea en tiempos o recursos.

INTRODUCCIÓN

Ya es frase obligada resaltar la importancia económica de la industria de la construcción y su incidencia en crecimiento mismo de un país. Es un verdadero motor que impúlsale progreso de una sociedad. El sector de la construcción es un componente significativo del PIB colombiano, durante el primer trimestre del 2007 comparado con el mismo trimestre del año anterior su crecimiento fue del 28,27 y su contribución fue del 1,64, unas de las contribuciones mas altas después de la industria manufacturera según comunicado de prensa del Departamento Nacional de Estadísticas DANE¹ de junio 22 de 2007.

A través de la construcción se satisfacen las necesidades de infraestructura de la mayoría de las actividades económicas y sociales de un país, como los requerimientos de vivienda de la población. Este sector consume una cantidad importante de recursos públicos y privados, pues demanda una alta inversión por ende genera una dinámica económica entorno suyo como fuente de trabajo pues usa mano de obra intensivamente, y genera muchas otras actividades directas e indirectas. Pero paradójicamente la construcción ha mantenido tradicionalmente muchos paradigmas fuertemente arraigados en cuanto al diseño y a los procesos constructivos manteniéndose como uno de los sectores mas atrasados en Latinoamérica en comparación con la industria constructiva en países desarrollados. Esta cultura se ha sostenido gracias a que por ahora los métodos usados en esta industria resuelven razonablemente bien los problemas del pasado.

Esto se evidencia como un conjunto de variadas deficiencias y falta de efectividad que da como resultado los conocidos problemas de incumplimiento de plazos, baja calidad, altos costos se han mantenido inamovibles e inmodificables manteniendo a nuestras empresas en el ámbito domestico y poniéndolas en serias desventajas frente a acuerdos de libre comercio como el TLC. El panorama estaría incompleto sino se mencionara que actualmente la economía Colombiana pasa por un momento de bonanza y sin duda será un buen mercado para que incursionen las empresas extranjeras.

En contraste con este horizonte se ha empezado a generar una creciente preocupación por el mejoramiento de la productividad, haciendo más eficientes aquellas actividades de transformación que agregan valor al producto en directa relación con la satisfacción de los requerimientos del cliente. Por tanto el mejoramiento de los procesos constructivos se ha centrado en la eliminación de todas aquellas actividades, metodologías, políticas que generen despilfarros de recursos que generen costos

¹ DANE, Producto Interno Bruto – Primer Trimestre de 2007. Comunicado de prensa. Bogota junio 22 de 2007. Disponible en el sitio web: www.dane.gov.co.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

directos o indirectos y que no agregan valor para el cliente. Estas son consideradas como desperdicios y por ende como generadoras de perdidas por tanto el esfuerzo de todo administrador o empresario de la construcción debe orientar sus esfuerzos y estrategias de mejoramiento a su identificación, seguimiento y a la erradicación de sus causas.

Una de las principales causas se adjudica a la variabilidad generada por las falencias de los sistemas de planificación y de control, ya que la poca fiabilidad de estos permiten la aparición de actividades que no generan valor para y el cliente y generan perdidas y disminución de la productividad. Este es el principio básico de una nueva filosofía de producción, de una nueva estrategia de productividad denominada Lean Construction dentro de la cual se enmarca el Last Planner como metodología orientada a mejorar la confiabilidad de la planificación.

En el presente documento se busca presentar el marco conceptual del Lean Construction que sustenta la metodología del Last Planner en segundo lugar presentar las experiencias de la implementación de esta metodología como herramienta de planificación y control de obra orientada al control de costos.

De la experiencia de implementación se redactara un manual o cartilla del Last Planner cuya finalidad es que sirva de documento guía y base para la planificación de obra. Este manual abaricara unas recomendaciones generales sobre selección de personal, instrucciones técnicas para el control del concreto y el acero de refuerzo y herramientas para un estudio de muestreo de trabajo con miras a determinar la utilización del tiempo.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

1 GENERALIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN

Antes de abordar la metodología de interés de nuestro estudio, es conveniente es conveniente allanar el camino, planteando los diversos y enfoques bajo los cuales se oriente la industria de la construcción, sus principales características productivas estableciendo una mirada comparativa entre la industria y la construcción.

Serpell² presenta un conjunto de características que explican muchos de los problemas del sector, estas carencias son:

- Curva de aprendizaje limitada debido a al alta rotación del personal entre proyectos.
- Sensitividad al clima.
- Presión de trabajo pues se trabaja contra el tiempo para el cumplimiento de plazos.
- Incentivos negativos debido a intereses contrapuestos de las partes buscando solo un beneficio particular y no un trabajo en equipo.
- Deficiente capacitación y reciclaje de mano de obra.
- Relaciones antagónicas entre dueños, proyectistas y contratistas.
- Planificación deficiente o ausencia de la misma.
- Actividad basada en la experiencia.
- Falta de investigación con miras al desarrollo y mejoramiento.
- Actitud mental de sector arraiga en una cultura de no autocrítica y conformismo.

² Serpell B, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2ª Edición. México DF: Alfaomega, 2002. p.14 a 16.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

2 LA NUEVA FILOSOFIA DE PRODUCCIÓN LEAN CONSTRUCTION

2.1 ANTECEDENTES

La filosofía de Construcción sin pérdidas o Lean Construction se orienta a agregar valor a aquellas actividades de transformación haciendo las más eficientes teniendo como meta la satisfacción del cliente interno y externo, mediante la eliminación de actividades que generen costos. Sus principios básicos son: la reducción de actividades que no agregan valor, disminuir la variabilidad, reducir los procesos constructivos, aumentar la flexibilidad, conocimiento del proceso constructivo, proceso integral, búsqueda de mejoramiento continuo y realización de Benchmarking.

En 1992, Lauri Koskela, finlandés presentó en su estudio *Application of the new production philosophy to construction*, CIFE Technical Report N° 72. Stanford University el impacto de nuevos enfoques en la industria de la construcción, en este estudio resaltaba que los diversos enfoques tenían unos ejes transversales: *concebir la producción y sus operaciones como procesos*.

En este estudio se resalta que la construcción sin pérdidas no incluye realmente nuevos principios sino que busca la integración de diferentes conceptos que individualmente no tienen la relevancia que sin duda tienen agrupados bajo una misma estrategia. Como se menciona toma los conceptos de Just and Time (JIT), Lean Production, Ingeniería concurrente, Competición basada en el tiempo, reingeniería de procesos, círculos de calidad, ingeniería de valor, control total de la calidad (TQM), Benchmarking y fase tracking.

En Latinoamérica ha sido implementada exitosamente en Chile desde la década de los 90 hasta la actualidad dirigida por el ingeniero Luís Fernando Alarcón a través del programa de excelencia en gestión de la construcción, este trabajo se realizó en 1995 y abarcó un estudio de 370.000 m² construidos.

En Colombia se ha implementado en la ciudad de Medellín en los años 2002-2003, dirigidos por Luís Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez docentes de la Universidad EAFIT. La investigación estudió en el 2002, 9 proyectos, y 4 constructoras con un total de 43.569 m² construidos y en el 2003, 17 proyectos de 9 constructoras con 136.572 m² construidos. En el 2005 se realizaron nuevamente estudios en la ciudad de Manizales con 32.085 m² y Bogotá con 143.388 m² para un total de 353.614 m² con cerca de 4.668 unidades construidas. Los proyectos estudiados comprenden diversos sistemas constructivos: mampostería estructural, sistema de muros verticales en concreto usando formaletería manoportable o túnel, sistema aperturado y sistema combinado, sistema dual y prefabricado.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

La Universidad de los Andes ha realizado cuatro investigaciones sobre el tema enfocado a compañías que trabajan con vivienda de interés social.

Nuevas condiciones y escenarios del mercado y una fuerte corriente de renovación en los profesionales de la construcción hacen posible que frente al fuerte arraigo cultural del sistema tradicional de conversiones, surjan nuevas metodologías de gestión, de productividad una breve enumeración de estas condiciones:

- Mercados globalizados mas competitivos, con la participación cada vez mas creciente de empresas internacionales.
- Proyectos cada vez más complejos, que requieren aplicación de nuevas tecnologías.
- Mayores exigencias de calidad por parte de contratantes y usuarios finales
- Presión para reducción de plazos y costos en los proyectos

Esto se ve favorecido por la actitud de los nuevos profesionales de la construcción en cuanto a:

1. Utilización eficiente de recursos
2. Mejorar la competitividad de los proyectos de construcción
3. Incorporar nuevas filosofías de gestión, para el mejoramiento de desempeño
4. Desarrollar sentido de autocrítica e innovación permanente.

2.2 EL MODELO TRADICIONAL DE PRODUCCION EN LA CONSTRUCCIÓN.

Según Koskela³ este modelo la producción como modelo de conversión puede definirse así:

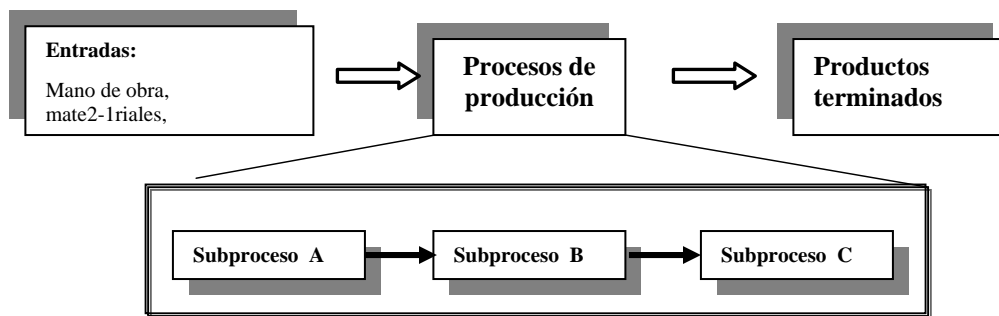


Figura 1. Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida.
Fuente: Koskela, Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. 1992

³ Koskela, Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. CIFE Technical Report No 72. September 1992. Pág. 12. Made available on the Lean Construction Institute's web site <http://www.leanconstruction.org>

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

1. La industria de la construcción ha sido entendida tradicionalmente como un proceso de producción en que materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salidas).
2. El proceso de la conversión puede ser dividido en subprocesos que también realizan conversiones.
3. El costo del proceso total puede minimizarse minimizando el costo de cada uno de los subprocesos.
4. El valor del producto (salida) de un proceso es depende de los costos (o valor) de las entradas a ese proceso.

Este modelo productividad posee los siguientes errores:

- No diferencia entre la productividad de actividades de conversión tales como albañilería (que agregan valor) y la productividad de actividades de flujo, tales como esperas, controles, movimientos, etc (que no agregan valor). Este modelo considera que todas las actividades agregan valor.
- Una de las premisas fundamentales del modelo, estima que el costo total del proceso puede reducirse minimizando los costos de cada subproceso, ignorando los efectos producidos por la interdependencia entre subprocesos.
- El modelo no considera la variabilidad de los resultados y los trabajos rehechos, pues se asume que el trabajo pasa linealmente y secuencial mente a través del sistema de producción.
- Las pérdidas en la construcción y la fabricación provienen del mismo pensamiento centrado en la visión de conversión: *“Mantener la presión intensa sobre la producción y sobre cada actividad porque la reducción del costo y la duración de cada paso es la llave del mejoramiento”*.
- No existe preocupación por el impacto que produce en el producto final, la mala calidad de los recursos, la variabilidad y la incertidumbre.

Según Koskela el JIT cuestiona que si bien se enfatiza en mejorar la eficiencia entre los subprocesos para minimizar tiempos y costes, ya que se asume que el coste total es la suma de los costes de subprocesos no se analiza la interrelación entre estos llegando en algunos casos a deteriorar el funcionamiento pues una mejora local genera cuellos de botella en el sistema. Desde el punto de vista de TQM las salidas de la conversión son variables a tal una magnitud que una porción los productos no cumplen la especificación implícita o explícita para esa conversión y tiene para ser desechado o reprocesado. Se centra tanto en los requisitos de los subprocesos que se olvidan los requisitos del cliente y el resultado está que ese esfuerzos de mejora se dirige hacia hacer las conversiones más eficaz en lugar de haciéndolos más eficientes y se producen productos que pobremente cumplen requisitos del cliente.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

Hasta este punto, no se ha hecho más que diferenciar los flujos y las conversiones basados en lo que genera valor para el cliente, el interrogante que surge es como administrar, controlar y evaluar el sistema productivo propuesto.

Lauri Koskela⁵ hace referencia a once principios fundamentales, directamente interrelacionados y cuya aplicación debe ser conjunta para una adecuada gestión de los procesos.

2.4.1 Reducir las actividades que no agregan valor. (Pérdidas)

La experiencia ha demostrado que las actividades que no agregan valor predominan en el sistema de producción en proporciones que varían entre el 80% y el 93% (Ciampa 1991), y su parte de tiempo del ciclo total alcanza en algunos casos el 95% (Stalk & Hout 1990). De acuerdo con este principio las pérdidas se reducen haciendo más eficientes las conversiones y eliminando algunas actividades de flujo.

Pero este principio no puede ser llevado al extremo, pues algunas actividades aunque no agregan valor para el cliente directamente son primordiales para la eficiencia global de los procesos como el control de calidad, capacitación de la mano de obra, la seguridad industrial en la obra. Es posible atacar directamente las actividades que no generan valor mediante la realización de diagramas de flujo de lo que se está haciendo actualmente, luego analizar y evaluar para mejorar este diagrama pensando en los flujos, luego realizar entrenamiento del personal para aplicar el sistema mejorado y seguirlo mejorando en busca del óptimo.

2.4.2 Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.

Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno y el cliente externo o final. El fundamento práctico de este principio es consiste que al planificar la producción de una unidad de obra, se identifiquen los clientes sean definidos y analizadas sus exigencias. En el caso de clientes internos, la cuadrilla ejecutora debe velar porque el producto semielaborado tenga las condiciones ideales para que las o la cuadrilla sucesora pueda ejecutar sin dificultades las tareas posteriores.

2.4.3 Reducir la variabilidad

Todos los procesos de producción son variables así se utilicen los mismos materiales y la misma mano de obra. Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso: En primer lugar desde el punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. En segundo lugar, la variabilidad, especialmente en la duración de algunas

⁵ Ibid., p. 17-23

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

actividades, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor y aumenta los tiempos de ciclo debido a:

- Interrupciones en los flujos de trabajo generadas por el cruce entre cuadrillas que deberían haber despejado y no lo han hecho por prolongación del tiempo de ciclo (prerrequisitos).
- Genera el rechazo de los productos, pues el cliente considerara que no se han cumplido sus requerimientos.

Hay que anotar que la desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominarse "variabilidad" y ausencia de ésta se traduce en una planificación confiable. Por tanto es de vital importancia encontrar las causas de la variabilidad y eliminarlas de raíz aumentando la predictividad.

2.4.4 Reducir el tiempo del ciclo

El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos. (Krupka 1992).

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo. El tiempo de un ciclo puede ser representado en la figura 3.

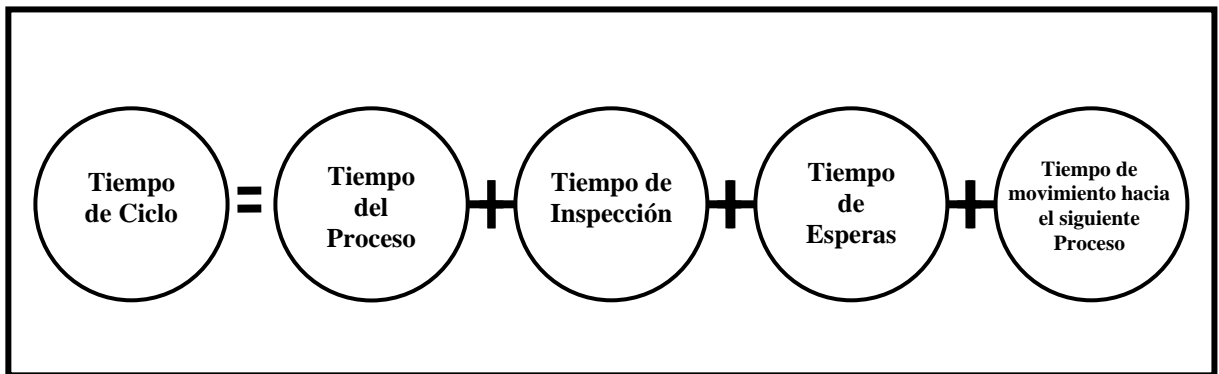


Figura 3. Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo.

Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas (Schmenner 1988, Hopp & al. 1990):

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

Cada escalón de la pirámide jerárquica de organización agrega generalmente un organismo de control al proceso. Este hecho nos motiva en la búsqueda de disminuir capas de esta organización jerárquica, así autorizando a las personas que trabajan directamente dentro del flujo a tomar decisiones: *“Un obrero mejor capacitado, puede tomar mejores decisiones de control y de calidad”*.

Ejemplos prácticos de la reducción de tiempos de ciclo son los siguientes, desarrollados más en extenso por Hopp 1990 & Plossl 1991, Stalk & Hout 1990:

- La eliminación de los movimientos entre procesos (original del JIT) con el objetivo de reducir tiempos de espera y así el tiempo del ciclo.
- Cambiar la disposición de planta con el fin de reducir las distancias al mínimo.
- Cuidar el movimiento de los elementos; parcelando y sincronizando los flujos.
- Atención con las actividades que se podrían cambiar de orden secuencial a orden paralelo.

2.4.5 Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones

Si no intervienen otros factores, la complejidad misma de un producto o del proceso aumentan los costos más allá de la suma de los costos de sus partes individuales o pasos. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad: sistemas complejos son naturalmente menos confiables que sistemas más simples.

Simplemente puede entenderse como:

- Reducir la cantidad de componentes de un producto.
- Reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales.

La división vertical y horizontal de trabajo siempre causa actividades que no agregan valor, que pueden ser eliminadas por unidades independientes (equipos multidisciplinarios y autónomos). Esfuerzos prácticos hacia la simplificación incluyen:

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas. Debemos evaluar constantemente la calidad y el grado de aprendizaje de la mano de obra mediante sistemas de calificación del personal a corto plazo.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control por una cantidad excesiva de índices de productividad medidos.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

2.4.6 Incrementar la flexibilidad en la producción.

Aunque parezca contradictorio a la simplificación, el principio de flexibilización ha dado muy buenos resultados. Para obtener estos resultados hay que generar modelos modulares, estandarizar piezas y partes del producto y utilizar cuadrillas que se adapten al nuevo modelo de producción (multicadrillas que realizan varias labores). Se refiere a la posibilidad de alterar las características de los productos entregados a los clientes sin aumentar los costos de los mismos.

El aumento de la flexibilidad puede alcanzarse mediante diferentes instancias:

- Reducción del tiempo de ciclo como consecuencia de la reducción del tamaño de los lotes de producción.
- Utilización de cuadrillas multifuncionales, capaces de adaptarse fácilmente a las variaciones de la demanda.
- Utilización de procesos constructivos que permitan la flexibilidad del producto sin grandes traumatismos para la producción como muros en Dry Wall.

Las desventajas pueden ser que culturalmente no se acepte la sustitución como ocurre como los muros en dry wall, o que el cliente piense que no se están satisfaciendo sus requerimientos iniciales, en casos como estos es mejor previa concertación con firma de acta de obra dejar clarificado los acuerdos que se hayan pactado para flexibilizar el proceso constructivo.

2.4.7 Incrementar la transparencia en los procesos.

Un proceso a la vista de la gente en sus métodos y procedimientos, es transparente. La carencia de transparencia del proceso aumenta la propensión a errar, reduce la visibilidad de errores, y disminuye la motivación para mejorar. Así, el objetivo es tratar de hacer la producción más transparente para facilitar el Control y el mejoramiento para: "hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin sean más visibles y comprensibles para todos los involucrados" (Stalk & Hout 1989).

Algunos esfuerzos prácticos para mejorar la transparencia son:

- Hacer los procesos directamente observables a través de planos en planta apropiados, figura anterior.
- Incorporar la información de los proceso en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.
- La utilización de órdenes visuales para permitir a cualquier persona inmediatamente reconocer normas y desviaciones de ellas.

2.4.8 Enfocar el Control del proceso al proceso completo

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

deben ser hechas las cosas, provocando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo. El sistema del Ultimo Planificador es el encargado de generar estos compromisos mediante reuniones de planificación periódicas.

Hay al menos dos requisitos previos para el Control enfocado sobre el proceso completo.

Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo lugar, debe haber una autoridad de control para el proceso completo. Varias alternativas son usadas en la actualidad. En organizaciones jerárquicas, se toman soluciones más radicales de dejar a equipos auto-dirigidos en el control de sus procesos (Stewart 1992).

Para enfocar el control al proceso completo es fundamental elegir los proveedores y subcontratistas de acuerdo con el compromiso con la obra completa y no sólo con el pedido individual.

2.4.9 Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.

El esfuerzo por reducir la pérdida y aumentar el valor es un proceso interior, incremental, y reiterativo a cada actividad que puede y debe llevarse a cabo continuamente. Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del Mejoramiento Continuo donde se hace énfasis en mejora general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor. La figura 4, presenta un esquema simplificado del proceso de mejora continua.

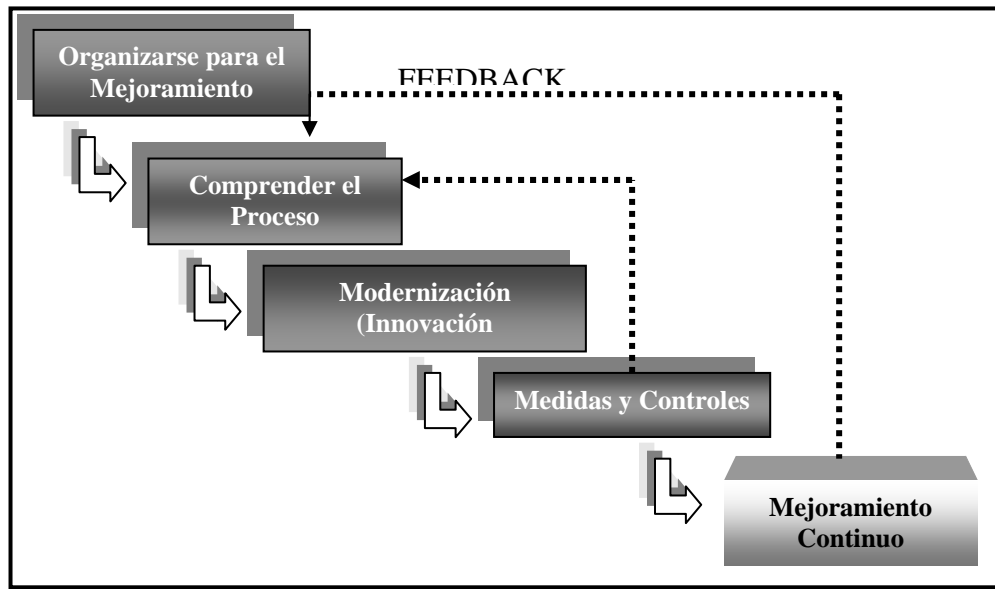


Figura 4. Esquema del proceso de mejoramiento continuo.

Algunas de las recomendaciones para la mejora continua son:

1. El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituye en los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

2. Estandarización de los procedimientos, de forma de consolidar las buenas prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras.
3. La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización de los procesos.
4. El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

2.4.10 Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones.

El mejoramiento de los flujos y de las conversiones está directamente relacionado, mediante la introducción de recursos tecnológicos disminuirá las necesidades de mayor capacidad en las actividades de conversión y minimizará el tiempo invertido en los flujos. Si no existe un equilibrio entre el mejoramiento de los flujos por un lado y de las conversiones, se generaran cuellos de botellas en caso de excederse la capacidad de los flujos por sobre abastecimiento o demoras por desabastecimientos. Cada proceso debe llevarse al máximo de su capacidad de producción o de procesamiento bajo las condiciones actuales y documentando su comportamiento se puede pensar en un rediseño en la mejora mediante la introducción de nueva tecnología.

2.4.11 Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking).

Desde el tiempo de los romanos se ha demostrado la validez de esta práctica, que consiste en ser humilde para aceptar que existen personas, culturas que en algún modo son superiores y podremos beneficiarnos de ello, imitando, copiando y mejorando dicho aspecto hasta alcanzarlos y mejorarlo. Esta práctica fue desarrollada en su mejor expresión por Xerox como medida para identificar porque perdía posicionamiento en el mercado frente a las empresas japonesas

Diversos autores coinciden en los siguientes pasos para la estructuración de un proceso de Benchmarking:

- Saber del proceso; evaluación de las fuerzas y las debilidades de los procesos propios.
- Saber acerca de los líderes de la industria o competidores; encontrar, entender y comparar las prácticas de los mejores.
- Incorporar a las prácticas convencionales lo mejor; copiar, modificar o incorporar en sus propios procesos.

En construcción se conocen cinco sistemas para el Benchmarking en el mundo:

- Benchmarking and Metrics (CII, Estados Unidos).
- KPI (Construction Excellence, Reino Unido).
- Sistema nacional para la Referenciación de la Construcción (CDT, Chile)
- Sistema de Indicadores para Benchmarking en la Construcción Civil (Sisind-Net, UFRGS, Brasil).

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- Benchcolombia (sistema para la Referenciación para la Construcción, Colombia).

2.5 MEDIDAS EN LA CONSTRUCCION

Es evidente que las medidas convencionales de construcción a menudo enfocadas hacia el costo o a medir la productividad, no hacen visibles las pérdidas ni sus causas y no estimulan por ende la mejora continua, se necesitan las nuevas medidas, nuevos indicadores, pues lo que no puede medirse no puede mejorarse. Estas mediciones tienen dos propósitos: para implementar procesos de la mejora continua al interior de la organización, y ser competitivos teniendo evidencias que le permitan a la empresa compararse con otras organizaciones.

Algunas de las mediciones que hacia las cuales deben orientarse los esfuerzos de las empresas y de la academia son:

1. Las pérdidas: el número de defectos, los reprocesos, el número de errores del plan y las omisiones, el número de órdenes de cambio, el costo de la seguridad, consumo en exceso de recursos a sea de materiales, mano de obra o equipos y el porcentaje de tiempo del ciclo total de las actividades que no generan valor para las diversas actividades en particular.
2. El valor: El valor del producto desde las perspectivas de los clientes ya sean internos o cliente externo o final evaluado subjetivamente.
3. Tiempo del ciclo: El ciclo cronometra la duración de los procesos principales y subprocesos es una medida muy importante para determinar consumos y rendimientos.
4. La variabilidad: Cualquier desviación de lo planificado, como las fechas de ejecución o el porcentaje de actividades ejecutadas sobre el total las actividades planificadas o programadas.

Hay tres problemas especiales encontrados en el desarrollo de medidas para la construcción:

1. La singularidad de proyectos, relacionado con la falta de repetición, y la incertidumbre medioambiental, qué a simple vista podría hacer difícil la comparación entre los proyectos o las organizaciones.
2. La dificultad de colección de los datos en el sitio.
3. Los diversos procedimientos para la colección de los datos.

Cuando se usan las medidas internamente, estos problemas pueden superarse. La mayoría de las organizaciones lleva a cabo proyectos aproximadamente comparables, y pueden estandarizarse los métodos de colección de datos dentro de las organizaciones. También, podría ser posible medir singularidad, complejidad e

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

incertidumbre y unirse eficacia y márgenes de efectividad al grado de dificultad se encontrado.

En el capitulo cuatro se desarrollara la metodología del Last Planner como una herramienta que permite realizar los cuatro tipos de medida anteriormente enunciados y busca mediante su divulgación, conocimiento e implementación ofrecer un esquema común o estándar para la medición y recolección de información.

2.6 EL CONCEPTO DE PERDIDA BAJO EL LEAN COSNTRUCTION

La visión de la Construcción Sin Pérdidas establece el nuevo modelo de producción basado en flujos y conversiones, donde los primeros no agregan valor desde la óptica del cliente pero si consumen recursos en la medida que el consumo de estos recursos esta mas allá de la cantidad básica para agregar valor. Ohno recoge este enfoque cuando define como perdidas: “Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción”⁶.

El proceso de la eliminación de una fuente de perdidas es mas que obvio, determinar su causa, diversos autores han planteado diferentes tipos de clasificaciones de pérdidas podremos encontrar diferentes tipos como la de Shingo en su estudio del Sistema Toyota, y Plosslen en su análisis de la dirección de producción enfocado a la manufactura. Serpell⁷ hace alusión al siguiente modelo cualitativo para identificar las causas de reducción de productividad en la construcción. Postula que la pérdida de productividad, en construcciones grandes y complejas, se explica con el uso de cinco grandes categorías de tiempo improductivo:

1. Pérdidas por esperas (inactividad)
2. Pérdidas por traslados
3. Pérdidas por trabajo lento
4. Pérdidas por trabajo inefectivo
5. Pérdidas por trabajo rehecho

A su vez pueden ser clasificadas de acuerdo a su fuente según al área a la que pertenecen:

1. Administrativas:
 - a. Problemas de diseño y planificación: poca constructibilidad, errores de diseño, inexistencia de planificación preeliminar, deficiente estimación de costos.

⁶ OHNO, Taiichi. 1988. Toyota production system. Productivity Press, Cambridge, MA. 143 p

⁷ SERPELL, Op. cit., p.43.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- b. Ineficiencia de la administración: Requerimientos innecesarios, exceso o falta de control esta ultima por una excesiva relación supervisor/subordinados, mala planificación a nivel operacional o ha sido realizada por personal no calificado, excesiva burocracia, administración bajo el esquema de apagar incendios. Inexistencia de una política y organización para el control de bodega e inventarios, de manejo de herramientas, de trámite de órdenes de compra y de requerimientos de materiales.
2. Uso de recursos:
- a. Métodos inadecuados de trabajos: Sobre dimensionamiento de cuadrillas, uso de tecnologías inadecuadas, no consideración de alternativas, mala calidad y falta de aprender de los errores y de experiencias anteriores.
 - b. Grupos y actividades de apoyo deficientes: Exceso o falta de cantidad, mal uso, mala distribución o disponibilidad de recursos por errores en el calculo de costes, por no disponibilidad en el mercado debido a mala planificación de adquisiciones y contratación.
 - c. Problemas del recurso humano: capacitación deficiente o poco calificados que degenera en bajo rendimiento y problemas de calidad, falta de gestión del recurso humano traducido en desmotivación e inexistencia de incentivos.
 - d. Problemas de seguridad industrial no existe una conciencia de la relación entre motivación, desempeño y pérdidas por taza de accidentalidad.
3. Sistemas de Información (control): Orientados a comparar costes presupuestados contra reales, no identifican causas, ni responsables por un buen o mal desempeño, la información recolectada puede ser defectuosa, atrasada o no revela las deficiencias de las actividades auditadas.

2.6.1 CARATERIZACION DE LAS PERDIDAS

Las perdidas en al construcción como producto de los flujos pueden subdivirse en dos grupos de acuerdo al modelo de producción., no todas las perdidas del sistema son cierto por ciento evitables, lo que conlleva a afirmar que hay un área controlable y otra que no lo es. Las perdidas que ocurren en el área son competencia de la administración de obra y obedecen a las causa enumeradas anteriormente, pero que ocurre con aquellas no controlables atribuidas a la influencia del clima y los proveedores. Respecto de estos últimos se recomienda una gestión de los mismos mediante la planificación.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

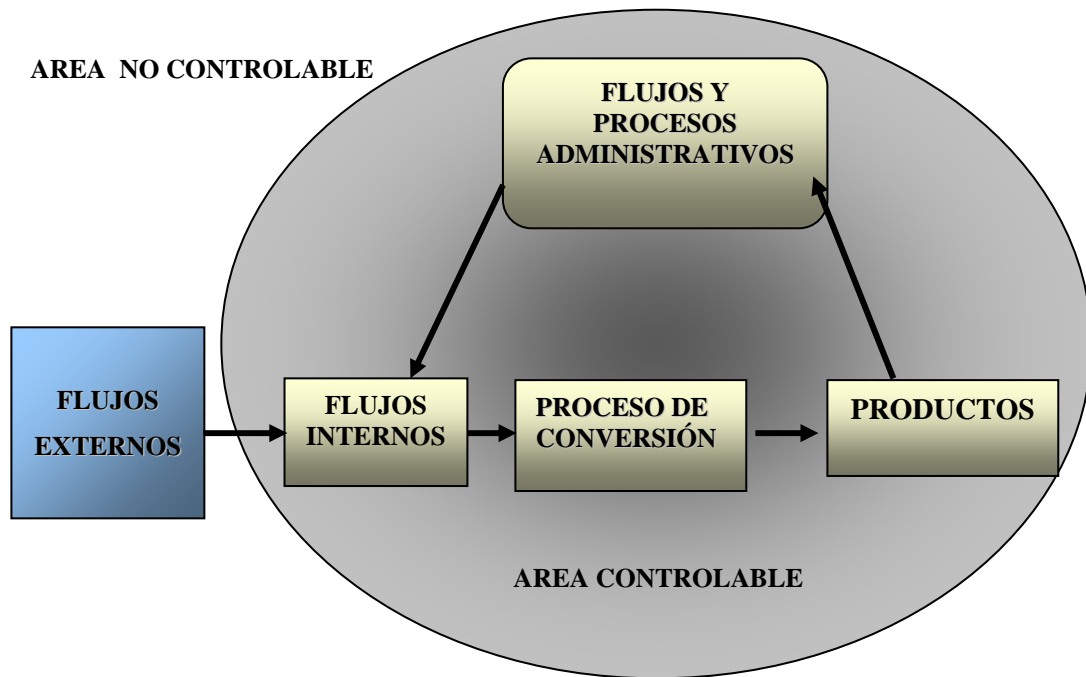


Figura 5. Perdidas según el modelo de Lean Construction bajo el enfoque de flujos internos y externos

3 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR (THE LAST PLANNER SYSTEM)

En los últimos años el *Lean Construction Institute* ha desarrollado una metodología para la planificación y control de proyectos basado en la teoría de la Construcción Sin Pérdidas. A este esfuerzo corresponde el modelo desarrollado por el profesor Glenn Ballard denominado el *Último Planificador* que es una herramienta para controlar interdependencias entre los procesos y reducir la variabilidad entre éstos y por ende, asegurar el mayor cumplimiento posible de las actividades de la planificación que tiene como consecuencia directa una mejora sustancial en el desempeño de la obra.

La planificación se suele desviar de los planes originales prácticamente desde el primer día de la obra, causando una reacción en cadena que genera la necesidad de replanificar gran parte del proyecto. Al ir reduciendo las holguras dentro de la planificación general, se va generando una presión mayor por terminar más rápido. Esto hace que las cosas se pongan, por lo general, aún peor. Los costos de mano de obra y equipo suben radicalmente. En estos casos se usa una gran cantidad de recursos, a una eficiencia muy baja, para lograr terminar la obra en los plazos establecidos.

La variabilidad debe entenderse como aquellas desviaciones en plazos de ejecución, consumos de mano de obra y materiales, en contra de lo presupuestado. Por ende la ausencia de variabilidad es sinónimo de producción confiable como indicador del cumplimiento de lo programado. El punto de partida es incrementar la confiabilidad de las asignaciones de trabajo a nivel de la producción misma. Los sistemas de gestión tradicionales, al carecer de un sistema que permita predecir con cierta exactitud el flujo de trabajo, por lo general diseñan cuadrillas que deben adoptar un esquema de flexibilidad para mantenerlos ocupados. Desafortunadamente, la aplicación de la flexibilidad en un punto de trabajo, requiere de flexibilidad en toda la línea de producción. Por lo tanto, los sistemas de gestión de producción actuales inyectan incertidumbre en el flujo de trabajo y por consiguiente pérdidas.

Un flujo de trabajo predecible, en cualquier punto de la producción hará posible que se reduzca la variación de los requerimientos de recursos, así disminuir el rediseño de las operaciones siguientes. La planificación debe determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué. La orientación de la planificación utilizada en Lean Construction así como las técnicas de control empleadas, reducen las pérdidas principales a través de mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo. La investigación del Último planificador empezó con el objetivo de mejorar la calidad de las asignaciones en los planes de trabajo semanales, adicionó un proceso de previsión (liberación de restricciones) para formar y controlar el flujo de trabajo y eventualmente fue extendido desde la construcción al diseño.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

3.1 BASES CONCEPTUALES

3.1.1 EL CONCEPTO DE PLANIFICACION

Es la herramienta que permite a la administración de la obra tomar decisiones de cómo, cuando y mediante que medios materializará el proyecto, es el medio por el cual el administrador de obra y su equipo de trabajo (ingeniero residente o jefe, maestro general y capataces) garantizan que mediante la función de operaciones se transformen los recursos en obras tangibles y por ende es el medio por el cual se asegura la producción. Es organizar para que en el futuro los hechos se ajusten a control establecido, es amarrar las circunstancias a una meta definida.

Al respecto Botero plantea:

La planificación puede ser entendida como un proceso de toma de decisiones que involucra el establecimiento de metas y objetivos para su consecución, siendo eficaz solamente cuando se encuentra acompañada de control (...). El proceso de control debe ser realizado teniendo en cuenta la eficacia y la eficiencia del mismo. La eficacia es el cumplimiento de las metas declaradas, usualmente expresadas en forma de plazos y de secuencias de ejecución (...). La eficiencia, por su parte se relaciona con el uso racional de los recursos (materiales, mano de obra, equipos) y se mide por la relación entre el valor del producto generado y el costo de los recursos utilizados.⁸

3.1.2 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR.

Ballard⁹ denomina como El Ultimo Planificador es la persona que directamente vigila el trabajo hecho por las unidades de producción y responsable de la capacidad de las unidades de producción, de sus rendimientos y de la calidad de sus productos. El Ultimo Planificador en la etapa de diseño puede ser el diseñador líder, en la etapa general de construcción puede ser el ingeniero del proyecto, en una construcción específica puede ser el jefe de obra o el capataz a cargo.

3.2 NIVELES DE PLANIFICACIÓN.

Se definen tres instancias jerárquicas de planificación:

1. Planificación de largo plazo que puede ser de dos clases: Una planificación preliminar, de carácter estratégico, cuyos objetivos básicos son determinar los costos para propuestas o estudios de factibilidad y servir de base para la

⁸ BOTERO, Luis Fernando. Construcción Sin Pérdidas. 2ª Edición. Bogota: LEGIS S.A. 2006. P.67-68

⁹ BALLARD, Glenn H. The Last Planner System of Production Control. 2002. Tesis de doctorado (Filosofía) The University of Birmingham. Faculty of Engineering. School of Civil Engineering. p.3-1 Disponible en la web site <http://www.leanconstruction.org>

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

planificación del proyecto y una planificación el contrato o proyecto, de carácter táctico, cuyo objetivo es obtener el plan definitivo para la ejecución del proyecto.

2. Planificación intermedia.
3. Planificación a corto plazo o semanal.

El sistema del ultimo planificar proyecta aumentar la confiabilidad de la planificación mediante el actuar sobre estas dos últimas, a continuación se presenta los lineamientos conceptuales para la aplicación de esta metodología según lo propuesto por Glenn Vallara en su Tesis de doctorado sobre The Last Planner System of Production Control.

3.2.1 Planificación de Largo Plazo (Programa Maestro)

La planificación en esta instancia es de carácter táctico, en esta instancia se definen los plazos generales de la obra: inicio y finalización, así como de sus principales capítulos, movimientos de tierra, cimentaciones, estructura, acabados. El programa maestro genera el presupuesto y el programa del proyecto. Proporciona un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de éste. Esta etapa es de vital importancia para que el sistema Ultimo Planificador proporcione los beneficios esperados. El programa maestro o planificación inicial debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, sólo de esta manera se podrá dar validez al sistema Ultimo Planificador, ya que se estarán supervisando tareas que, en la realidad, representan la forma en que trabaja la empresa.

3.2.2 Planificación Lookahead

Según ballard¹⁰ en esta instancia, se hace relación a la planificación en si de las operaciones de construcción, en esta fase en particular se define el método constructivo y se prevén los recursos necesarios para la ejecución de las operaciones de conversión. El proceso de planificación Lookahead es el segundo nivel en la jerarquía del sistema de planificación. Resalta las actividades que *deberían hacerse* en un futuro cercano.

Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo.

Las funciones del proceso Lookahead son las siguientes según ballard son:

- Formar la secuencia del flujo de trabajo y su calcular su costo.
- Proponer el flujo de trabajo y su capacidad.

¹⁰ Ibid., p.3-7 a 3-13.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- Descomponer las actividades del programa Maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo.
- Desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo.
- Mantener un inventario de trabajo ejecutable.
- Poner al día y revisar los programas del nivel superior.

Para que las funciones antes mencionadas puedan ser cumplidas se deben realizar ciertos procesos específicos:

- Definición del intervalo de planificación.
- Definición de actividades.
- Análisis de restricciones.
- Arrastrar el trabajo desde las unidades de producción superiores.
- Balancear la carga con la capacidad.

Las ventanas Lookahead se basan en un grupo potencial de asignaciones para las siguientes 3 a 12 semanas. El número de semanas sobre el cual se extiende esta planificación Intermedia es decidido basado en las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y el tiempo de respuesta en la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Además, la planificación Lookahead no es fácil de determinar del programa maestro. De hecho, es frecuentemente beneficioso formar un equipo que este haciendo el trabajo de proyectar colectivamente el programa maestro para la próxima fase del proyecto.

• **Definición del intervalo de tiempo de la Planificación Lookahead**

Recordemos que el número de semanas sobre el cual se extiende la PL es escogido de acuerdo a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Algunas actividades tienen tiempos de respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro. Empresas nacionales que están implementando estos nuevos procesos de planificación, han sistematizados sus procesos de planificación Lookahead a intervalos de cuatro semanas para poder comparar de una mejor forma sus resultados.

• **Definición de las actividades de la Planificación Lookahead**

Para preparar la Planificación Lookahead explotaremos las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo definido, siempre y cuando el nivel de detalle de programación inicial sea bajo. Lo anterior es de vital importancia, ya que obtendremos en la PL un nivel de detalle que nos permitirá clarificar de mejor forma las restricciones que nos impiden realizar una determinada tarea.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

Lo que obtendremos en la planificación Lookahead es un conjunto de tareas para un intervalo de tiempo dado. Cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si la tarea puede o no ejecutarse. Una restricción es algo que limita la manera en que una tarea es ejecutada. La restricción involucra requisitos previos o recursos. Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Lookahead, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

- **Análisis de Restricciones**

Una vez que las asignaciones son identificadas e ingresadas en la planificación Lookahead, estarán sujetas al análisis de restricciones. Estas restricciones pueden ser: contrato, diseño, materiales, prerrequisitos de trabajo, espacio, equipos, mano de obra, otros. Además de las restricciones nombradas, pueden existir otras que sean apropiadas para un proyecto en particular: permisos, inspecciones y aprobaciones, etc.

La función principal del análisis de restricciones es analizar por qué una actividad no puede ser ejecutada, es estudiar cuales son las restricciones que impiden realizar la actividad; lo anterior orientado a liberar a la actividad de sus restricciones para ser ejecutada según lo planificado. Un Análisis de Restricciones requiere de buenos proveedores y servicios para administrar activamente la producción y entrega, y proporcionar una coordinación adecuada y oportuna ante los problemas que se generen, esperando con suficiente “tiempo de respuesta” para planificar a su alrededor.

Actividad	Diseño	Materiales	Mano de Obra	Equipos	Pre-Requisitos
A	Si	No	Si	Si	Si
B	No	Si	Si	Si	No
C	Si	No	Si	Si	Si
D	Si	No	No	Si	No
E	Si	Si	Si	Si	Si
F	Si	No	Si	Si	No

Tabla 1. Ejemplo de un estado de Asignaciones (Inventario de trabajo realizable)

Hay que dejar en claro que el Análisis de Restricciones no sólo involucra poner un “Si” o un “No”, ya que detrás de eso existen dos procesos claves para poder liberar las restricciones, éstos son: Revisión de las restricciones y Preparación de las restricciones.

- **Revisión**

Consiste en determinar el estado de las tareas en la planificación intermedia en relación a sus restricciones y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

programado de la actividad, a partir de lo cual, se puede escoger adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro. El concepto de “Revisión” es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo, ya que se esta tomando conocimiento que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrían realizarse por tener restricciones que lo impiden. La figura 6, muestra que la labor del proceso de revisión es filtrar por ultima vez la información que entrar en la Planificación Lookahead.

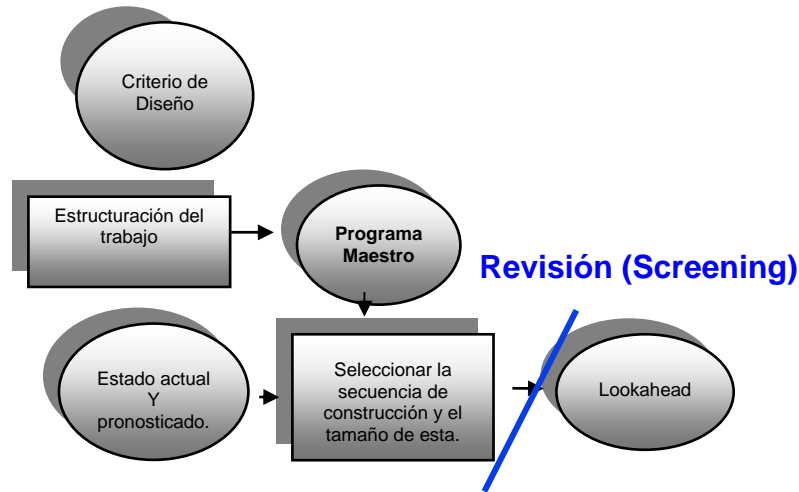


Figura 6. Revisión de actividades antes del programa Lookahead.

La revisión se hace primero cuando las actividades son consideradas para entrar a la planificación Lookahead, basados en los distintos tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones que son necesarios para visualizar una futura liberación. Esto se repite en cada ciclo de planificación, cuando el planificador actualiza la planificación Lookahead y se adelanta para la próxima semana.

• Preparación de Restricciones

Este término se refiere a tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. El planificador puede remover las restricciones de una tarea para dejarla lista para ser asignada. Esta acción se conoce como “preparación”. La preparación es un proceso que tiene tres pasos:

1. **Confirmar el “tiempo de respuesta”:** el remover una restricción de una actividad comienza por determinar quién es el último involucrado en liberar

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

la última restricción faltante de esa actividad y determinar cual es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Lookahead o la tarea no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.

2. **Arrastrar:** El segundo paso del proceso de preparación es conocido como arrastre, que significa pedirle al proveedor certeza sobre las necesidades para completar con prontitud la actividad que comienza.
3. **Apresurar:** Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

La idea fundamental es liberar a la tarea de las restricciones que le impiden ser ejecutada. Hecho esto estamos en condiciones de crear un listado de tareas que tiene alta probabilidad de ser cumplido, el inventario de trabajo ejecutable ITE.

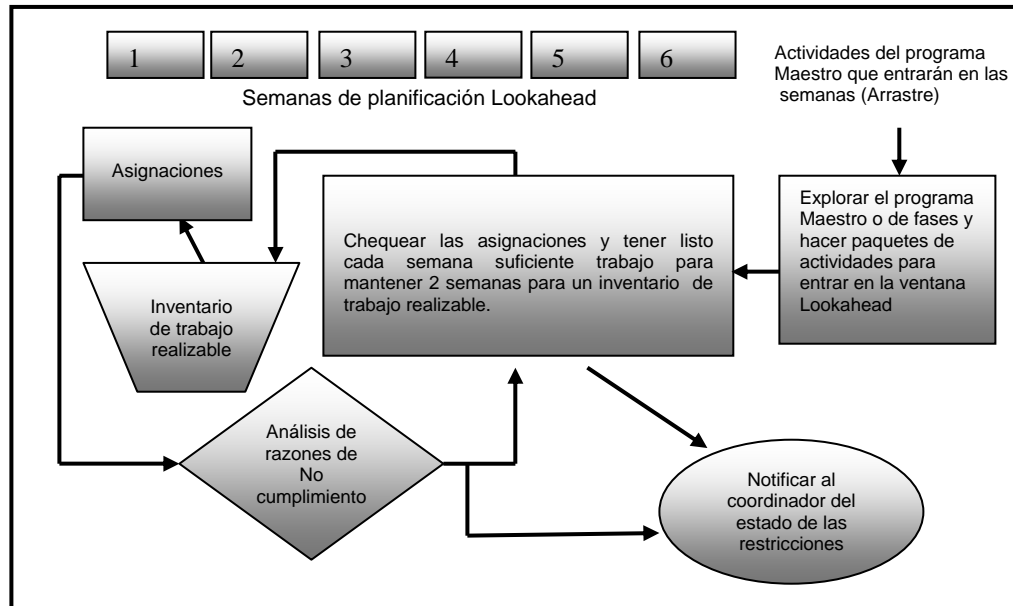


Figura 7. Preparación de actividades en la planificación Lookahead.

Fuente: Ballard, Glenn. The Last Planner System of Production Control. 2002.

3.2.3 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas de la planificación Lookahead que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos que pueden ser ejecutadas.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

Dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable puede existir el siguiente tipo de actividad:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador).

Si una actividad del Plan de Trabajo Semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario de Trabajos Ejecutables proveerá otras actividades, con lo que las cuadrillas de producción no quedarán ociosas, o lo que sería peor terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad. Las actividades listas para ejecutar deben cumplir los mismos criterios de calidad que las asignaciones de la semana. Luego de haber creado el inventario de trabajo ejecutable, estamos en condiciones de crear un Plan de Trabajo Semanal (PTS), que no es más que seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se realizarán en la semana siguiente.

3.2.4 Planificación de trabajo semanal

La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, supervisores de terreno, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo.

La gestión de proyectos tradicional aborda la planificación semanal definiendo actividades y un programa de trabajo, antes de comenzar, en términos de lo que DEBE ser ejecutado. Las actividades son identificadas, se estima su duración y se organizan secuencialmente para cumplir de la mejor forma los objetivos del proyecto. Se realiza el trabajo, diseñando cuadrillas, que son encomendadas por la administración para hacer lo que el programa señala DEBE ser ejecutado, sin considerar si PUEDE realmente hacerse en un intervalo de tiempo específico. Los recursos se asumen disponibles cuando se necesiten, lo que debe presumiblemente garantizar la ejecución de lo programado. Después que el programa ha sido determinado y el trabajo está en progreso, se reúnen los recursos: materiales y mano de obra, y se termina adaptándolos al programa de la mejor manera posible.

- **Estrategia para la selección de actividades a programar**

El principio de planificación del Last Planner se condensa en la siguiente estrategia de selección de las asignaciones de trabajo siguiendo los siguientes criterios:

- No todo podrá realizarse, debido a las restricciones.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- Si un subconjunto de actividades de lo debería hacerse, puede hacerse (libre de restricciones) y a su vez un subconjunto de lo que puede hacerse se hará (capacidad).

Si se mantiene la anterior línea de selección de actividades existe una muy alta probabilidad de cumplir a cabalidad lo planificado, que se le denomina trabajo hecho. El funcionamiento básico del sistema de selección se resume en: **Debería–Puedo-Se hará – Hecho.**

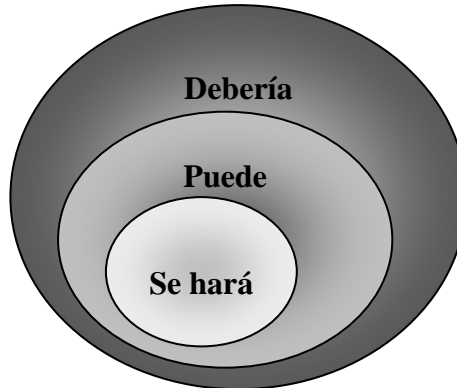


Figura 8. Enfoque de planificación del Last Planner.

Fuente: Botero, Fernando. Construcción Sin Pérdidas. 2006.

Ballard argumenta al respecto:

“Lamentablemente, el rendimiento del Último Planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre DEBER y PODER. “¿Qué haremos la semana que viene?”, “Sin embargo, ¿está en el programa semanal?” o “¿Es una tarea que nos apremia?”. Cualquier supervisor de las actividades programadas considera estas actividades como si su responsabilidad sea la de ejercer presión sobre sus subordinados a pesar de cualquier tipo de obstáculo. Asumiendo que es necesario vencer obstáculos, la entrega errática de recursos tales como la información de entrada y el impredecible término de alguna tarea que necesitamos terminada para la iniciación de otra, invalida la ecuación supuesta de HARÉ con DEBERÍA, y rápidamente causa el abandono de la planificación que habíamos realizado. Caemos entonces en planificaciones tentativas que pocas veces cumplimos.”¹¹

Alarcón resumen lo anterior en el siguiente postulado: “En la mayoría de los proyectos lo que puede y lo que se hará son ambos subconjuntos de lo que debería

¹¹ Ibid., p.3-1.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

hacerse. Si el plan (se hará) se desarrolla sin saber lo que puede hacerse, el resultado será la intersección de ambos conjuntos”¹²

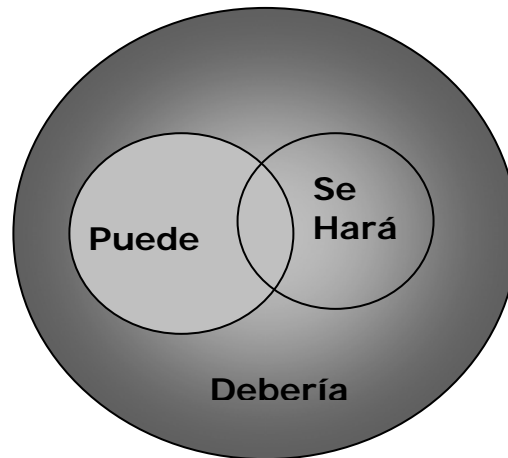


Figura 9. Interacción de actividades planificadas.

Por tanto el sistema de control de producción del “*Último Planificador*” es una filosofía, reglas y procedimientos para lograrlo. En cuanto a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: la unidad de control de producción y el control de flujos de trabajo. El trabajo del primero es hacer progresivamente mejores asignaciones a los trabajadores directos mediante el aprendizaje continuo y las acciones correctivas. La función de control de flujo de trabajo es quizás evidente de su nombre, se refiere a que debemos hacer que el trabajo fluya activamente a través de las unidades de producción para lograr objetivos más alcanzables.

• **Formación del Plan de Trabajo Semanal**

Como mencionamos anteriormente, el Plan de Trabajo Semanal es una selección de tareas que se encuentran dentro del ITE y escoger que trabajo será ejecutado en la próxima semana desde lo que sabemos puede ser ejecutado), recibe el nombre de “asignaciones de calidad”. Sólo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el plan de trabajo semanal, lo que protege el flujo de producción de incertidumbres, lo que apunta a crear un flujo confiable de trabajo para la unidad de producción que ejecutará el plan de trabajo semanal.

Ballard¹³ afirma que los planes de trabajo semanal son efectivos cuando las asignaciones cumplen los cinco criterios de calidad:

¹² ALARCÓN, Luís Fernando. “Mejorando la productividad de Proyectos con Planificaciones más confiables”. Investigación Revista BIT, Junio 2002, Chile citado por ROJAS, Raúl. Estudio e Implementación de una nueva filosofía de Planificación de Proyectos “Lean Construction”. P. 22 . Disponible en el sitio web: www.monografias.com. Citado el 6 de agosto de 2006.

¹³ BALLARD, Op.cit., p.3-16.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

1. Definición: ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El trabajo puede coordinarse con otras disciplinas? ¿Es posible afirmar al final de la semana si la asignación ha sido terminada?
2. Consistencia: ¿Son todas las asignaciones ejecutables? ¿Entendemos lo que se requiere? ¿Tenemos lo que necesitamos de otros? ¿Tenemos todos los materiales disponibles? ¿Está completo el plan anterior? ¿Están los trabajos pre-requeridos completados? Debemos tener en cuenta además, que algún trabajo que debió estar listo la semana anterior será terminado durante la actual semana, por lo que es necesario coordinarse con otras especialidades que trabajarán en la misma área.
3. Secuencia: ¿La selección de asignaciones fue hecha en base a la secuencia provista por la red CPM inicial, en orden de prioridad y constructibilidad? ¿Son el resultado de estas asignaciones esperadas por alguien más? ¿Existen asignaciones adicionales consideradas de baja prioridad identificadas en el inventario de trabajos ejecutables, es decir, existen tareas de calidad para suplir a otras en caso de fallar la productividad o de exceder las expectativas?
4. Tamaño: ¿Los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal de las unidades de producción antes de comenzar el período de ejecución?
5. Retroalimentación o aprendizaje: Para las asignaciones que no son completadas en la semana ¿Existe una identificación de las causas de no cumplimiento y de las acciones correctivas?

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

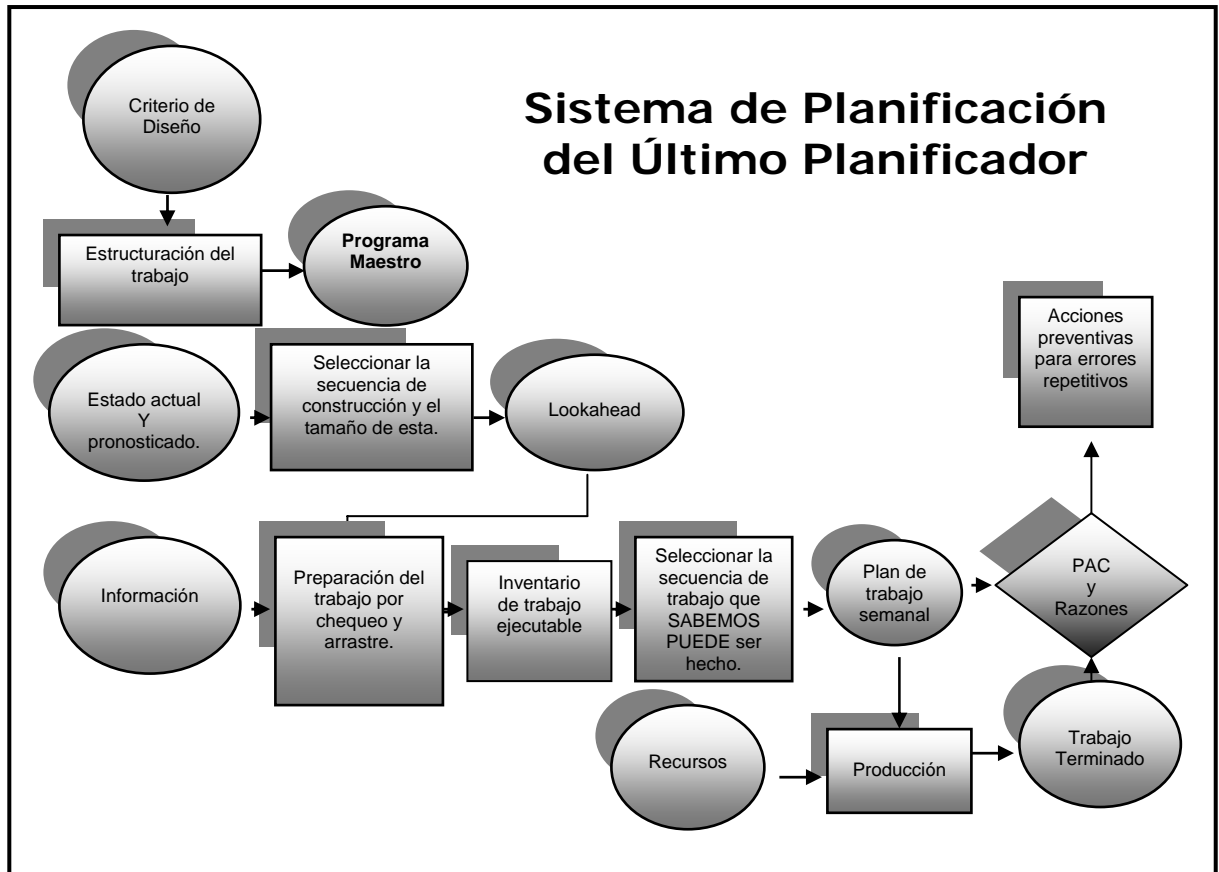


Figura 10. Sistema del Último Planificador como un Todo.

3.2.5 Reunión de Planificación Semanal

La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar todos los involucrados relacionados con prerrequisitos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes:

- Revisar y aprender del PAC de la semana anterior.
- Analizar las causas de no cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Lookahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el ITE para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.
- Determinar la preparación necesaria a desarrollar en la semana en curso.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

Para cumplir los propósitos de la reunión existe información que debe llevar el coordinador del sistema de control y el último planificador.

El último planificador:

- Lleva a la reunión su PAC y causas de no cumplimiento, adicionalmente entrega una primera opinión de las causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana
- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana Lookahead.
- Listado de las tareas que entrarán en el proceso Lookahead, además de la planificación Lookahead de la semana anterior.

Coordinador:

- Lleva programa Maestro y la planificación Lookahead.
- Lleva una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto, con el objetivo de marcar claramente las directrices del funcionamiento de cada unidad productiva.
- Actualiza y lleva el ITE.

La reunión debe seguir una determinada estructura. Sólo de esta forma se asegurará que se cumplan los propósitos de la reunión. A continuación se señala una estructura que resume la secuencia básica a tratar en la reunión:

Estructura de la reunión

- Se parte analizando el PAC de la semana anterior, las causas de no cumplimiento, tomando acciones correctivas inmediatamente si es posible.
- Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior.
- Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.
- Se analiza el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.
- Se crea el ITE con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.
- Con la planificación Lookahead de la semana anterior y teniendo en cuenta el ITE preparado de la semana siguiente, cada último planificador entrega las tareas para la semana siguiente y se discute la que en definitiva se realizará, analizando secuencia, responsables, carga de trabajo (si son capaces de ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.
- El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada último planificador.
- Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación Lookahead en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.

- Luego, y teniendo presente las tareas que cada último planificador entrega como tentativas para ingresar a la planificación Lookahead, se verifican las que realmente entrarán a la planificación Lookahead contrastándolas con el programa Maestro.
- Posteriormente se asignan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación Lookahead.
- Teniendo la nueva planificación Lookahead, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a cada último planificador.
- Por último se destaca el “compromiso” que asume cada “último planificador” haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión.

En cada reunión semanal debemos discutir abiertamente la planificación Lookahead, el inventario de trabajo ejecutable y la planificación semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los últimos planificadores se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

3.2.6 Medición del desempeño del sistema de planificación:

El sistema del último planificador necesita medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Actividades Completadas. El PAC evalúa hasta que punto el sistema del último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.

Ballard define el PAC de la siguiente manera:

“El porcentaje de actividades completadas (PAC) es el número de actividades planificadas Completadas dividido por el número total de actividades planificadas, expresadas como porcentaje. El PAC se transforma en un patrón estándar para el control ejercido sobre la unidad de producción, derivado de un conjunto sumamente complejo de directrices: programas del proyecto, estrategias de ejecución, presupuestos, etc. Los proyectos de altos estándares de calidad, presentarán entonces mayores PAC, los que corresponden a realizar mejores trabajos con los recursos dados, detrás de un gran nivel de productividad.”¹⁴

El Porcentaje de Actividades Completadas mide principalmente el grado de compromiso del primer supervisor de la planificación. El análisis de no cumplimiento

¹⁴ Ibid., p. 3-3.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

de la planificación puede conducir a encontrar las causas de origen de la no conformidad. La medición del rendimiento en el nivel del último planificador no significa que sólo hagamos cambios en ese nivel. Las causas de un plan fallido pueden ser encontradas en cualquier nivel de organización, proceso o función. El análisis del PAC puede ser un foco poderoso para iniciativas que tiendan a acortar la brecha entre un buen y un mal programa. El análisis de las causas de no-cumplimiento de la planificación que se realizan semanalmente, es el corazón del proceso de mejoramiento continuo y aprendizaje que se genera a partir de la implementación de un nuevo modelo de Planificación.

La primera medida necesaria para el mejoramiento es la identificación de las causas de no-cumplimiento, por los supervisores, Ingenieros residentes o los constructores, directamente responsables de la ejecución del plan. Los motivos podrían ser:

- Órdenes o información defectuosa proporcionada al Último Planificador; por ejemplo el sistema de información incorrectamente indicó que el trabajo previamente necesario estaba terminado.
- Fracaso en aplicar criterios de calidad de asignaciones; por ejemplo planificar demasiado trabajo.
- Fracaso en coordinación de recursos compartidos; por ejemplo carencia de una grúa en el momento preciso.
- Cambio de prioridad; por ejemplo los trabajadores fueron asignados temporalmente a una tarea "incendio".¹¹
- Error de diseño o error de alguna especificación descubierta en el intento de realizar una actividad planificada.

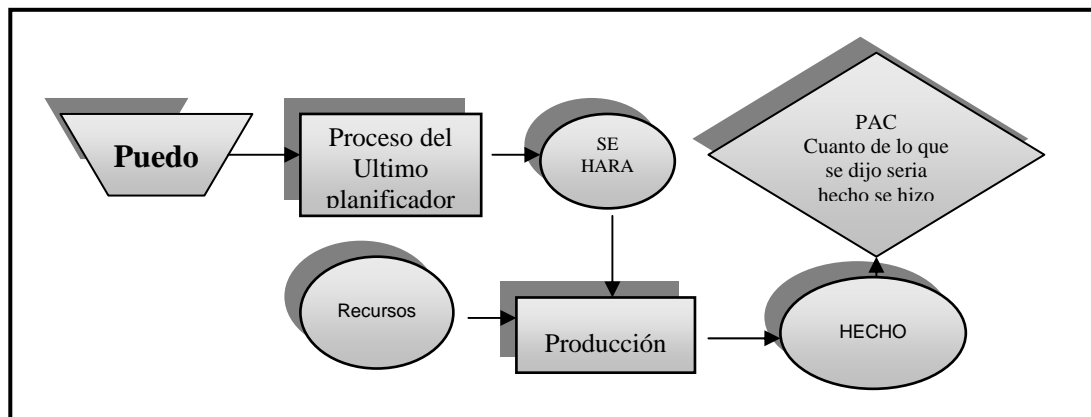


Figura 11. Medición del desempeño según el PAC

Esto proporciona los datos necesarios iniciales para el análisis y la mejora del PAC, y por consiguiente para mejorar el rendimiento del proyecto.

¹¹ Los profesionales encargados de la ejecución de las obras de construcción son comúnmente llamados "apagadores de incendios" cuando se presentan atrasos, en actividades que generan un retraso global en la obra.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

4 PROCESOS APOYADOS MEDIANTE EL SISTEMA DEL ULTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER).

4.1 CONSORCIO QUIJIN

El CONSORCIO QUIJIN, esta compuesto por las firmas MVG INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A. Y B.P. CONSTRUCTORES S.A. Constituido el día 6 de Febrero de 1974 mediante escritura pública No. 287 de la Notaría 3ª de la ciudad de Bucaramanga con el propósito de desarrollar proyectos de infraestructura en las diferentes especialidades de la Ingeniería civil.

Desde su fundación la empresa ha desarrollado importantes obras en la ciudad de Bucaramanga y cuales podemos citar: El Intercambiador Vial de la Puerta del Sol, el Hospital Local del Norte, el viaducto La Flora. En la ciudad de Bogotá ha desarrollado entre otros: Ciudad Salitre, Parte de la urbanización Carlos Lleras Restrepo, el edificio de Sanidad para la Policía Nacional, La Cárcel Distrital y el Archivo del Distrito.

En otras partes del país ha desarrollado obras como edificios no industriales fase 2- Cusiana” para la B.P. Exploration Company, “Vivienda - Casino - Campamento militar en campo Opón” Cimitarra Santander para Amoco Colombia Petroleum Company, durante su existencia ha construido aproximadamente un millón de metros cuadrados, un apreciable número de puentes, carreteras, acueductos y alcantarillados, obras de defensa de la erosión, obras civiles diversas y contratos de concesión de alumbrado público, habiendo ocupado en algunos años sitio destacado en el concierto de las empresas de construcción más importantes del país.

4.2 PROYECTO DE ESTUDIO

El CONSORCIO QUIJIN, a través de la LICITACIÓN PÚBLICA No. LP-SED-SPF-041- 2005, mediante resolución No. 5255 DEL 20 DE DICIEMBRE DE 2005 fue adjudicado el CONTRATO No. 237, que comprende: LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN, DEL PROYECTO, IED SAN JOSE DE MARYLAND DE LA LOCALIDAD DE BOSA DEL DISTRITO CAPITAL

4.2.1 GENERALIDADES DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO IED SAN JOSE DE MARYLAND

El proyecto esta ubicado en la ciudad de Bogota, barrio Bosa Laureles en la dirección Cl 74 Sur N° 89-91. El lote San José de Maryland donde se desarrollarán las obras,

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

tiene las siguientes características e instalaciones. En este predio se ha iniciado la construcción del Instituto Educativo San José de Maryland que en adelante se denominará IED SJM, el proyecto tiene un área construida de 8900 m². Las instalaciones de este plantel educativo están compuestas por 5 grandes edificaciones: Zona de Aulas, Servicios generales, Aula Múltiple, CIRE y el Edificio Preescolar. Existe una amplia zona de juegos y zonas verdes, dos canchas al aire libre y una gran plazoleta al aire libre.



Figura 12. Vistas del proyecto IED SJM (Fuente diseño arquitectónico)

4.2.2 TIPO DE CONTRATO

La política estatal ahora se orienta hacia la contratación de la fase constructiva mediante contratos Tipo de Precio Fijo/ Suma Global:

“Se solicita al contratista que prepare una oferta basándose en los planos y los pliegos de condiciones técnicas del proyecto. Normalmente no se permite ningún ajuste a la suma ofertada a no ser que el cliente introduzca algún cambio después de haber adjudicado el proyecto en cuyo caso se manejan compensaciones que disminuyan el costo de lo pactado mediante la reducción de materiales o el cambio de especificaciones que no afecten ostensiblemente la calidad del

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

proyecto. El contratista es el responsable de valorar todos los costes que se generen al completar lo estipulado en planos y en los pliegos de condiciones. A menudo el precio se subdivide según las fases de obra”.¹⁵

Las condiciones actuales de contratación se rigen bajo el contrato Precio fijo/ suma global, este método ofrece una gran ventaja para el mandante o dueño que ha fijado el precio del proyecto según estudios preeliminares de prefactibilidad y ha hecho ajustes de acuerdo a la disponibilidad presupuestal pero es un arma de doble filo para el contratista que en las prisas del proceso licitatorio no permiten cálculos detenidos y detallados de las cantidades de obra, estas se realizan con base en multiplicadores extractados de la experiencia como por ejemplo una losa aligerada de 0.6 m de espesor tiene un consumo de concreto en relación de un factor de 0.4 que se multiplica por el área de losa, esto funciona en muchos casos debido a la gran experiencia de los ingenieros o arquitectos en los cálculos de cantidades, pero generalmente se descuidan detalles como vigas aéreas, bordillos y otros elementos arquitectónicos, la suma de estas imprecisiones puede conllevar a que la oferta aunque sea tentativa para el mandante, sea contraproducente para el constructor porque se puede comprometer a ejecutar una obra muy costosa a un precio muy bajo lo que conllevaría a la quiebra de la empresa y a la no conclusión del proyecto.

4.3 EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACION

4.3.1 SELECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO

Realizando un análisis de Pareto sobre el presupuesto de la obra IED SJM se procedió a ordenar los diversos ítems de este, en orden descendente, Luego se determina el porcentaje de incidencia que se halla por medio de la relación ente el costo de la actividad y el costo total del presupuesto. El seguimiento se aplico para las actividades resaltadas en gris porque están correspondían por cronograma al tiempo de ejecución de la practica. Estas actividades corresponden principalmente al capítulo de cimentación y estructura.

Para las actividades seleccionadas se procedió a realizar la WBS, clasificándolas como flujos o conversiones según los criterios del Lean Construcción, entendiendo como proceso todo el capítulo de cimentación, el cual a su vez se componen de varios subprocesos, por tanto para el Ultimo Planificador se debe garantizar el flujo de trabajo entre los subprocesos, mas que la eficiencia enfocada hacia cada subproceso en particular, por tanto la WBS se realizaba teniendo en cuenta las actividades sucesoras o predecesoras y los controles externos por la interventoría.

¹⁵HARRIS, Frank y McCAFFER, Ronald. CONSTRUCTION MANAGEMENT. Traducido del original: MODERN CONSTRUCTION MANAGEMENT 4a ed. Versión castellana de Sarah Case. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1999,p.154.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER

ITEM	ACTIVIDADES	% DE INC	% DE ACUM
8	INSTALACION ELECTRICA, TELEFÓNICA Y COMUN	6.59%	6.595%
4.3.2	d. Losa de 0.60	6.00%	12.595%
4.5.2	Acero de 60000 PSI	5.76%	18.356%
11.2.1.1	Cubierta luxalon tipo sandwich	4.82%	23.178%
12.1.5	a. Ventana y puertas de aluminio y vidrio . normal	4.75%	27.925%
3	DESAGÜES E INSTALACIONES SUBTERRANEAS	3.81%	31.736%
7	INSTALACION HIDROSANITARIA Y DE GAS	3.64%	35.372%
10.2.4.1	Baldosín de granito vibroprensado 30 x 30	3.44%	38.811%
5.2.2	Muros en ladrillo prensado 0.12	3.26%	42.071%
2.1.7	b. Subbase en recebo : máquina (nivel desagües)	2.83%	44.897%
15	ILUMINACION	2.39%	47.284%
2.3.2	Acero de 60000 PSI	2.23%	49.519%
4.1.1	Columnas : concreto visto	2.16%	51.680%
2.2.8	Placas de contrapiso	2.15%	53.830%
2.2.5	Vigas de cimentación	2.10%	55.935%
4.6.2.8	Cubierta edificios	1.99%	57.928%
12.1.5	b. Ventana y puerta de alum y vidrio . templado 6 mm	1.96%	59.883%
4.6.2.7	Cubierta Polideportivo	1.49%	61.372%
10.2.2.3	Tablón de 30 x 30	1.24%	62.612%
20.2.1	a. Andenes en concreto : escobeados	1.02%	63.628%
4.1.3	Muros : concreto visto	0.99%	64.622%
14.1.1	Cerámica de 20 x 20	0.95%	65.568%
12.2.1.2	Hojas entambradas sencillas	0.93%	66.495%
4.5.1	Acero de 34000 PSI	0.79%	67.283%
12.2.1.11	b. Baranda de corredores	0.78%	68.066%
11.2.4.3	a. Sobre estructura metálica : sin la estructura	0.76%	68.825%
12.1.5	c. Ventanales en aluminio y vidrio	0.70%	69.530%
2.1.7	a. Subbase en recebo : máquina (contrapisos)	0.70%	70.225%
2.2.4	Zapatatas	0.69%	70.920%
20.1.5	Subbase en recebo compactado	0.67%	71.588%
13.3.3	Puertas levadizas acceso a cancha : manual	0.66%	72.250%
4.6.1.7	Puente metálico	0.60%	72.852%
16.1.1	Sanitario de fluxómetro	0.59%	73.441%
12.1.5	d. Persianas en aluminio : cubiertas	0.59%	74.029%
4.5.3	Mallas electrosoldadas	0.57%	74.602%
11.1.3	Manto asfáltico con foil de aluminio	0.55%	75.153%
12.2.3.7	Malla expandida cal 16	0.53%	75.681%
4.2.4	Graderías : en concreto afinado	0.51%	76.189%
4.3.2	a. Losa de 0.30	0.50%	76.693%
4.2.1	Vigas aéreas	0.49%	77.188%
20.3.5	Cerramiento : tubos, ángulo y malla	0.48%	77.667%
10.2.6.1	Alfombra argollada alto tráfico	0.47%	78.134%
4.3.2	b. Losa de 0.45	0.46%	78.595%
20.2.5	b. Para peatonales	0.46%	79.051%
16.1.6.A	Lavamanos redondo acero inoxidable	0.44%	79.494%
12.1.6.3	Cortasol en perfil aluminio 2x6 "	0.44%	79.932%
12.1.6.4	Puertas acceso en vidrio templado	0.44%	80.370%

Tabla 2. Análisis de Pareto para determinar las actividades a controlar

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER

WBS PARA EL PROCESO DE CIMENTACION

	ACTIVIDAD	CLASIF 1
1	Descapote y retiro del material de descapote.	C
2	Comisión topográfica para levantamiento con nivelación del terreno y Localización de BMs para la demarcación de los ejes del proyecto.	C
3	Cubicación del material requerido.	F
4	Adquisición y puesta en obra del recebo.	F
5	Colocación y compactación de la subbase en recebo (mecánica)	C
6	Ensayo de compactación con densímetro nuclear.	F
7	Replanteo y materialización de los ejes de la cimentación.	C
8	Excavación mecánica o manual	C
9	Movimiento del material de excavación. (retiro).	F
10	Adquisición y puesta en obra del cemento, agregados, mezcladora, carretillas, palas, baldes	F
11	Revisión de la Interventoría de la UNAL.	F
12	Colado o vaciado del concreto pobre de limpieza	C
13	Adquisición y puesta en obra del acero de refuerzo y transporte a obra.	F
14	Limpieza de la excavación y retiro de aguas lluvias.	F
15	Cimbrado de los ejes de la cimentación.	C
16	Armado del refuerzo.	C
17	Revisión de la Interventoría de la UNAL.	F
18	Formaleteado de las zapatas.	C
19	Pedido de concreto (por especificaciones técnicas premezclado).	F
20	Transporte a obra del concreto.	F
21	Limpieza de la excavación y retiro de aguas lluvias.	F
22	Fundida o vaciado del concreto.	C
23	Relleno y compactación de la subbase en las zonas de excavación.	C
24	Limpieza y conformación de la superficie de la subbase.	F
25	Adquisición y puesta en obra del material para redes sanitarias, hidráulicas, gas,	F
26	Tendido de redes sanitarias, hidráulicas, gas, eléctricas y de telecomunicaciones.	C
27	Adquisición y puesta en obra de las mallas electro soldadas, geotextil y del material para las juntas de dilatación.	F
28	Colocación el refuerzo, geotextil y de las juntas de dilatación.	C
29	Revisión de la Interventoría de la UNAL.	F
30	Fundida o vaciado de la placa de contrapiso.	C
31	Curado de la placa de contrapiso	C

Tabla 3. WBS para el proceso de cimentación

Para el Lean Construction la secuencia de pasos básicos de trabajo debe realizarse orientada a todo el proceso, bajo la orientación de procesos la cimentación es uno de los ítems primordiales de obra y uno de los mas susceptibles a los embates de agentes externos como la lluvia, en la clasificación 1 cada actividad se clasifica como flujo (F) o como conversión (C). Comparativamente las actividades clasificadas como flujos alcanzaban el 51.6% del total mientras que las conversiones solo 48.9%, por tanto se busco minimizar el impacto de estas en el proceso de cimentación.

El análisis para la estructura se subdividió en WBS para elementos verticales (columnas y muros) pues estos debían ejecutarse en primera instancia y luego la WBS para los elementos horizontales (losas de entrapiso y vigas aéreas).

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER

	ACTIVIDAD	CLASIF 1
1	Localizacion y replanteo	C
2	Compra, transporte y almacenaje del acero de refuerzo	F
3	Transporte interno de material y equipos	F
4	Armado de andamios	F
5	Amarre del acero de refuerzo	C
6	Trasporte interno de formaleta y andamios.	F
7	Preparacion y limpieza formaleta	F
8	Instalación de la formaleta o cimbra	C
9	Revisión de plomos, escuadras y ejes.	F
10	Compra, transporte del concreto premezclado 3000 psi	F
11	Transporte interno de herramientas y equipos	F
12	Almacenaje del concreto: Armado del Mezcladero	F
13	Vaciado del concreto	C
14	Vibrado	C
15	Revisión de plomos, escuadras y ejes.	F
16	Trasnporte interno y limpieza: Equipos, herramientas, andamios	F
17	Desformaleteado	C
18	Transporte interno a almacen de formaleta	F
19	Curado del muro o columna	C

Tabla 4. WBS para elementos verticales: muros y columnas

Para este caso se observa que el porcentaje de flujos es del 63.36 y el de conversiones es del 36.84%. Finalmente se realizo la WBS para los elementos horizontales (losa) donde se observo que las conversiones alcanzaban 55.6% y los flujos el 44.4 %del total.

De lo anterior se puede deducir que la deficiente ubicación de las instalaciones de almacén generaba muchas actividades internas como transportes de materiales y equipos, la inexistencia de procedimientos constructivos definidos y documentados dejaba a la experiencia del maestro la definición de las secuencias constructivas.

**LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER**

	ACTIVIDAD	CLASIF 1
1	Compra, transporte y almacenaje del acero de refuerzo	F
2	Alquiler, transporte y almacenamiento de formaleta: Cerchas, camillas, tablemac, etc	F
3	Armado de parales y cerchas	C
4	Instalacion de camillas	C
5	Inspeccion de niveles	F
6	Instalación del tablemac	C
7	Localización y replanteo	C
8	Trasnporte interno: Acero de refuerzo	F
9	Amarre malla electrosoldada inf y acero de refuerzo	C
10	Formaleteado de bordes	C
11	Compra, almacenaje y transporte interno del caseton	F
12	Limpieza	F
13	Instalacion de casetones	C
14	Compra, transporte y almacenaje del concreto	F
15	Trasnporte interno: Equipos, herramientas.	F
16	Apilado de casetones	F
17	Vaciado del concreto: Losa (torta) inferior	C
18	Instalacion de casetones	C
19	Vaciado de viguetas y vigas	C
20	Vibrado	C
21	Colocacion malla electrosoldada superior	C
22	Vaciado del concreto: Losa (torta) superior	C
23	Revisión de niveles y alineación de bordes.	F
24	Trasnporte interno y limpieza: Equipos, herramientas, andamios	F
25	Desformaleteado	C
26	Transporte interno a almacen de formaleta	F
27	Curado del losa	C

Tabla 5. WBS para losa aligerada con caseton de guadua

4.3.2 PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR.

Se revisaron los pasos a seguir para efectuar el proceso de programación de las obras siguiendo los principios del sistema del Ultimo Planificador (Last Planner). Para lo cual en mi calidad de pasante y auxiliar de ingeniería conjuntamente con la coordinación de obra se presento la metodología al personal administrativo de la obra IED SJM compuesto por:

1. Director de Obra.
2. Ingeniero Residente de Obra.
3. Ingeniero Residente del Sistema de Gestión de Calidad.
4. Ingeniero Residente del Sistema de Seguridad Industrial y Ocupacional
5. Maestro General.
6. Secretaria de obra.

Se creo un comité de implementación y apoyo para el sistema de costos que la empresa deseaba implementar orientado bajo El Last Planner, para lo cual la empresa

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

designo al Ingeniero Residente de SISO quien conjuntamente con el Auxiliar de Ingeniería se encargarían del sistema de costes. La finalidad de este comité era:

Funciones Last Planner:

- Coordinar las 2 reuniones semanales del sistema.
 - Llevar el sistema de información del sistema Last Planner como Registros de control de Planificación Intermedia, ITE y PTS.
 - Aplicar las herramientas de control para determinación de perdidas.
 - Realizar el análisis y evaluación de la información recolectada.
 - Llevar el control del PAC.
-
- **PLANIFICACIÓN DE LARGO PLAZO O PLAN MAESTRO. (GENERAL)**

Para el presente estudio el plan maestro ya había sido definido contractualmente.

- **PLANEACION A MEDIANO PLAZO O LOOKAHEAD**

El comité de costos y Last Planner en directa colaboración con el encargado de la planificación (Director de obra) se consulta el plan maestro se seleccionan aquellas actividades que desde la fecha actual (21 de marzo) y con un horizonte de cuatro semanas deberían hacerse para cumplir con lo declarado en la programación general de la obra. El plan maestro es desglosado en niveles de detalles (WBS) apropiados para la asignación del trabajo semanal, cada actividad es dividida en múltiples asignaciones o tareas y posteriormente cada asignación es sujeta a un análisis de restricciones para determinar lo que debe ser hecho, si alguna actividad excede la duración del periodo a programar (4 semanas) no es admitida en el programa. Es de anotar que una actividad puede presentar varias restricciones, que dependen de varios departamentos por tanto se designo un responsable por cada una de ellas de acuerdo al organigrama de obra de la siguiente manera:

1. Diseño: Requerían consulta a la interventoría o a especialista se designo al Director de obra. Responsable: Director de obra.
2. Constructivas: Definir el método constructivo, conjuntamente el ingeniero residente y el maestro general definen las opciones constructivas basados en la experiencia y en inspección visual del campo, esta información es transmitida al director de obra quien define previa consulta al coordinador de proyectos. Responsable: Ingeniero residente.
3. Materiales y Equipo: Ingeniero residente realizaba el requerimiento de materiales y equipos al Director de obra quien tramitaba esto ante el Coordinador de Proyectos. Responsable director de obra.
4. Mano de Obra: Se designo al profesional SISO como el encargado de la asignación de personal, la cual era concertada con el ingeniero residente y el maestro general en las reuniones de planificación. Responsable: Resiente SISO.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

5. Laboratorios: Ing Auxiliar de Costos
6. Prerrequisitos: Residente Técnico y Maestro General.

• FORMATO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

El formato de planificación intermedia establece la actividad, el ítem de presupuesto para el control de costos, las fechas de inicio y fin de cada asignación, análisis de las restricciones, la fecha de compromiso o plazo máximo para la liberación de las restricciones y el responsable de este proceso. En la reunión de final de semana se evalúa conjuntamente entre todo el equipo de trabajo, cuales restricciones fueron levantadas y entonces se procede a elaborar el trabajo de trabajo ejecutable ITE para cada semana.

Posteriormente el encargado de la programación (Director de obra) conjuntamente con el comité de Planificación y costos se elabora un inventario de trabajo ejecutable (ITE) con todas las actividades que no tengan impedimentos para su ejecución. Las actividades que entran al ITE son las actividades que tienen todas sus restricciones liberadas. El inventario de trabajo realizable, el cual era posteriormente analizado en la reunión de planificación por los involucrados en la producción, para desde allí generar los compromisos de ejecutar las actividades que desde el ITE pasarán a la planificación semanal.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DISTRITAL OBRA: IED SANJOSE DE MARYLAND		PLANILLA DE PROGRAMACION INTERMEDIA													
PERIODO DE PROGRAMACION:		FECHA DE INICIO		FECHA DE FINALIZACION		TIPO DE RESTRICCIÓN							FECHA COMP	RESPONSABLE	
COD	ASIGNACION	LOCALIZACION	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	TIPO ASIG	DIS	CONST	MAT	SUBC	M.O	EQUIP	P.LAB	PRER	FECHA COMP	RESPONSABLE
1	PRELIMINARES														
1.1.3	Descapote y retiro del material	Proyecto en general			P				x	x					Maestro General
1.1.4	con fines topograficos para levantamiento con nivelación del terreno y Localización de BMs para la demarcación de los ejes del terreno	Proyecto en general			P						x				Dir Obra
2	CIMENTACION														
	Cubicación del material requerido.	A, B, C, Aula Multiple			A										Ing Residente
	Adquisición y puesta en obra del recebo.				A										Dir Obra
2.1.7	Colocación y compactación de la subbase en recebo (mecánica)	A, B, C, Aula Multiple			P	x		x	x				x		Ing Residente
2.1.7	Ensayo de compactación con densímetro nuclear.	A, B, C, Aula Multiple			C							x			Ing Auxiliar Costos
1.1.4	Replanteo y materialización de los ejes de la cimentación.	Proyecto en general			C					x			x		Ing Residente
2.1.1	Excavación mecánica	Senr Grales A,B,C y Aula Mult			P				x				x		Dir Obra
2.1.2	Excavación manual	Senr Grales A,B,C y Aula Mult			P					x	x		x		Ing Residente
2.1.2	Movimiento del material de excavación. (retiro)				C				x						Dir Obra
	Adquisición y puesta en obra del cemento, agregados, mezcladora, carretillas, palas,				A										Dir Obra

Figura 13. Hoja Electrónica para el control de la Planificación Lookahead

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

• PLANIFICACIÓN SEMANAL.

El director de la obra informaba a todo el personal de obra, el día y hora de la reunión de planificación semanal, la cual se fijó para el día viernes en horas de la tarde. A ella se convocaba todo el equipo de trabajo: Director de obra, Ingeniero residente, Residente SISO, Maestro General, Ingeniero Auxiliar de Costos, subcontratistas y almacenista. Del ITE se selecciona las tareas a ejecutar en la semana siguiente, designando un responsable para la ejecución de cada una de ellas, de esta manera las actividades ingresadas en la planilla de planificación semanal indican lo que se hará. La planilla de planificación semanal nos permite calcular automáticamente el porcentaje de actividades terminadas (PAC), que en el encargado de la actualización del sistema Last Planner ingresa a diario (Ver figura 15).

• REUNION SEMANAL

La reunión de planificación semanal se realiza al finalizar la semana con todo el equipo de trabajo. En esta reunión incluía el siguiente orden del día:

1. Revisión de la PAC. de la semana.
2. Nueva Planificación Semanal

consorcio Quijin		CONVENIO UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER - CONSORCIO QUIJIN IMPLEMENTACION DEL SISTEMA LAST PLANNER REGISTRO DE PLANIFICACION SEMANAL																												
OBRA: IED SAN JOSE DE MARYLAND										Emitido	Revisado	Elaboró: Ing. Aux. Elveth Delgado																		
PLAN DE TRABAJO SEMANAL (PTS): MAYO 2 AL 6 DE 2006										Fecha: 17/04/06	Fecha: 22/04/06	Revisó: Dr. Obra Arq. Edgar Pezosa																		
ZONA	ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANT. A E.J.C.	E.J.S. DE REF.	RESPONSABLE	CANT. E.J.C.	PORCENTAJE ALCANZADO	CALIF.	Carta Gantt Semanal						Causas de no Cumplimiento							Observaciones							
										2	3	4	5	6	Prevenir	Falta de recursos	Falta de mano de obra	Comerciales	Mal tiempo	Parqueadero	Problemas de permisos	Repeticiones		Otros						
										M	M	J	V	S																
PREESC	2.1.2	Excavación manual en material común	M3	60	AH-10.14	CR	1	11.8%	0																					
	2.2.1	Concreto pobre para limpieza	M3	6	AH-10.14	CR	0	100.0%	0																					
SERV. GUALES	4.1.1	Columnas: Concreto visto (Formaletear pedestales)	M3	2		JG																								
	4.5.2	Acero de 60000 psi (Amarrar columnas)	KG	3276	GA-9.11	JLR	10000	39.5%	1																	El acero está mal organizado en bodega, generando desperdicios cuando se clasifica el material				
AZILA MIL. I	2.2.4.5	Vigas y zapatas (Formaletear)	M3	54	GA-6.11	JLR	54.0	100.0%	1																					
	2.2.4.6	Vigas y zapatas (Colado)	M3	54	GA-6.11	JLR	54.0	100.0%	1																					
ZONA A	2.1.2	Excavación manual en material común	M3	90.0	AG-3.5	JG	15.2	25.3%	0																	X	Paro de transportes 2 días, el personal no vino a laborar			
	2.2.1	Concreto pobre para limpieza	M3	9.0	AG-3.5	JG	0	0.0%	0																		X	Paro de transportes 2 días, el personal no vino a laborar		
ZONA C	2.1.2	Excavación manual en material común	M3	40.0	BF-15.19	JG	1	1.7%	0																		X	Paro de transportes 2 días, el personal no vino a laborar		
	2.2.1	Concreto pobre para limpieza	M3	2.6	BF-15.19	JG	0.0	0.0%	0																			X	Paro de transportes 2 días, el personal no vino a laborar	
ZONA B	2.3.2	Acero de 60000 psi (Amarrar Cementación)	KG	6950	FG-6.9	CR	6950.0	100.0%	1																					
	2.2.4.5	Vigas y zapatas (Formaletear)	M3	70.0	FG-6.9	JSP	70.0	100.0%	1																					
	2.2.4.6	Vigas y zapatas (Colado)	M3	70.0	FG-6.9	JSP	50.0	71.4%	0																				X	Camas no desecho concreto por paro lo que retrasó la fundición de aula múltiple por este día
	1.3.1.2	Retiro de aulas provisionales existentes (Contrapeso y desmonte 5 unidades)	UN	5.0		JG	5.0	100.0%	1																				Falta recibido y no se acomodo prioridad otras act	
	1.1.1	Instalación de tubería Novafort (Rediseño Aula Múltiple)	GL	1.0		JLR	1.0	100.0%	1																				No está lista la subbase	
TOTAL PAC:									53.33%	TOTAL CAUSAS NO CUMPL:						1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACT PROG											15																			
ACT COM											9																			

Figura 14. Hoja Electrónica de Excel para la planificación semanal

Con la información suministrada por el sistema de costos se verificaba la cantidad de obra o el avance estimado para las asignaciones, en caso de no haberse cumplido la meta propuesta se pedía al responsable explicara la causa de no cumplimiento la cual era registrada en la planilla. Se determinaba la incidencia de las actividades no terminadas en el PTS siguiente. Se revisaba el avance en la liberación de restricciones, se incluían nuevas actividades en la planificación intermedia y se

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

procedía a realizar la PTS de la semana siguiente, las asignaciones eran seleccionadas del ITE teniendo en cuenta también aquellas actividades no terminadas

• REUNION DE CONTROL

Los días miércoles se definió una reunión corta para revisión del estado de las restricciones de las actividades de la planeación intermedia, asignar nuevas responsabilidades y para verificar el avance del PTS en curso.

4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.4.1 Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC)

“Un buen desempeño esta por encima del 80%, un desempeño pobre esta por debajo de 60%. Equipos con experiencia mantiene un desempeño por encima del 85%” (Howell, G. 2002).

A continuación presentamos la evolución del PAC durante las 22 semanas de observación:

Semana	FECHA INICIO	FECHA CORTE	PAC SEM	PAC ACUMUL
1	21-Mar-06	21-Jun-06	0.33	0.33
2	27-Mar-06	1-Abr-20	0.44	0.40
3	3-Abr-06	8-Abr-07	0.43	0.41
4	10-Abr-06	15-Abr-06	0.44	0.42
5	17-Abr-06	22-Abr-06	0.58	0.47
6	24-Abr-06	29-Abr-06	0.69	0.52
7	2-May-06	6-May-06	0.53	0.52
8	8-May-06	13-May-06	0.65	0.55
9	15-May-06	20-May-06	0.31	0.51
10	22-May-06	27-May-06	0.60	0.52
11	29-May-06	3-Jun-06	0.60	0.54
12	5-Jun-06	10-May-06	0.55	0.54
13	12-May-06	17-May-06	0.62	0.55
14	19-Jun-06	24-Jun-06	0.43	0.54
15	26-Jun-06	1-Jul-06	0.70	0.56
16	3-Jul-06	8-Jul-06	0.70	0.57
17	10-Jul-06	15-Jul-06	0.63	0.57
18	17-Jul-22	22-Jul-06	0.65	0.58
19	24-Jul-06	29-Jul-06	0.78	0.59
20	31-Jul-06	5-Ago-06	0.80	0.60
21	7-Ago-06	12-Ago-06	0.59	0.61
22	14-Ago-06	19-Ago-06	0.67	0.61

Tabla 6.Evolución del PAC semanal

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

El Sistema del Ultimo Planificador se aplico durante el periodo de cimentación y elementos horizontales y verticales de la estructura para el primer y segundo piso con el fin de controlar la variabilidad y disminuir las fuentes de pérdidas para las actividades contempladas en la tabla 2 mediante el análisis de Pareto. En la tabla 3 se muestra en la tabla la evolución desde la primera semana del PAC y se muestra el PAC móvil, se puede observar un porcentaje por debajo del 60% en este último. Comparativamente con el estudio realizado para Bogota en el 2005 por Luís Fernando Botero¹⁶ muestra que el desempeño para la ciudad fue del 63.21% y observando el PAC móvil se determina que el desempeño de la obra estuvo por debajo de este margen

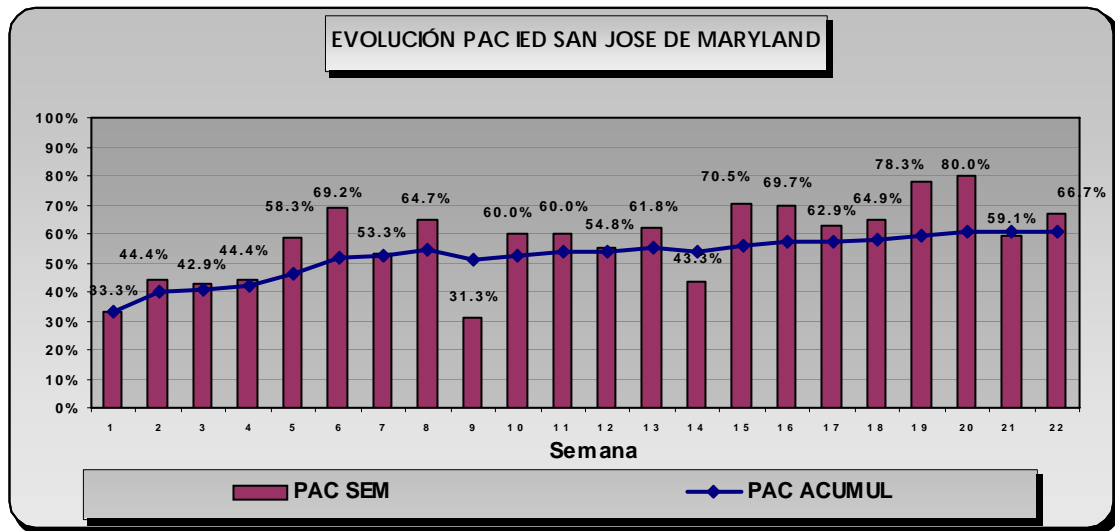


Figura 17. Resultados del PAC semanal y del PAC acumulado en el proyecto IED SJM

4.4.2 Evolución del sistema en la empresa.

En estudios anteriores para diversas ciudades del país como Medellín, Bogotá, Manizales se logro determinar que existe una relación lineal estadísticamente significativa (Botero 2005). Para determinar la bondad del ajuste de los datos a la línea de tendencia lineal se hizo uso de dos indicadores: el coeficiente de regresión lineal (R) y el coeficiente de determinación R^2 .

El coeficiente de regresión lineal establece el grado de asociación lineal entre las semanas de realización del proyecto y el PAC. Si el valor se acerca a 1.0 hay una fuerte asociación lineal entre las variables, lo que indicaría que a medida que avanza el proyecto los grupos de trabajo aprende de su experiencia y aumentan la productividad y en un futuro de seguir trabajando con el mismo equipo, mismos

¹⁶ BOTERO, Op.Cit., p.129.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

métodos con los que se determino la tendencia lineal se podrá predecir el PAC. Si R da negativo se advierte la necesidad de hacer un cambio relevante en los métodos de trabajo, en los proveedores, en el personal.

Para la obra IED SJM se encontró una la siguiente ecuación para la recta MCO:

$$Y = 0.013X + 0.42$$

Ecuación 1. Línea de tendencia del PAC Semanal

1. Pendiente positiva, lo que indica un incremento en el PAC, lo que indica que el equipo de trabajo esta mejorando la planificación, que hay un aprendizaje y mejoramiento, manteniendo el mismo equipo de trabajo en unas 46 semanas el equipo estará alcanzando el 100% del cumplimiento.
2. El valor de $R = 0.65$, aunque el valor dista mucho de indicar una clara tendencia lineal, aunque el valor esta muy cercano al valor d el recta MCO para el país.
3. El valor de $R^2=43.2\%$ expresa el porcentaje de variación corregida, es decir si se estima el PAC por su promedio se comete un error de predicción que se tomara como el 100% pero si se pronostica con la recta MCO se corrige en un porcentaje igual al valor de R^2 . El valor del pronostico del PAC con la línea de tendencia hallada es muy incierto porque solamente se corregiría el 43.2%, dejando un amplio margen de incertidumbre.
4. La obras del consorcio y la obra IED SJM necesita un seguimiento mas estrecho en la programación ajustando la planificación intermedia garantizando la liberación de restricciones que aseguren el suministro oportuno de materiales y de mano de obra, la revisión de las actividades precedentes y una gestión del recurso humano mediante capacitación, implementación de incentivos y mejor remuneración. Diseñar un sistema de control simultáneo a la ejecución, evitando controles posteriores y designando responsables. El sistema de gestión de la calidad ya tiene dispuesto un

El seguimiento y tabulación de las causas de no cumplimiento nos permitió identificarlas, el siguiente es el análisis de Pareto a dichas causas en la obra IED San José de Maryland, obra situada en la ciudad de bogota como se muestra en la Tabla 5:

Se observa que el 85% de las causas de no cumplimiento de lo planificado semanalmente pueden atribuirse a las siguientes causas: Falta de herramientas y equipos (23%), Bajo Rendimiento de la M.O (18%), prerrequisito (18%), Falta de materiales (14%) y contratista de mano de obra (11%). En este estudio nos hemos centrado sobre la mano de obra es de notar quelos item Bajo rendimiento de M.O y contratista de mano de obra suman 29% de las causas de no cumplimiento generadas por baja motivacion de la mano de obra en cuanto a salarios, incentivos y seguridad

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

industrial. Tambien es preocupante el alto indice de no cumplimiento generado por la falta de materiales(14%), equipos y herramientas (23%) para un total del 37%. Estos 4 indicadores revelan graves fallas no solo en la planificacion, sino en el sistema administrativo de la orgnizacion en los departamentos de compras y el excesivo control de gerencia sobre los gastos.

CAUSA	FREC	FREC ACUM	% FREC	% FREC. ACUM.
Herramientas-Equipos	48	48	0.23	0.23
Bajo rendimiento M.O	38	86	0.18	0.42
Prerrequisito	37	123	0.18	0.59
Falta Materiales	30	153	0.14	0.74
Contratista	22	175	0.11	0.85
Mal tiempo	12	187	0.06	0.90
Otros	11	198	0.05	0.96
Proveedor	5	203	0.02	0.98
Reprocesos	4	207	0.02	1.00
TOTAL	207	207		

Tabla 7. Causas de no cumplimiento.

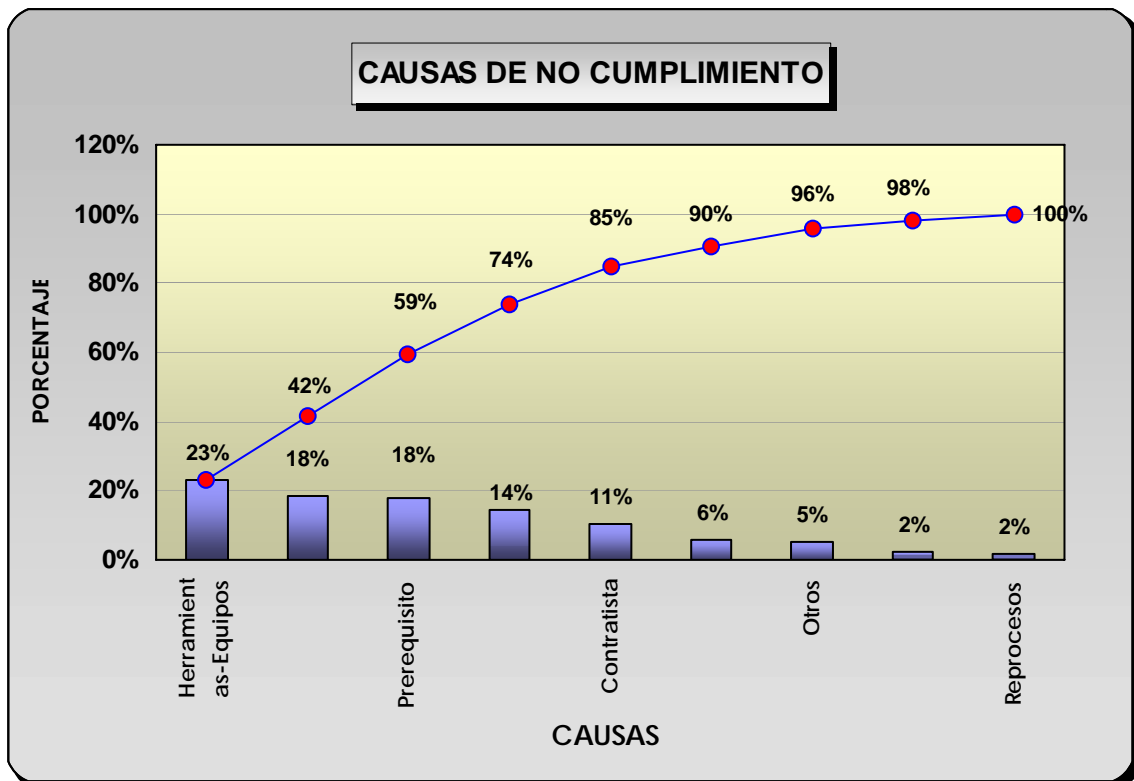


Figura 18. Causas de no cumplimiento de la planificación obra IED SJM

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

Las causas anteriormente mencionadas de incumplimiento son causas controlables por la administracion de la obra y estan intimamente ligadas, el bajo rendimiento y la falta de recursos para realizar las tareas generan que otras actividades que se habian presupuestado no se puedan materializar por no haberse ejecutado sus predecesoras o estas se han ejecutado con una baja calidad.

Los proveedores presentaron un buen comportamiento, algunos problemas con la cementera en cuanto a la frecuencia de los envios, y con la la mepresa proveedora del acero de refuerzo que cerca de mediados del año empezo a demorar los pedidosun poco mas o a enviarlos imcpletos esto debido al exceso de demanda de la construccion por aquella epoca. El clima afecto al inicio de la obra durante la cimentacion normalizandose el resto del año. Analizando cada una de las causas de no cumplimiento y en busca del mejoramiento continuo se sugieren las siguientes recomendaciones para la empresa y cualquier constructor en general respecto de estas causas de no cumplimiento.

4.5 ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS

4.5.1 Falta Equipo, Herramienta(23%) y materiales (14%).

Este item abarca el 37% de las causas de no cumplimiento, es decir de cada 10 actividades programadas 4 no se realizaban o sufrían demoras por falta de equipos o materiales. Las razones dadas por cada uno de los últimos planificadores sobre el porque del no cumplimiento se identificaron las siguientes las siguientes problemáticas:

Acero de refuerzo:

1. Deficiencias en los pedidos por dos razones: hechos con demasiada antelación a la ejecución de la tarea o el pedido fue hecho de manera incompleta, en el caso del refuerzo para elementos verticales se pidió inicialmente los arranques por lo que el elemento una vez fundida la cimentación no se podía terminar.
2. Los pedidos se hicieron sin tener la estructura de almacenaje lo que obligaba a descargarlos en cualquier sitio, sin ningún control y dificultando su organización.
3. El acero se compraba ya figurado, y el proveedor lo enviaba en clasificado en haces de acuerdo a su diámetro y figuración y zona para la cual fue pedido pero este se almacenaba apilado uno sobre otro al no haber instalaciones suficientes dificultando su posterior uso.
4. El retiro del acero se realizaba sin ningún control lo que genero perdidas de material por:
 - Uso incorrecto en otros elementos.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- El acero era revuelto por el ayudante en la operación de retiro.
- Llevaban cantidades superiores a las requeridas dejándolo luego el excedente tirado, poniendo varillas en exceso o diámetros y figurados no correspondientes según planos lo cual no era detectado al no haber una supervisión eficiente de las tareas.

Deficientes instalaciones de almacenaje:

1. El área de almacenaje era muy reducida lo que dificultaba el almacenaje y control de herramientas, pues elementos como mordazas, cuñas, forclans eran dejados al aire libre y su retiro de la zona de almacenaje no tenía ningún control.
2. Herramientas menores como carretillas, baldes era almacenado en los alrededores del campamento sin control.
3. Solo se tenía control metódico de elementos como el cemento, puntillas, alambre.
4. Exceso de flexibilidad para el retiro de alambre, puntillas, madera(listones), boceles el cual se hacía de manera verbal, sin utilizar el formato de calidad debidamente diligenciado por el encargado de la actividad.
5. El almacenaje de camillas, formaletas, párales, cerchas se hacía de manera similar y su utilización y retiro no gozaba de ningún control razón por la cual era imposible identificar los responsables de la pérdida o de deterioros por uso indebido, o garantizar que estos fueran devueltos a la zona de almacenaje después de su utilización.

Problemas administrativos:

Se identificaron las siguientes deficiencias relacionadas con el encargado del almacén:

1. El continuo cambio de almacenista dado su baja remuneración, dificultó el manejo de existencias, de la dotación, pues los registros estaban atrasados.
2. Debido a que no hay un sistema de control era imposible realizar la trazabilidad al material, identificar y almacenar los pedidos de acuerdo a la actividad que generó el requerimiento y donde fueron utilizados.
3. La asignación por interinidad de personas no preparadas no permitió un control de los materiales.
4. El encargado del almacén no tenía los conocimientos técnicos para realizar esta labor, su labor no estaba orientada al control y proyección de los materiales sino a llenar las formas del sistema de calidad y a llevar el Kardex.

Respecto a la labor de compras, requerimientos y órdenes de compra se identificó:

1. Exceso de control administrativo de la coordinación de obras impedía maniobrar con libertad al director de la obra, pues todos los requerimientos tenían que pasar por aprobación, allí al no existir una proyección de recursos

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

se limitaban a reducir las cantidades pedidas al 50%, lo que obligaba a hacer nuevos requerimientos con la consecuente demora mientras llegaba el pedido.

2. Demoras en el tiempo de respuesta en la entrega de materiales por que los materiales. De acuerdo a la planificación intermedia y previendo los tiempos de respuesta del proveedores y dada la ubicación de la obra los proveedores eran muy renuentes a hacer entregas pequeñas.

4.6 ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA

4.6.1 Bajo rendimiento de la mano de obra:

El seguimiento a las causales de no cumplimiento dentro del PAC se identifico dos asociadas a la mano de obra que son: contratistas o subcontratistas de mano de obra (11%) y Bajo rendimiento de la M.O (18%) que en este caso se aplica para los trabajadores que se contratan directamente bajo la figura de administración, para un total del 29% de causas de no cumplimiento están asociadas a la mano de obra. Este índice basta para que una empresa no alcance un rendimiento superior al 80% de cumplimiento en el PAC considerado como bueno.

Para que la mano e obra sea productiva es necesario la presencia de tres elementos básicos:

1. El trabajador debe *desear* realizar un buen trabajo, lo que esta relacionado con la motivación y satisfacción en el trabajo.
2. El trabajador debe *saber* hacer un buen trabajo lo que tiene relación con la capacitación y entrenamiento del mismo. Esto en conjunto se denomina su calificación.
3. El trabajador debe *poder* realizar un buen trabajo, lo que implica una administración eficiente y efectiva

La deficiencia en la productividad esta ligada proporcionalmente a cuan severa es la falencia en uno de estos tres elementos.

1. El Trabajador Debe Desear Realizar Un Buen Trabajo:

Mediante la aplicación de dos metodologías se determino el nivel motivacional de los trabajadores y las causas que afectaban su rendimiento.

Se realizo la aplicación sistemática de encuestas quincenalmente y las continuas reclamaciones de los trabajadores, permitieron identificar una baja motivación de la mano de obra debido a las siguientes razones:

- Poca claridad en la política laboral tendiente a definir la asignación salarial de los trabajadores contratados, discrepancias por el no pago del auxilio de transporte, liquidación y fallas en control y remuneración de las horas extras.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- Inexistencia de una política de incentivos e incumplimiento de los incentivos económicos prometidos.
- Inseguridad laboral debido a que no se tenían curvas de personal lo que motivaba despidos y contrataciones tendiendo a solucionar los problemas inmediatos.
- Política de baja inversión en la seguridad industrial.

2. El Trabajador Debe *Saber Hacer Un Buen Trabajo*:

Dadas las condiciones de la economía general de la ciudad; la construcción en la ciudad de Bogota pasa por un momento de bonanza esto lejos de ser un buen indicador para la productividad, indica que esta tendera a ser baja porque difícilmente se encontrara una buena supervisión (contra maestros y maestros) y mano de obra calificada (oficiales calificados y ayudantes entendidos o “mediacuchara”), lo que obliga a echar mano de mano de obra inexperta que acéptale trabajo por no poseer otra opción.

Lo anterior justificaba el bajo ofrecimiento salarial de la empresa pero contrastaba con las condiciones ofrecidas en otras empresas. Mediante revisión de las hojas de vida y encuestas informales a cada uno de los trabajadores se encontró que de la mano de obra contratada, el 80% del personal contratado era muy inexperto, habiendo trabajado ocasionalmente veces en construcción durante breves periodos de tiempo que no superaban los 5 meses. Igual ocurre con los oficiales de los cuales de los cuales el 40% solo era calificado, y su calificación era en un área particular como plomería, instalaciones eléctricas, colocación de refuerzo, los demás eran ayudantes entendidos que dada la escasez de oferta laboral ofrecían sus servicios como oficiales:

Estas falencias de la mano de obra se hicieron evidentes por el excesivo número de reprocesos y errores cometidos durante la cimentación y la estructura, al revisar la calificación de los oficiales se observo:

- No sabían interpretar planos, por ende no podían localizar ni verificar las instrucciones dadas en los planos auxiliares de obra.
- Tenían instrumentos de medición como metro, niveles y escuadras con serios problemas de calibración.
- No tienen una idea clara de la cuadrilla básica que necesitan para una actividad.
- No tienen manejo de personal.

En el caso de los ayudantes su inexperiencia en el medio y la poca seguridad industrial los hacia muy susceptibles a accidentes y enfermedades profesionales como se evidencio con un alto índice de incapacidades por Dermatitis por contacto con el concreto, accidentes por golpes con la formaleta, pinchazos con puntillas, accidentes con la pluma grúa, etc.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

3. El Trabajador Debe *Poder Realizar Un Buen Trabajo*:

La aplicación de la encuesta tipo 1 evidencio que las principales causa por al cuales los trabajadores, subcontratistas justificaban su bajo rendimiento cruzada con la encuesta de Esperas a capataces son:

- El trabajo innecesario debido a errores y reprocesos generados por deficiencias en la planificación y en las instrucciones.
- Falta de control y supervisión.
- Las demoras y esperas generadas por falta de materiales y equipos.
- La poca inversión en material de dotación y seguridad industrial como guantes, cascos, botas, overoles, impermeables.
- El excesivo movimiento de la mano de obra lo que generaba viajes excesivos para devolver y conseguir herramientas y que obligaba a repetir instrucciones con la consecuente demora por estas.

También se detecto que el maestro general de la obra fallaba en su labor de coordinador del personal de obra por:

- No respetaba las asignaciones de personal hechas en la reunión de planificación.
 - No ejercía ningún control técnico sobre la mano de obra.
 - Se había desempeñado anteriormente como inspector de interventoría y no como constructor.
 - El numero de subordinados que tenia a su cargo excedía en 2 y hasta tres veces el recomendado (ver tabla).
- **Contratista:** No hay una politica de gestion de los contratistas, generalmente al corte de obra habian serias disidencias en cuanto a los precios, condiciones laborales de la mano de obra de los contratistas. No se realizaba una evaluacion de dsempño de los mismos ya que estos dependian directamente de la coordinacion de proyectos y no de la direcion de obra. De otra parte nunca se les permitio una participacion formal en las reuniones sus opiniones eran recogidas de manera informal y solo se limito a entregarles la programacion una vez formulada.
 - **Prerrequisitos(14%):** Las demoras generadas por la falta de cancha o tajo se debieron a falta de materiales y herramientas de un lado y a reprocesos por falta de control de las actividades.

Las causas de falla se atribuyen a:

1. Mala calidad en el terminado de la actividad predecesora generado por falta de supervision en casos tales como elementos verticales, al momento de fundir el acero quedaba desviado de los ejes del elemento lo que impedia posteriormente la

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

colocacion de la formaleta, columnas fundidas mas arriba del nivel de piso lo que obligaba a demoler el exceso.

2. Falta de control y supervision.

4.7 BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Durante el uso del sistema del Ultimo Planificador, los diversos factores como administrativos, humanos se convirtieron en importantes barreras que obstruyeron los esfuerzos de implementación y afectaron el comportamiento del equipo. Las barreras identificadas en este ambiente se discuten en los párrafos siguientes.

4.7.1 Errores en la planificación inducidos por la presión del sistema de costes

Una de las de los obstáculos mas importantes fue la presión del sistema de costes, pues las planificaciones dependían directamente del valor de la actividad tal como se explica a continuación:

La coordinación de proyectos se negaba a aceptar los rendimientos y consumos para la estimación de los plazos o duración de las actividades para lo cual planteo la siguiente metodología cuyo principio consistía en definir el costo diario de la cuadrilla básica para la ejecución de un proceso, este valor es dividido por el precio unitario por mano de obra lo que me da el rendimiento, a continuación se ilustra el proceso para la excavación:

El análisis de esta metodología, sus ventajas y desventajas se enumeran a continuación:

- Al analizar los rendimientos obtenidos en terreno comparados con los obtenidos por la metodología anterior estos nunca superaban el 50% del rendimiento teórico pues al estimar las duraciones y la capacidad con base en estos rendimientos se cometía un error inducido directamente relacionado con el porcentaje anteriormente mencionado.
- Esta metodología no considera descansos, actividades de apoyo, ni imprevistos para el calculo de las duraciones.
- Inducía a una sobre estimación de la capacidad real, la cual estaba muy abajo del valor teórico.
- Los planes de mejoramiento y los esfuerzos aplicados no permitían alcanzar los estándares solicitados lo que generaba desconfianza del sistema y desmotivación de trabajadores y administrativos.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

4.7.2 Deficiente administración de obra

Un principal obstáculo para alcanzar una implementación acertada, es el miedo al cambio. Este problema se hizo evidente por síntomas tales como:

- Inexistencia de una cultura de planificación en contraposición con una cultura del resolver el día a día.
- La empresa no posee herramientas de planificación: no existen procesos constructivos documentados, se deja todo a criterio y experiencia del maestro general, subcontratistas e ingenieros residentes.
- La estructura jerárquica vertical que centralizaba todo el poder de decisión en la coordinación de obras.
- La temprana negación para asumir las comisiones pues se asume que la responsabilidad de liberar una restricción, del seguimiento e implementación de una actividad en campo conllevaba la responsabilidad económica de la misma si fracasaba esto ligado a la política de sanciones y castigos de la coordinación de proyectos que llevo a realizar descuentos salariales por fallas en contravención con la ley laboral.
- Negación para incluir subcontratistas, almacenista, plomero y eléctrico en reuniones de planificación.
- Reacciones negativas a los conceptos teóricos del sistema del Ultimo Planificador y a su uso en el proyecto.
- El comité de producción no respetaba los plazos acordados para ejecutar una actividad o acometían otras no incluidas en el PAC, tampoco se respetaban las asignaciones de tiempos y de cuadrillas.
- Dificiles relaciones personales entre la coordinación de proyecto con los trabajadores y equipos administrativos que terminaron en agresiones verbales y físicas, despidos y renuncias continuas dificultaron la implementación del sistema.

4.7.3 Carencia de autocrítica

No existe una cultura de auto evaluación, los encargados se negaban a aceptar sus responsabilidades cuando fallaban en una asignación. Por ello no se cumplía con la liberación de restricciones, ni se asumía la responsabilidad de observar porque había fallado realmente su asignación en campo. Los problemas de calidad se asociaban al encargado de esta área y nos se asumían como responsabilidad del comité de producción compuesto por el residente y el maestro general.

Las fallas detectadas de control y de manejo de las asignaciones de cuadrillas no eran reconocidas abiertamente por producción por ende las falencias detectadas no se corregían a tiempo.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

4.7.4 Visión de corto plazo

La visión a corto plazo no permite visualizar los problemas con bastante tiempo de anticipación para tomar decisiones correctas. Ante la poca evolución del PAC se quiso ampliar el horizonte de planificación para dar un mayor margen de maniobra con respecto a las políticas de control de gastos de la empresa, planificando y programando con un plazo de dos semanas, pero fallas en la dirección y burocracia no permitieron ninguna mejora.

4.7.5 Mala interpretación y utilización del indicador PAC

El índice se tomo como medida para estimar el avance de la obra y para crear una cadena de culpabilidad entre los diversos comités lo que no permitió un mejoramiento continuo sino que en algunos casos sirvió solo para hacer señalamientos.

4.8 COSTOS

4.8.1 SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS

La empresa creó un comité de costos conformado por el Auxiliar de ingeniería (Practicante UIS), el residente de Seguridad Industrial de la obra y presidido por el director de obra. Las funciones de este comité son presentadas en el inciso 5.4.1 Dentro del plan de calidad dispuesto por la empresa para este proyecto se disponía del siguiente formato para el control de costos PC-R-095 (Anexo D).

Funciones Comité de Control de Costos:

- Control de tiempos diarios para cada actividad y la cuadrilla asignada.
- Realizar el seguimiento a la asignación de cuadrillas, tiempos y recursos para cada asignación semanal en función de valor de la Mano de obra de los Análisis de Precios Unitarios.
- Supervisión en campo de las asignaciones de mano de obra, tiempos y recursos.
- Elaborar informes periódicos del control de costos para la Coordinación de Proyectos y el Departamento general de costos del consorcio.

Metodología:

1. El control de costos se orienta a la mano de obra, los costos de equipos y almacén son controlados por la oficina central.
2. El almacén reportara a la oficina central los formatos de entrada y salida de almacén de los cuales la oficina central procesará los materiales utilizados.
3. Se utilizaran como documentos de soporte el presupuesto de la obra y los análisis de Precios Unitarios presentados en la propuesta.
4. El dos Análisis de precios unitarios se tomara el valor por mano de obra y se tomara el 50% de este valor como meta.
5. La empresa fijó el valor diario del salario para la mano de obra en: Ayudante: \$24.000 diario y oficial: \$32.000, valor que incluye salario y prestaciones sociales.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

6. El costo unitario por mano de obra se debía calcular cada hora: mediante una sistema de rondas cada hora se media la cantidad de obra ejecutada y se calculaba el total de horas hombre invertidas y se procedía a calcular el valor unitario el cual era comparado con el precio de referencia y se procedía a informar a la dirección de obra del hallazgo en caso de encontrarse un sobre costo.
7. Estos datos eran consignados en una planilla de campo (Anexo B) y el total de horas hombre era totalizado al finalizar la jornada y consignado en el formato de control de costos PC-R-095, en esta hoja electrónica se consigna también la cantidad diaria de obra ejecutada y se calculaba el precio unitario por mano de obra.

Ventajas:

1. Esta metodología es simple de aplicar y permite un cálculo fácil de los costos unitarios.
2. Permite identificar puntos críticos con inmediatez e identificar prontamente la causa del sobre costo.
3. La ronda cada hora facilita la supervisión y control de las actividades ejecutadas.
4. Permitía verificar diariamente la cantidad de obra realizada y la mano de obra invertida y realizar un control sobre el avance de la obra.
5. Permite el control de nómina, horas extras y realizar un arqueo de nómina contra costos.

Desventajas:

- El sistema había sido planteado para estimar costos de manera horaria y así poder mantener la suficiente presión y control sobre la actividad. Basado en el principio: *“Mantener la presión intensa sobre la producción y sobre cada actividad porque la reducción del costo y la duración de cada paso es la llave del mejoramiento”*.
- Para actividades como excavaciones el sistema de control horario de cantidades, resulta factible de aplicar, pero no es el caso de actividades de larga duración como colocación de encofrados para losas, muros donde el costo no se puede estimar hasta tanto no se efectúe el colado. Y se debe asignar un porcentaje de ejecución a criterio subjetivo del observador.
- La presión era tan intensa que era rechazado por todo el personal de obra.
- Las causas de retrasos o demoras lejos de generar un mejoramiento continuo se quedaban en justificaciones.
- La excesiva variabilidad de las cuadrillas por rotaciones del personal a otras actividades o la asignación del personal a actividades no planeadas hacen muy inexacta la estimación diaria de los costes. Para evitar una estimación de los costes, el intervalo de observación tuvo que reducirse a cada media hora para un total de 18 observaciones diarias.

**LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER**

- La determinación de las causas de no cumplimiento se hace de manera muy informal, con base a lo observado en las rondas de campo o de entrevistas con las cuadrillas en el terreno, lo que dificulta establecer estadísticamente su frecuencia.
- Los resultados cuando no beneficiaban al responsable eran cuestionada su certeza, el interés se centraba en cuantas horas resto para ajustar los costes.
- Mucha responsabilidad designada sobre le responsable del sistema de costos, quien se convertía en supervisor técnico, de asignaciones y plazos, de control de materiales en el caso de detectarse fallas.
- El sistema de costes era más visto como una imposición de control, que como una herramienta.
- La política de organizacional de la empresa impedía la dedicación de horas laborales al procesamiento de la información, lo que genero atrasos en la presentación informes.
- La no existencia de un sistema de control de almacén y por ende de materiales y el continuo cambio de almacenista impedían llevar un control de costos de materiales.

Finalmente al realizar un comparativo entre los costos reales y los ofertados de los ítems escogidos para el seguimiento según el análisis de Pareto se muestra que los precios reales o de costo directo para la mano de obra se mantuvieron por debajo de los precios ofertados.

ITEM	Unid	Vr M.O	Vr Prom Real	% de Ahorro
2.1.2 Excavación manual en material común	M3	\$ 10,308	\$ 10,105	98.03%
2.1.3 Excavación manual en subbase de recebo	M3	\$ 15,516	\$ 6,459	41.63%
2.1.5 Rellenos en material común	M3	\$ 10,850	\$ 4,894	45.11%
2.1.7.3 c. Subbase en recebo : manual	M3	\$ 7,501	\$ 3,735	49.79%
2.2.1 Concreto pobre para limpieza. Esp = 0.05	M3	\$ 33,527	\$ 14,649	43.69%
2.2.4 Zapatas	M3	\$ 58,590	\$ 9,074	15.49%
2.2.5 Vigas de cimentación	M3	\$ 70,525	\$ 10,180	14.43%
2.2.8 Placas de contrapiso	M3	\$ 5,425	\$ 974	17.95%
2.3.2 Acero de 60000 PSI	M3	\$ 109	\$ 163	-49.54%
4.1.1 Columnas : concreto visto	M3	\$ 108,500	\$ 87,142	80.32%
4.1.3 Muros : concreto visto	M3	\$ 97,650	\$ 117,596	-
4.3.2.1 a. Losa aligerada con caseton de lona de 0.30	M2	\$ 19,530	\$ 6,522	33.39%
4.3.2.4 d. Losa aligerada con caseton de lonade 0.61	M2	\$ 26,040	\$ 6,696	25.71%

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

Tabla 8.Comparativo entre los costos ofertados y costo real.

Resaltadas aparecen aquellas actividades en las cuales la meta propuesta de un ahorro del 50% en el valor de la mano de obra no fue logrado.

Las posibles causas de la falla del sistema podrían estar originadas en:

- Fallas en la toma de datos por la variabilidad de las cuadrillas.
- Las nóminas eran frecuentemente modificadas debido a fallas en el proceso de control de asistencia, horas extras ya que el encargado (maestro general) no las reportaba diariamente sino que concertaba el número de extras a final de cada quincena.
- El valor total de la nómina era consolidado cuando se cancelaba la liquidación de aportes que eran realizados por la auxiliar contable en obra y algunas veces eran recalculados en la oficina central de acuerdo a las decisiones de la Coordinación de proyectos por tanto no existía un canal de comunicación claro.

El comportamiento del sistema es estable, la confiabilidad del mismo depende de una política de control más amplia y formal orientada a todo el proceso incluyendo materiales y equipos. Se estima que mediante la implementación de un sistema de información más ágil, que permita la toma y procesamiento de datos en campo a través de una agenda electrónica o palm permitirá llevar la contabilidad de la mano de obra, consumos, rendimientos y tiempos de ciclo, aplicar técnicas de muestreo para estudio de métodos de trabajo y de distribución del tiempo. Esta información que será muy útil para los actuales y posteriores proyectos ya que bajo la metodología de contratación de precio fijo / suma global es de vital importancia conocer el margen de utilidad que se busca percibir cuando se realiza una oferta y permitirá posicionar a la empresa de una manera muy sólida en el mercado.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en otras experiencias y en la obra IED SJM indican un claro crecimiento y perfeccionamiento de la planificación y por ende de la productividad. Sin duda alguna cualquier esfuerzo en pro del mejoramiento sino es producto de una estrategia que implique el desarrollo de una educación sistemática, acciones de investigación, una interacción activa con los directores superiores de contratos, el personal de obra, empresas del medio será una quijotada que pronto se vendrá abajo cediendo el paso a las formas tradicionales de planificar y programar un proyecto.

Por tanto existe la necesidad de encontrar métodos para consolidar cambios dentro de las empresas, mantener la motivación y continuar con la búsqueda de estrategias e incentivos para mejorar la implementación del Last Planner. A continuación las conclusiones producto de la utilización del la metodología del Last Planner.

- Es indispensable el compromiso desde la gerencia de la empresa, administradores y jefes de obras, subcontratistas y trabajadores, hacia la utilización e implantación del Último planificador y otras herramientas de Lean Construction, promoviendo activamente incentivos que motiven su utilización.
- Involucrar a todo los actores que intervienen en el proyecto como diseñadores, subcontratistas, mandante y proveedores aunque para estos últimos se deben buscar formulas de capacitación de interés común) en los procesos de planificación de un proyecto, donde se implemente el Último Planificador comprendan cabalmente sus principios y funcionamiento. Se puede realizar talleres de capacitación antes y durante la ejecución de un proyecto de modo que se pueda cuidar el éxito de la implementación como lo mencionamos anteriormente.
- Del registro y análisis de las causas de no cumplimiento depende la retroalimentación y el mejoramiento continuo, tomando como derrotero una vez identificada una falla la elaboración de un plan de acciones correctivas y preventivas e incluso desarrollar herramientas de planificación de operaciones para todo el proyecto que permita saldar las fallas y evitar su reaparición.
- La inexistencia de una cultura de planificación y la informalidad es un serio impedimento para la implementación de nueva metodologías de gestión como el Last Planner y para el desarrollo de las ya existentes como los sistemas de gestión de calidad pues la ausencia de herramientas, de estrategias y la mentalidad de apagar incendios implican que la metodología requiera tiempos de

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

implementación bastante largos que incluso superen la duración de los proyectos lo que impide visualizar resultados a corto tiempo.

- EL PAC no debe constituir un indicador por si solo, la medición del PAC no debe usarse como una herramienta para medir el avance de obra, esta visión induce a generar cadenas de culpa y a rechazar la aplicación de la metodología, como recomendación se debe hacer énfasis en los procesos mejorar la calidad de las asignaciones (unidad de control de producción) y enfatizar en la coordinación de recursos para garantizar el control de flujos de trabajo
- Debe relacionarse los indicadores relevantes de productividad o costos, con el PAC, de modo de observar claramente los beneficios que acarrea la implementación del Último Planificador en un proyecto de construcción cuidando el doble carácter estratégico que esto implica pues tiene un carácter motivacional para con los involucrados con el proyecto y los procesos de planificación, pero si los índices son negativos se corre el riesgo de desalentar por tanto la habilidad del facilitador del sistema debe encauzar la atención sobre las causas de no cumplimiento. Toda oportunidad de aprendizaje de errores no debe ser desperdiciada y debe ser adecuadamente analizada (principio del mejoramiento continuo).
- Dado el contexto actual de la construcción se debe apoyar la implementación del Last Planner con otras herramientas de planificación como cartas de procesos, diagramas de flujo, instructivos de procesos, listas de chequeo y requerirá la aplicación de algunas técnicas de muestreo que ayuden a determinar las causas de perdidas y permitan evidenciar la mejora de la productividad de la empresa.
- El Last Planner abre la puerta para que las empresas entren en una cultura de investigación y medición de sus procesos constructivos ya que su énfasis se centra en reducir la variabilidad y por ende induce a la estabilización de los tiempos de ciclo, reduciendo así la fluctuación de los rendimientos y consumos permitiendo la aplicación de técnicas de muestreo de trabajo y de estudio de los métodos de trabajo de manera similar como lo hace la industria manufacturera buscando disminuir los costes de los proyectos y mejorar la calidad de los productos.
- Se hace necesario que la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS defina una línea de investigación en gestión de la construcción apoyándose en trabajos de grado posteriores incluyan mediciones de tiempos de ciclo, distribución del tiempo de trabajo, muestreos y estudios de métodos de trabajo buscando impactar el mercado constructivo mediante la divulgación de experiencias que evidencien el crecimiento de la productividad, la disminución de costes y que conlleven a la reducción de precios al usuario de los proyectos constructivos.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

- Los sistemas de costes orientados solo a ampliar o controlar el margen de ganancia generan una visión sesgada de la problemática de la obra, permiten evidenciar puntos críticos pero no sus causas, centran su finalidad en un resultado y no en el aprendizaje al no arrojar información sobre las causas de no cumplimiento.
- Los análisis de precios unitarios deben implicar una planificación anticipada del método constructivo de acuerdo a las posibles condiciones constructivas, deben reflejar claramente los recursos proyectados, deben ser extractados de un proceso constructivo ya documentado a través de mediciones corroboradas con técnicas estadísticas que permitan aseverar su confiabilidad.
- Los sistemas de costes se deben orientar a una verificación contable de lo planificado en lugar de ser utilizados como una herramienta de presión intensa, la finalidad de estos debe orientarse en una primera instancia al control de la efectividad de la productividad garantizando que el costo de las actividades no exceda el presupuesto asignado y evidenciando en una segunda etapa la eficiencia del sistema productivo mediante la reducción sistemática de los costos.
- Se recomienda que para proyectos constructivos de gran envergadura se apoye el sistema de costes y planificación con un sistema de información basado en un paquete computacional y que aplicado en obra mediante agendas electrónicas o PDA que permita la recolección de la información, el procesamiento inmediato y la posterior retroalimentación.

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

BIBLIOGRAFÍA

- BALLARD, Glenn. The Last Planner System of Production Control. Universidad de Birmingham. 2002. Made available on the Lean Construction Institute's web site <http://www.leanconstruction.org>
- BALLARD, Glenn y HOWELL, Greg. Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow. Made available on the Lean Construction Institute's web site <http://www.leanconstruction.org>.
- KOSKELA, Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. CIFE Technical Report # 72. 1992. Made available on the Lean Construction Institute's web site <http://www.leanconstruction.org>.
- BOTERO BOTERO, Luis Fernando. CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS. 2 ed. Bogotá: Legis, 2006. 165 p.
- _____ . _____ y ALVAREZ VILLA, Martha Eugenia. Guía de Mejoramiento Continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda. Medellín: Revista Universidad EAFIT. Vol. 40. N° 136, 2004. p. 50-64.
- SERPELL B, Alfredo. ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN 2ª ed. México D.F, 2002. p.291.
- HARRIS, Frank y McCAFFER, Ronald. CONSTRUCTION MANAGEMENT. Traducido del original: MODERN CONSTRUCTION MANAGEMENT 4a ed. Versión castellana de Sarah Case. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A, 1999.
- ROJAS, Vera Saúl. Estudio e Implementación de una nueva filosofía de Planificación de Proyectos "Lean Construction".2002. Disponible en el sitio web: www.monografias.com (consultado el 6 de agosto de 2006).

**LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER**

ANEXO 1. PRESUPUESTO DE LA OBRA IED SAN JOSÉ DE MARYLAND

SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL OBRA / PROYECTO : IED SAN JOSE DE MARYLAND PRESUPUESTO ANEXO N° 1					
ITEM	ACTIVIDADES	UN	CANT	PRECIO UNITARIO	VALOR PARCIAL
1	PRELIMINARES				
1.1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1.1	Campamento y baños (50 M2)	UN	1.00	5,130,516.00	5,130,516.00
1.1.2	Cerramiento provisional. H = 2.00	ML	320.00	6,794.00	2,174,080.00
1.1.3	Limpieza, descapote y retiro de sobrantes	M2	8,600.00	3,000.00	25,800,000.00
1.1.4	Localización y replanteo	M2	8,970.00	1,280.00	11,481,600.00
1.1.5	Valla información licencia de 2.00 x 1.00	UN	1.00	484,277.00	484,277.00
1.2	INSTALACION SERVICIOS PROVISIONALES				
1.2.1	Instalación provisional de agua	UN	1.00	895,251.00	895,251.00
1.2.2	Instalación provisional de energía	UN	1.00	3,094,180.00	3,094,180.00
1.2.3	Instalación provisional de teléfonos	UN	1.00	318,951.00	318,951.00
1.3	DEMOLICIONES				
1.3.1	Demolición construcciones existentes				
	a. Construcciones en mampostería y concreto	UN	1.00	10,068,528.00	10,068,528.00
	b. Retiro aulas provisionales existentes	M2	1,600.00	6,824.00	10,918,400.00
1.4	VARIOS				
1.4.1	Tala de arboles	UN	6.00	48,850.00	293,100.00
1.4.2	Adecuación acceso vehicular	UN	1.00	2,755,550.00	2,755,550.00
2	CIMENTACION				
2.1	EXCAVACIONES, RELLENOS Y REEMPLAZOS				
2.1.1	Excavación mecánica en material común	M3	1,490.00	12,000.00	17,880,000.00
2.1.2	Excavación manual en material común	M3	1,210.00	20,299.00	24,561,790.00
2.1.3	Excavación manual en subbase de recebo	M3	520.00	25,597.00	13,310,440.00
2.1.5	Rellenos en material común	M3	310.00	22,916.00	7,103,960.00
2.1.6	Rellenos en material seleccionado	M3	620.00	14,329.00	8,883,980.00
2.1.7	Subbase en recebo compactado				
	a. Subbase en recebo : máquina (contrapisos)	M3	1,660.00	27,800.00	46,148,000.00
	b. Subbase en recebo : máquina (nivel desagües)	M3	6,750.00	27,800.00	187,650,000.00
	c. Subbase en recebo : manual	M3	750.00	37,000.00	27,750,000.00
2.2	CONCRETOS PARA CIMENTACION				
2.2.1	Concreto pobre para limpieza. Esp = 0.05	M3	88.00	305,946.00	26,923,248.00
2.2.4	Zapatas	M3	135.00	341,461.00	46,097,235.00
2.2.5	Vigas de cimentación	M3	390.00	358,326.00	139,747,140.00
2.2.8	Placas de contrapiso	M2	4,620.00	30,890.00	142,711,800.00
2.3	ACERO DE REFUERZO				
2.3.1	Acero de 34000 PSI	KG	12,900.00	2,027.00	26,148,300.00
2.3.2	Acero de 60000 PSI	KG	73,200.00	2,027.00	148,376,400.00
2.3.3	Mallas electrosoldadas	KG	13,400.00	2,100.00	28,140,000.00
3	DESAGÜES E INSTALACIONES SUBTERRANEAS				
	Ver anexo del asesor	M2	8,970.00		253,028,893.00
4	ESTRUCTURA EN CONCRETO				
CAP	ACTIVIDADES	UN	CANT		
4.1	ELEMENTOS VERTICALES EN CONCRETO				
4.1.1	Columnas : concreto visto	M3	310.00	462,894.00	143,497,140.00
4.1.3	Muros : concreto visto	M3	150.00	440,044.00	66,006,600.00
4.1.5	Antepechos : concreto visto	M3	62.00	440,044.00	27,282,728.00

**LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER**

4.2	ELEMENTOS HORIZONTALES EN CONCRETO				
4.2.1	Vigas aéreas	M3	68.00	483,031.00	32,846,108.00
4.2.2	Vigas canales	M3	51.00	511,306.00	26,076,606.00
4.2.4	Graderías : en concreto afinado	M3	60.00	561,551.00	33,693,060.00
4.3	LOSAS EN CONCRETO				
4.3.1	Losas macizas y vigas laterales :				
	b. Losas macizas de 0.15 y vigas laterales	M2	92.00	86,571.00	7,964,532.00
4.3.2	Losas aligeradas con casetón de lona :				
	a. Losa de 0.30	M2	419.00	79,953.00	33,500,307.00
	b. Losa de 0.45	M2	372.00	82,254.00	30,598,488.00
	c. Losa de 0.50	M2	240.00	88,747.00	21,299,280.00
	d. Losa de 0.60	M2	4,051.00	98,332.00	398,342,932.00
4.4	ELEMENTOS VARIOS EN CONCRETO				
4.4.1	Escaleras : concreto afinado	M3	28.00	561,551.00	15,723,428.00
4.4.2	Rampas : concreto escobeadado	M3	54.00	459,451.00	24,810,354.00
4.4.3	Tanque subterráneo para aguas (Incluye impermeabilización)	M3	45.00	462,016.00	20,790,720.00
4.5	ACERO DE REFUERZO				
4.5.1	Acero de 34000 PSI	KG	25,800.00	2,027.00	52,296,600.00
4.5.2	Acero de 60000 PSI	KG	188,700.00	2,027.00	382,494,900.00
4.5.3	Mallas electrosoldadas	KG	18,100.00	2,100.00	38,010,000.00
4.6	ESTRUCTURA METALICA				
	(Incluye pintura)				
4.6.1	ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
4.6.1.7	Puente metálico	KG	6,100.00	6,550.00	39,955,000.00
4.6.2	ELEMENTOS PARA CUBIERTAS				
	-				
4.6.2.7	Cubierta Polideportivo	KG	15,100.00	6,550.00	98,905,000.00
4.6.2.8	Cubierta edificios	KG	18,900.00	7,000.00	132,300,000.00
4.6.2.9	Cubierta hall 2o piso Polideportivo	KG	1,400.00	7,800.00	10,920,000.00
4.6.2.10	Cubierta acceso 1o piso	KG	380.00	6,550.00	2,489,000.00
4.7	ESTRUCTURA EN MADERA				
4.7.1	PARA CUBIERTAS				
4.7.1.3	Pérgola en madera	M2	126.00	187,201.00	23,587,326.00
5	MAMPOSTERIA				
5.2	MAMPOSTERIA EN ARCILLA				
5.2.2	Muros en ladrillo prensado 0.12	M2	4,490.00	48,200.00	216,418,000.00
5.2.6	Muros divisorios en bloque hueco 0.12	M2	980.00	24,500.00	24,010,000.00
5.3	ELEMENTOS EN MAMPOSTERIA				
5.3.4	Remates en ladrillo de arcilla :				
	a. Hilada 0.12 inicio de muros	ML	1,680.00	10,927.00	18,357,360.00
	b. Hilada 0.12 remate puerta y ventana	ML	466.00	13,327.00	6,210,382.00
5.3.6	Elemento decorativo en baranda aulas (muro, columna, pañete y pintura)	UN	36.00	229,622.00	8,266,392.00
CAP	ACTIVIDADES	UN	CANT		
5.4	ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES				
5.4.3	Dovela en ladrillo prensado	M3	20.00	948,890.00	18,977,800.00
5.4.4	Columna en bloque	M3	11.00	600,074.00	6,600,814.00
5.5	ACERO DE REFUERZO				
5.5.2	Acero de 60000 PSI	KG	3,800.00	2,027.00	7,702,600.00
5.5.4	Grafiles de acero	KG	1,580.00	2,536.00	4,006,880.00
5.6	VARIOS				
5.6.2	Instalación carpintería en lámina (Los capítulos 12 y 13 incluyen su instalación)				
6	PREFABRICADOS Y OTROS				
6.1	ELEMENTOS PREFABRICADOS EN CONCRETO				
6.1.2	Paneles divisorios para cabinas baños	M2	205.00	63,989.00	13,117,745.00
6.2	ELEMENTOS EN CONCRETO FUNDIDOS EN SITIO				
6.2.1	Dinteles en concreto : muros en bloque	ML	60.00	19,272.00	1,156,320.00
6.2.2	Mesones para lavamano y laboratorio :				
	a. Mesones para lavamanos	ML	120.00	42,955.00	5,154,600.00
	b. Mesones para laboratorios	ML	133.00	42,955.00	5,713,015.00
6.2.6	Tapas sobre mampostería	ML	195.00	32,277.00	6,294,015.00
6.2.8	Rebordes en concreto 0.12 x 0.20 y otros	ML	860.00	19,700.00	16,942,000.00
6.2.10	Alfajías en concreto visto	ML	260.00	32,277.00	8,392,020.00

**LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER**

6.4	ACERO DE REFUERZO				
6.4.1	Acero de 34000 PSI	KG	310.00	2,027.00	628,370.00
6.4.2	Acero de 60000 PSI	KG	460.00	2,027.00	932,420.00
6.4.3	Mallas electrosoldadas	KG	1,750.00	2,100.00	3,675,000.00
7	INSTALACION HIDROSANITARIA Y DE GAS				
	Ver anexo del asesor	M2	8,970.00		241,357,826.00
8	INSTALACION ELECTRICA, TELEFÓNICA Y COMUNICACIONES				
	Ver anexo del asesor	M2	8,970.00		437,823,357.00
9	PAÑETES				
9.1	SOBRE MUROS				
9.1.1	Pañete impermeabilizado integralmente	M2	2,026.00	9,095.00	18,426,470.00
9.1.2	Pañetes lisos interiores	M2	1,650.00	8,005.00	13,208,250.00
9.1.3	Pañetes lisos exteriores	M2	430.00	11,093.00	4,769,990.00
10	PISOS				
10.1	BASES PISOS Y AFINADOS				
10.1.2	Alistado pisos para vinisol y alfombra	M2	1,213.00	11,257.00	13,654,741.00
10.1.4	Cemento esmaltado : sobre contrapiso	M2	178.00	11,290.00	2,009,620.00
10.1.5	Cemento endurecido : sobre contrapiso	M2	90.00	15,065.00	1,355,850.00
CAP	ACTIVIDADES	UN	CANT		
10.2	ACABADOS PISOS				
10.2.2	EN ARCILLA Y GRES				
10.2.2.3	Tablón de 30 x 30	M2	2,230.00	36,893.00	82,271,390.00
10.2.3	ADOQUINES				
10.2.3.2	De arcilla	M2	45.00	29,081.00	1,308,645.00
10.2.3.3	Combinado : concreto y arcilla (patio aulas)	M2	448.00	32,071.00	14,367,808.00
10.2.4	GRANITOS Y MARMOLES				
10.2.4.1	Baldosin de granito vibroprensado 30 x 30	M2	4,910.00	46,500.00	228,315,000.00
10.2.5	SINTETICOS				
10.2.5.1	Vinisol de alto tráfico de 3 mm	M2	402.00	26,086.00	10,486,572.00
10.2.6	ALFOMBRAS				
10.2.6.1	Alfombra argollada alto tráfico	M2	747.00	41,481.00	30,986,307.00
10.2.7	EN MADERA				
10.2.7.2	Piso madera laminada	M2	64.00	57,569.00	3,684,416.00
10.2.7.3	Piso en listones de madera	M2	117.00	147,851.00	17,298,567.00
10.2.7.4	Descanso en madera	M2	2.00	147,851.00	295,702.00
10.2.7.5	Pasos en madera	ML	36.00	65,198.00	2,347,128.00
10.3	GUARDAESCOBAS				
10.3.2	GRANITOS Y MARMOLES				
10.3.2.3	Media caña en granito pulido	ML	1,120.00	25,074.00	28,082,880.00
11	CUBIERTAS E IMPERMEABILIZACIONES				
11.1	IMPERMEABILIZACIONES Y AISLAMIENTOS				
11.1.1	Afinado en mortero cubiertas :				
	a. Afinado en mortero de pendiente	M2	1,970.00	14,103.00	27,782,910.00
	b. Afinado vigas canales en mortero	M2	160.00	14,103.00	2,256,480.00
11.1.2	Media caña en mortero de pendiente	ML	1,420.00	4,107.00	5,831,940.00
11.1.3	Manto asfáltico con foil de aluminio	M2	2,590.00	14,144.00	36,632,960.00
11.1.7	Gravilla sobre impermeabilización : 5 cm	M3	9.00	68,616.00	617,544.00
11.2	CUBIERTAS				
11.2.1	CUBIERTAS METALICAS				
11.2.1.1	Cubierta luxalon tipo sandwich	M2	3,020.00	106,000.00	320,120,000.00
11.2.2	ACCESORIOS PARA CUBIERTAS METÁLICAS				
11.2.2.2	Remates superiores	ML	236.00	32,121.00	7,580,556.00
11.2.4	OTRAS CUBIERTAS				
11.2.4.2	Teja policarbonato				
	a. Sobre estructura metálica : sin la estructura	M2	480.00	105,000.00	50,400,000.00
11.2.4.3	Vidrio templado sobre estructura metálica	M2	160.00	170,000.00	27,200,000.00
11.3	ACCESORIOS Y OTROS				
11.3.4	Gárgolas metálicas	UN	36.00	174,561.00	6,284,196.00
11.3.5	Tapas metálicas laterales en cubierta	M2	28.00	63,711.00	1,783,908.00

**LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE
PLANIFICACION LAST PLANNER**

12	CARPINTERIA METALICA				
12.1	CARPINTERIA EN ALUMINIO				
12.1.5	Combinaciones :				
	a. Ventana y puertas de aluminio y vidrio . normal	M2	1,910.00	165,000.00	315,150,000.00
	b. Ventana y puerta de alum y vidrio . templado 6 mm	M2	590.00	220,000.00	129,800,000.00
	d. Persianas en aluminio : cubiertas	M2	211.00	185,000.00	39,035,000.00
	c. Ventanales en aluminio y vidrio (escaleras y rampa)	M2	240.00	195,000.00	46,800,000.00
CAP	ACTIVIDADES	UN	CANT		
12.1.6	Otros elementos :				
12.1.6.3	Cortasol en perfil aluminio 2x6 "	M2	428.00	68,000.00	29,104,000.00
12.1.6.4	Puertas acceso en vidrio templado	M2	102.00	285,000.00	29,070,000.00
12.1.6.5	Puerta ducha : aluminio y acrílico	M2	6.00	80,000.00	480,000.00
12.2	CARPINTERIA EN LAMINA				
12.2.1	MARCOS Y HOJAS PUERTA				
12.2.1.1	Marcos puertas	ML	1,160.00	19,000.00	22,040,000.00
12.2.1.2	Hojas entamboradas sencillas	M2	362.00	170,000.00	61,540,000.00
12.2.1.10	Montante en vidrio	M2	67.00	135,000.00	9,045,000.00
12.2.1.11	Hoja peinazo metálico y malla	M2	14.00	130,046.00	1,820,644.00
12.2.2	BARANDAS Y PASAMANOS				
12.2.2.2	Pasamanos en tubo :				
	a. Pasamanos en 1 tubo	ML	37.00	25,000.00	925,000.00
12.2.2.3	Barandas de comunicación :				
	a. Baranda puentes de comunicación	ML	56.00	116,600.00	6,529,600.00
	b. Baranda de corredores	ML	446.00	116,600.00	52,003,600.00
	c. Baranda de escaleras	ML	86.00	116,600.00	10,027,600.00
12.2.3	REJAS Y REJILLAS				
12.2.3.7	Malla expandida cal 16	M2	292.00	120,000.00	35,040,000.00
12.2.3.8	Reja en ángulo y malla eslabonada	M2	36.00	130,000.00	4,680,000.00
12.2.4	OTROS				
12.2.4.4	Juntas de construcción en lámina galvanizada (Incluye pintura)	ML	46.00	120,000.00	5,520,000.00
12.2.4.6	Tapas tanques de agua	UN	2.00	130,000.00	260,000.00
13	CARPINTERIA DE MADERA				
13.1	MARCOS Y PUERTAS				
13.1.1	Hojas entamboradas lisas	M2	42.00	65,000.00	2,730,000.00
13.1.5	Paneles removibles con aislamiento acústico	M2	64.00	370,000.00	23,680,000.00
13.2	MUEBLES				
13.2.9	Muebles de madera : Biblioteca y Portería	GL	1.00	5,100,000.00	5,100,000.00
13.3	VARIOS				
13.3.3	Puertas levadizas acceso a cancha : manual	UN	10.00	4,400,000.00	44,000,000.00
14	ENCHAPES				
14.1	SOBRE MUROS				
14.1.1	Cerámica de 20 x 20	M2	2,036.00	30,860.00	62,830,960.00
14.2	SOBRE MESONES				
14.2.1	Enchape granito pulido mesones				
	a. Granito pulido – Lavamanos	ML	120.00	60,834.00	7,300,080.00
	b. Granito pulido – Laboratorios	ML	133.00	60,834.00	8,090,922.00
14.3	VARIOS				
14.3.1	Pocetas de aseo en granito pulido	UN	7.00	238,836.00	1,671,852.00
14.3.3	Bordillos duchas en cerámica 20 x 20	ML	6.00	19,167.00	115,002.00
15	ILUMINACION				
	Ver anexo del asesor	M2	8,970.00		158,443,105.00
16	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS				
16.1	APARATOS SANITARIOS				
16.1.1	Sanitario de fluxómetro	UN	69.00	566,705.00	39,102,645.00
16.1.3	Sanitarios de tanque	UN	16.00	216,131.00	3,458,096.00
16.1.4	Sanitario infantil	UN	12.00	191,131.00	2,293,572.00
16.1.6	Lavamanos de colgar	UN	12.00	172,199.00	2,066,388.00
16.1.6.A	Lavamanos redondo acero inoxidable	UN	110.00	267,049.00	29,375,390.00
16.1.7	Orinal mediano y niños	UN	27.00	326,290.00	8,809,830.00
16.1.8.	Lavaplatos acero inoxidable y pocetas	UN	34.00	261,549.00	8,892,666.00
16.1.10	Ducha antivandálica	UN	6.00	200,875.00	1,205,250.00

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

ANEXO 2. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Actividad	Tipo	U.M.	Cantidad	Vr.Unitario	Vr.Total
1 PRELIMINARES					
1.1 OBRAS PRELIMINARES					
1.1.1 Campamento y baños (50 M2)		un			5,130,516.00
BISAGRA COMUN 3''	Ins	un	16.0000	1,021.00	16,336.00
CONCRETO CORR 2500	Ins	M3	7.5000	300,556.00	2,254,170.00
EQUIPO	Ins	GL	50.0000	1.00	50.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	27.7750	1,000.00	27,775.00
LAVAMANOS ACUACER	Ins	UN	2.0000	39,000.00	78,000.00
MADERA ROLLIZA	Ins	ML	194.4400	1,350.00	262,494.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPO	Ins	HC	35.0000	10,850.00	379,750.00
PUNTILLA C/CABEZA 2''	Ins	lb	5.5550	1,624.00	9,021.00
RECEBO PIEDRA BOBA	Ins	M3	9.6000	23,000.00	220,800.00
SANITARIO ACUACER	Ins	UN	2.0000	193,800.00	387,600.00
TEJA ZINC CAL 26 2.15*.81	Ins	UND	49.0000	14,500.00	710,500.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.4500	10,000.00	4,500.00
VARA DE TABLA DE CARACOLI	Ins	UN	28.0000	27,840.00	779,520.00
1.1.2 Cerramiento provisional. H = 2.00		m1			6,794.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0500	1,000.00	50.00
MADERA ROLLIZA	Ins	ML	3.0000	1,350.00	4,050.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPO	Ins	HC	0.0500	10,850.00	543.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.1000	1,400.00	140.00
TELA VERDE	Ins	M2	2.0000	1,000.00	2,000.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00
1.1.3 Limpieza, descapote y retiro de sobrantes		m2			3,000.00
EQUIPO	Ins	GL	2.0000	1.00	2.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0100	1,000.00	10.00
MADERA	Ins	ML	0.0002	4,500.00	1.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPO	Ins	HC	0.1767	10,850.00	1,917.00
RETROEXCAVADORA	Ins	HR	0.0100	36,000.00	360.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	0.0050	140,000.00	700.00
1.1.4 Localización y replanteo		m2			1,280.00
EQUIPO	Ins	GL	20.0000	1.00	20.00
ESMALTE	Ins	GL	0.0010	41,482.00	41.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0100	1,000.00	10.00
MADERA	Ins	ML	0.0050	4,500.00	23.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPO	Ins	HC	0.1084	10,850.00	1,176.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00
1.1.5 Valla información licencia de 2.00 x 1.00		un			484,277.00
CONCRETO CORR 2500	Ins	M3	0.1280	300,556.00	38,471.00
EQUIPO	Ins	GL	#####	1.00	10,000.00
ESMALTE	Ins	GL	1.0000	41,482.00	41,482.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	1.0000	10,000.00	10,000.00
LAMINA GALVANIZADA CAL 20 1.2*2	Ins	UND	1.0000	60,000.00	60,000.00
MADERA	Ins	ML	12.0000	4,500.00	54,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPO	Ins	HC	22.0000	10,850.00	238,700.00
PUNTILLA C/CABEZA 2''	Ins	lb	1.0000	1,624.00	1,624.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	3.0000	10,000.00	30,000.00

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

1.4.2 Adecuación acceso vehicular		un			2,755,550.00
EQUIPO	Ins	GL	#####	1.00	50,000.00
GEOTEXTIL NO TEJIDO 1600	Ins	M2	100.0000	2,200.00	220,000.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	50.0000	1,000.00	50,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPC	Ins	HC	23.0000	10,850.00	249,550.00
RECEBO PIEDRA BOBA	Ins	M3	20.0000	23,000.00	460,000.00
RETROEXCAVADORA	Ins	HR	5.0000	36,000.00	180,000.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	1.0000	10,000.00	10,000.00
VIBROCOMPACTADOR	Ins	HR	31.0000	36,000.00	1,116,000.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	3.0000	140,000.00	420,000.00

2 CIMENTACION

2.1 EXCAVACIONES, RELLENOS Y REMPLAZOS

2.1.1 Excavación mecánica en material común		m3			12,000.00
ACCESORIOS	Ins	GL	0.0015	2,000.00	3.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.5000	1,000.00	500.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPC	Ins	HC	0.0700	10,850.00	760.00
MOTONIVELADORA	Ins	HR	0.0800	40,000.00	3,200.00
RETROEXCAVADORA	Ins	HR	0.0538	36,000.00	1,937.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	0.0400	140,000.00	5,600.00

2.1.2 Excavación manual en material común		m3			20,299.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0090	10,000.00	90.00
MADERA	Ins	ML	0.0200	4,500.00	90.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPC	Ins	HC	0.9500	10,850.00	10,308.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	0.0700	140,000.00	9,800.00

2.1.3 Excavación manual en subbase de recebo		m3			25,597.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0090	10,000.00	90.00
MADERA	Ins	ML	0.0200	4,500.00	90.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPC	Ins	HC	1.4300	10,850.00	15,516.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00	100.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	0.0700	140,000.00	9,800.00

2.1.5 Rellenos en material común		m3			22,916.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0500	10,000.00	500.00
MADERA	Ins	ML	0.0010	4,500.00	5.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPC	Ins	HC	1.0000	10,850.00	10,850.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.7500	10,000.00	7,500.00
VIBROCOMPACTADOR RANA	Ins	DD	0.1000	40,600.00	4,060.00

2.1.6 Rellenos en material seleccionado		m3			14,329.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0100	10,000.00	100.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPC	Ins	HC	0.8000	10,850.00	8,680.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.2300	10,000.00	2,300.00
VIBROCOMPACTADOR RANA	Ins	DD	0.0800	40,600.00	3,248.00

2.1.7 Subbase en recebo compactado					
a. Subbase en recebo : máquina		m3			27,800.00
EQUIPO	Ins	GL	5.0000	1.00	5.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0001	10,000.00	1.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPC	Ins	HC	0.4000	10,850.00	4,340.00
RECEBO PIEDRA BOBA	Ins	M3	0.9388	23,000.00	21,592.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0002	10,000.00	2.00
VIBROCOMPACTADOR	Ins	HR	0.0400	36,000.00	1,440.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	0.0030	140,000.00	420.00

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

Subbase recebo en maquina nivel desagues			M3		27,800.00
EQUIPO	Ins	GL	5.0000	1.00	5.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0001	10,000.00	1.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.4000	10,850.00	4,340.00
RECEBO PIEDRA BOBA	Ins	M3	0.9388	23,000.00	21,592.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0002	10,000.00	2.00
VIBROCOMPACTADOR	Ins	HR	0.0400	36,000.00	1,440.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	0.0030	140,000.00	420.00
c. Subbase en recebo : manual			m3		37,000.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0100	10,000.00	100.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.6913	10,850.00	7,501.00
RECEBO PIEDRA BOBA	Ins	M3	1.0000	23,000.00	23,000.00
VIBROCOMPACTADOR RANA	Ins	DD	0.1000	40,600.00	4,060.00
VOLQUETA 7m3	Ins	DD	0.0167	140,000.00	2,338.00
2.2 CONCRETOS PARA CIMENTACION					
2.2.1 Concreto pobre para limpieza. Esp = 0.05			m3		305,946.00
CONCRETO 2000 PSI	Ins	M3	1.0500	255,465.00	268,238.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	3.1800	1,000.00	3,180.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	3.0900	10,850.00	33,527.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
2.2.4 Zapatas			m3		341,461.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00	279,300.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0070	10,000.00	70.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	5.4000	10,850.00	58,590.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.1000	25,000.00	2,500.00
2.2.5 Vigas de cimentación			m3		358,326.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00	279,300.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.5000	10,000.00	5,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	6.5000	10,850.00	70,525.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.1000	25,000.00	2,500.00
2.2.8 Placas de contrapiso			m2		30,890.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	0.0840	266,000.00	22,344.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.1700	10,000.00	1,700.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.5000	10,850.00	5,425.00
POLISEC	Ins	M2	1.1000	1,200.00	1,320.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00	100.00
2.3 ACERO DE REFUERZO					
2.3.1 Acero de 34000 PSI			kg		2,027.00
ACERO DE REFUERZO GRADO 60	Ins	KG	1.0500	1,740.00	1,827.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.0300	2,600.00	78.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0020	1,000.00	2.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.0100	10,850.00	109.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00
2.3.2 Acero de 60000 PSI			kg		2,027.00
ACERO DE REFUERZO GRADO 60	Ins	KG	1.0500	1,740.00	1,827.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.0300	2,600.00	78.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0020	1,000.00	2.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.0100	10,850.00	109.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

2.3.3 Mallas electrosoldadas		kg		2,100.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.0300	2,600.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0020	1,000.00
MALLA ELECTROSOLDADA	Ins	KG	1.0000	1,900.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.0100	10,850.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00

4 ESTRUCTURA EN CONCRETO

4.1 ELEMENTOS VERTICALES EN CONCRETO

4.1.1 Columnas : concreto visto		m3		462,894.00
ANTISOL	Ins	KG	0.6000	3,155.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00
FORMALETA	Ins	UND	0.5000	120,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	10.0000	10,850.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.5000	1,400.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.5000	25,000.00

4.1.3 Muros : concreto visto		m3		440,044.00
ANTISOL	Ins	KG	0.6000	3,155.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00
FORMALETA	Ins	UND	0.4000	120,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	9.0000	10,850.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.5000	1,400.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.5000	25,000.00

4.1.5 Antepechos: concreto visto		M3		440,044.00
ANTISOL	Ins	KG	0.6000	3,155.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00
FORMALETA	Ins	UND	0.4000	120,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	9.0000	10,850.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.5000	1,400.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.5000	25,000.00

4.2 ELEMENTOS HORIZONTALES EN CONCRETO

4.2.1 Vigas aéreas		m3		483,031.00
ANTISOL	Ins	KG	1.0000	3,155.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.1000	266,000.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00
FORMALETA	Ins	UND	0.3000	120,000.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	1.0000	10,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	11.5000	10,850.00
PUNTILLA	Ins	LB	2.5000	1,400.00
SOPORTES Y DISTANCIADORES	Ins	UND	2.0000	200.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.5000	25,000.00

4.2.2 Vigas canales		M3		511,306.00
ANTISOL	Ins	KG	1.0000	3,155.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.1000	266,000.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00
FORMALETA	Ins	UND	0.4000	120,000.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	1.0000	10,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	13.0000	10,850.00
PUNTILLA	Ins	LB	2.5000	1,400.00
SOPORTES Y DISTANCIADORES	Ins	UND	2.0000	200.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.5000	25,000.00

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

4.2.4 Graderías: concreto afinado		M3			561,551.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00	279,300.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	12.0000	4,800.00	57,600.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	1.0000	10,000.00	10,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	17.0000	10,850.00	184,450.00
PUNTILLA	Ins	LB	3.0000	1,400.00	4,200.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	1.0000	25,000.00	25,000.00
4.3 LOSAS EN CONCRETO					
4.3.1 Losas macizas y vigas laterales					
b. Losas macizas de 0.15 y vigas laterales		m2			86,571.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.7000	2,600.00	1,820.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	0.1500	266,000.00	39,900.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	2.0000	4,800.00	9,600.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0500	10,000.00	500.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	2.5000	10,850.00	27,125.00
PUNTILLA	Ins	LB	2.5000	1,400.00	3,500.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.1250	25,000.00	3,125.00
4.3 Losa aligerada con caseton de lona					
a. Losa aligerada con caseton de lona de 0.30		m2			75,953.00
CASETON PERDIDO	Ins	ML	0.4800	9,800.00	4,704.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	0.1400	266,000.00	37,240.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	1.5000	4,800.00	7,200.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0040	10,000.00	40.00
IZAJE CONCRETO	Ins	M3	0.1400	19,025.00	2,664.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	1.5000	10,850.00	16,275.00
MORTERO 1:3	Ins	M3	0.0300	241,450.00	7,244.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.0250	1,400.00	35.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00	100.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.0180	25,000.00	450.00
b. Losa aligerada con caseton de lona de 0.45		m2			82,254.00
CASETON PERDIDO	Ins	ML	0.5000	9,800.00	4,900.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	0.1500	266,000.00	39,900.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	1.5000	4,800.00	7,200.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0040	10,000.00	40.00
IZAJE CONCRETO	Ins	M3	0.1500	19,025.00	2,854.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	1.8000	10,850.00	19,530.00
MORTERO 1:3	Ins	M3	0.0300	241,450.00	7,244.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.0250	1,400.00	35.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00	100.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.0180	25,000.00	450.00
c. Losa aligerada con caseton de lona de 0.51		m2			88,747.00
CASETON PERDIDO	Ins	ML	0.0570	9,800.00	559.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	0.1700	266,000.00	45,220.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	1.5000	4,800.00	7,200.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0040	10,000.00	40.00
IZAJE CONCRETO	Ins	M3	0.1700	19,025.00	3,234.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	2.2700	10,850.00	24,630.00
MORTERO 1:3	Ins	M3	0.0300	241,450.00	7,244.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.0280	1,400.00	39.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00	100.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.0192	25,000.00	480.00

LEAN CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE PLANIFICACION LAST PLANNER

d. Losa aligerada con caseton de lonade 0.61		m2			98,332.00
CASETON PERDIDO	Ins	ML	0.6000	9,800.00	5,880.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	0.1800	266,000.00	47,880.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	1.5000	4,800.00	7,200.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0040	10,000.00	40.00
IZAJE CONCRETO	Ins	M3	0.1800	19,025.00	3,425.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	2.4000	10,850.00	26,040.00
MORTERO 1:3	Ins	M3	0.0300	241,450.00	7,244.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.0300	1,400.00	42.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0100	10,000.00	100.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.0192	25,000.00	480.00
4.4 ELEMENTOS VARIOS EN CONCRETO					
4.4.1 Escaleras : concreto afinado		m3			561,551.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00	279,300.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	12.0000	4,800.00	57,600.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	1.0000	10,000.00	10,000.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	17.0000	10,850.00	184,450.00
PUNTILLA	Ins	LB	3.0000	1,400.00	4,200.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	1.0000	25,000.00	25,000.00
4.4.2 Rampas : concreto escobeadado		m3			459,451.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.1000	1,798.00	180.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00	279,300.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA	Ins	UND	0.3000	120,000.00	36,000.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0270	10,000.00	270.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	12.0000	10,850.00	130,200.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.5000	25,000.00	12,500.00
4.4.3 Tanque subterráneo para aguas (incluye impermeabilizacion)		m3			462,016.00
ARENA LAVADA DE RIO	Ins	M3	0.1000	30,000.00	3,000.00
CEMENTO GRIS	Ins	KG	32.0000	300.00	9,600.00
CINTA SIKA PVC -15	Ins	ML	1.0000	10,904.00	10,904.00
CONCRETO CORR 3000 3/4 (DE PLANTA)	Ins	M3	1.0500	266,000.00	279,300.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
FORMALETA PLACA	Ins	M2	5.0000	4,800.00	24,000.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	GLB	0.0030	10,000.00	30.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	11.0000	10,850.00	119,350.00
PUNTILLA	Ins	LB	0.7500	1,400.00	1,050.00
SIKA 1 A	Ins	KG	0.3000	3,850.00	1,155.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.1000	10,000.00	1,000.00
TUBERIA ACERO GALVANIZADO DE 1/2	Ins	ML	0.0240	5,270.00	126.00
VIBRADOR ELECTRICO	Ins	HR	0.5000	25,000.00	12,500.00
4.5 ACERO DE REFUERZO					
4.5.1 Acero de 34000 PSI		kg			2,027.00
ACERO DE REFUERZO GRADO 60	Ins	KG	1.0500	1,740.00	1,827.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.0300	2,600.00	78.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0020	1,000.00	2.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.0100	10,850.00	109.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00
4.5.2 Acero de 60000 PSI		kg			2,027.00
ACERO DE REFUERZO GRADO 60	Ins	KG	1.0500	1,740.00	1,827.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.0300	2,600.00	78.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00
HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Ins	DD	0.0020	1,000.00	2.00
MO INC PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y TRANSPORTE	Ins	HC	0.0100	10,850.00	109.00
TRANSPORTE	Ins	GBL	0.0010	10,000.00	10.00
4.5.3 Mallas electrosoldadas		kg			2,100.00
ALAMBRE NEGRO No.18	Ins	KG	0.0300	2,600.00	78.00
EQUIPO	Ins	GL	1.0000	1.00	1.00

ANEXO 5. INSTRUCTIVO DE IMPLEMENTACION DEL LAST PLANNER

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE PLANEACION LAST PLANNER
EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD, EFECTIVIDAD Y
EFICIENCIA
(LEAN CONSTRUCCION)**

ELBERTH DELGADO ORDUZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIRIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL BUCARAMANGA
2007**

TABLA DE CONTENIDO

1 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO DE LA CONSTRUCCION	2
1.1 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR EN OBRA	3
1.1.1 CAPACITACIÓN	3
1.1.2 ESTRATEGIAS DE QUE PROMUEVAN LA IMPLEMENTACIÓN.	5
1.1.3 SECUENCIA DE IMPLEMENTACIÓN	7
1.1.4 CONFORME UN EQUIPO DE TRABAJO	7
1.2 RECOMENDACIONES PARA PLANIFICACION	8
1.2.1 DEFINA LOS REQUISITOS DEL CLIENTE.	8
1.2.2 ESTABLEZCA UN PLAN MAESTRO O UNA PLANEACIÓN A LARGO PLAZO.	8
1.2.3 PLANIFIQUE A MEDIANO PLAZO.	10
1.2.4 REALICE UN INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (ITE)	12
1.2.5 ELABORE UN PLAN DE TRABAJO SEMANAL (PTS)	12
1.2.6 REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN.	14
1.2.7 MEDICIÓN Y CÁLCULO DEL PAC	15

INTRODUCCION

El presente manual abordaremos una breve guía para la implementación del sistema del Ultimo Planificador (Last Planner) como una herramienta para el mejoramiento de la productividad de un proyecto. El sistema del último planificador permitirá reducir la variabilidad en la planificación de la obra, garantizando de esta manera que se puedan hacer proyecciones de recursos como mano de obra, materiales y equipos sin temor a exponerse a pérdidas por el no cumplimiento de lo programado.

Este instructivo busca presentar de manera ágil para el administrador de obra, o el facilitador Last Planner una serie de recomendaciones y una síntesis de pasos para una implementación exitosa sirviendo de guía educativa que pueda ser utilizada en las fases de capacitación y posterior implementación y que sirva de referente de consulta en obra.

1 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO DE LA CONSTRUCCION

Botero enumera siete pasos para la implementación del Last Planner como metodología empleada par implementar mejoramientos en la productividad. Estos pasos son:

1. Sensibilización sobre el nuevo enfoque de producción y las nuevas estrategias de gestión en la construcción, mediante seminarios de difusión sobre el tema a nivel de directivos de empresas de construcción, tratando de captar la atención y su aplicación en las empresas constructoras.
2. Capacitación del personal encargado de la producción en obra a nivel de directores de obra, residentes de obra, los cuales se convertirán en facilitadores de la cultura lean en las obras. Se pretende presentar las herramientas para utilizar en las obras a fin de realizar las mediciones y el seguimiento de los proyectos en ejecución.
3. Identificación y reducción de perdidas, mediante el estudio de distribución de tiempos o mediciones de trabajo, si las circunstancias lo ameritan se pueden utilizar técnicas mas detalladas y costosas como el estudio de métodos.
4. Paralelamente a las mediciones se debe implementar el Last Planner, tendiente a reducir la variabilidad en la programación y aumentar la confiabilidad de la planificación, lo que trae un mejor desempeño en cuanto al cumplimiento de plazos.
5. Poner en practica las recomendaciones para el mejoramiento generadas de los informes presentados semanalmente del estudio de pérdidas y del la causas de no cumplimiento identificadas por el Last Planner.
6. Evaluación de la efectividad del plan de mejoramiento, continuando con las mediciones y la presentación de informes semanales donde puede observarse si lo implementado genera mejoras en el desempeño del proyecto.
7. Construcción de indicadores globales de productividad y conformación de un sistema de referenciación. Estos indicadores permitirán reflejar de manera global los desempeños de la empresa y medir el mejoramiento a nivel general en cuanto a la inversión de recursos y por ende de costos.¹⁷

¹⁷ BOTERO, Luis Fernando. Construcción Sin Pérdidas. Bogota: Legis S.A, 2ª Edición.2006. p 160.

1.1 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR EN OBRA

Para la implementación del sistema del último planificador se sugiere la siguiente metodología:

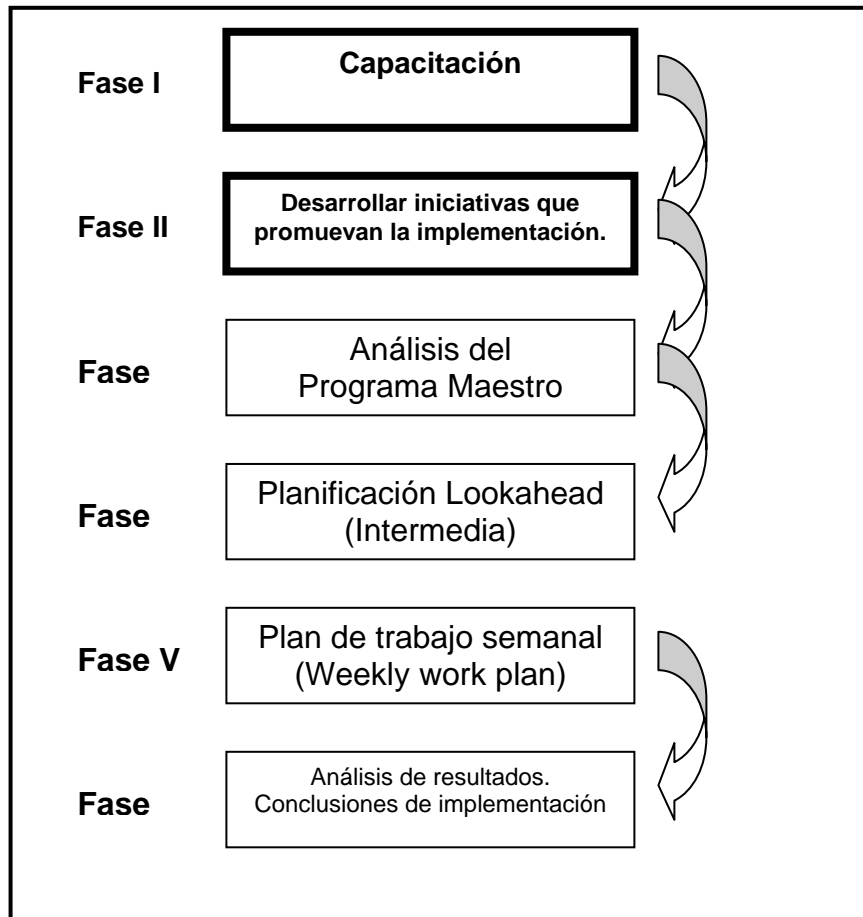


Figura 15. Fases para la implementación del sistema del Último Planificador

1.1.1 CAPACITACIÓN

Uno de los factores críticos en la implementación del sistema del Último Planificador es la capacitación, la cual proporciona los conocimientos necesarios que permiten que el personal de cualquier proyecto realice buenas prácticas. La capacitación es un proceso fundamental para producir un cambio en la visión de los agentes en el proceso. En la tabla 1 se proponen los contenidos a revisar de cada taller o sesión de

entrenamiento y las acciones que deben ser coordinadas por los encargados de la implementación (Entrenadores y miembros de la gerencia).

Investigadores nacionales proponen un plan de 6 a 8 semanas de capacitación en tres talleres en donde se proponen los contenidos de cada sesión, sus tareas y los impactos que puedan provocar en la puesta en práctica.

Taller N°	Contenidos	Tareas	Impactos	Sem N°
N° 1 Duración: (4 hrs.)	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencias entre el foco tradicional y el Last Planner. • Impactos de la variabilidad • Descripción del sistema del Ultimo Planificador • Discusión acerca de barreras. • Medición del PAC¹³. • Importancia de las reuniones semanales • Análisis de las causas de no cumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de reuniones • Consolidación del programa maestro • Medir el PAC • Registrar las causas de no cumplimiento • Seleccionar un indicador de desempeño 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios de visión • Incorporar nuevos actores en el proceso de planificación 	1
N° 2 Duración:(3-4 hrs.)	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la información recogida • Revisión de los conceptos • Discusión de las barreras 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar las tareas iniciales • Inculcar procesos LookAhead 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la variabilidad • Mejor protección de la producción • Mas promesas confiables 	3 a 5

¹³ Recordemos que PAC significa: Porcentaje de actividades completadas. En la literatura existente encontraremos nombres como PPC (Percent Plan Complete)

<p>Nº 3 Duración:(3-4 hrs.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de la reunión de planificación • Análisis de las causas de no cumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Correlacionar la información y los indicadores • Tomar acciones contra las razones de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar las practicas negativas del sistema • Eliminar casi todas las barreras • Comenzar el mejoramiento continuo • Incrementar la productividad 	<p>6 a 8</p>
-------------------------------------	---	--	---	--------------

Tabla 9. Temáticas de capacitación y sus posibles impactos

1.1.2 ESTRATEGIAS DE QUE PROMUEVAN LA IMPLEMENTACIÓN.

La implementación de metodologías “Lean” dentro de la organización, requiere de niveles de compromisos y participación. Para obtener estos compromisos, es fundamental la investigación de los motivos y factores que resultan críticos en la puesta en marcha de estrategias de implementación. Las etapas desarrolladas en esta metodología son las siguientes:

Etapas 1: Identificar un sistema de incentivos, como una estrategia que facilite su implementación.

- Los jefes del proyecto o los líderes de cada especialidad son claves, para generar el compromiso con el fin de quitar de barreras para promover la implementación.
- Es fundamental para los participantes en el proceso tener un conocimiento suficiente de los conceptos “Lean” y el plan de puesta en marcha.
- Debemos definir las funciones de cada participante, sus responsabilidades y niveles de autoridad de los jefes de proyecto y/o profesionales cuya participación sea crítica.

Etapas 2: “Provocar en las empresas un cambio en la forma de ver las cosas”

- La interacción directa entre los involucrados en la producción mediante reuniones periódicas de trabajo en donde se presenten todos los conceptos y experiencias relacionadas con el tema.

Etapas 3: “Diagnóstico dentro de las empresas”

- Básicamente se basa en la identificación y análisis de los factores que pueden afectar la implementación. Una vez identificados deben ser filtrados, pues no todos estos factores pueden contar con el tiempo necesario para su análisis o no son necesariamente críticos (Figura 2).



Figura 16. Algunos factores que pueden afectar la implementación.

- La búsqueda de incentivos para el personal, en la necesidad de motivación para la puesta en práctica, deben ser buscado justamente dentro de la organización. Encuestas a los involucrados pueden ser de mucha utilidad para buscar el incentivo más indicado dentro de los recursos disponibles por la empresa. Algunos de estos incentivos son:
 1. Económicos
 2. Capacitación
 3. Reconocimientos personales
 4. Contratos de trabajo que garanticen estabilidad laboral

Etapa 4: “Análisis de resultados”

- Identificar los incentivos para alcanzar una alta motivación dentro de la organización. Mediante encuestas al personal involucrado, también se pueden obtener estos elementos que pueden ser: el reconocimiento del personal, una efectiva participación, el entrenamiento para mejorar el trabajo en progreso, premios económicos o estabilidad laboral.
- Por otra parte, si bien un compromiso de la gerencia puede ser observado en términos de la participación en el programa de mejoramiento así como la creación de condiciones para la participación del personal en ello, la existencia de una persona que conduzca el proyecto de mejoramiento claramente es fundamental.

- El nivel de información que se maneja en lo que concierne al progreso del proyecto de mejoramiento (conocimientos, dificultades) también tiene una influencia significativa sobre el comportamiento y la actitud de las personas que pertenecen a la organización. La experiencia en empresas chilenas, el 55% de los involucrados se declara inconsciente del progreso del proyecto para la empresa, y además, el 33 % no había recibido ningún tipo de información antes de su puesta en marcha en cuanto al proyecto, metodología y alcance (Alarcón y Seguel. 2002).

Etapa 5: “Cambios y futuras acciones”

- Tomar las acciones de mejoramiento basado en el diagnóstico realizado en las fases anteriores.
- Junto con la activa participación de la gerencia de la empresa y los líderes de implementación, monitorear y controlar las acciones y sus impactos.

1.1.3 SECUENCIA DE IMPLEMENTACIÓN

Se recomienda realizar una secuencia de implementación evolutiva, es decir ir implementando partes del sistema hasta llegar a su implementación total. A continuación se da un ejemplo de una secuencia de implementación (Alarcón 2000):

1. Mes 1 :

- ✚ Formación del trabajo semanal
- ✚ Medición del PAC
- ✚ Análisis de las causa de no cumplimiento y toma de acciones.

2. Mes 2 :

- ✚ Creación del Plan Lookahead
- ✚ Revisión y análisis de restricciones.

3. Mes 3 :

- ✚ Implementar algún indicador de desempeño de procesos que de validez al PAC y medir la variabilidad del indicador.
- ✚ Afinar conceptos de revisión y asignaciones de calidad.

1.1.4 CONFORME UN EQUIPO DE TRABAJO

Se debe conformar un equipo de trabajo para la apoyar la implementación del sistema Last Planner, se debe garantizar que este equipo sea estable pues la alta rotación impedirá la aplicación del sistema. Se recomienda que este comité tenga entre otras funciones las siguientes:

- Coordinar la reunión semanal del sistema.
- Llevar el sistema de información del sistema Last Planner: Actualización de la Planificación Intermedia, ITE y PTS.

- Aplicar las herramientas de control para determinación de perdidas.
- Realizar el análisis y evaluación de la información recolectada.
- Llevar el control del PAC.

Defina conjuntamente con su equipo de trabajo una metodología para evaluar el desempeño de cada uno de los miembros.

1.2 RECOMENDACIONES PARA PLANIFICACION

En el presente manual abordaremos algunas de las recomendaciones para la implementación del sistema dadas por El Lean Construction Institute lanzo a finales del año 2002 un documento titulado A Guide For New Users of the Last Planner System. Nine Steep for Success (Howell, G Macomber).

1.2.1 Defina los requisitos del cliente.

La planificación no es solo el resultado de definir tiempos, recursos, mecanismos de ejecución de una unidad de producción sino el resultado de una gestión integral de estos factores en conjunción con las expectativas del cliente y acuerdos contractuales pactados. Sin duda los proyectos son susceptibles de ser modificados durante su ejecución para lo cual se recomienda que usted defina una agenda que incluya:

- ✚ Herramientas para determinar la satisfacción del cliente.
- ✚ La revisión sistemática de las metas del proyecto (indicadores) para clarificarlas y asignar responsabilidades y autoridades.
- ✚ Cronograma de reuniones con el cliente con el fin de que este se haga responsable y confiable de sus compromisos.
- ✚ Estrategias para determinar el desempeño de la planeación (Indicadores).

1.2.2 Establezca un plan maestro o una planeación a largo plazo.

En el plan general de la obra se deben determinar la secuencia de las actividades, las holguras entre estas, los procesos constructivos a nivel general, curvas de recursos en estrecha relación para satisfacer los requisitos del cliente. En esta etapa la empresa y conjuntamente con sus administradores de obra elaboran y definen:

- a. Cronograma general de la obra.
- b. Curvas de recursos según cronograma.
- c. Flujo de caja.
- d. Sistemas constructivos en detalle(Procedimientos documentados de procesos constructivos donde se especifique en detalle recursos)

En esta fase quines elaboran el plan maestro deben definir los indicadores de desempeño, algunos de los más significativos son:

Por resultados:

Resultados	Parámetros	Unidades
Costo	Desviación del Costo	Costo Real / Costo Presupuestado

MANUAL DE IMPLEMENTACION LAST PLANNER
Elberth Delgado Orduz

Plazo	Desviación del Plazo	Plazo Real / Plazo Presupuestado
Mano de Obra	Eficiencia de la M.O	HH Real / HH Presupuestada
		Costo Real / Costo Presupuestado
Alcance de Obra	Cambio en alcance del Proyecto	Costo de ordenes de Cambio/ Costo Presupuestado
Calidad	No Conformidad	N° de no cumplimientos
		Costo del No cumplimiento / Costo total de la Obra
	Cuadrillas de Remate	Costo de M.O de cuadrilla / Costo M.O Total

Por procesos:

Procesos	Parámetros	Unidades	
Construcción	Productividad Rendimiento	Real vs. Presupuestada	
		HH / ton	\$ / ton
		HH / m3	\$ / m3
		HH / ml	\$ / ml
		Etc.	Etc.
	Trabajo Rehecho	HH trabajo Rehecho / HH totales	
	Pérdida de Materia	% de pérdidas de materiales con respecto al Total Completado	
	Equipos	HM Reales / HM Presupuestadas	
Abastecimiento	Atrasos	N° de pedidos atrasados / N° total de pedidos	
		N° de actividades en espera / N° de actividades en el periodo	
	Conformidad con especificaciones	N° de pedidos con errores / N° total de pedidos	
Planificación	Efectividad de la Planificación	% de actividades Completadas = N° de actividades totalmente Completadas / N° de actividades planificadas	
Gestión	Avance	HH vendidas / HH presupuestadas	
Diseño ingeniería	Cambios de Diseño	N° de cambios / Total de Planos	
	Errores / omisiones	N° de errores / Total de Planos	

Por variables:

Variables	Parámetros	Unidades
Seguridad	Índice de Accidentalidad	(N° de accidentes) x 100 / N° total de trabajadores
	Tasa de Riesgo	(N° Días perdidos) x 100 / Promedio anual de trabajadores

1.2.3 Planifique a mediano plazo.

En directa colaboración con el encargado de la planificación se consulta el plan maestro se seleccionan aquellas actividades que desde la fecha actual y con un horizonte de cuatro semanas deberían hacerse para cumplir con lo declarado en la programación general de la obra. El plan maestro es desglosado en niveles de detalles (WBS) apropiados para la asignación del trabajo semanal, cada actividad es dividida en múltiples asignaciones o tareas y posteriormente cada asignación es sujeta a un análisis de restricciones para determinar *lo que debe ser hecho*, si alguna actividad excede la duración del periodo a programar (4 semanas) no es admitida en el programa.

Entre los asistentes a la reunión se designan responsables de liberar las nuevas restricciones que se han detectado y se discute el estado de las actividades por ejecutar comprendidas dentro de la planificación Lookahead en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación. La planificación intermedia debe llevarse en un sistema de control mediante planillas computarizadas para un manejo más ágil y eficiente, a continuación se muestra tabla sencilla para llevar la planificación intermedia.

Logo empresa		Obra:				
		Periodo de planificación:				
RESTRICCIONES						
Actividad	Diseño	Materiales	de Mano Obra	Equipos	Pre- Requisitos	Responsable
A	Si	No	Si	Si	No	
B	No	Si	Si	Si	Si	
C	Si	No	Si	Si	No	
D	Si	No	No	Si	No	
E	Si	Si	Si	Si	Si	
F	Si	No	Si	Si	No	

Formato 1. Planilla de planificación intermedia.

El análisis de la restricciones: Consiste en identificar aquellas causas que impiden la realización de la tarea como recursos necesarios (mano de obra, material, equipos, permisos o licencias). Es de anotar que una actividad puede presentar varias restricciones, que dependen de varios departamentos o comités por tanto se debe

designar un responsable o responsables para su eliminación o liberación, las restricciones pueden ser:

1. **Diseño:** Requieren consulta a la interventoría o a especialista para definir detalles o especificaciones no muy claras en los diseños o debidas a modificaciones de los diseños originales.
2. **Constructivas:** Es importante en esta fase realizar una carta de proceso o diagrama de flujos para clasificar las actividades que implican flujos y cuales implican conversiones y determinar que porcentaje representan para determinar si hay que rediseñar el proceso buscando disminuir o eliminar los flujos y su incidencia.
3. **Materiales y Equipo:** Definir la cantidad, calidad de los materiales y equipo necesario para la realización de la tarea.
4. **Mano de Obra:** Definir la mano de obra necesaria y su calificación para la ejecución de la tarea.
5. **Laboratorios y Prerrequisitos:** Definir lo referente al proveedor para la realización de ensayos de laboratorio, y coordinar la toma de muestras y la generación de resultados.

Es importante que para la liberación estas restricciones se haga el siguiente proceso:

5. **Revisión:** Para que una actividad pueda ser considerada dentro del horizonte o periodo a planificar debe cumplir lo siguiente: El tiempo de respuesta sea del proveedor, de la interventoría, gerencia de la empresa sea menor al tiempo a programar de lo contrario la actividad no podrá ser admitida en la planificación intermedia, lo cual no implica que se designe un responsable de la gestión para la liberación de esta tarea como parte de la planificación general.
5. **Preparación de las restricciones:**

En esta etapa se toman las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. La preparación es un proceso que tiene 3 pasos:

- **Confirmar el “tiempo de respuesta”:** El remover una restricción de una actividad comienza por determinar quién es el último involucrado en liberar la última restricción faltante de esa actividad y determinar cual es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Lookahead o la tarea no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los *tiempos de respuesta* es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.
- **Arrastrar:** El segundo paso del proceso de preparación es conocido como arrastre, que significa pedirle al proveedor certeza sobre las necesidades para completar con prontitud la actividad que comienza.
- **Apresurar:** Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

La idea fundamental es liberar a la tarea de las restricciones que le impiden ser ejecutada. Hecho esto estamos en condiciones de crear un listado de tareas que tiene alta probabilidad de ser cumplido, el inventario de trabajo ejecutable ITE.

1.2.4 Realice un Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas de la planificación Lookahead que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos que pueden ser ejecutadas.

Dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable puede existir el siguiente tipo de actividad:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador)

Si una actividad del Plan de Trabajo Semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario de Trabajos Ejecutables proveerá otras actividades, con lo que las cuadrillas de producción no quedarán ociosas, o lo que sería peor, no terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad.

1.2.5 Elabore un plan de trabajo semanal (PTS)

La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, supervisores de terreno, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo. Se deben aplicar los siguientes criterios de selección de las asignaciones de trabajo siguiendo los siguientes criterios:

Como mencionamos anteriormente, el Plan de Trabajo Semanal es una selección de tareas que se encuentran dentro del ITE. Escoger que trabajo será ejecutado en la próxima semana desde lo que sabemos puede ser ejecutado (ITE), recibe el nombre de “asignaciones de calidad”. Sólo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el plan de trabajo semanal, lo que protege el flujo de producción de incertidumbres, lo que apunta a crear un flujo confiable de trabajo para la unidad de producción que ejecutará el plan de trabajo semanal.

Los planes de trabajo semanal son efectivos cuando las asignaciones cumplen los cinco criterios de calidad:

6. **Definición:** ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El

trabajo puede coordinarse con otras disciplinas? ¿Es posible afirmar al final de la semana si la asignación ha sido terminada?

7. **Consistencia:** ¿Son todas las asignaciones ejecutables? ¿Entendemos lo que se requiere? ¿Tenemos lo que necesitamos de otros? ¿Tenemos todos los materiales disponibles? ¿Está completo el plan anterior? ¿Están los trabajos pre-requeridos completados? Debemos tener en cuenta además, que algún trabajo que debió estar listo la semana anterior será terminado durante la actual semana, por lo que es necesario coordinarse con otras especialidades que trabajarán en la misma área. No obstante, debemos hacer el esfuerzo de terminar el trabajo en la semana en que se planificó.
8. **Secuencia:** ¿La selección de asignaciones fue hecha en base a la secuencia provista por la red CPM inicial, en orden de prioridad y constructibilidad? ¿Son el resultado de estas asignaciones esperadas por alguien más? ¿Existen asignaciones adicionales consideradas de baja prioridad identificadas en el inventario de trabajos ejecutables, es decir, existen tareas de calidad para suplir a otras en caso de fallar la productividad o de exceder las expectativas?
9. **Tamaño:** ¿Los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal de las unidades de producción antes de comenzar el período de ejecución?
10. **Retroalimentación o aprendizaje:** Para las asignaciones que no son completadas en la semana ¿Existe una identificación de las causas de no cumplimiento y de las acciones correctivas?. Con respecto a las causas de no cumplimiento detectadas la semana anterior se plantean posibles soluciones y se programan las acciones correctivas.

Tomando actividades del ITE, los asistentes a la reunión elaboran una nueva planificación semanal. En esta fase se realiza el balance carga-capacidad para garantizar que las actividades programadas puedan ser cumplidas, es decir no se puede prometer mas de lo que se es capaz de producir, por tanto las cantidades a ejecutar deben estar ajustadas a la capacidad de producción de la mano de obra y del equipo en condiciones normales con disponibilidad de recursos.

Cada ultimo planificador debe presentar para esta reunión su PTS para la semana próxima en este intercambio de información combinado con negociaciones se obtendrán secuencias alternativas en los casos que estén envueltos recursos compartidos. Es decir si existen diversos subcontratistas cada uno deberá presentar un plan de trabajo semanal con base en su capacidad productiva, si el manejo del recurso de mano de obra se hace bajo la figura de administración las actividades se escogen del ITE y se formula el PTS de acuerdo a la capacidad productiva.

Una vez seleccionadas las actividades a incluir en el PTS próximo se asigna un responsable de su ejecución en terreno(en caso de haber subcontratos el responsable será contratista y si es por admón. se delegara a un capataz o se distribuirá la supervisión de la actividad entre el personal administrativo de obra enfatizando la responsabilidad del cumplimiento en el maestro general o en el residente) y finalmente se destaca “el compromiso” que asume cada “ultimo planificador”

haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión y de la cual dependerá el éxito de lo programado.

El coordinador del sistema Last Planner entregara posterior a la reunión la nueva planificación semanal consignada en la planilla PTS. (Formato 2).

1.2.6 Reunión de planificación.

La cronología de las reuniones deberá ser semana a semana y pasará a formar parte fundamental para la implementación del sistema. Es necesario que se deje establecido el día y hora de la reunión en la semana y respetar estos acuerdos como una forma de trabajo permanente. En algunos casos se hacen necesaria una reunión de inspección para controlar el avance de la planificación intermedia y actualizar el ITE, se recomienda que esta sea de una duración máxima de 30 minutos, se debe hacer énfasis en el trabajo de planeación y en los compromisos asumidos por cada ultimo planificador a fin de evitar sobrecargarse con reuniones de control.

Sintetizando una buena reunión de planificación debe contar la participación de:

- √ Administrador de Obra.
- √ Facilitador (implementación del sistema) o Encargado de Planificación.
- √ Jefe de terreno (Ingeniero residente).
- √ Supervisión y capataces.
- √ Representante de la Of. Técnica.
- √ Subcontratistas.
- √ Adquisiciones (Bodeguero).

Durante esta se deben revisar los siguientes ítems:

1. Revisión de la semana anterior

- √ Controlar el cumplimiento de las actividades.
- √ Calcular el PAC.
- √ Determinar las causas de No cumplimiento.
- √ Tomar acciones correctivas para las causas de no cumplimiento.
- √ Definir actividades pendientes.
- √ Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas.

2. Preparación de Programa semanal

- √ Revisar el estado de restricciones del Plan Lookahead anterior.
- √ Definir el nuevo Inventario de trabajo ejecutable.
- √ Contrastar el ITE con el programa propuesto por el último planificador.
- √ Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas (Buffers).

3. Actualización del Plan Lookahead
 - √ Presentación del nuevo plan Lookahead por parte del planificador de la obra.
 - √ Revisar el estado de restricciones del nuevo Plan Lookahead.
 - √ Definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

Los documentos e información que deben traer los asistentes son:

1. Planificador o facilitador de la reunión
 - √ Programa Maestro.
 - √ Plan Lookahead antiguo.
 - √ Plan Lookahead nuevo tentativo.
 - √ Posterior a la reunión entrega el plan Lookahead definitivo a los asistentes.
 - √ Posterior a la reunión entrega el plan Semanal definitivo a los asistentes.
2. ULTIMO PLANIFICADOR
 - √ PAC.
 - √ Causas de no cumplimiento.
 - √ Propuestas de Soluciones a causas de no cumplimiento.
 - √ Información del estado de trabajo.
 - √ Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad.
 - √ Plan de trabajo tentativo.(PTS)

1.2.7 Medición y cálculo del PAC

En la reunión de planificación semanal cada último planificador presentará un informe sobre la ejecución de la actividad que le fue encomendada si se cumplió o no, si se dispone de un sistema de costos se corrobora la informado. Si la actividad fue ejecutada en 100% se calificara con 1 en la planilla de control semanal, de lo contrario se calificara con cero y se procede a calcular el PAC con la siguiente expresión:

$$PAC = \frac{\text{Cantidad de Actividades Terminadas}}{\text{Cantidad de Actividades Planificadas}}$$

Se analiza el cumplimiento de las actividades de la semana, enfatizando sobre su duración, si se hicieron dentro de los plazos establecidos, que dificultades se presentaron. Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.

Finalmente se deben proponer posibles soluciones para las causas de no cumplimiento o se debe adquirir el compromiso de plantearlas para la próxima reunión.

- Informe sobre las restricciones liberadas relacionadas con la programación semanal próxima, en caso de persistir restricciones y se estime no estén liberadas a tiempo se debe excluir esta actividad del Plan de Trabajo Semanal próximo (PTS).
- Se consolida el PTS de la semana próxima con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior. Si se dispone de un sistema computacional ágil se puede entregar al final de la misma reunión el formato PTS.