



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL**

**“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN
'LAST PLANNER' A LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO
HABITACIONAL DE MEDIANA ALTURA”**

Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil.

DANIELA ANDREA DÍAZ MONTECINO

Profesor Guía

Sr. Gregorio Azócar Gajardo.

Miembros de la Comisión

Sr. David Campusano Brown.

Sr. Manuel Córdova Ávila.

Santiago de Chile

Agosto 2007

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: DANIELA DÍAZ MONTECINO
FECHA: 16/08/2007
PROF. GUÍA: Sr. GREGORIO AZÓCAR

“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN ‘LAST PLANNER’ A LA
CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO HABITACIONAL DE MEDIANA ALTURA”

El objetivo principal de esta memoria es evaluar el sistema de planificación “Last Planner”, mediante su implementación en la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. Lo que se busca es detectar sus virtudes para potenciarlas y determinar las falencias que posee este sistema, precisando sus causas y planteando soluciones a ellas.

El sistema “Last Planner” ya ha sido aplicado en varias construcciones tanto en el extranjero como en nuestro país, sin embargo, creo importante evaluar desde un punto de vista más objetivo qué tan eficiente es el sistema, no sólo en sus fundamentos teóricos, sino que también en las dificultades de aplicabilidad que éste pueda tener.

Así, luego de recopilar los antecedentes requeridos, se implementó el sistema en la obra durante 11 semanas. Para ver sus efectos en el proyecto se controlaron las tres principales especialidades de la obra gruesa: colocación de moldaje, armadura y hormigón. Se tomó registro semanal del avance físico y de la productividad de estas tres especialidades. Además, se controló el porcentaje de actividades completadas y las causas de no cumplimiento observadas en la programación semanal.

Pese a que el nivel de implementación alcanzado fue inferior al esperado inicialmente, debido a las dificultades de su aplicación en terreno, los parámetros estudiados mostraron una tendencia positiva. Se logró estabilizar el porcentaje de actividades completadas semanalmente en valores cercanos al 76% y hubo un avance físico mayor al programado, del programa marco, en las tres especialidades.

Finalmente, se concluye que el sistema de planificación “Last Planner” posee aspectos positivos, siendo una buena herramienta para reducir la variabilidad e incertidumbre inherente al sector de la construcción. Sin embargo, la principal falencia del sistema es que presenta dificultades al momento de lograr una adecuada implementación en obra, si no existe una persona diferente a los profesionales de terreno, que se preocupe de liberar las restricciones que limitan la ejecución oportuna de las actividades programadas semanalmente.

DEDICATORIA

*Dedicado con todo el amor del mundo a
mi hija Camila y a mis padres.*

Índice

1.	Introducción.....	- 6 -
1.1.	Aspectos Generales.....	- 6 -
1.2.	Justificación del Tema.....	- 7 -
1.3.	Objetivos de la Investigación.....	- 7 -
1.3.1.	Objetivo General.....	- 7 -
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	- 7 -
1.4.	Metodología de Estudio.....	- 8 -
1.5.	Resultados Esperados.....	- 9 -
2.	Marco Económico de la Construcción en Chile.....	- 10 -
2.1.	Introducción.....	- 10 -
2.2.	Parámetros Relevantes.....	- 11 -
2.3.	Productividad en el Sector de la Construcción.....	- 16 -
3.	Actual Proceso de Planificación y Control de la Construcción.....	- 20 -
3.1.	Introducción.....	- 20 -
3.2.	¿Qué es la Planificación?.....	- 21 -
3.3.	Modelo Tradicional de Planificación.....	- 22 -
3.4.	Modelo Tradicional y Modelo “Lean”.....	- 23 -
3.5.	Comentarios.....	- 27 -
4.	Descripción del sistema de planificación “Último Planificador”.....	- 29 -
4.1.	Introducción.....	- 29 -
4.2.-	Lean Production.....	- 29 -
4.3.	Lean Construction.....	- 32 -
4.4.	Sistema Último Planificador.....	- 34 -
4.4.1.	Programa Maestro.....	- 36 -
4.4.2.	Planificación Intermedia.....	- 36 -
4.4.3.	Inventario de Trabajos Ejecutables (ITE).....	- 40 -
4.4.4.	Planificación Semanal.....	- 40 -
4.5.	Comentarios.....	- 44 -
5.	Implementación del Sistema “Último Planificador”.....	- 46 -
5.1.	Introducción.....	- 46 -
5.2.	Ejemplos Extranjeros.....	- 46 -
5.2.1.	Proyecto Next-Stage.....	- 46 -
5.2.2.	Proyecto One-CCSR.....	- 47 -
5.2.3.	Proyecto del Edificio de Química en Rice University.....	- 47 -
5.2.4.	Experiencia en Colombia.....	- 48 -
5.3.	Experiencias Nacionales.....	- 48 -
5.3.1.	Proyecto de Extensión de la Universidad Diego Portales.....	- 49 -
5.3.2.	Proyecto Edificio de la Marina de Chile.....	- 49 -
5.3.3.	Proyecto Industrial.....	- 49 -
5.4.	Implementación del sistema “Último Planificador”.....	- 51 -
5.4.1.	Metodología de Implementación.....	- 51 -
5.4.2.	Resultados de la Implementación.....	- 54 -

5.5.	Comentarios.....	- 68 -
6.	Comentarios y Oportunidades de Mejoramiento.....	- 70 -
6.1.	Comentario acerca de los Resultados Obtenidos.....	- 70 -
6.1.2.	Comentarios acerca del P.A.C.....	- 72 -
6.1.3.	Curva de Producción.	- 73 -
6.1.4.	Productividad.....	- 75 -
6.1.5.	Oportunidades de Mejoramiento del Sistema.....	- 75 -
6.2.1.	Dentro de Obra Implementada.	- 76 -
6.2.2.	En el sistema “Último Planificador”	- 78 -
7.	Conclusiones Finales.	- 81 -
8.	Bibliografía.....	- 83 -

1. Introducción

1.1. Aspectos Generales.

El sector de la construcción siempre ha sido asociado a un mal desempeño. En general la percepción es que la construcción es un sector poco productivo y de calidad dudosa dada la baja especialización que poseen los trabajadores del sector. Además, los numerosos accidentes que cada cierto tiempo salen a la luz pública y que son provocados por las condiciones inseguras en las que trabajan los obreros crean incertidumbre acerca de las condiciones laborales en las que se desempeñan los trabajadores. Pero sin duda la principal característica de este sector es la gran presión de trabajo que deben soportar todos los trabajadores, incluidas las jefaturas, lo cual provoca que no siempre se den soluciones apropiadas a los problemas que se presentan en terreno principalmente porque se vive el día a día.

Muchos de los problemas antes mencionados se generan debido a una falta de planificación de las obras, ya que los problemas se van solucionando a medida que van apareciendo. Si bien es cierto que hay inconvenientes que aparecen en forma inesperada, muchas de las trabas para ejecutar normalmente una actividad son predecibles. Por ejemplo, es muy común en obra que los materiales necesarios para ejecutar una actividad no se encuentren disponibles en terreno al momento de necesitarlos, lo cual es completamente predecible ya que se puede saber con cierta antelación cuándo se dará inicio a la actividad y qué es lo que necesitamos para poder llevarla a cabo.

Un buen sistema de planificación mejora en gran manera los inconvenientes nombrados anteriormente. Durante mucho tiempo se han aplicado métodos de planificación tradicionales, los cuales sin duda han sido de gran ayuda durante muchas décadas. En ellos está la esencia de la planificación como tal, por lo que no hay nunca que olvidar estos fundamentos. Sin embargo, los grandes cambios que han experimentado los proyectos de construcción han acarreado cambios en los métodos constructivos, lo cual es completamente esperable ya que con el desarrollo de nuevos avances tecnológicos se ha logrado modernizar bastante el sector. Estos cambios han acarreado nacimientos de nuevos métodos de planificación, que tratan de adaptarse de mejor manera a los cambios de la industria. Según mi apreciación nunca es malo mejorar los sistemas aplicados, sin embargo, hay que evitar caer en el error de desechar los principios de la planificación tradicional. Además podemos encontrar un sistema de planificación que en teoría es muy eficaz; pero eso no quiere decir que en la práctica también lo sea. Todas las obras de construcción son de distinta naturaleza, por lo que sólo implementando y adecuando un sistema global podremos ver si los resultados obtenidos en un proyecto en particular son beneficiosos. Además toda implementación de nuevos sistemas tiene su parte difícil ya que cuesta mucho cambiar la forma de enfrentar el trabajo de gente acostumbrada a trabajar de una determinada manera. Es por esto que hay que evaluar los pro y los contra de cada sistema para poder evaluar los resultados netos de la implementación y verificar si es o no tan efectivo como se plantea.

1.2. Justificación del Tema.

Una de las principales falencias que presentan los proyectos de construcción hoy en día es la dificultad que tienen para cumplir los plazos previamente establecidos. La principal causa radica en que los proyectos de construcción son un conjunto de disciplinas interrelacionadas entre sí y lograr un adecuado trabajo en conjunto es complejo. Este es un problema siempre presente en el rubro de la construcción y es por esto que las empresas buscan aplicar distintas metodologías que puedan mejorar este aspecto, destinando muchos recursos en ello. Sin embargo, pese al permanente desarrollo de estas herramientas, aún presentan falencias. Si no fuera así el problema de los plazos estaría solucionado y no sería un dolor de cabeza para las empresas constructoras. De aquí surge la principal motivación de este tema del trabajo de título, que es evaluar la eficiencia de un método de planificación específico, como es el “Last Planner” o “Último Planificador”, planteando posibles mejoras a él con el fin de tener una herramienta más poderosa y adaptada a la realidad de la construcción en nuestro país.

1.3. Objetivos de la Investigación.

1.3.1. Objetivo General.

- Analizar y evaluar el Sistema “Último Planificador” mediante la implementación de éste en una obra de construcción ubicada en la Quinta Región.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Generar una mejora en la planificación del proyecto y, por ende, un mayor nivel de cumplimiento de plazos.
- Detectar las falencias que posee el sistema y proponer mejoras para poder obtener así un sistema más eficiente.
- Aumentar la productividad de las unidades como consecuencia de la estabilización del flujo de trabajo.
- Estabilizar y mejorar el porcentaje de actividades semanales programadas cumplidas.
- Generar un mayor compromiso por parte de los trabajadores hacia la empresa, al verse más involucrados en el proceso de planificación de las actividades.

1.4. Metodología de Estudio

Los pasos que se seguirán para poder desarrollar este trabajo de título son los siguientes.

- Recopilación bibliográfica acerca de las filosofías de producción Lean Production, Lean Construction y del sistema de planificación “Último Planificador” para poder tener una base conceptual adecuada.
- Implementación del sistema “Último Planificador” durante 11 semanas, de las cuales la primera es de introducción al tema para el grupo de trabajo y las 10 restantes implementación y toma de datos. Nos enfocaremos al control de las tres principales especialidades: hormigón, enfierradura y moldajes.
- La manera de medir los efectos de la implementación del Sistema “Último Planificador” sobre estas especialidades será controlando por un lado la productividad de las cuadrillas y, por el otro, el avance físico mediante el método de las Líneas de Balance. Además se medirá el porcentaje de actividades completadas (PAC) semanalmente y se llevará un registro de las causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades planificadas no cumplidas.
- Paralelamente a la implementación se reunirá información económica relevante acerca del sector de la construcción, para poder tener una idea de la situación actual que está viviendo este sector de la economía.
- Finalmente, se analizarán los datos obtenidos y se concluirá acerca de qué tan eficiente es el sistema y qué mejoras se le pueden realizar.

En la figura 1.1 podemos ver un esquema que resume lo anteriormente descrito.

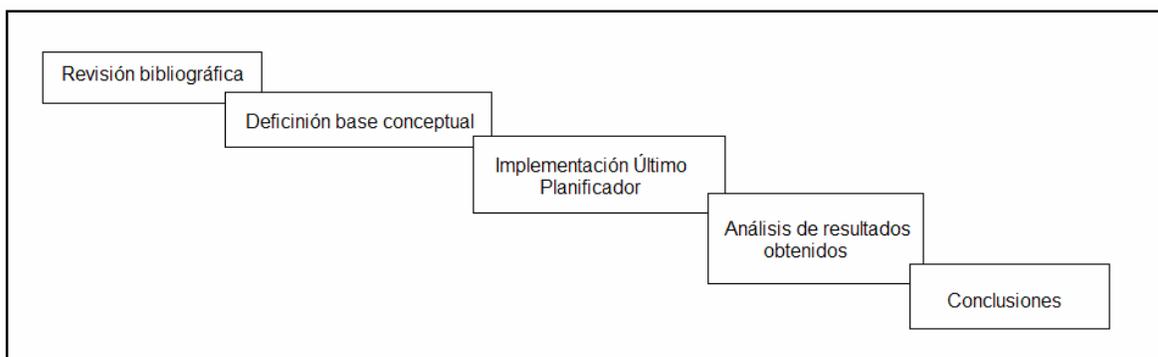


Figura 1.1: Esquema de la Metodología de Estudio

1.5. Resultados Esperados.

Los mínimos resultados que se esperan obtener son los siguientes.

- Corroborar que el sistema de planificación y control “Último Planificador” genera importantes mejoras en el desempeño general del proyecto.
- Obtener una mejora considerable en la planificación de la obra. Indudablemente, si se tiene una mejor planificación, se espera también que los plazos de las actividades y las fechas de los hitos previamente establecidos sufran sólo pequeñas modificaciones con respecto a su fecha originalmente fijada.
- El detectar los aspectos en los cuales el sistema esté más débil nos permitirá sugerir mejoras y obtener una herramienta de trabajo y de planificación más eficaz.
- Generar un flujo de trabajo continuo que acarrea una mayor productividad y porcentaje de actividades programadas completadas.
- Una mejora sustancial del trabajo en equipo y del compromiso en su trabajo observado por parte de los trabajadores.

2. Marco Económico de la Construcción en Chile.

2.1. Introducción.

La economía chilena desde hace ya un par de años que está pasando por un periodo de bonanza. Principalmente, durante este año 2007 se espera una gran inversión en el sector de la construcción, esto debido a que las buenas expectativas económicas han fortalecido al sector inmobiliario. Además, el MOP realizará inversiones en infraestructuras cercanas a los 400 millones de dólares. Todo esto hace un escenario favorable para la economía de nuestro país. El sector de la construcción inyecta muchos recursos a la economía nacional, genera una gran cantidad de empleos lo cual ayuda a disminuir la tasa de desocupación nacional. También mueve el mercado de los insumos, ya que en un proyecto de construcción se requieren equipos y materiales. Sin embargo, la prosperidad económica va de la mano con la estabilidad en el sector de la construcción ya que si no hay prosperidad económica el sector de la construcción se estanca o decae y al revés, si el mercado de la construcción se estanca la prosperidad económica no crece tanto como se podría esperar. Son dos temas que van de la mano y que se benefician mutuamente. Podemos agregar que los vaivenes económicos son el principal causante de la inestabilidad del sector de la construcción, factor que es muy influyente a la hora de decidirse a trabajar en este rubro.

Un punto fundamental para el crecimiento económico de un país es la estabilidad que éste tenga. Un país estable atrae a los inversionistas, que ven en él una fuente segura en donde invertir sus recursos. Lamentablemente, dada la globalización del mundo, el crecimiento de un país no sólo depende de factores internos, sino que también de factores externos. El Banco Central considera todos estos factores y otros más en forma más detallada y establece una proyección de crecimiento para el país en un determinado año. En abril de 2007 el Banco Central proyectó un crecimiento económico de un 5.3% para este año, lo cual es positivo pensando que el año 2006 el crecimiento fue de un 4.3%. Este crecimiento es el producto interno bruto (PIB) del país. En este capítulo explicaremos más acerca de qué es el PIB y qué es lo que se espera para el sector de la construcción. Para ello nos basaremos en lo que dice el Banco Central y en el informe MACH, de Macroeconomía y Construcción.

En general, la finalidad de este capítulo es tener una noción del entorno económico que rodea al mercado de la construcción, para lo cual se analizarán algunos indicadores económicos fundamentales que nos ayudarán a hacernos una idea de cuál es la situación económica actual y, según esto, qué es lo que podemos esperar en un corto y mediano plazo.

2.2. Parámetros Relevantes.

Primero comenzaremos hablando de qué es el producto interno bruto (PIB). Este indicador macroeconómico indica el valor de la producción total de la producción de bienes y servicios de un país durante un periodo que puede ser un trimestre o un año. Sólo se contabilizan los bienes producidos durante el periodo de análisis, es decir, el contador se pone en cero al inicio de cada nuevo periodo de estudio. Como podemos imaginar este valor es de muchos miles de millones de dólares, por lo que para poder tener una noción de cómo ha evolucionado este indicador con números más manejables se toma el valor obtenido y se ve su variación con respecto al año anterior pero con el valor de la moneda en un año base. Este año ha sido 1996 desde hace mucho tiempo; pero desde marzo de 2007 se modificó y se consideró como nuevo año base el 2003.

Para poder comparar los PIB de distintos países en forma equitativa, se calcula el producto interno bruto per cápita, porque intuitivamente un país con más habitantes produce más. Chile el año 2006 tuvo un PIB per cápita de US\$ 8.876 según cifras del Banco Central. Comparándonos con los 5 países que poseen mayor PIB per cápita podemos ver qué tal estamos con respecto a ellos.

País	PIB per cápita [US \$]
Luxemburgo	76.224
Noruega	65.785
Islandia	56.364
Qatar	53.539
Irlanda	49.533
Chile	8.876

Figura 2.1. Cuadro Comparativo de Valores del PIB per cápita.

Fuente: Banco Central de Chile.

Como podemos ver en la figura 2.1. Chile está muy lejos de los países que poseen mayor PIB per cápita. Esto nos corrobora que somos un país en vías de desarrollo y que nos queda mucho camino por recorrer aún para llegar a esos niveles de crecimiento.

Pero ¿cómo ha evolucionado el producto interno bruto a lo largo de los años en nuestro país? Nuevamente nos basaremos en estadísticas entregadas por el Banco Central para graficar la tendencia que ha seguido este indicador. Graficaremos desde el año 2003 utilizando como base ese mismo año.

Año	PIB [en millones de 2003]	Variación [%]
2003	51.156.415	-----
2004	54.217.377	6,0
2005	57.315.532	5,7
2006	59.588.817	4,0

Figura 2.2. Tendencia del PIB entre los Años 2003 y 2006.

Fuente: Banco Central de Chile.

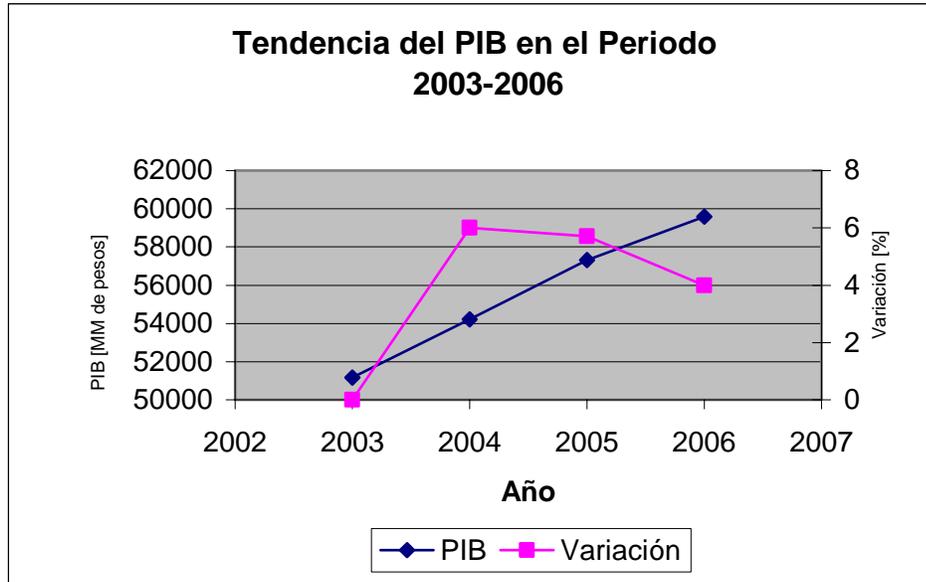


Figura 2.3. Gráfico de Tendencia del PIB.

Fuente: Banco Central de Chile.

El PIB se encuentra en miles de millones de pesos de 2003. Como podemos observar el PIB ha ido en ascenso en los últimos años, y según el Banco Central esta tendencia continuará. De hecho, en abril proyectó una variación de un 5.3% para el PIB del presente año.

Para calcular el PIB se considera el aporte de todos los sectores de la economía nacional. En el informe de Macroeconomía y Construcción (MACH) de la Cámara Chilena de la construcción se hace un recuento trimestral de la evolución de los indicadores relevantes para el sector económico y en especial para el sector de la construcción. Basándonos en el MACH 19, que abarca el primer trimestre del año 2007, haremos un recuento de cómo ha evolucionado el sector de la construcción y qué expectativas se esperan al respecto.

Hay una diferencia entre el PIB del año 2006 presentado por el Banco Central y el citado en el informe MACH. Como ya mostramos en la figura 2.2 el Banco Central estimó un PIB de 4.0% para el año 2006, y el MACH coloca un PIB del 4.3%. Independiente de los motivos de esta diferencia, lo importante que yo quiero destacar es que en el informe MACH explican un desglose del PIB según tipo de actividad. En la figura 2.4. podemos ver el PIB sectorial desde el año 2003 al 2006 y el porcentaje de aporte de cada sector al PIB del año 2006. Según la tabla, el año 2006 el sector de la construcción aportó un 0.4% al total de 4.3% de crecimiento. En otras palabras, 0.4% de los 4.3% de crecimiento se deben al sector construcción.

CRECIMIENTO DEL PIB POR SECTORES ECONÓMICOS								
VARIACIÓN (%) EN 12 MESES								
Sector	2003	2004	2005	2006 I trim.	2006 II trim.	2006 III trim.	2006 IV trim.	Aporte (%) IV-Trim 2006 (a)
Agropecuario-silvícola	6,0	7,6	8,2	4,3	6,9	1,0	9,6	0,3
Pesca	-7,1	19,1	-0,9	3,1	-2,3	-5,2	-4,5	-0,1
Minería	5,5	5,0	-1,5	0,1	3,7	-3,4	0,0	0,0
Industria manufacturera	3,3	7,2	6,4	7,5	0,6	-0,7	2,9	0,6
Electricidad, gas y agua	4,3	3,7	5,2	6,4	12,0	4,3	7,0	0,2
Construcción	4,3	3,2	10,8	4,4	4,1	2,2	5,0	0,4
Comercio, restaurantes y hoteles	4,9	6,7	8,1	5,9	5,8	5,4	3,8	0,5
Transporte	6,1	4,7	5,1	5,3	4,3	3,1	6,2	0,5
Telecomunicaciones	5,4	8,6	10,2	11,4	8,5	9,1	10,7	0,3
Servicios Financieros	3,2	8,5	7,7	5,4	4,4	4,4	4,4	0,8
Propiedad de Vivienda	2,1	2,6	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	0,2
Servicios Personales	2,8	3,4	2,9	3,5	2,9	2,9	2,8	0,4
Administración Pública	2,0	2,2	3,6	3,3	3,5	3,6	3,6	0,2
PIB	3,9	6,0	5,7	5,0	4,0	2,6	4,3	4,3

Figura 2.4. Crecimiento del PIB por Sectores Económicos.

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

Otro gran aporte del sector a la economía lo realiza en la mano de obra. El sector de la construcción se basa en el trabajo realizado por el hombre, lo cual genera una gran cantidad de puestos de trabajo. En la actualidad según cifras entregadas por el Instituto Nacional de Estadísticas el número de trabajadores pertenecientes al rubro de la construcción son alrededor de 550.000, de un total de 6.471.281 personas, según el estudio de su última publicación del trimestre febrero-abril de 2007. Esto equivale a un 8.5% del total de la fuerza laboral nacional.

A continuación veremos cómo ha evolucionado la tasa de desempleo mensualmente desde abril del año 2005 hasta el mismo mes del presente año según estadísticas del Banco Central.

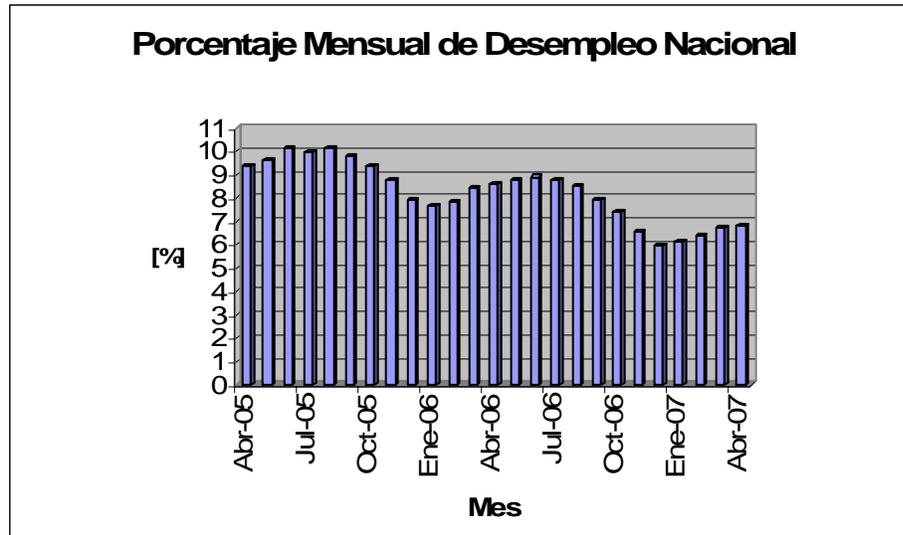


Figura 2.5. Tasa de Desempleo Nacional.

Fuente: Banco Central de Chile.

Como observamos en la figura 2.5. el desempleo nacional medido en el mes de abril de 2007 fue de un 6.8%. Se ve claramente que hay ciclos que tienden a la baja del desempleo en los meses de verano y que tienden a subir en los meses de invierno; pero por otro lado, cada vez los “peak” de desempleos son más bajos. Como se espera que la actividad del país siga progresando, el desempleo debería estabilizarse dentro de sus actuales niveles. En el sector de la construcción, el porcentaje de cesantía es de un 9% el cual se ha mantenido constante desde noviembre de 2006. Según el informe MACH, en el último trimestre diciembre-febrero 2007 se han creado 134.000 nuevos puestos laborales en comparación a la misma fecha del año 2006 y de los cuales 27.500 han sido generados por el sector de la construcción. Esto equivale a un 20.5% del total de los puestos generados.

CRECIMIENTO DEL EMPLEO EN LOS SECTORES ECONÓMICOS			
DICIEMBRE-FEBRERO 2007			
Rama	En 12 meses		Con trim. anterior
	Porcentaje	Plazas (miles)	Porcentaje
Agricultura, caza y pesca	-6,4	-57,5	-0,4
Minas y canteras	-9,6	-9,2	1,7
Industria manufacturera	0,8	6,9	-0,6
Electricidad, gas y agua	36,4	9,3	-11,4
Construcción	5,3	27,5	1,4
Comercio	4,2	51,7	1,0
Transporte, almacenaje y comunicaciones	6,6	33,6	3,6
Servicios financieros	-1,1	-6,3	-0,4
Servicios comunales, sociales, personales	4,7	79,2	-0,2
Total	2,1	134,0	0,3

Figura 2.6. Empleos Generados por Sectores Económicos.

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

Otra forma de medir la actividad del sector de la construcción es viendo el número de permisos de edificación aprobados anualmente, lo cual es presentado en la figura 2.7. Un dato importante es que los datos son cifras definitivas para el año 2005 y provisionales para el 2006. Por lo tanto, la variación en la que nos debemos fijar es en la de la columna (2), ya que la columna (1) representa cifras provisionales de ambos años. Como podemos ver se ha tenido un aumento en los permisos de edificación de un 7.8%, lo cual es muy bueno ya que más permisos de edificación representan más construcciones que se ejecutarán, lo cual genera un mayor movimiento en el sector de la construcción. Además notamos que entre los años 2005 y 2006 existió una fuerte baja en la construcción de edificios destinados a servicios y, por el contrario, un aumento en los destinados a vivienda.

Del total de metros cuadrados aprobados, el 68% corresponde a vivienda y el 32% a otros fines. Pero no todo es tan bueno, según cifras provisorias entregadas por el INE durante los dos primeros meses del año 2007 se ha aprobado la construcción de 15.799 viviendas, una cantidad considerablemente menor a las 24.264 viviendas aprobadas en igual bimestre del año anterior. Es decir, se ha aprobado la construcción de un 35% menos de viviendas. Sin embargo, no hay que apresurarse en sacar conclusiones, se debe esperar un mayor tiempo para ver la tendencia que siguen durante este año los permisos de edificación ya que se espera un escenario más promisorio de inversión en viviendas.

PERMISOS DE EDIFICACIÓN APROBADOS ANUALMENTE					
Destino de la edificación	Unidad	Edificación anual		% variación anual	
		2005 ^a	2006 ^b	(1)	(2)
Viviendas	Miles	147,7	154,3	5,7	4,4
Superficie viviendas	Miles m ²	9.293,6	10.323,9	12,4	11,1
Ind., com. y est. fin.	Miles m ²	2.667,7	2.867,6	11,2	7,5
Servicios	Miles m ²	2.076,5	1.946,8	-5,8	-6,2
Total edif. no habitacional	Miles m ²	4.744,2	4.814,4	3,7	1,5
Total edificación	Miles m²	14.037,8	15.138,3	9,5	7,8

Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas del INE.
a. Cifras definitivas.
b. Cifras Provisionales.
(1) Variación entre cifras provisionales de 2006 y 2005.
(2) Variación entre cifras provisionales de 2006 y definitivas de 2005.

Figura 2.7. Permisos de Edificación Aprobados Anualmente a Nivel Nacional.

Fuente: INE y Cámara Chilena de la Construcción.

El presente año el gobierno ha comenzado con el proyecto “Chile Invierte”, el cual busca tal como su nombre lo indica estimular la inversión en el país. Sin embargo, los efectos se verán más el año 2008 que el 2007; pero pese a todo, el aumento en la inversión para el sector construcción presupuestada para el año 2007 supera en un 9% al presupuesto del año 2006. Si consideramos todos los puntos anteriores, podemos suponer que dado un mayor PIB proyectado, una disminución en la tasa de desempleo y pese a la disminución de permisos de edificación con respecto al año pasado en esta misma fecha esperamos un mejor comportamiento del sector económico de la construcción que será favorable para todo el país.

2.3. Productividad en el Sector de la Construcción.

La productividad es una medida del uso de los recursos destinados a una actividad. Es una relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Esto es, una productividad mayor implica una mayor producción utilizando la misma cantidad de recursos.

La productividad también se puede medir en función de cómo los trabajadores distribuyen su tiempo. Alrededor del año 1986 en Chile comenzaron a realizarse estudios acerca de este tema, uno de los cuales fue dado a conocer en una publicación llamada “Estudios de los Tiempos Improductivos en las Obras de Construcción” realizada por un grupo de ingenieros de la Universidad Católica de Chile y publicada el año 1989. Según el criterio de los autores, los trabajadores pueden realizar tres tipos de actividades: productivas, no productivas y contributorias. En capítulos posteriores ahondaremos más en este tema; pero para tener una idea las actividades productivas son aquellas que aportan en forma directa a la producción, las no productivas las que no lo hacen y las contributorias son el trabajo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo en términos de apoyo a la producción. En el estudio se abarcó el periodo comprendido entre los años 1987 y 1989, en donde se indicaba que en las obras de la Región Metropolitana el trabajo no productivo era en promedio de un 24%. Es imposible pensar en que los trabajadores distribuirán su tiempo sólo en actividades productivas, incluso se determinó que el trabajador es más productivo si se le permite descansar alrededor de un 15% de lo que dura su jornada laboral.

Formalmente, en Chile el índice de productividad se mide como un cociente entre el valor interno bruto de la actividad y el número de empleados del sector en estudio. Este valor es calculado por el Centro Nacional de Productividad y Calidad (C.N.P.C.). Lamentablemente, no hay estudios recientes acerca de este tema. Los más recientes abarcan un periodo entre el 1986 y 1999, los cuales presentaremos a continuación en la figura 2.8.

Año	Agricultura, pesca	Minería	Industria	Electricidad, gas y agua	Construcción	Comercio, restaurantes y hoteles	Transporte y comunicaciones	Servicios financieros	Servicios personales
1986	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1987	103,4	96,0	92,9	93,7	91,1	105,4	103,5	98,4	107,4
1988	109,7	101,5	90,2	106,8	76,0	105,3	100,9	100,3	112,1
1989	116,1	94,9	88,9	98,3	74,0	115,2	104,4	106,7	113,0
1990	125,1	90,6	88,0	99,9	83,0	117,7	108,9	102,1	111,9
1991	127,3	107,2	90,8	119,8	76,3	127,5	118,2	106,6	115,6
1992	140,1	118,0	96,0	148,0	78,2	140,4	131,3	113,5	117,7
1993	147,2	120,9	97,0	135,7	81,6	137,6	129,2	104,0	118,6
1994	162,9	127,0	101,6	125,4	85,9	141,0	131,1	97,7	120,8
1995	178,1	136,9	109,4	139,9	91,9	160,9	145,3	102,1	120,3
1996	186,9	153,3	111,6	111,0	96,6	177,3	160,0	100,4	129,4
1997	192,9	168,1	115,6	131,9	93,5	188,4	173,3	104,9	122,8
1998	203,1	190,5	116,2	148,9	89,1	190,3	178,7	104,6	123,9
1999	206,4	251,7	127,6	158,0	100,5	179,8	190,7	100,8	118,0

Figura 2.8. Índice de Productividad por Sector Económico en Base al Año 1986.

Fuente: Centro Nacional de Productividad y Calidad.

Según esta figura, podemos ver que el índice de productividad del año 1999 experimentó un 0.5% de crecimiento con respecto al año 1986, posicionándose como el sector de la economía con menor crecimiento de este índice. Si graficamos las tasas de crecimiento del índice con respecto a su año base, obtendremos un gráfico como el indicado en la figura 2.9.

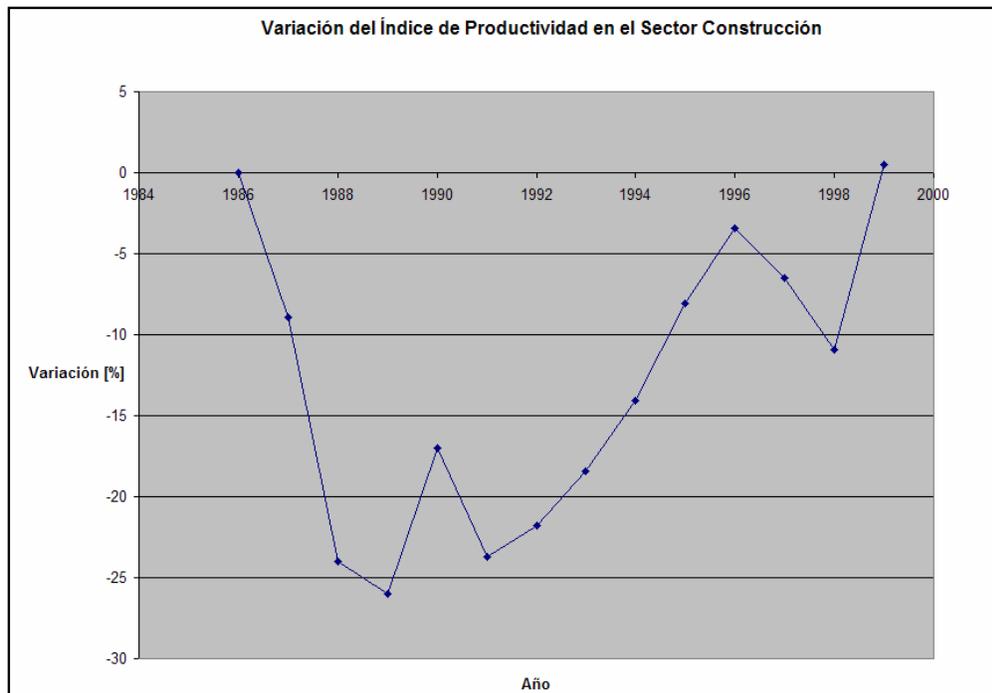


Figura 2.9. Variación del Índice de Productividad en el Sector Construcción

Claramente el hecho que se haya experimentado un incremento sólo en un 0.5% es algo malo para el sector. Esto no concuerda ya que en teoría mientras más tecnología utilizemos debiésemos tener una mayor productividad y, sin duda alguna, si comparamos los métodos de construcción y los equipos utilizados en 1999 y 1986 podremos ver que existe una gran evolución. Por lo visto no se cumplió la teoría. Han surgido distintas opiniones justificando los resultados obtenidos. La Cámara Chilena de la Construcción planteó que sería bueno dividir el índice no por la cantidad de trabajadores del sector, sino que por las horas trabajadas en la actividad. Esto no cambia la tendencia; pero sí los valores del indicador. Sin embargo, no vale mucho la pena hablar de las causas de esto ya que estamos refiriéndonos al año 1999

Por otro lado está el S.P.G., que significa Sistemas de Productividad y Gestión, que es una empresa dependiente del DICTUC. Ellos también están enfocados en este tema y han medido productividad en obras. Lamentablemente, los datos más recientes datan de 2001. Los datos tomados se contrastarán con los resultados de productividad obtenidos por el trabajo realizado por los ingenieros de la U.C. (“Estudios de los Tiempos Improductivos en las Obras de Construcción”) y a su vez los contrastaremos con datos que posee en un estudio de promedio de productividad nacional de Estados Unidos. En la figura 2.10. vemos una comparación y evolución que ha presentado la distribución de los tipos de trabajos en obra a nivel nacional e internacional.

TRABAJO	1989		2001
	E.E.U.U.	CHILE	CHILE
Productivo	60%	38%	54%
Contributorio	25%	38%	25%
No Productivo	15%	24%	21%

Figura 2.10. Comparación de Distribución del Trabajo Internacionalmente.

Fuente: Sistemas de Productividad y Gestión S.A.

A nivel global, podemos ver la evolución que ha presentado la distribución de los tiempos de trabajo en obra comparando los datos del año 2000 con los del año 1992.

TRABAJO	1992	2000	Evolución
Productivo	38%	54%	42%
Contributorio	36%	25%	-31%
No Productivo	26%	21%	-19%

Figura 2.11. Promedios Nacionales Globales de Productividad.

Fuente: Sistemas de Productividad y Gestión S.A.

Comparando ambos valores vemos un aumento de los porcentajes de trabajos productivos y una disminución de los contributorios y no productivos. Deberíamos esperar que mediante la implementación de mejoras al sistema de producción esto sea una tendencia permanente; pero un paso fundamental para realizar mejoras al sistema es la identificación de los orígenes de los trabajos que no agregan valor a nuestro producto, los cuales generalmente corresponden a una falta de planificación a corto plazo. Para esto hay que tener la disposición a medir la productividad de nuestra obra, detectar las causas que provocan baja productividad y proponer medidas que mejoren la situación.

En Chile el tema de la productividad ha sido tratado también por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (C.D.T.) que desde el año 2003 ha implementado el sistema CALIBRE. Sin embargo, ellos agregan un cuarto tipo de actividad: las detenciones autorizadas que son tiempos en que los trabajadores toman un descanso, desarrollan trabajos de seguridad, o razones climáticas como lluvia o clima riguroso impiden su trabajo, entre otras. Según un artículo publicado en septiembre de 2004 en la revista BIT, durante los primeros 18 meses de implementación del sistema CALIBRE la C.D.T. ya había medido más de 90.000 HH y había tomado más de 200.000 registros correspondientes a una treintena de obras ejecutadas por 15 constructoras nacionales. En las figuras 2.12 y 2.13 podemos ver un resumen de los resultados obtenidos por CALIBRE durante sus primeros 18 meses de implementación.



Figura 2.12. Distribución de los Tipos de Trabajos en Construcción.
Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico.

Tipo de actividad	Hormigonado	Moldajes	Enfierradura
No agrega valor	34%	28%	19%
Agrega valor	48%	52%	70%
Soporte	14%	15%	10%
Detención Autorizada	4%	5%	1%
TOTAL	100%	100%	100%

Figura 2.13. Distribución de Trabajos en Edificaciones en Altura
Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico.

Si comparamos las cifras de las figuras 2.12 y 2.13 vemos que el porcentaje de productividad se ha mantenido con respecto al año 2000; pero de estas cifras podemos ver que el trabajo productivo se ha mantenido y ha aumentado el trabajo no productivo. El trabajo contributorio ha disminuido, sin embargo, no podemos comparar directamente estas cifras ya que no sabemos cómo consideraron en la S.P.G. los tiempos de detención autorizada medidos por la C.D.T.. Por otro lado, en la figura 2.13 vemos las partidas más importantes en la obra gruesa de una edificación en altura. La especialidad de enfierradura es la más productiva, lo cual se puede deber a que en general son subcontratos de especialidad. Un mayor espacio al mejoramiento se puede ver en el hormigonado, lo cual se puede deber a que en esta especialidad hay muchos tiempos muertos ya que se hormigona sólo en ciertos momentos del día. El resto del tiempo los trabajadores quedan ociosos si es que no hay una adecuada planificación, control y distribución de tareas para los trabajadores por parte de los jefes.

La productividad no solo entrega un análisis de las características del tiempo perdido, sino que además dice en qué se pierde el tiempo para así poder evaluar las medidas correctivas que se puedan aplicar. Uno de los alcances de este trabajo de título es medir la productividad en terreno y ver su evolución luego de la implementación del sistema “Último Planificador”. En teoría la productividad debería mejorar al lograr estabilizar el flujo de trabajo y la idea es verificar si esto efectivamente se cumple.

3. Actual Proceso de Planificación y Control de la Construcción.

3.1. Introducción.

La planificación es inherente al ser humano. La mayoría de los actos tienen por lo menos un mínimo de planificación, incluso los más cotidianos. En general se suele confundir el término planificación con programación y la verdad es que no son lo mismo: al hablar de programación sólo me estoy refiriendo a una parte de lo que significa planificar. Por ejemplo, si yo quiero ir de camping mañana, primero debo escoger un lugar dónde ir y estudiar los aspectos importantes como son las condiciones climáticas pronosticadas, la distancia a recorrer, ver si hay algún negocio cerca, revisar las características del entorno, etc. Luego debo determinar un orden de realización de cada actividad viendo cómo y a qué hora las realizaré, es decir, estimo una hora de salida desde mi hogar, calculo los gastos que tendré, a qué hora almorzaré, cuánto rato estaré en la piscina, a qué hora regresaré, etc. Finalmente, durante el día de camping comparo lo que realmente estoy haciendo versus lo que tenía programado hacer, para detectar oportunamente si olvidé alguna actividad y alcanzar a realizarla. En este proceso se ven tres etapas: la primera es la etapa de planeamiento general de mi salida que ve aspectos no tan detallados; la segunda va más al detalle y establece horas y duraciones aproximadas de cada componente del paseo; la tercera controla que lo que efectivamente hago en mi paseo sea similar a lo que programé. El conjunto de estas tres etapas es lo que se denomina planificación. La programación sólo es la segunda etapa mencionada.

El ejemplo mencionado en el párrafo anterior, obviamente en forma simplificada, nos muestra las tres etapas de la planificación. Ahora nos podemos preguntar: si en este básico ejemplo se hace necesaria la planificación ¿cómo no va a ser vital en un proyecto mucho más grande y que esté inserto en un medio mucho más incierto, como por ejemplo, una obra de construcción? Sería imposible pensar que un proyecto de construcción se desarrolle sin una planificación previa, ya que es necesario establecer un plan de materialización del proyecto al igual que sus directrices y metas. Entre otras cosas, también se debe determinar cuál es la utilización más eficiente de los recursos asignados al proyecto, enfrentar adecuadamente la incertidumbre presente en el sector de la construcción, asignar en forma adecuada las responsabilidades y realizar un seguimiento adecuado a las actividades para poder tomar acciones correctivas a tiempo.

Sea cual sea el sistema de planificación escogido, lo importante es planificar para poder enfrentar de mejor manera el proceso de materialización del proyecto. Si bien hay gente que lo considera una pérdida de tiempo, justificando que dada la incertidumbre reinante en la industria de la construcción nunca se cumplirán las planificaciones y habrá que estar actualizando permanentemente el programa, hay que recordar que el diagrama de barras inicial es un conjunto de actividades que se pretenden ejecutar en las fechas allí estipuladas y no corresponde a lo que realizaré en el terreno. Nunca un proyecto se desarrolla exactamente igual a como lo dice el diagrama de barras; pero pese a esto, la planificación inicial es fundamental en un proyecto. De la correcta planificación y por supuesto de las acciones correctivas que se tomen a tiempo depende el éxito del proyecto.

Es por esto que en este capítulo se habla de las características principales del método de planificación tradicional utilizado en la construcción y se compara con la filosofía Lean. Podremos así ver las diferencias principales entre ambos métodos y comentar qué es lo que se espera de cada uno de ellos.

3.2. ¿Qué es la Planificación?

Antes de hablar acerca del modelo tradicional de planificación utilizado en la construcción hay que aclarar una pregunta básica: ¿Qué es la planificación? Hay varias definiciones de lo que es planificación; pero que en su globalidad apuntan a lo mismo. Por ejemplo, según la American Management Association la planificación consiste en “determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué”. Según esta definición vemos que la planificación abarca muchos aspectos y sería bueno desglosarlos para establecer de mejor manera los objetivos y las partes de la planificación.

Para explicar el proceso de planificación nos basaremos en el texto “Planificación de Obras” del profesor Gregorio Azócar. Según esta publicación, la planificación “es un instrumento que tiene como objeto permitir tomar decisiones racionales y oportunas en base a hechos y posibles repercusiones que las decisiones tomadas puedan acarrear”.

La planificación consta de tres fases: planeamiento, programación y control. En la figura 3.1 podemos ver esquemáticamente en qué consiste la planificación de una obra.

El proceso del **planeamiento** es una primera subdivisión del proyecto y busca determinar los alcances de éste. Acá se busca conocer en la forma más precisa posible las condiciones generales en las cuales se va a desarrollar la construcción de la obra para establecer en forma clara las metas y las directrices que orientarán nuestra planificación (estudio). Luego hay que establecer con la mayor precisión posible una subdivisión de la obra en actividades e hitos para poder establecer un plan de trabajo (análisis). Finalmente, hay que determinar las relaciones existentes entre las actividades para poder establecer relaciones de orden estricto entre ellas (ordenamiento).

La **programación** es una etapa que está dirigida a evaluar los planes de trabajo escogidos determinando el tiempo total que podría demorar la obra, el costo de ella y los recursos que serían necesarios utilizar para cumplir con las metas señaladas.

Finalmente, se debe realizar un seguimiento de la ejecución del proyecto de modo de contar en forma oportuna con información sobre lo que realmente está pasando en el proyecto. Entonces en la etapa de **control** se comparan los datos obtenidos con el programa marco y se toman las acciones para corregir las diferencias que se hayan producido. Esto puede darnos un diagnóstico de lo que puede ser el futuro de nuestro proceso de construcción. Las decisiones correctivas que se tomen modificarán necesariamente el programa, lo que generará un proceso de actualización que dará como resultado el programa vigente.

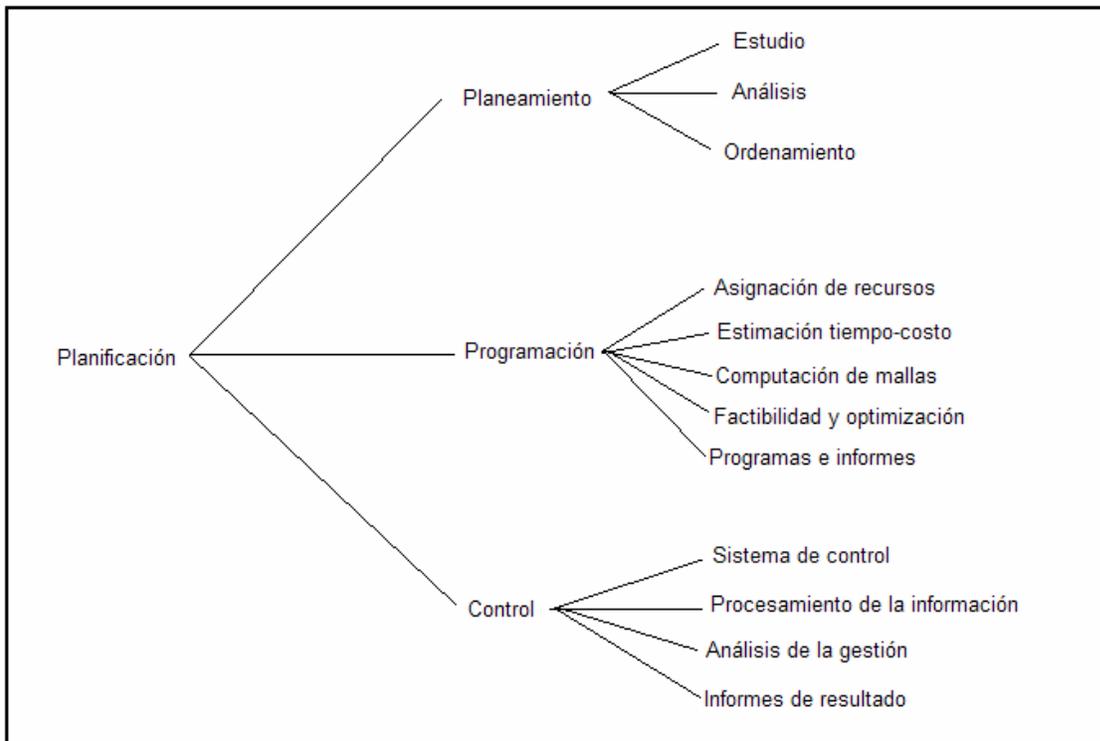


Figura 3.1. Esquema del Concepto de Planificación.
Fuente: “Planificación de Obras” de Gregorio Azócar.

Todas las etapas antes mencionadas son importantes y del grado de detalle con que se realice cada una dependerá el futuro de nuestro proyecto. Según mi parecer y sin desconocer la importancia de todas y cada una de las etapas de la planificación, la etapa de control es particularmente importante ya que es la oportunidad que tenemos para tomar acciones correctivas, pues no hay que olvidar que la planificación que se realiza inicialmente y que genera el diagrama de barras sólo plasma las intenciones de lo que queremos hacer y no lo que efectivamente haremos. Por esto realizar un seguimiento de lo que pasa en terreno, contrastarlo con lo que se tenía planificado y tomar acciones correctivas acertadas basándonos en hechos ciertos observados, puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un proyecto.

3.3. Modelo Tradicional de Planificación.

Se han realizado muchos estudios que indican las principales características del modelo tradicional de planificación y de las condiciones especiales que posee el rubro de la construcción. Cómo influyen estas características a la hora de planificar un proyecto es lo que veremos a continuación, basándonos en investigaciones que se han realizado en el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (G.E.P.U.C.)

- La planificación en general se basa en la experiencia del administrador y es una tarea particularmente difícil en este rubro, ya que debe ser hecha bajo condiciones inciertas y sin la cantidad de información necesaria.

- El traspaso de información comúnmente se realiza en forma verbal y abarca aspectos de corto plazo, descuidando el largo plazo.
- El proceso de control se focaliza en actividades, despreocupándose de las unidades productivas. Hay ocasiones en que el origen de los problemas generados en una actividad proviene de las cuadrillas y si no se realiza un seguimiento y control al desempeño de ellas, difícilmente se tomarán acciones correctivas adecuadas y a tiempo.
- El hacer una planificación muy detallada a largo plazo es innecesario en este sector debido a la gran incertidumbre existente. Esta característica es inherente a la construcción, por lo que deberemos evitar perder el tiempo planificando con un gran grado de detalle pues inevitablemente habrá que reprogramar.

Podemos decir que un proyecto de construcción es como un gran hogar que hay que organizar y es muy difícil hacerlo sin un adecuado método de planificación. Este aspecto está fallando en la construcción y si a esto se suma la alta presión de trabajo, obtenemos profesionales trabajando en función de lo inmediato.

Además hay que hacer notar la poca preocupación que se tiene por la capacitación de los trabajadores. Es un factor que afecta a la planificación ya que si una actividad queda mal realizada por errores constructivos, se debe rehacer. Se gasta más dinero, más tiempo y se provoca un atraso en las actividades siguientes. Se podría evitar estos trabajos rehechos invirtiendo en la capacitación del trabajador, lo cual traería también como beneficio una mejora en la calidad de la ejecución del proyecto. Sin embargo, esto no se hace porque se considera una pérdida de tiempo y dinero, no vislumbrándose los múltiples beneficios que esto podría traer.

Hay que agregar también que existe poco interés en agregar nuevas técnicas de planificación. En general se piensa que con la experiencia basta y los profesionales no mantienen actualizados sus conocimientos. Es difícil, por no decir imposible, hacer que un profesional con experiencia en construcción cambie su forma de trabajar y esta es una barrera al tratar de mejorar los sistemas de planificación existentes. Debemos destacar que esta dificultad no sólo se observa en el rubro de la construcción, ya que el ser humano por esencia es reacio a aceptar los cambios.

3.4. Modelo Tradicional y Modelo “Lean”.

En general, el modelo de planificación tradicional utilizado se basa en el concepto de transformación, ya que no considera todas las actividades de flujo que existen entre actividades de transformación. La idea se resume en que a lo planificado se le asignan recursos y la actividad se ejecuta según el programa realizado. En la figura 3.2 vemos un esquema de este proceso.

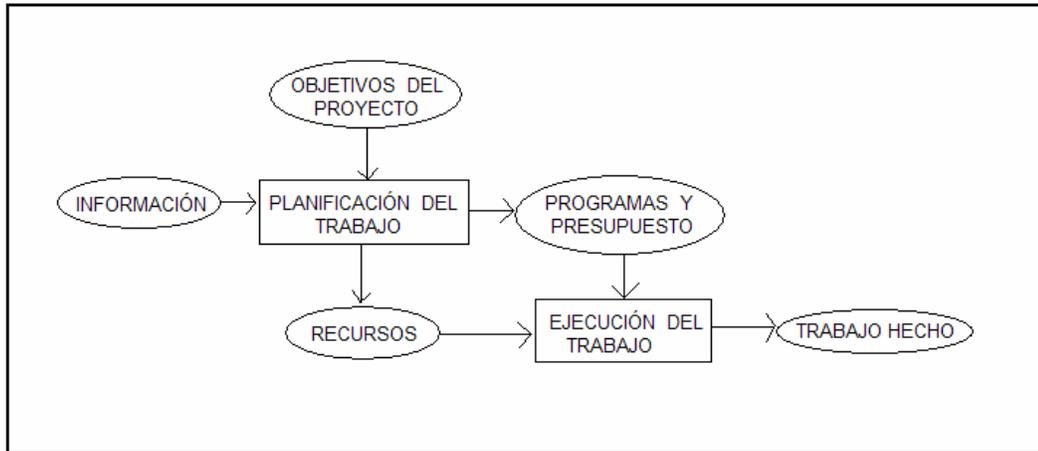


Figura 3.2. Esquema del Proceso de Planificación Tradicional.

Como podemos ver en la figura 3.2, los recursos se asignan a las actividades programadas; pero no se considera que hay actividades que no podrán ser realizadas aunque estén programadas. Esto debido a que puede faltar algún requisito previo que impida su ejecución en la fecha de inicio programada. Entonces ahí empieza el problema, ya que al considerar en el programa semanal actividades que no podrán ser ejecutadas se generará un atraso en toda la cadena productiva que sigue a esta actividad, además de tener gente ociosa. El problema de fondo es que no se está diferenciando lo que se puede hacer con lo que se debe hacer. Si asigno recursos a lo que debo hacer, estoy cometiendo este error y lo que hay que hacer es asignar los recursos a lo que puedo hacer.

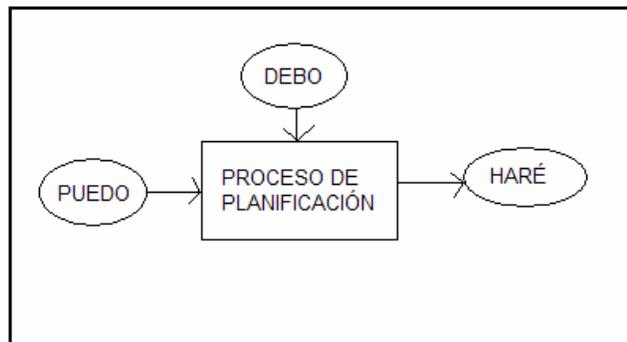


Figura 3.3. Proceso de Planificación propuesto en “Last Planner”

En la figura 3.3. observamos gráficamente lo que comentamos en el párrafo anterior. Considerar lo que puedo y lo que debo hacer y en función de eso determinar lo que haré, es la base del sistema “Último Planificador”. Esta es una de las diferencias principales entre el método de planificación tradicional y el sistema estudiado.

Como ya vimos, la planificación tiene una etapa muy importante que es el control. Estos sistemas presentan una sutil diferencia entre qué es lo que controlamos, y esto es lo que a continuación analizaremos. Asignando recursos a lo que debo hacer estoy privilegiando la producción y por el contrario, si asigno recursos a lo que puedo hacer estoy privilegiando la productividad. Ambos conceptos son distintos y para establecer esta diferencia en forma clara citaremos un ejemplo creado por Glenn Ballard: supongamos que tardamos 9.32 horas laborales en fabricar una tubería y tenemos programado fabricar 10 tuberías, por lo que deberíamos tardar

93.2 horas laborales. Sin embargo, sólo pudimos producir 9, por lo tanto, invertimos 83.88 horas laborales. En este caso, sólo producimos un 90% de lo programado, es decir, tuvimos una baja producción en comparación a la producción programada. Ahora, supongamos que en fabricar las 9 tuberías tardamos 80 horas laborales y no 83.88, o sea, reducimos en un 5% el tiempo de fabricación. En este caso nuestra producción sigue estando bajo lo esperado, ya que se fabricaron 9 y no 10 tuberías; pero la productividad aumentó y está sobre lo esperado, ya que se tardaron 80 horas laborales y no 83.88. Según mi criterio, este ejemplo grafica muy bien la diferencia entre ambos conceptos y si bien uno podría pensar que están íntimamente ligados, existe cierto grado de interdependencia entre ambos, ya que una baja producción no implica una baja productividad, pues el término producción se relaciona con el resultado de toda la cadena productiva y el término productividad se asocia al factor humano. Por el contrario, una baja productividad sí genera una menor producción.

Entonces, tanto la productividad como la producción deben ser controlados en forma adecuada para que podamos obtener un sistema equilibrado. Es importante controlar la producción con respecto a lo programado para poder tomar acciones correctivas a tiempo; pero no hay que descuidar la productividad ya que podríamos estar utilizando los recursos de manera inapropiada, pudiendo alcanzar el mismo progreso, en el mismo tiempo y con menos recursos involucrados. Ese gasto de recursos innecesarios no se debe a la utilización de mala tecnología, sino que ocurre porque no se está prestando atención a aquellas actividades presentes en mi cadena productiva que no están agregando valor. No se debe buscar sólo hacer los subprocesos más eficientes a través de cambios tecnológicos, sino que el proceso en su conjunto debe hacerse más efectivo. Este concepto lo captura la teoría de flujo. En el capítulo IV, punto 4.2, se toca con un mayor detalle la teoría de flujos, sin embargo, lo que resume esto es que en una cadena productiva hay actividades de flujo (transporte, esperas, inspecciones) y actividades de conversión (transformaciones). El concepto de progreso se relaciona con los procesos de conversión y el concepto de productividad se asocia tanto al proceso de conversión y de flujo, y ahí radica la principal diferencia que presenta el método de planificación tradicional con los principios Lean.

Si queremos realizar una comparación de los principios Lean y las características tradicionales de la construcción debemos llevar los términos a un mismo nivel. Los principios Lean tienen su origen en la industria manufacturera, que tiene características de producción repetitiva. Entonces surge la pregunta ¿podemos comparar dos mercados que poseen tantas diferencias a primera vista? La construcción también posee carácter repetitivo, aunque en mucho menor grado. Además, la planificación tradicional tiene muchas de las características que presenta el modelo de producción tradicional, por lo que podemos realizar comparaciones entre ambos tipos de producción.

El modelo tradicional de producción se focaliza en el control del costo de las actividades con el objetivo de detectar y corregir las ineficiencias del sistema. La manera en que se disminuyen los costos asociados a las falencias detectadas es mediante la implementación de nueva tecnología. Este método es impuesto por la gerencia de la empresa y es responsabilidad del departamento de calidad. Como ya se dijo en párrafos anteriores, la producción es vista como un conjunto de conversiones y considera que todas las actividades agregan valor al producto. Por otro lado, la producción basada en los principios Lean Production se focaliza no sólo en el control, sino que también en la gestión y asesoramiento dirigido hacia la mejora del costo, tiempo y valor de los flujos con el objetivo de prevenir posibles fallas del sistema. La manera de mejorar es disminuyendo las actividades de flujo y aumentando la eficiencia del

proceso con mejoras continuas y tecnología. Este método no es impuesto por nadie, sino que se aplica por el convencimiento y la participación voluntaria del equipo, por lo que la responsabilidad recae sobre todos los miembros de la empresa. Además, la producción es vista como un conjunto de conversiones y flujos, asumiendo que hay actividades que agregan valor al producto y otras que no. En la figura 3.4 se muestra un resumen de lo explicado en este párrafo.

	Modelo Tradicional	Lean Production
Objeto	Afecta a productos y servicios.	Afecta a todas las actividades.
Alcance	Actividades de control.	Gestión, asesoramiento y control.
Modo de aplicación	Impuestas por la dirección.	Por convencimiento y participación.
Metodología	Detectar y corregir.	Prevenir.
Responsabilidad	Del departamento de calidad.	Compromiso de todos los miembros de la empresa.
Clientes	Ajenos a la empresa.	Externos e internos.
Conceptualización de la producción.	Consiste actividades de conversión y todas las actividades agregan valor al producto.	Consiste en actividades de flujo y hay actividades que agregan valor al producto o que no.
Control	Costo de las actividades.	Dirigido hacia el costo, tiempo y control de los flujos.
Mejoramiento	Implementación de nueva tecnología.	Reducción de las tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología.

Figura 3.4. Comparación entre la Producción Tradicional y el Lean Production.

En esencia, la principal diferencia entre ambos métodos es algo vital en construcción: la consideración de actividades que no agregan valor. Si miramos un día típico en la construcción, podremos ver que del total del tiempo en teoría trabajado hay un gran porcentaje de él que se ocupa en actividades que no contribuyen a terminar la tarea encomendada. Este aspecto es mucho más influyente que en el sector manufacturero, porque en construcción el factor humano es mucho mayor y, lamentablemente, los trabajadores son muy buenos para “evadir” el trabajo. Entonces, este aspecto de la filosofía Lean a mi parecer es lo que mejor se puede aprovechar aplicándolo al sector constructivo.

Un punto que casi pasa inadvertido es el cliente hacia el cual esta metodología está orientada. En el modelo del Lean Production no sólo se considera como cliente al destinatario final del trabajo, sino que introduce al cliente interno. En una cadena productiva el trabajo que hace un grupo sirve de base para el trabajo que realizará el grupo que le sigue, entonces, el grupo que le sigue es también un cliente que requiere un trabajo de calidad en el momento adecuado. Con esto no trataremos de optimizar el sistema completo para cumplir los

requerimientos del cliente final, sino que dividiremos el sistema en sub-sistemas y los optimizaremos para satisfacer al cliente interno y por ende, al cliente final. Es mucho más eficiente optimizar un sistema por partes que todo de una vez.

Otro aspecto importante es el compromiso que requiere la filosofía Lean por parte de todos los integrantes del grupo de trabajo. Toda la gente trabaja mejor en la medida que esté consciente que pertenece a un equipo y que todos trabajan por la misma causa. Las tareas impuestas no funcionan en ninguna parte, porque el efecto psicológico de hacer algo que otra persona decide juega muy en contra. La gente se tiene que sentir considerada dentro del grupo. En la medida que todos estén más comprometidos con sacar adelante el proyecto, las cosas funcionarán mucho mejor, el proceso será más transparente y el grado de compromiso dará una mayor fiabilidad a los flujos de trabajo. Todo esto es muy importante y no es considerado en el modelo tradicional.

La prevención es otro concepto que desarrollan los principios Lean, ya que siempre será mejor prevenir que lamentar como dice el dicho. En construcción los costos de hacer una tarea mal no son sólo monetarios, sino que también se utilizan recursos de mano de obra y tiempo en rehacer la tarea. También podemos prevenir atrasos debido a falta de materiales, herramientas o dudas de diseño. Para esto sólo basta adelantarse a los hechos ampliando el horizonte y no sólo enfocándose en lo que haré mañana o pasado mañana. En general esto no se hace en las obras, ya que la presión en terreno es tanta que los profesionales a cargo no tienen tiempo de mirar tan a futuro. En general viven el día a día solucionando los problemas que aparecen cotidianamente. El sistema “Último Planificador” captura esta idea e intenta aplicarla en la construcción, lo cual veremos más en profundidad en el capítulo IV.

3.5. Comentarios.

Hemos visto las diferencias existentes entre los principios “Lean” y los principios tradicionales, que dan origen al sistema de planificación “Último Planificador” y al método tradicional de planificación respectivamente. No se puede decir que unos principios sean mejores que otros, porque todos tienen aspectos que aportan a la planificación de los proyectos. Al método tradicional lo avalan miles de proyectos realizados durante muchas décadas y, si bien el método “Lean” es medianamente nuevo y no ha sido masivamente aplicado al sector de la construcción, también introduce ideas interesantes que pueden ayudar a mejorar la difícil labor de planificar en un ambiente incierto.

Incorporar el concepto de compromiso a la construcción destaca una arista abandonada en este sector. También algo tan simple como la prevención puede ayudar a disminuir la presión de trabajo generada por la necesidad de solucionar tareas urgentes, más conocidas como “incendios”; pero sin duda el gran aporte de esta filosofía es tratar de optimizar el sistema detectando actividades que no agregan valor, ya que el haber realizado durante muchos años una misma actividad puede generar una rutina que haga que las actividades se realicen por inercia, y no se piense en la real razón del por qué cada paso está ahí y qué función cumple.

Según mi parecer, lo que puede hacer que el sistema “Lean” no sea del todo efectivo en la construcción es la dificultad de cambiar la mentalidad de los profesionales del rubro. Introducir estos principios no es una tarea fácil cuando se está en un grupo de gente que lleve años trabajando siguiendo sus propios métodos y el implementar nuevos métodos puede ser visto como una pérdida de tiempo. En general se tiende a pensar que la experiencia soluciona todos los problemas, lo cual sin dejar de tener un poco de razón, cierra las puertas a la innovación en el sector. Creo que todos los extremos son malos, por lo que sería bueno tratar de incorporar los conceptos interesantes y sacar lo mejor de cada uno de los sistemas para mejorar el desempeño del sector de la construcción.

4. Descripción del sistema de planificación “Último Planificador”.

4.1. Introducción

El concepto de Benchmarking siempre ha estado presente en el mercado. Esta idea, plantea comparar y medir el desempeño de una empresa respecto de aquellas empresas líderes del mercado y que tienen características similares, para luego usar las lecciones aprendidas del líder con el objetivo de establecer metas de mejoramiento. El hecho de no mejorar continuamente hace que las empresas vayan quedando fuera del mercado. Ahora bien, observando este concepto dentro de la construcción podemos constatar que esto también se aplica. Siempre se ha tratado de mejorar la percepción que la gente tiene de esta industria: con bajos niveles de productividad, poca seguridad, condiciones de trabajo insuficientes y calidad dudosa. Lo que buscamos es que el sector de la construcción sea bien mirado.

Buscando qué tipo de industrias han presentado un mejoramiento continuo, nos encontramos con las empresas manufactureras japonesas. Ellas, fueron capaces de sobrevivir a la debacle económica vivida en Japón tras la segunda guerra mundial, para lo cual desarrollaron nuevos sistemas de aprovechamiento de recursos cambiando su forma de enfocar la producción. Al mismo tiempo, crearon nuevos principios de producción sin pérdidas, denominándolos como Lean Production.

Es decir, fue de la industria manufacturera japonesa desde donde la industria de la construcción obtuvo los principios y los transformó para ser aplicables a la construcción, dando origen al Lean Construction. Posteriormente, basados en esta teoría, se han desarrollado múltiples sistemas de planificación orientados a la construcción, sin embargo, nosotros nos detendremos en uno: el sistema “Last Planner” o “Último Planificador”.

Para entender el sistema “Último Planificador” primero explicaremos los principios del Lean Production y Lean Construction.

4.2.- Lean Production

El Lean Production es un sistema de producción que se desarrolló en Japón a causa de la difícil situación que se vivía en ese país luego de la segunda guerra mundial. Como se ha dicho, el Lean Production o Sistema Toyota se desarrolló principalmente para empresas manufactureras y buscó producir a bajos costos pequeñas cantidades de productos variados bajo la teoría del desperdicio cero y mejora continua. Taiichi Ohno (1912-1990), creador del sistema Toyota, afirmaba que “en su empresa estudiaban la línea de tiempo desde que el cliente hacía el pedido hasta que la empresa recibía el dinero e iban reduciendo esa línea por medio de la eliminación de los desperdicios que no agregaban valor”.

En general, las actividades las podemos separar en dos tipos: las que agregan valor al producto y las que no agregan valor al producto (Ver figura 4.1). Ambas consumen recursos,

tiempo y espacio; pero difieren en que las que agregan valor al producto convierten material o información hacia lo que es requerido por el cliente y las que no agregan valor no lo hacen.

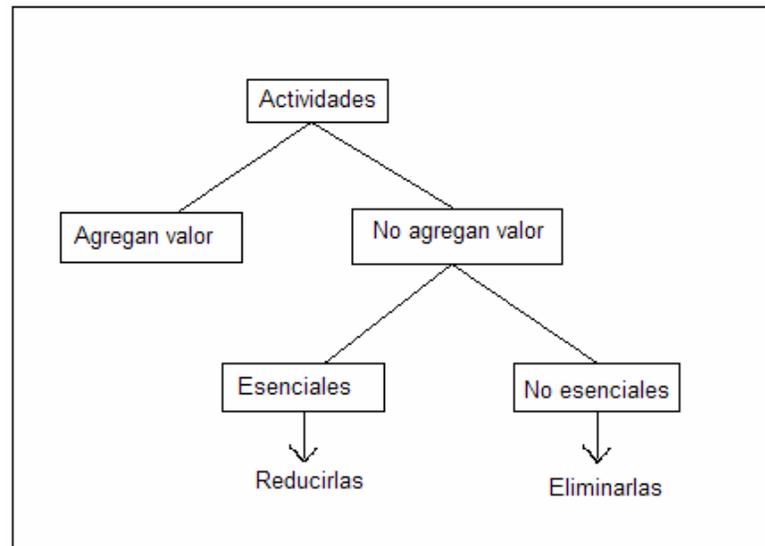


Figura 4.1: Tipos de Actividades.

En el fondo, la esencia del sistema es eliminar o reducir al máximo cualquier elemento que no utilice lo mínimo absolutamente necesario de recursos, tiempo, espacio y esfuerzos para agregar valor al producto. Pero ¿por qué hablamos de reducir al máximo las actividades que no agregan valor y no de eliminarlas completamente?. La explicación a esto la da la teoría de flujos.

La teoría de flujos considera la producción como un flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. A su vez, la cadena de producción está compuesta de **conversiones y flujos**. Según la figura 4.2, las actividades de conversión son los procesos y las de flujos son la inspección, transporte y espera. (Ver figura 4.2).

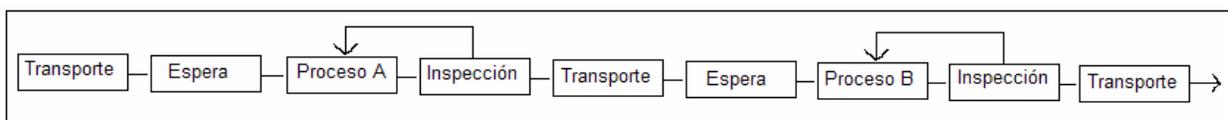


Figura 4.2: Esquema Conceptual de Lean Production

Las esperas son tiempos ociosos que se generan entre o durante las actividades, debido a la falta de algún tipo de requisito necesario para continuar o empezar una actividad, como puede ser espera de personal, materiales, mediciones, información, etc. Las esperas no agregan valor al producto y, aunque son necesarias, hay que tratar de reducirlas al máximo.

Con el transporte ocurre algo similar, ya que es necesario trasladar los materiales desde el lugar en donde éstos se encuentren, que puede ser desde donde se almacenan o desde un proceso anterior, idealmente hasta el mismo lugar en donde se realizará la actividad de conversión, lo cual no siempre puede ser así y deben ser trasladados hasta un lugar próximo a donde se realice la conversión. Al igual que las esperas, el transporte no agrega valor al producto; pero es una actividad necesaria que hay que tratar de reducir, por lo que se debería buscar que no se transporte el material por distancias mayores a las estrictamente necesarias.

Sabiendo esto, podemos citar los principios básicos del Lean Production.

1. **Identificar las actividades que no agregan valor.** El reducir o si es posible eliminar las actividades que no agregan valor en una línea de producción es fundamental para poder lograr mejoras en el sistema, ya que con esto se logra establecer un flujo de trabajo continuo y es un gran potencial de desarrollo en la producción.
2. **Incrementar el valor del producto.** No es suficiente eliminar las actividades que no agregan valor si las actividades que agregan valor no lo están haciendo eficientemente. Hay que considerar que una actividad de conversión no necesariamente agrega valor. El concepto de valor se refiere a la satisfacción de los requerimientos del cliente. Entonces, lo que se busca es cumplir cabalmente las expectativas del cliente, para lo cual se deben conocer los aspectos del producto que el cliente valora e incluirlos en el diseño de los productos y servicios.
3. **Reducir la variabilidad.** Este aspecto, afecta a muchos ámbitos de la producción. Desde el punto de vista del cliente, un producto uniforme le brinda mayor satisfacción y desde el punto de vista de la producción, la variabilidad genera mayores actividades que no agregan valor, lo cual genera mayores interrupciones en el flujo de trabajo y, por ende, mayores tiempos de ciclo.
4. **Reducción del tiempo de ciclo.** El tiempo de ciclo es la suma de los tiempos de flujo y conversión que son necesarios para producir un lote de producción. De esto podemos deducir que si reducimos las actividades que no agregan valor presentes en una línea de producción estaremos directamente reduciendo el tiempo de ciclo de la producción.
5. **Simplificación de procesos.** Podemos entender la simplificación de procesos, como una reducción de los componentes o números de pasos para realizar un producto. Principalmente, simplificar los procesos es mejorar el flujo. Los procesos más simples incurren en menos gastos, son más confiables (menos variables) y poseen menores tiempos de ciclo. Este principio, se relaciona directamente con otro principio que es incrementar la transparencia de los procesos. Procesos más simples son más transparentes, lo cual facilita el control y el mejoramiento.
6. **Introducir el mejoramiento continuo.** Principio basado en el Kaisen, filosofía japonesa de mejoramiento continuo. La base está en la creación de una metodología de identificación de las causas de no cumplimiento. Para esto, se requiere crear una cultura de mejora continua que permita su implementación, necesitando que el trabajo en equipo y la gestión participativa se constituyan como un requisito esencial para la introducción de mejoras continuas.
7. **Mejorar tanto la conversión como el flujo.** La mejora del flujo implica mayor tiempo; pero menor costo en comparación con la mejora de la conversión, ya que esta última está relacionada con la actualización de tecnologías. Las mejoras de flujo y conversión están íntimamente ligadas, pues flujos bien administrados facilitan la introducción de nuevas tecnologías y viceversa.

8. **Benchmarking.** Esto quiere decir, comparar continuamente los procesos propios con los del líder en el área e incorporar así lo mejor del otro en mi empresa, basándome en los potenciales detectados en la competencia.

Como podemos ver, todos estos principios apuntan a una mejora en todo el proceso de producción y principalmente a eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al producto con el objetivo de lograr una cadena simple, con bajo tiempo de ciclo y uniforme.

Un ejemplo de la aplicación de los principios Lean en la actualidad, es el llamado “Método Pull”. El origen de este método, surgió en la detección de un gran problema que afecta a la producción en masa: la sobreproducción. Entenderemos por sobreproducción a cualquier producto que no se vaya a usar o vender inmediatamente. Es decir, hacer más o antes de lo requerido por el proceso siguiente también se puede considerar como sobreproducción. Como podemos ver, la sobreproducción no agrega valor al producto final y puede ser perfectamente eliminada de la cadena de producción. La metodología utilizada en el mercado es el “Método Push”, el cual se basa en estudios de la demanda cuyos resultados arrojan la cantidad de productos que se incorporarán al mercado. Así, en muchas ocasiones la producción es “empujada” hacia el mercado (de ahí su nombre), creyendo que la oferta igualará a la demanda, lo cual no ocurre, ya que la clientela no siente que sus intereses son tomados en cuenta y, el único resultado, es una gran cantidad de producción que queda almacenada. Esto sólo provoca un mayor stock de productos, mayores costos y menor servicio. Para mejorar esto, surgió el “Método Pull”, que se basa en demandas reales del producto. Incluso, dependiendo del producto que se fabrique, se puede conocer quién será el consumidor final, produciendo solamente lo necesario. Así se pueden disminuir los tiempos de entrega, almacenar una menor cantidad de mercancía y reducir costos.

Como hemos visto, los principios Lean se están aplicando a diversos ámbitos en la actualidad; pero ¿cómo podemos aplicar estos principios a la construcción para aprovechar los múltiples beneficios que esto nos puede traer? Respondiendo a esta pregunta ha surgido el Lean Construction.

4.3. Lean Construction

Es claro que muchos de los principios del lean production fueron desarrollados pensando en la empresa manufacturera, por lo que no es fácil imaginar similitudes entre este ámbito y el de la construcción. Además, no hay que olvidar que el principio fundamental del lean production es la mejora continua (Kaizen) y que fue desarrollado por la cultura japonesa basado en la mentalidad oriental, la cual difiere mucho del pensamiento occidental. La cultura oriental es más estructurada y continuamente buscan ideas para mejorar. Dado todo esto, para lograr implementar los principios lean a la construcción se requiere un gran cambio, sobre todo, en la actitud de los trabajadores de la construcción, para lo cual, debe haber también un cambio social con mejoras de los ambientes de trabajo y condiciones laborales.

Por otro lado, debemos recordar, que la mayoría de las actividades que no agregan valor corresponden a actividades de flujo y existe la tendencia a pensar que la construcción es sólo una industria de conversión y no de flujo, descuidándose inmediatamente este aspecto y, por ende, no controlando las actividades que no agregan valor. El lean construcción, considera a la producción

ya no sólo como una transformación, sino que, como un flujo de materias primas para la obtención de bienes.

La complejidad de la industria de la construcción también juega en contra para aplicar los principios del lean production. Cada proyecto de construcción es diferente y se desarrolla en un ambiente incierto. La incertidumbre es un factor inherente a la construcción ya que, debido a la complejidad que posee, hay muchos agentes que intervienen en las diversas etapas. Hay que recordar que prácticamente en todas las construcciones se trabaja con subcontratos, los cuales no siempre están dispuestos a depurar su forma de trabajo en pro de una mejora general.

Si bien las pérdidas en la construcción y en la industria tienen orígenes distintos, se había tratado de evitarlas en ambos lados usando el mismo principio: mantener una intensa presión en cada actividad, porque la reducción del costo y la duración de cada etapa, es la llave de la mejora.

Ohno sabía que esta no era la mejor forma de diseñar y realizar las cosas. Pero ¿en qué se basaba Ohno para asegurar esto? Bueno, partamos de la base de que la administración de proyectos de construcción deriva del mismo concepto de actividad encontrado en la producción en masa. Así, podemos optimizar el proyecto actividad por actividad, dividiéndolo en partes y, posteriormente, ordenando los componentes de cada parte en una secuencia lógica, estimando el tiempo y recursos requeridos para completar cada actividad y, por ende, el proyecto total; pero se descuida lo que ocurre entre actividades. El efecto combinado de dependencia y variación, es el primer concepto del lean production que tomaremos. Para esto, Tommelein ilustró estos efectos haciendo un paralelo con una carretera altamente congestionada. Si todos los vehículos fueran conducidos exactamente a la misma velocidad la separación entre ellos sería limitada, al igual que la capacidad de la autopista y, cada vehículo, dependería del que le antecede. Bajo la presión de llegar pronto a casa o al trabajo, la separación entre los vehículos comenzaría a disminuir y, cualquier variación de velocidad experimentada por un vehículo, repercutiría inmediatamente en los vehículos que le siguen. Esto se propagaría como una onda a todos los vehículos a lo largo de la pista. Recuperar la situación inicial es difícil, porque es imposible conseguir que cada vehículo vuelva suavemente a su velocidad inicial.

Lo que podemos ver en esta paradoja, es que la velocidad no asegura un tiempo mínimo de recorrido, bajo los efectos de la dependencia y la variación, ya que mientras mayor es la dependencia la variación es mayor. Los principios lean tratan de aislar al equipo de la dependencia, proporcionando una reserva adecuada de recursos para que así puedan acelerar o retardarse mientras que las condiciones lo requieren (en nuestro ejemplo, sería como mantener una distancia segura entre vehículos). Lamentablemente, ni recursos ni capacidad adecuados reducen la variación, lo cual marca la diferencia entre la construcción y la industria manufacturera. La variabilidad sólo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para poder pronosticar fácilmente el desempeño. En circunstancias estables, se puede predecir el contenido de trabajo en cada estación y ajustarlo con el objetivo de obtener los mínimos desequilibrios. El problema es que en la construcción solamente tenemos cierta idea del contenido de trabajo de las actividades basándonos en proyectos anteriores, lo que hace que la variabilidad sea algo inherente al proyecto de construcción. No se podrá eliminar; pero sí se debe tratar de atenuar lo más posible.

Dado que en la actualidad en la industria el desarrollo tecnológico juega un papel fundamental, la importancia de la mano de obra es menos preponderante que en la construcción.

La construcción aún se basa en el trabajo realizado por un grupo de personas, es decir, es un trabajo artesanal. Sin embargo, esto es algo favorable bajo los conceptos de esta nueva filosofía, ya que las actuales tendencias privilegian el trabajo en equipo por sobre el trabajo individual. Lo negativo es que en la construcción este trabajo no es riguroso y sistemático, por lo cual no rinde verdaderos frutos. Por otro lado, el trabajo que realiza el grupo se basa en los resultados de un acto administrativo como es la planificación. Es por esto que en este caso, medir y mejorar el funcionamiento del sistema de planificación es la clave para mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo, el cual es nuestro principal objetivo. Este paso es necesario para cambiar la organización y rediseñar el sistema.

La idea de que el trabajo en equipo es un pilar del trabajo en construcción la podemos utilizar a nuestro favor para implementar los principios Lean. Si se logra instruir a los involucrados acerca de estos principios conseguiremos un real convencimiento de que el trabajo que realizan y los esfuerzos de mejora continua rendirán frutos. El grupo debe saber para qué está trabajando y en qué consiste el método, pues es imposible que se sientan involucrados y convencidos de participar en algo que desconocen.

No todo es tan discordante, también hay un punto en que la industria y la construcción coinciden: ambas consideran como un aspecto de mejoramiento de producción la utilización de tecnología; pero no sólo la implementación de nuevas tecnologías es importante para el Lean, pues esto va íntimamente ligado al concepto de producción. Si implementamos nuevas tecnologías sin haber previamente detectado y disminuido las actividades que no agregan valor, no se podrá sacar provecho cabalmente a la tecnología implementada, ya que la inversión hecha será mayor y no se tendrá un buen control de la producción. Es recomendable analizar la línea de producción y posteriormente evaluar adquirir nuevas tecnologías.

Basándose en las características antes mencionadas la teoría Lean Construction ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades. Es una nueva forma de administración de producción aplicada a la construcción, cuyas características esenciales son tener un sistema claro de objetivos para maximizar la satisfacción del cliente, usando un sistema de control desde el diseño hasta la entrega del producto.

4.4. Sistema Último Planificador.

Basándose en la teoría Lean Production, Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamado “Last Planner”, lo que en español quiere decir “Último Planificador”

Según los autores, los principales obstáculos presentes en la construcción son:

1. La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo de la programación.
2. La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.
3. No medimos el desempeño obtenido.
4. No se analizan los errores en la planificación ni las causas de su ocurrencia.

La planificación en la construcción es realizada por diferentes personas en la fase inicial del proyecto. Al planificar el proyecto, se focalizan los objetivos generales, las metas y se demuestra que las metas son alcanzables. Posterior a esto, en la fase de ejecución del proyecto un individuo decide qué es lo que debería hacer para cumplir las metas estipuladas en la fase de planificación, desarrollando el programa marco. El ejecutor debe decidir qué se hará mañana o la semana siguiente. El trabajo o actividades que son posibles de realizar se denominan **asignaciones** y, la persona que determina qué asignaciones serán realizadas, cuándo y por quién, se llama **último planificador**; pero ¿cómo sabe el último planificador qué actividades incluir en la programación de corto plazo?. El programa marco define lo que debería hacerse; pero no todas las actividades que deberían realizarse pueden ser realizadas, ya que poseen ciertas restricciones que lo impiden. Sólo si libero todas las restricciones que posee una actividad podré ejecutarla. Entonces, lo que debe ser hecho se debe contrastar con lo que puede ser hecho.

Para mayor facilidad, veremos estos conceptos utilizando la teoría de conjuntos. Si lo que se hará es subconjunto de lo que puede ser hecho y a su vez lo que puede ser hecho es subconjunto de lo que debería ser hecho, hay altas probabilidades de que lo que se planificó se cumpla (ver figura 4.3)

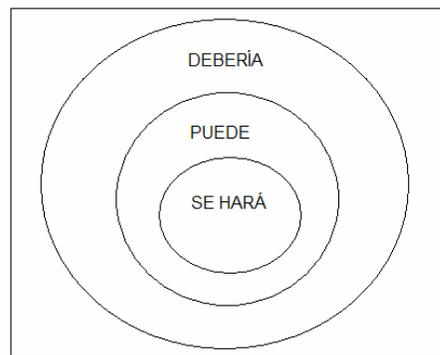


Figura 4.3: Esquema Se Hará v/s Puede v/s Debería

Por el contrario, si lo que puede ser hecho es subconjunto de lo que se hará, no se cumplirá la programación. Como vemos, para programar las actividades a corto plazo, no basta con ver el programa marco, hay que ver también los factores externos que influyen en una obra y el estado real de ella. Hay gente que considera que se debe presionar a las unidades de producción para que realicen las tareas programadas sin importar los obstáculos que tengan para realizarlas, lo que finalmente genera un derroche de recursos en tratar de finalizar una actividad que no puede ser realizada, o si lo es, no será hecha de la forma en que corresponde. Una errada forma de control a la unidad de producción incrementa la incertidumbre y priva a los trabajadores de comprender que la planificación es una poderosa herramienta para enfrentar el futuro de una mejor manera.

A continuación detallaremos cada uno de los elementos que conforman el sistema “Último Planificador”.

4.4.1. Programa Maestro.

Los proyectos de construcción, tienen una planificación general o también llamado **programa maestro**, el cual se desarrolla según los objetivos generales que hayan sido planteados en el programa inicial. Este programa le pone fechas a los objetivos planteados, es decir, establece las metas del proyecto. Debemos recordar que las actividades de duración despreciable son consideradas como acontecimientos. Si un acontecimiento es especialmente importante se denominará hito. Entonces, el programa maestro nos sirve para identificar los hitos de control de nuestro proyecto.

4.4.2 Planificación Intermedia.

La planificación intermedia ha sido desarrollada para focalizar la atención en las actividades que supuestamente ocurrirán en algún tiempo futuro. Podremos de esta forma tomar acciones en el presente que causen el futuro deseado. En otras palabras, la planificación intermedia es un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una primera idea de qué actividades serán programadas, para lo cual se debe coordinar todo lo necesario para que una actividad se pueda realizar, como lo son el diseño, los proveedores, la mano de obra, la información y los requisitos previos. Algunas funciones de la planificación intermedia son:

1. **Equilibrar carga de trabajo y capacidad.** Lo primero es definir los conceptos involucrados. Entenderemos como carga a la cantidad de salidas esperadas para una unidad de producción en un tiempo dado. Por otro lado, capacidad se refiere a la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede lograr en un tiempo dado. Lo ideal es que la carga de trabajo que se asigna a una unidad de producción se equilibre con la capacidad que tiene dicha unidad. Este equilibrio se comienza a realizar en la planificación intermedia; pero aquí el planificador sólo tiene una noción de qué tipo de unidad de producción requiere para realizar el trabajo y no qué unidad específica lo hará. Esto lo sabrá el ejecutor recién en la etapa de programación semanal. Así, este punto es necesario evaluarlo en ambas etapas del proyecto.
2. **Revisar la secuencia de las actividades.** Pese a que en la realización del programa madre se considera este punto, nunca está de más verificarlo. Esta es una etapa propicia para esta revisión, ya que no debemos olvidar que la planificación intermedia posee mayor grado de detalle que el programa madre.
3. **Desarrollar detalladamente los métodos de ejecución.** En la medida que detallemos mayormente la forma en que materializaremos las actividades que hemos programado, podremos ver qué inconvenientes encontraremos en terreno al momento de realizar la actividad. Así lograremos que la actividad no deba ser reprogramada por imposibilidad de ejecución.
4. **Mantener un listado de actividades listas para ejecutar.** Como ya se vio anteriormente, el producto de la revisión de restricciones de cada actividad que se realiza en la planificación intermedia, da como resultado un inventario de trabajo ejecutable (ITE). Así en caso de que una actividad programada no pueda ser ejecutada, independientemente del motivo, la unidad de producción no quedará ociosa ya que siempre habrá una actividad no

incluida en la programación semanal que puede ser ejecutada, ya que tiene una holgura que permite distribuirla en el tiempo. Así logramos estabilizar el flujo de trabajo.

En esta etapa se mezcla lo que denominaríamos programa madre, programa marco y programa a mediano plazo. Sin embargo, lo fundamental es que al momento en que se desarrolle el programa marco se considere la verdadera capacidad que presente la empresa en obra, ya que de no ser así, el plan no representaría la forma en que trabaja el equipo y la implementación del sistema “Último Planificador” no tendría sentido.

Sin duda, la función principal que tiene la planificación intermedia es otra. Como podemos suponer, uno de los principios fundamentales del sistema “Último Planificador” es el **control del flujo de trabajo**. La idea principal es que el trabajo tenga una mejor secuencia, y podamos evitar así los tiempos ociosos de las unidades de producción. Así como el control de la unidad de producción controla la unidad productiva en sí, el control del flujo de trabajo controla el traspaso de los trabajos desde una unidad de producción a otra. La responsabilidad de este control recae sobre esta etapa de planificación intermedia.

Lo primero, es determinar el intervalo de tiempo que abarcará la planificación intermedia, el cual en general abarca de 4 a 12 semanas. Para ver cuántas semanas abarca mi intervalo debo evaluar las condiciones del proyecto. Por ejemplo, si estoy ubicada en una zona aislada, en la cual los proveedores tienen un tiempo de respuesta de 5 semanas, mi intervalo de planificación intermedia no debe ser menor a 5 semanas. Para una obra normal, el intervalo de tiempo recomendado son de 5 a 6 semanas. Por ejemplo, en un horizonte de 5 semanas, las semanas se enumerarán desde la 1 a la 5, desde el presente hacia el futuro. Esto es, la semana 1 será la más cercana y la 5 la lejana. Independiente del número de semanas que se consideren en el horizonte de análisis, lo importante es mantener siempre esa cantidad de semanas, es decir, transcurrida una semana debe entrar otra semana al final de nuestra planificación intermedia.

Una vez que tengo identificado mi horizonte de trabajo, debo desglosar el programa marco y determinar qué actividades se deben realizar durante este tiempo. En cada una de las actividades, debo identificar qué factores impiden que mi actividad pueda ser realizada. A estos factores le llamaremos restricciones. Las restricciones más comunes en la construcción son:

1. **Diseño:** involucra a todas las actividades que no están definidas en el proyecto, ya sea por incongruencia entre las especificaciones técnicas y los planos o simplemente por omisión.
2. **Materiales:** se refiere a que los materiales necesarios para ejecutar la actividad deben estar disponibles en obra antes de la fecha de inicio programada para la actividad.
3. **Mano de Obra:** se debe contar con una claridad sobre la cantidad de mano de obra disponible para realizar la actividad.
4. **Equipos y Herramientas:** corresponde a tener disponibilidad de equipos y herramientas necesarias para realizar la actividad en el momento indicado.
5. **Prerrequisitos:** se refiere a que las actividades que deban cumplirse antes que se inicie nuestra actividad ya lo hayan hecho. En obra a esta restricción se le llama “cancha”.

- 6. Calidad:** se refiere a que si existe un control de calidad por parte de la empresa. En caso de existir este plan de calidad, se debe detallar previamente a la realización de la actividad qué requisitos serán exigidos y evaluados posteriormente a su término.

Para actividades especiales, puede haber otro tipo de restricciones aparte de las recién mencionadas, como por ejemplo, inspecciones, permisos, etc. En estos casos, también habría que incluirlas en el listado de restricciones y realizar su debido seguimiento para liberarlas.

Además a cada actividad se le asigna un responsable de ejecución y un responsable de seguimiento. Ambos deben liberar las restricciones de la actividad para que pueda ser ejecutada según lo programado. También es recomendable poner las fechas tentativas de inicio y término de cada actividad.

S E M A N A	ACTIVIDADES	FECHAS		RESTRICCIONES						RESPONSABLE		
		I N I C I O	T E R M I N O	C A N C H A	M . O .	M A T E R I A L E S	D I S E Ñ O	L I S T A D E	C H E Q U E O	E Q U I P O S Y	E J E C U C I O N	S E G U I M I E N T O
1 (04 al 08 de junio)	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	30/05/07	05/06/07	√	√	√	√	√	√	√	H.C	H.C
	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	√	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Fierro vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	x	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B	08/06/07	11/06/07	x	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Trazados y niveles generales edificio C-D	04/06/07	08/06/07	√	√	√	√	√	√	√	R.A	H.C
	Excavaciones fundaciones edificio C	04/06/07	15/06/07	√	x	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Fierro muros y pilares piso 2 sector A	08/06/07	11/06/07	x	√	√	√	√	√	√	R.A	H.C
	Instalaciones provisionales: Alcantarillado	09/04/07	13/06/07	√	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G

Figura 4.4: Formato de Planilla de Revisión de Restricciones.

En la figura 4.4 se muestra el formato que posee la planilla de control de restricciones de la planificación intermedia. Como podemos ver, es una tabla con filas que listan las potenciales asignaciones y columnas que listan las restricciones. En el ejemplo, en la primera columna se indica la semana de estudio. En este caso es la semana 1 de mi horizonte de planificación intermedia. En la segunda columna se indica la actividad que se está analizando. Luego, vienen las columnas de fechas de inicio y término programadas de la actividad. Posteriormente, se detallan las restricciones que se deben liberar para las actividades y finalmente, los responsables tanto de ejecución como de seguimiento. A cada restricción se le pone un victo si se encuentra liberada o una “x” si no. Todo esto ayuda a una identificación y rastreo sistemático del estado de las restricciones en las asignaciones.

En la planificación intermedia un concepto fundamental es el de **revisión**, el cual consiste en determinar el estado de las tareas en relación a sus restricciones y a la posibilidad de removerlas antes del comienzo programado de la actividad, a partir de lo cual se puede elegir adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro. Lo importante, es que se pueden detectar los problemas anticipadamente, contándose así con suficiente tiempo para resolverlos y no atrasar el inicio programado de la actividad. Si no existiera la revisión de las restricciones para cada actividad, se asumiría que todos los requisitos para ejecutar la actividad estarán disponibles al momento de querer iniciarla, lo cual casi nunca ocurre en obra. Darse cuenta de esto al momento de iniciar la actividad provoca inevitablemente un retraso en el inicio de ella, con su consecuente reprogramación.

La **revisión** (o “**screening**”) que se produce en esta etapa, se hace cuando la actividad es considerada para entrar a la planificación intermedia. La teoría dice que sólo deben ingresar a la planificación intermedia aquellas actividades que, según el planificador, tengan una alta probabilidad de ser ejecutadas en la fecha programada. Si el planificador no está seguro de que las restricciones pueden ser removidas, las potenciales asignaciones serán retardadas. La revisión, es la primera oportunidad que se presenta para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo, ya que se está tomando conocimiento que existen actividades que, llegado el momento, no podrán ejecutarse por no tener sus restricciones liberadas (Ver figura 4.5).

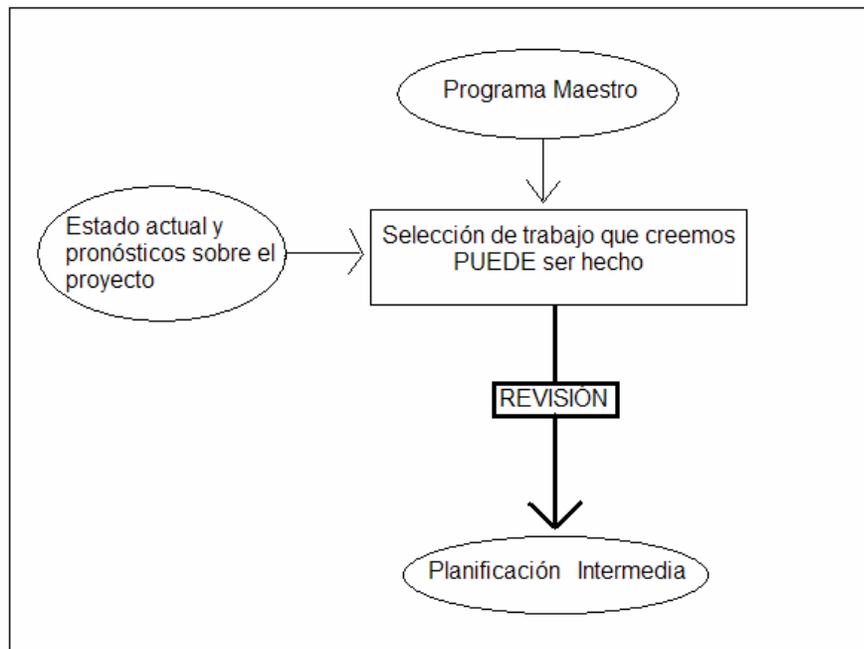


Figura 4.5: Esquema del Concepto de Revisión

El último párrafo nos recuerda los conceptos “pull” y “push” tratados en el punto 4.2. Si consideramos que “pull” es permitir que el material o la información entre al proceso de producción sólo si el sistema es capaz de ejecutar el trabajo vemos claramente esta idea en el concepto de revisión de la planificación intermedia. Aquí lo análogo es incorporar las actividades al horizonte de análisis sólo si es probable que pueda liberar las restricciones, en otras palabras, ingresará a nuestro proceso de producción sólo si creemos que somos capaces de ejecutar la actividad. Por el contrario, el no realizar el proceso de revisión hace que todas las actividades entren a la planificación intermedia, lo cual supone implícitamente que todas serán realizadas. En esta otra arista vemos el concepto antagónico, es decir, el concepto “push”.

Finalmente, aparece la **preparación de las restricciones**. Aquí, el planificador debe tomar las acciones necesarias para remover las restricciones de las actividades, para que puedan comenzar en la fecha programada. El liberar restricciones, está íntimamente relacionado con los tiempos de respuesta que tengan nuestros proveedores. Es por esto que debemos conocer el tiempo de respuesta más probable que nos brinda el proveedor, el cual como ya se dijo, debe ser más corto que la ventana de planificación intermedia. Luego se debe “tirar” el material hacia la obra, es decir, pedirle certeza al proveedor acerca de cuándo contaré con las entradas provenientes de él para completar el proceso en el cual deben entrar (nuevamente aparece el concepto “pull”). Finalmente hay que apresurar, aunque este paso no es siempre necesario. Esto

implica introducir recursos adicionales para acortar los tiempos de respuesta, en caso de ser necesario.

Si vemos el ejemplo ilustrado en la figura 4.4, hay actividades que ya tienen sus restricciones liberadas como son el “hormigonado de los muros y pilares del piso 1 sector B”, “moldaje vigas y losa del piso 1 sector B” e “Instalaciones provisionales: Alcantarillado”. A todo el resto de las actividades, les falta a lo menos una restricción por liberar. Cuando una actividad ya ha sido liberada de todas sus restricciones, está en condiciones de ser ejecutada. Así es como pasamos al siguiente nivel del sistema: el inventario de trabajo ejecutable (ITE).

4.4.3 Inventario de Trabajos Ejecutables (ITE).

Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta actividad pasa inmediatamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajos ejecutables. En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer. En el inventario de trabajo ejecutable no sólo pueden haber tareas de las semanas futuras, sino que también puede haber tareas que se debían o podían haber ejecutado en la semana en curso; pero que no lo hicieron al no ser consideradas en las asignaciones semanales. Esto es muy común ya que la idea es mantener un ITE que asegure un trabajo realizable por unidades con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en obra, esto con el objetivo de no tener nunca unidades ociosas por el motivo de no tener potenciales trabajos para ejecutar en caso que falle la realización de alguna actividad considerada en el programa semanal. No hay que ser siempre tan negativos y podemos ponernos en el caso que las actividades programadas se cumplan antes de lo esperado. Esto también puede ser un foco de tiempo ocioso para la unidad si es que no hubiera trabajo listo para ejecutar. Entonces, teniendo un inventario de tareas potencialmente realizables, puedo elegir qué haré desde un universo de lo que puedo hacer.

4.4.4 Planificación Semanal.

El objetivo de este último nivel de planificación es **controlar a la unidad de producción**, lo cual tiene como objetivo, lograr progresivamente asignaciones de mayor calidad a través del aprendizaje continuo y acciones correctivas. El control de la unidad de producción, depende de la calidad de las asignaciones hechas por el último planificador. Las principales características que hacen que la asignación sea de calidad son:

1. Actividades bien definidas para que pueda ser ejecutado sin ambigüedades, para lo cual las asignaciones deben ser lo suficientemente específicas en su descripción.
2. La secuencia de trabajo de las actividades planteadas debe ser lógica. Las asignaciones se deben hacer a partir de aquellas consideradas legítimas en orden de prioridad y ejecución.
3. La cantidad de trabajo seleccionada debe ser directamente proporcional a la capacidad que tenga la unidad de producción. Además se debe tener claro si los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal antes de comenzar el periodo de ejecución.

4. Prerrequisitos que tenga la actividad ya deben haber finalizado (lo que en terreno es llamado “cancha”). En el fondo es que la unidad de producción tenga lo que necesita de otros.

Asignación de calidad es escoger qué trabajo será realizado en la próxima semana desde lo que se sabe puede ser hecho (ITE). Así estamos protegiendo de incertidumbres a nuestro flujo de producción y apuntamos a crear un flujo confiable de trabajo tanto para la unidad que ejecutará el plan de trabajo semanal como para los que trabajarán en actividades posteriores en la misma línea de trabajo. Acá estamos protegiendo al flujo de incertidumbres (“shielding”), como podemos ver en la figura 4.6.

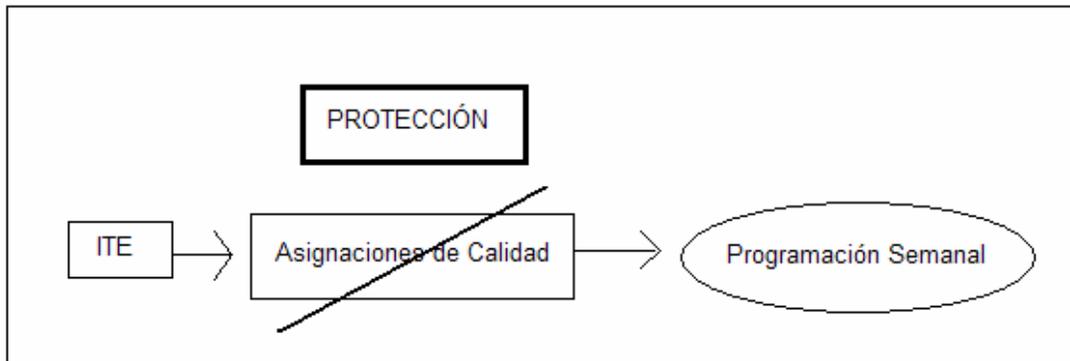


Figura 4.6 Esquema del Concepto de Protección

El formato utilizado para realizar la programación semanal se puede observar en la figura 4.7. Es un formato simple, en donde las filas representan las actividades y las columnas los días de la semana que se programan. Como vemos en el ejemplo, la programación semanal no tiene por qué comenzar un lunes. Esto dependerá del calendario de trabajo que se tenga en terreno y del día en que se realice la reunión de planificación. En el ejemplo 4.7, la semana considerada es de martes a lunes, sin incluir los fines de semana.

La retroalimentación es una parte fundamental en todo esto. En la medida en que sepamos los motivos por los cuales no completamos la programación de cada semana podremos mejorar. Para ello, la medición del porcentaje de actividades completadas (PAC) es un buen indicador de la calidad de nuestras asignaciones. El PAC es el número de actividades completadas que fueron programadas dividido por el total de actividades programadas para la misma semana, todo esto expresado como porcentaje. La actividad se considera como completada sólo si se ha finalizado. Es decir, si tengo hecho menos de un 100% de lo que había programado hacer de la actividad durante la semana, la actividad se considera como no realizada. Si la actividad se encuentra realizada completamente se le asigna un 1 y si la actividad no se encuentra terminada según lo programado se le asigna un 0. En la figura 4.7 vemos un ejemplo de medición del PAC.

PROGRAMACIÓN OBRA GRUESA												
Semana del 5 al 11 de junio												
Nº	ACTIVIDAD	MARTES 5	MIÉRCOLES 6	JUEVES 7	VIERNES 8	LUNES 11					PAC	
1	Fierro vigas y losa piso 1 sector A	x	x									1
2	Hormigón vigas y losa piso 1 sector A	x	x									1
3	Moldaje muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x							1
4	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x							1
5	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	x	x	x	x	x	x	x	x			1
6	Fierro vigas y losa piso 1 sector B			x	x	x	x	x	x	x	x	1
7	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B									x	x	1
8	Fierro muros y pilares piso 2 sector A						x	x	x	x		1
9	Moldaje muros y pilares piso 2 sector A									x	x	1
10	Hormigón muros y pilares piso 2 sector A										x	1
11	Trazados y niveles generales edificio C-D	x	x	x	x	x	x	x	x			1
12	Excavaciones fundaciones edificio C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1
13	Emplantillado edificio C									x	x	1
14	Excavaciones fundaciones edificio D			x	x	x	x	x	x	x	x	1
15	Instalaciones provisionales: Electricidad	x	x	x	x	x	x	x	x			1
16	Instalaciones provisionales: Alcantarillado	x	x	x	x	x	x	x	x			0
17	Instalaciones provisionales: Agua potable	x	x	x	x	x	x	x	x			0
18	Cierres provisionales	x	x	x	x	x	x	x	x			1
											PAC [%]	89

Figura 4.7. Ejemplo de Medición del PAC

Una vez que sé qué actividades programadas no fueron ejecutadas, debo proceder a identificar las causas de no cumplimiento. Podemos ver que el PAC es una poderosa herramienta para identificar los focos que pueden servir como mejoras al sistema e implementar soluciones, ya que los orígenes de los no cumplimientos no sólo pueden ser fallas en la mano de obra, materiales o causas externas, sino que también, el origen de las fallas en la ejecución del trabajo programado, pueden provenir de deficiencias a nivel organizacional, procesos o funciones. Sólo así podré generar un flujo de trabajo continuo.

Entre las causas de no cumplimiento de la programación semanal podemos encontrar las siguientes razones:

1. Falla en sistemas de información. Por ejemplo, considerar actividades prerequisite como finalizadas, siendo que no es así.
2. Falla en aplicar los criterios de calidad mencionados. Por ejemplo, tal vez la actividad no cumplió el avance programado para la semana porque se superestimó la capacidad de la cuadrilla.
3. Cambio en las prioridades de la obra, destinando recursos a actividades urgentes.

Cualquiera sea el motivo de no cumplimiento, lo importante es aprender de él para no volver a repetirlo en el futuro.

Hay un punto muy importante que se puede observar en este nivel de planificación y que es el nivel de compromiso que tiene el grupo de trabajo con la implementación del sistema

“Último Planificador”. En la medida que no haya un compromiso real de parte del equipo, no tiene sentido intentar implementar este sistema, ya que él se basa en este fundamento. En general nunca se verifica si es que el encargado de realizar la actividad tiene las capacidades para realizar el trabajo. A él se le impone la actividad sin saber si él la puede realizar o no. Esto no le hace bien al grupo ya que no se sienten parte del equipo y, al no sentirse tomados en cuenta, su predisposición al trabajo será diferente. La idea de este sistema es que la persona que efectivamente será el responsable de ejecutar el trabajo se comprometa a realizarlo y, si considera que no podrá hacerlo por cualquier motivo, lo diga. El compromiso que él asume cuando afirma que es capaz de realizar una actividad, no es con el fin de reprocharlo en caso que no cumpla la actividad al final de la semana, si no que es con el objetivo de generar un mayor compromiso grupal, ya que él sabrá que sus acciones no sólo le afectan a él, sino que a toda la línea de trabajo que viene posterior a él y que requiere como prerequisite la actividad que él se está comprometiendo a hacer. Si sabemos de antemano que ese trabajo no será realizado, debemos decir claramente que no podemos realizarlo y así no lo pondremos como que puede ser ejecutado y estaremos protegiendo nuestro flujo de trabajo. Con esto logramos que el compromiso adquirido se vea reflejado en el PAC.

Finalmente, en la figura 4.8 se muestra un esquema en donde se resumen todos los conceptos y etapas del sistema de planificación “Último Planificador”.

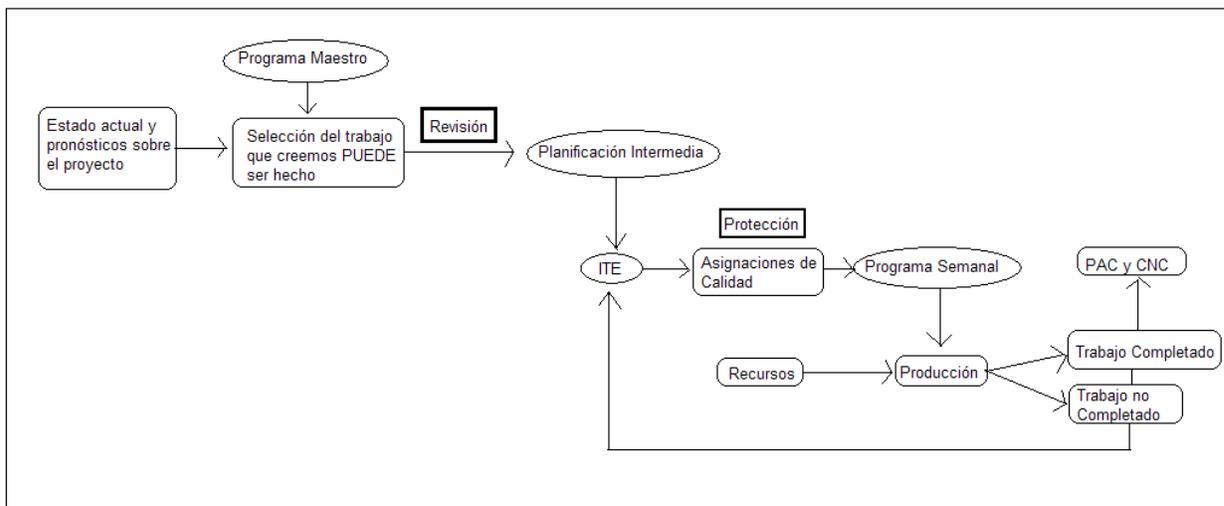


Figura 4.8: Resumen Sistema “Último Planificador”

4.5. Comentarios.

Los principios de la construcción sin pérdidas o Lean Construction, poco a poco, se han abierto paso dentro de la industria de la construcción. El detectar y tratar de reducir o eliminar las actividades que no agregan valor a nuestro producto final es sumamente beneficioso, ya que como todos sabemos, la construcción es un sector que se caracteriza por la poca eficiencia del trabajo.

El sistema “Último Planificador”, engloba los conceptos utilizados por el Lean Construction y los aplica en una metodología clara que ayuda a reducir la incertidumbre innata de la construcción. El principio es comenzar el análisis desde lo más general hasta lo más específico, es decir, desde la programación general hasta la semanal. Entre medio, hay etapas que ayudan a filtrar incertidumbres que pueden provocar que nuestro flujo de trabajo no sea continuo, como lo es la planificación intermedia. Esta etapa del sistema es interesante, ya que mezcla muchos conceptos importantes. La idea es tener una visión no sólo hacia el corto plazo, sino que ver más allá para poder adelantarme a los factores que, llegado el momento de ejecutar mi actividad, impiden que lo pueda hacer. En general, en las obras se vive el día a día y se trata de solucionar los problemas cuando se presentan. Sólo en contadas ocasiones se previene, casi siempre sólo se corrige. Incorporar la idea de prevenir en la construcción es algo nuevo y muy útil. Otro principio que llama la atención en esta etapa del sistema, es que utilizando el concepto “pull” podemos tener una línea de producción más eficiente al incorporar sólo los materiales que necesitamos para ejecutar las actividades que sé que podré realizar. Esto no se ve en la construcción, ya que siempre damos por hecho que podremos ejecutar todo lo que programemos y que además contaremos siempre con todo lo necesario para hacerlo, sabiendo que esto no es así. En la obra nunca están todos los materiales y recursos necesarios para ejecutar una actividad, siempre se deben considerar los tiempos de respuesta de los proveedores.

También, como pudimos ver, en cada etapa se asignan personas responsables de hacer que todo el sistema funcione adecuadamente, esto con el objetivo de no sobrecargar de responsabilidades sólo a una persona. En la medida que se diversifique la asignación de las responsabilidades, dentro del grupo de trabajo habrá una mayor probabilidad de que se cumpla lo programado, ya que los factores a manejar por cada persona serán considerablemente menores. Además, diversificando responsabilidades genero un mayor sentido de compromiso desde el grupo de trabajo hacia la empresa, otro de los pilares fundamentales del sistema. El efecto psicológico que se crea sobre los trabajadores al sentirse involucrados en el desarrollo de la obra, hace que tengan mayores incentivos para cumplir lo programado, ya que ellos han participado no sólo en ejecutar el trabajo, sino que también en planificarlo. El hecho que den su palabra y se comprometan a cumplir lo programado es fundamental para poder tener un mejor desempeño de las unidades productivas. También se cambia el paradigma de que nunca se debe decir que no cuando se asignan trabajos. El decir “no” no es una señal de rebeldía o pereza, sino que es visto como un aporte a la planificación del trabajo de todos. Se toma conciencia de que el trabajo es en equipo y, que en la medida en que yo trabaje y cumpla lo que he dicho que puedo cumplir, las unidades que vienen después de mí que necesitan que mi trabajo haya sido terminado, puedan ejecutar el trabajo que les corresponde. Cada unidad productiva es como el eslabón de una cadena, no es un grupo que trabaje en forma independiente del entorno.

Sin embargo, este punto que es tan favorable en la medida en que se sepa practicar puede causar también efectos negativos, que hacen que la aplicabilidad del sistema se ponga en duda si es que no hay un real compromiso de todos los involucrados. No tiene sentido implementar el sistema si es que el grupo no está realmente convencido de su utilidad, lo cual es siempre difícil en un grupo de trabajo y sobre todo si la masificación del “Último Planificador” aún no se ha producido. Para muchos esto es algo nuevo, por lo que están reacios a implementarlo en sus obras.

El grupo también debe comenzar a aprender de los errores. El hecho de identificar las causas que provocan los no cumplimientos de actividades programadas sirve para que en el futuro eviten volver a cometer el mismo error. Esto no siempre se da en los sistemas de construcción actuales y, es la base del mejoramiento continuo. Siempre un sistema se puede mejorar más; pero para hacerlo se necesitan básicamente dos cosas: aprender a identificar la raíz de los problemas y tener un grupo de trabajo con espíritu de superación.

En resumen, el método propone una forma medianamente simple para disminuir la variabilidad presente en el flujo de trabajo de la industria de la construcción utilizando como base los principios Lean creados para la industria manufacturera. Es interesante que, pese a la gran diferencia presente en ambos mercados, se pueda ver puntos en común y utilizar lo positivo de la industria manufacturera para aplicar y sacar más provecho en la industria de la construcción. Sin embargo, la gran influencia que tiene en la construcción el factor humano puede hacer que no sea simple su implementación; pero de lograrse un real convencimiento de que el sistema es beneficioso para todos, es una herramienta teóricamente muy útil.

5. Implementación del Sistema “Último Planificador”.

5.1. Introducción

En el capítulo IV se detallaron los conceptos fundamentales del sistema de planificación “Último Planificador”. Si la teoría funcionara tan bien en el terreno como lo es en el papel muchos de los problemas típicos que se dan en construcción podrían ser solucionados; pero la gran influencia del factor humano presente en la construcción más la inherente incertidumbre hacen que las cosas no siempre funcionen como en teoría deberían hacerlo. Es por esto que este capítulo es uno de los más importantes en este trabajo de título, ya que acá describiremos el proceso de implementación del sistema “Último Planificador” en la construcción de un proyecto habitacional de mediana altura ubicado en la Quinta Región. La idea es describir detalladamente tanto lo favorable como lo adverso, para poder sacar lecciones de aquello y tener en cuenta que las falencias que detectemos serán los focos que nos servirán para mejorar el sistema.

Comenzaremos haciendo una recopilación de las experiencias de empresas que han implementado el sistema tanto nacional como internacionalmente, para así poder hacernos una idea del tamaño del universo y de los resultados que se han obtenido en esta materia.

En lo que sigue del texto, denominaremos P.A.C. al porcentaje de actividades completadas y C.N.C. a las causas de no cumplimiento.

5.2. Ejemplos Extranjeros.

Este sistema se comenzó a implementar en Estados Unidos, lugar desde donde provenían los creadores del sistema “Último Planificador”. En el texto “The Last Planner System of Production Control” de Glenn Ballard (2000) el autor relata cinco experiencias de implementación obtenidas entre los años 1998 y 1999. A continuación realizaremos un resumen de algunos de estos ejemplos, detallando para cada uno las características, el tiempo de implementación, los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas.

5.2.1. Proyecto Next-Stage.

El proyecto consistía en el diseño y construcción de un conjunto de anfiteatros en distintas ciudades de Estados Unidos. El análisis se realizó en el Texas Showplace, ubicado en Dallas, que fue el primero en ser diseñado y construido.

El tiempo de medición fue de alrededor de 4 meses y abarcó desde el 1 de julio hasta el 4 de noviembre de 1998. El P.A.C. fue medido cada 14 días y el promedio observado correspondió a un 57%. El bajo P.A.C. promedio se debió al pobre registro de las C.N.C. que se llevaba, lo cual impedía aprender de los errores cometidos en forma oportuna. Las principales C.N.C. fueron a falta de cancha y tiempo insuficiente para ejecutar el trabajo. Este tipo de causas nos indican inmediatamente las malas asignaciones de calidad que se realizaron, pues el no ejecutar la cantidad programada de una actividad o no tener cancha para realizarla es responsabilidad del

planificador y no se puede culpar a causas externas, como puede ser por ejemplo por motivos climáticos o falla en las herramientas.

Una de las lecciones que se aprendió luego de esta implementación fue la importancia de tener una ventana de planificación intermedia, en donde se detalle en forma específica qué abarca cada actividad y qué restricciones posee para evitar que la actividad no se realice por no tener cumplido un prerequisite, como ocurrió en este caso con la permanente falta de cancha. Además es fundamental que el administrador del proyecto y el equipo de trabajo entiendan el sistema “Último Planificador” y manifiesten un real compromiso con la metodología de trabajo.

5.2.2. Proyecto One-CCSR

El proyecto consistía en un laboratorio que se construyó para la Universidad de Stanford, y las iniciales significan Centro Clínico de Servicios de Investigación.

Se implementó el sistema entre el 24 de diciembre de 1997 y el 3 de marzo de 1998. El P.A.C. fue medido cada 7 días y el promedio obtenido fue de un 64%. La tendencia del indicador fue a subir y establecerse hacia el final del periodo de medición. Las principales causas de no cumplimiento fueron motivos climáticos (lluvia), prerequisites y problemas con los subcontratistas.

Se aprendió que es importante incorporar a los subcontratistas en el proceso y seleccionarlos no sólo por sus ofertas económicas, sino que también hay que considerar su habilidad y disponibilidad para participar en el sistema “Último Planificador”. Así, cada subcontratista tendrá el estado de las restricciones de cada una de las actividades que deba realizar, teniendo así un mayor control acerca de qué es lo que necesita y cuándo lo necesita. Además se le generará la conciencia de que si él se atrasa no sólo él es el afectado, si no que todas las unidades productivas que vienen detrás de él. Finalmente, en las reuniones semanales de programación no se tocaban temas relacionados con las razones de no cumplimiento ni menos con las acciones correctivas que convenía tomar. Este tema debe ser incorporado, ya que es la base de un aprendizaje a partir de los errores cometidos.

5.2.3. Proyecto del Edificio de Química en Rice University.

Este proyecto, tal como el título lo dice, es la construcción del Edificio de Química en Rice University, ubicado en la ciudad de Houston, Texas.

El sistema se implementó durante 29 semanas, comenzando el 25 de enero de 1999. La primera semana se obtuvo un P.A.C. de 52%, logrando mejorar y estabilizarse aproximadamente en la semana 8. Así el P.A.C. promedio obtenido fue de un 80%. Las principales C.N.C. fueron escasez de mano de obra y fallas en la liberación de prerequisites. El administrador del proyecto involucró a todos los subcontratos e incluso al mandante, quedando absolutamente claro que el compromiso es una herramienta muy efectiva para lograr una buena implementación y, por ende, un mejoramiento en el proceso de planificación. El administrador logró una mejora en el P.A.C. mediante la utilización de incentivos sencillos.

De acá podemos aprender que la incorporación y compromiso de todos los participantes del proyecto es esencial a la hora de implementar el sistema “Último Planificador”. Además se ve que los incentivos pueden ayudar a lograr este compromiso de una manera más rápida y entretenida.

5.2.4. Experiencia en Colombia.

Otras experiencias se han dado en Colombia; pero ya no realizadas por Ballard y Howell. En estudios realizados por Luis Fernando Botero Botero y Martha Eugenia Álvarez Villa, ambos pertenecientes al grupo de Investigación en Gestión de la Construcción de Colombia. El año 2003 se aplicó el sistema “Último Planificador” en proyectos de construcción en la ciudad de Medellín. Aquí participaron 7 empresas que respondieron a una convocatoria abierta hecha por el grupo de investigación. A cada proyecto se le revisó el programa maestro y se le elaboró una planificación intermedia para un horizonte de 5 semanas. Además, se realizó la planificación semanal con la participación de los últimos planificadores y semanalmente se realizaron reuniones de verificación de cumplimiento del programa semanal y causas de no cumplimiento. Se seleccionó un total de 12 obras representativas de los sistemas constructivos empleados en Medellín para construir viviendas. El tiempo de observación fue desde los 3 hasta los 9 meses. El P.A.C. promedio observado fue de un 75,5%. Sin embargo, hubo obras que obtuvieron un P.A.C. superior al 80% y ninguna mostró cifras inferiores al 60% como promedio. Entre las causas de no cumplimiento observadas primaron las fallas por parte del subcontratista y la falta de cancha. Estos factores abarcan un 43.75% de las C.N.C., el resto son causas no controlables por la administración y que son inherentes a la incertidumbre del sector de la construcción, como por ejemplo, malas condiciones climáticas, fallas en el proveedor y cambios de diseño entre otros.

En general se pudo observar que en la medida en que se avanza en la implementación del nuevo sistema, la confiabilidad aumenta. Esto es de esperar, ya que a medida que el tiempo pasa el equipo comienza a tener un mayor grado de conocimiento del sistema y el hecho de poder ver los progresos hace que el equipo se entusiasme más y desee continuar en la senda de la mejora. Al igual que en los otros casos mencionados, podemos ver que el compromiso es un pilar fundamental en la implementación exitosa de este sistema.

5.3. Experiencias Nacionales.

En Chile el “Centro de Excelencia de Gestión de Producción” (G.E.P.U.C.), perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile, desde el año 2000 ha llevado a cabo programas que buscan introducir los principios del Lean Construction en empresas constructoras chilenas. Los registros de los resultados que se han obtenido de la implementación del sistema “Último Planificador” en estas empresas lamentablemente sólo llegan hasta el año 2003 y hasta ese momento el número de implementaciones ascendía a los 77 proyectos. A continuación se detallan algunos ejemplos de implementaciones realizadas en Chile.

5.3.1. Proyecto de Extensión de la Universidad Diego Portales.

El periodo de implementación se realizó entre el 23 de abril y el 14 de julio de 2001. Hay que destacar que era la primera vez que esta empresa realizaba mediciones del porcentaje de actividades completadas y el promedio que se observó fue de un 59%. Sin embargo, no todo el equipo participó en la implementación. Esto se ve reflejado en que la principal C.N.C. observada fue la mala planificación producto de que el programa semanal era impuesto por el administrador y no se logró materializar en un compromiso fiable de parte de los últimos planificadores. Esta causa alcanza el 46% del total de las C.N.C..

De acá se puede desprender que es fundamental motivar la participación de los distintos estamentos involucrados en la obra para lograr un adecuado nivel de compromiso de parte de ellos.

5.3.2. Proyecto Edificio de la Marina de Chile.

El proyecto consistía en la renovación del edificio de la Marina de Chile, ubicado en la V región del país. El periodo de implementación fue entre el 26 de marzo y el 2 de julio de 2001. El P.A.C. se midió en forma semanal y alcanzó un promedio de 82%. En este proyecto se observó una buena implementación del sistema “Último Planificador”. La principal C.N.C. se debió a fallas en los compromisos adquiridos por parte de los subcontratistas, alcanzando un 28% del total. Con casi un igual porcentaje de incidencia está la indefinición del proyecto.

Esta experiencia reafirma que es necesario incorporar a los subcontratistas en la implementación del sistema “Último Planificador”, ya que no basta que sólo los personajes de la empresa lo hagan pues la construcción se basa en el trabajo en equipo y, si una parte falla, todos se ven afectados de una u otra manera.

5.3.3. Proyecto Industrial.

El proyecto consiste en un montaje industrial liviano de galpones de 200 m² cada uno. El periodo de observación fue entre el 10 de diciembre de 2001 hasta el 04 de marzo de 2002.

El P.A.C. promedio fue de un 89%. En este caso el contratista general invitó a todos los subcontratos a participar de la implementación del sistema. Las C.N.C. fueron responsabilidad en un 38% del mandante, en un 24% del contratista general y en un 38% de los subcontratistas. Dado esto, se incrementó la participación de ellos en las reuniones semanales de planificación. Incluso, se invitó a los subcontratistas a medir su propio indicador de productividad, lo cual fue beneficioso para todo el proyecto.

De acá nuevamente podemos concluir que se justifica plenamente incorporar a los diferentes actores del proyecto para obtener un mejor control en el flujo de trabajo y mejorar considerablemente nuestro P.A.C.

Finalmente, realizaremos un resumen del total de casos registrados por el G.E.P.U.C. hasta el año 2003. El tiempo de implementación del sistema “Último Planificador” varió desde 1 hasta 15 meses. El promedio del P.A.C. alcanzado por todos los proyectos que se registraron

durante esos tres años ascendió a un 65%. Para identificar las causas de no cumplimiento que dominaron durante la implementación se dividió en dos grupos a los proyectos: los que presentaron un P.A.C. sobre el promedio y los que no. En las figuras 5.1 y 5.2 mostraremos las C.N.C. encontradas en ambos grupos de proyectos.



Figura 5.1.: C.N.C. en Proyectos con P.A.C. sobre el Promedio

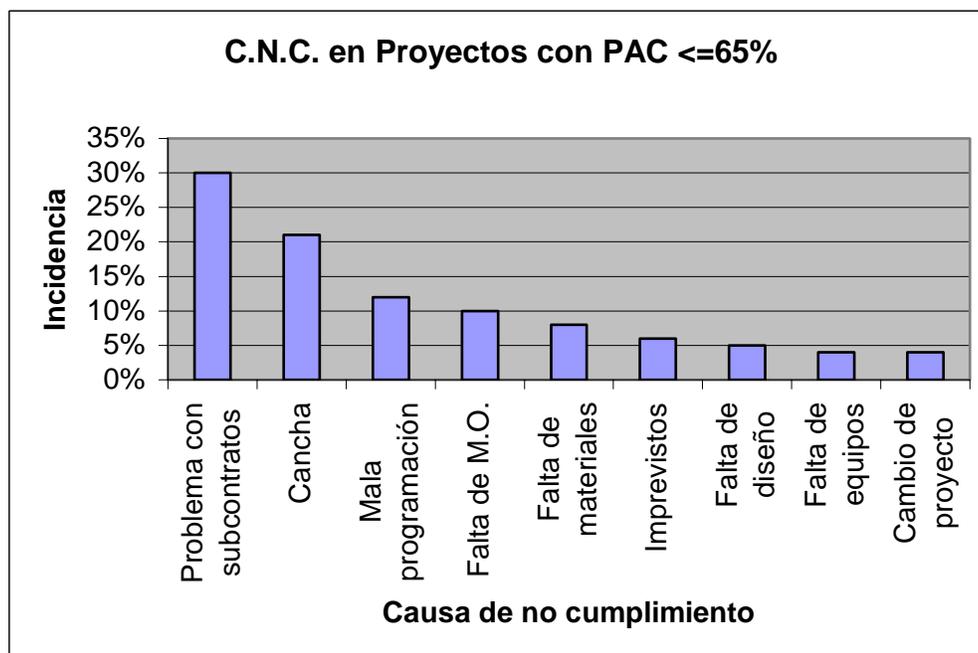


Figura 5.2.: C.N.C. en Proyectos con P.A.C. bajo el Promedio

Como se puede ver, en los casos de los proyectos con P.A.C. sobre el promedio se puede decir que la principal causa son los problemas con los subcontratistas. El resto de las causas presentan un mucho menor porcentaje de incidencia. Al contrario, en la figura 5.2. vemos que en los proyectos con un P.A.C. bajo el promedio, si bien también dominan los problemas con los subcontratos, la diferencia porcentual con el resto de las causas no es tan amplia. Falta de cancha y mala programación son las causas que siguen a los problemas con los subcontratos.

Luego de realizar un resumen de los casos extranjeros y nacionales, viendo las principales causas de no cumplimiento y logros alcanzados en algunos de los proyectos analizados, procederemos a detallar cómo se implementó el sistema “Último Planificador” en el proyecto Mirador Bahía, lo cual sirvió para realizar el presente trabajo de título

5.4. Implementación del sistema “Último Planificador”.

El proyecto “Mirador Bahía” es en donde se implementó el sistema. Este proyecto está siendo construido por una la empresa constructora DESCO S.A. en la quinta región del país. La fecha de inicio de las faenas fue el día 2 de abril de 2007 y la fecha prevista de término es el 01 de junio de 2008. El proyecto consta de tres edificios de seis pisos cada uno, por lo que se planificó enfrentar la construcción de la obra gruesa utilizando tres frentes de trabajo. Cada edificio posee dos sectores, que se denominarán como se indica:

- Edificio 1: posee sectores A y B.
- Edificio 2: posee sectores C y D.
- Edificio 3: posee sectores E y F.

La implementación comenzó cuando se dio inicio a la construcción de la obra gruesa del primer edificio, ya que antes no valía la pena hacerlo debido a que se estaba trabajando con subcontratos que finalizarían su trabajo en poco tiempo. A continuación detallaremos la metodología de implementación del sistema “Último Planificador” en el proyecto.

5.4.1 Metodología de Implementación

5.4.1.1. Reunión de Conocimiento del Grupo de Trabajo.

Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier método de trabajo es conocer al grupo con el cual se interactuará. Para ello, fue necesario reunir al grupo de trabajo que estaría involucrado en la implementación del sistema “Último Planificador”. Se realizó una reunión en donde se explicó brevemente cuáles son los principios que están detrás del sistema, cómo se implementa, qué indicadores se medirán y qué resultados se esperan obtener.

Los integrantes a esta reunión fueron el administrador del proyecto, el jefe de obra, el jefe de terreno, el asistente técnico y yo. El nivel de explicación del aspecto teórico fue más bien simple. No se les dio nombre a las etapas del sistema; pero sí se explicó en qué consistía cada una. Se dijo que cada actividad tenía restricciones que impedían que ésta se realizara y había que

focalizarse en realizar un seguimiento a cada una de estas restricciones para liberarlas y permitir la ejecución de la actividad en la fecha que estaba programada. También se habló de los indicadores que se medirían y de los resultados que se esperaban obtener. La idea era ir introduciendo de a poco los conceptos del sistema y, a medida que se fueran poniendo en práctica, fueran aprendiéndolos. En otras palabras, se definieron tareas que permitirían poco a poco ir implementando diferentes elementos del sistema.

En la reunión se enfatizó que no se buscaba imponer las actividades a realizar semanalmente, si no que se necesitaba un compromiso real para que efectivamente supieran decir que “no” cuando vieran que una actividad programada no podría ser realizada para poder obtener un proceso de planificación confiable y transparente. La idea fue acogida por los involucrados y se mostraron abiertos a participar en esta nueva forma de planificación.

5.4.1.2. Desarrollo de la Planificación Intermedia (P.I.)

El proceso de planificación intermedia busca tener un horizonte de planificación mayor a una semana con el objetivo de adelantarnos a los problemas que se pueden presentar al momento de tratar de ejecutar una actividad en su fecha programada. El intervalo de tiempo establecido para analizar las actividades fue de 4 semanas ya que el tiempo de respuesta por parte de los proveedores no requería más.

Posterior a esto, se revisó el programa marco para ver qué actividades estaban programadas durante las próximas cuatro semanas. Cada actividad ingresó a una planilla (ver figura 4.4) en donde se detallaban las fechas de inicio y término programadas, las restricciones de cada actividad, el responsable de su ejecución y de su seguimiento. Las restricciones consideradas para las actividades fueron cancha, materiales, mano de obra, diseño, equipos o herramientas y listas de chequeo. Esta última restricción está relacionada con programa de control de calidad que se realiza al interior de la empresa.

Semanalmente se debían revisar los siguientes puntos:

- Aumento en una semana de nuestro horizonte de trabajo.
- Revisión del estado de las restricciones de las actividades.
- Incorporación de actividades posibles de realizar; pero que no hayan sido incorporadas desde un principio en la planificación intermedia por haber considerado poco probable que fueran realizadas.
- Informe del estado de restricciones a agentes involucrados.
- Identificación de tareas liberadas para la actualización del inventario de trabajo ejecutable.
- Identificación de las tareas que deberían haber sido liberadas para la semana siguiente.

Para revisar estos puntos con tranquilidad, durante la implementación se decidió fijar reunión en forma semanal los días viernes con el jefe de obra del proyecto. Se decidió focalizar en él al equipo en terreno ya que es la persona que organiza los recursos y las estrategias de trabajo.

5.4.1.3. Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable

Como se revisó en el capítulo 4.4.3. al liberar las restricciones de una actividad ésta se transforma en ejecutable. En esta implementación no se trabajó precisamente con un inventario de trabajo ejecutable, es decir, las actividades pasaban de la planificación intermedia a la revisión de los últimos planificadores y a la programación semanal en caso de ser escogidas como asignaciones de calidad. No había una lista “física” llamada inventario de trabajo ejecutable; pero indirectamente se trabajó con ella.

5.4.1.4. Reunión de Planificación Semanal.

Todos los días martes se realizaba una reunión de planificación semanal. Los puntos a tratar eran los siguientes:

- Lectura del acta de la reunión anterior.
- Comentarios acerca de los puntos pendientes del acta anterior.
- Revisión del P.A.C. de la semana anterior.
- Comentarios acerca de las C.N.C.
- Distribución de la programación tentativa para la semana siguiente.
- Revisión y definición del plan de trabajo semanal definitivo.
- Revisión de las restricciones del horizonte de trabajo.
- Comentario acerca de temas varios ocurridos en la semana.

Estas reuniones generaron una instancia de conversación muy productiva para todos, ya que se planteaban inconvenientes surgidos durante la semana y entre todos se comentaban las soluciones aplicadas a ellos. Además, los participantes al revisar la programación tentativa y proponer cambios a ella según lo que creen que pueden hacer durante la semana, generan un compromiso y se sienten más incorporados a todo el proceso.

5.4.1.5. Indicadores a Medir.

Los indicadores son una buena forma de ver qué tanto ha influido la implementación del sistema en la evolución de la obra. El control se enfocará en las tres actividades principales de la obra gruesa: colocado de moldajes, enfierradura y hormigonado. Los datos que mediremos serán:

- P.A.C. y C.N.C. Ambos se medirán a mediados y a fines de cada semana. La idea de medir en la mitad de la semana en curso el porcentaje de actividades completadas para identificar aquellas tareas que no han sido comenzadas o no llevan el avance estimado según lo programado y poder tomar acciones correctivas a tiempo.
- Cantidad de fierro, moldaje y hormigón colocados semanalmente para realizar la curva de producción o avance físico. Esta curva la contrastaremos con la curva de producción teórica según lo programado inicialmente en el diagrama de barras. Así podremos compararnos gráficamente con la curva teórica y ver si estamos atrasados o adelantados con respecto a ella. Ambos estados son positivos, ya que

si notamos un atraso estaremos a tiempo de corregirlo y si estamos adelantados servirá de incentivo para el grupo de trabajo.

- Productividad de los trabajadores pertenecientes a las tres especialidades analizadas. Determinaremos las características de las actividades realizadas por los trabajadores, clasificándolas como productivas, no productivas, contributorias o detenciones autorizadas. En teoría si se estabiliza el flujo de trabajo la productividad de los trabajadores debería aumentar y eso precisamente es lo que verificaremos con estas mediciones.

Todos los indicadores medidos semana a semana se registrarán para tener estadísticas de la evolución que hayan experimentado a lo largo de la obra.

5.4.1.6. Periodo de Implementación del Sistema.

El periodo total de implementación fue de 11 semanas que abarcaron desde el día jueves 10 de mayo de 2007 hasta el día viernes 27 de julio de 2007. El calendario asociado de la obra era de lunes a viernes, exceptuando los días festivos.

Antes de pasar a revisar los resultados de la implementación considero importante decir que durante la implementación del sistema todos los puntos antes mencionados se pudieron ejecutar, excepto la reunión planificada con el jefe de obra. Esta reunión pudo realizarse sólo en contadas ocasiones debido a la ocupada agenda que él tenía. En reemplazo de esto, en algunas ocasiones las restricciones fueron revisadas en conjunto con el jefe de terreno y posteriormente mostradas al jefe de obra para que las revisara nuevamente. Consideré importante comentar esto antes de pasar a revisar los resultados obtenidos, ya que es una variación con respecto a la metodología de implementación planteada inicialmente. Sin embargo, en el capítulo VI analizaremos con más detalles los pro y los contra que se tuvieron durante la implementación.

5.4.2. Resultados de la Implementación.

A continuación mostraremos los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema “Último Planificador” en la obra Mirador Bahía.

5.4.2.1. Porcentaje de Actividades Completadas (P.A.C.).

Como ya se dijo en párrafos anteriores, semanalmente se midió el porcentaje de actividades programadas ejecutadas. En esta obra, dado que las reuniones de planificación semanal se realizaban los días martes en la mañana, la semana se consideraba de martes a lunes. Todos los días martes se repartía la programación para la semana que se iniciaba. Durante la semana se realizaban dos controles del P.A.C.:

- **Primer Control: P.A.C. a Mitad de Semana.**

El primer control era el día viernes en la mañana y se comparaba lo realizado hasta el día anterior con lo programado para esa semana hasta ese día. Esta medición era llamada “P.A.C. de mitad de semana” y para mayor claridad en la figura 5.3 podemos ver un ejemplo que se midió en la obra una semana cualquiera.

Nº	ACTIVIDAD	MARTES 19	MIÉRCOLES 20	JUEVES 21	VIERNES 22	LUNES 25	Resp.		% Avance		Motivo
							Ejecución	PAC	Real	Teórico	
1	Fierro muros y pilares piso 3 sector A	x	x				JB	1	100	100	
2	Moldaje muros y pilares piso 3 sector A	x	x				HC	1	100	100	
3	Hormigón muros y pilares piso 3 sector A	x	x				LB	1	100	100	
4	Moldaje losa piso 3 sector A	x	x	x	x		HC	1	100	100	
5	Fierro viga y losa piso 3 sector A	x	x	x	x		JB	0	90	100	lluvia
6	Hormigón losa piso 3 sector A			x	x		LB	0	0	100	lluvia
7	Fierro muros piso 3 sector B	x	x	x	x		JB	1	100	100	
8	Moldaje muros piso 3 sector B			x	x	x	HC	0	95	100	lluvia
9	Hormigón muros piso 3 sector B			x	x	x	LB	0	90	100	lluvia
10	Moldaje losa piso 3 sector B			x	x	x	HC	0	25	50	lluvia
11	Fierro losa piso 3 sector B			x	x	x	JB	0	0	50	lluvia
12	Hormigón losa piso 3 sector B					x	LB	*	0	0	
13	Fierro muros y pilares piso 4 sector A					x	JB	*	0	0	
14	Moldaje muros y pilares piso 4 sector A					x	HC	*	0	0	
15	Hormigón muros y pilares piso 4 sector A					x	LB	*	0	0	
16	Emplantillado edificio C	x	x				HC	1	100	100	
17	Fierro fundaciones edificio C	x	x	x	x	x	JB	0	70	86	lluvia
18	Moldaje fundaciones edificio C		x	x	x	x	HC	1	70	50	
19	Hormigón fundaciones edificio C			x	x	x	LB	1	70	20	
20	Emplantillado edificio D					x	HC	1	70	0	
21	Trazados y niveles generales edificio E y F	x	x	x	x	x	HC	1	100	80	
22	Excavación de fundaciones edificio E y F		x	x	x	x	HC	0	5	15	lluvia
23	Instalaciones provisionarias: Alcantarillado	x	x	x	x	x	HC	0	91	100	prioridad
24	Instalaciones provisionarias: Agua Potable	x	x	x	x	x	HC	0	90	100	prioridad
								PAC (%)	50		

Figura 5.3. Ejemplo de Medición de P.A.C. a Mitad de Semana.

Desde la semana del 5 de junio de 2007 se llevó un control de los porcentajes de actividades completadas a mitad de semana. En la planilla de control se coloca un 1 si la actividad presenta un porcentaje de avance físico mayor o igual que el porcentaje de avance físico teórico según programación y un 0 si no se cumple esta condición. Al adoptar este criterio, las actividades que adelantan su inicio también se consideran dentro del porcentaje de actividades completadas. Si vemos el ejemplo de la figura 5.3 vemos que la actividad 20 consistente en “Emplantillado del edificio D” debería comenzar el día viernes, sin embargo, pudo comenzar antes de esta fecha. Por lo tanto, al realizar el control el viernes en la mañana ya llevaba un 70% de avance físico y no un 0% como debería haber sido si hubiera comenzado en la fecha programada. Es por esto que se coloca un 1 a esta actividad en la columna respectiva. Además, como lo importante es tomar acciones correctivas a tiempo, en el caso de las actividades que presentaron un avance físico real menor al programado se indica el motivo del no cumplimiento. Las C.N.C. representan las causas por las cuales el plan de trabajo semanal no es completado según lo programado.

1. Mala programación
2. Falta de cancha (prerrequisitos).
3. Planos defectuosos.
4. Falta de mano de obra.
5. Problemas con contratistas.
6. Problemas con proveedores.
7. Falla o falta de equipos.
8. Bajo rendimiento de la mano de obra.
9. Falta de materiales.

10. Mala ejecución del trabajo (lo que implica rehacer el trabajo).
11. Indefinición o cambios del proyecto.
12. Cambio en prioridades de asignación de recursos.
13. Condiciones climáticas adversas.

Por ejemplo, en la figura 5.3 la actividad 17 consistente en “Fierro de fundaciones edificio C” hasta el día jueves sólo presentó un avance físico de un 70% habiéndose programado que hasta ese día la actividad debería tener un 86% de avance físico. Es por esto que se coloca la actividad como no completada y se acota que el motivo del no cumplimiento fueron razones climáticas adversas.

Habiendo explicado detalladamente el procedimiento para completar la planilla de control del P.A.C. a mitad de cada semana, mostraremos los resultados obtenidos hasta el 27 de julio de 2007.

Semana	Fecha inicio	Fecha término	PAC [%]	PAC acumulado
1	5/06/07	11/06/07	85%	85%
2	12/06/07	18/06/07	82%	84%
3	19/06/07	25/06/07	50%	72%
4	26/06/07	29/06/07	81%	75%
5	3/07/07	9/07/07	82%	76%
6	10/07/07	13/07/07	72%	75%
7	17/07/07	23/07/07	94%	78%
8	24/07/07	30/07/07	69%	77%

Figura 5.4: P.A.C. Medido a Mitad de Semana.

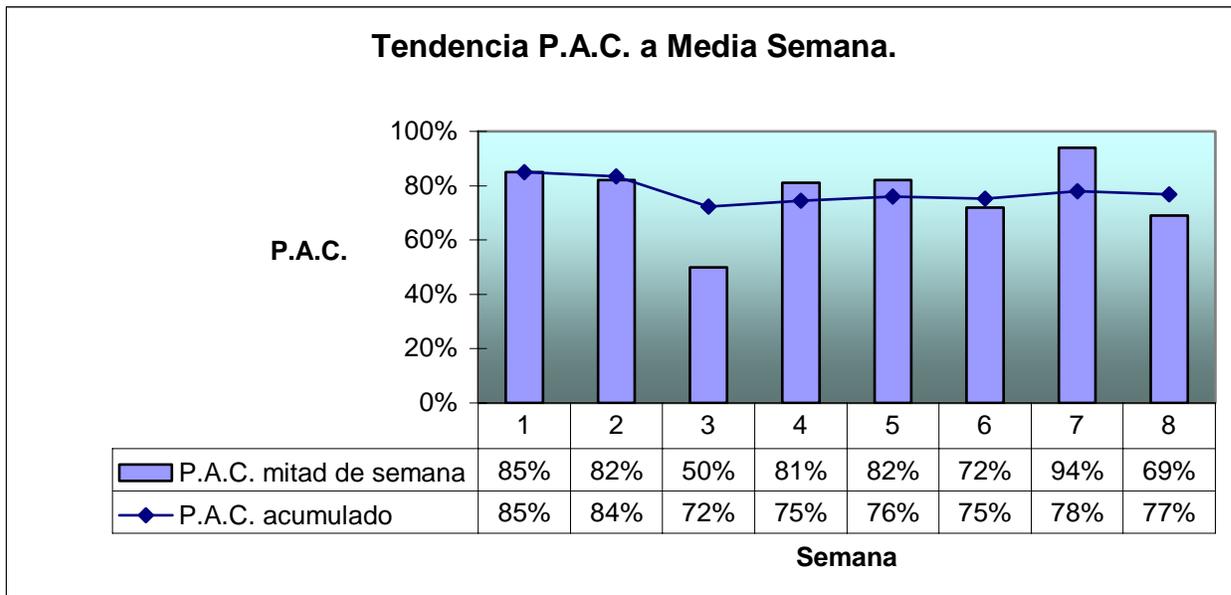


Figura 5.5.: Gráfico de la Tendencia del P.A.C. a Mitad de Semana.

Como podemos ver, el P.A.C. a mitad de semana tiende a mantenerse levemente superior a un 80% excepto en la semana del 19 al 25 de junio, en donde hubo una semana lluviosa lo cual impidió ejecutar las actividades según lo programado. También en la semana 8 hubo un bajo P.A.C. principalmente a problemas de diseño en uno de los edificios. El P.A.C. promedio final de las 8 semanas fue de un 77%.

Las causas de no cumplimiento que predominaron se muestran en la figura 5.6.

Causa de no Cumplimiento	Origen del no Cumplimiento	Frecuencia	Porcentaje
Mala programación	interno	1	3%
Falta de cancha	interno	2	6%
Planos defectuosos	externo	5	16%
Falta de M.O.	interno	0	0%
Problema con contratistas	externo	1	3%
Problema con proveedores.	externo	0	0%
Falta o falla de equipos	interno	0	0%
Bajo rendimiento M.O.	interno	0	0%
Falta de materiales	interno	2	6%
Mala ejecución del trabajo.	interno	0	0%
Indefinición o cambio de proyecto	externo	2	6%
Cambio en prioridades	interno	9	28%
Motivos climaticos	externo	7	22%
Mandante	externo	0	0%
Falta de permisos	externo	3	9%
TOTAL		32	100%

Figura 5.6: Principales causas de no Cumplimiento Observadas.

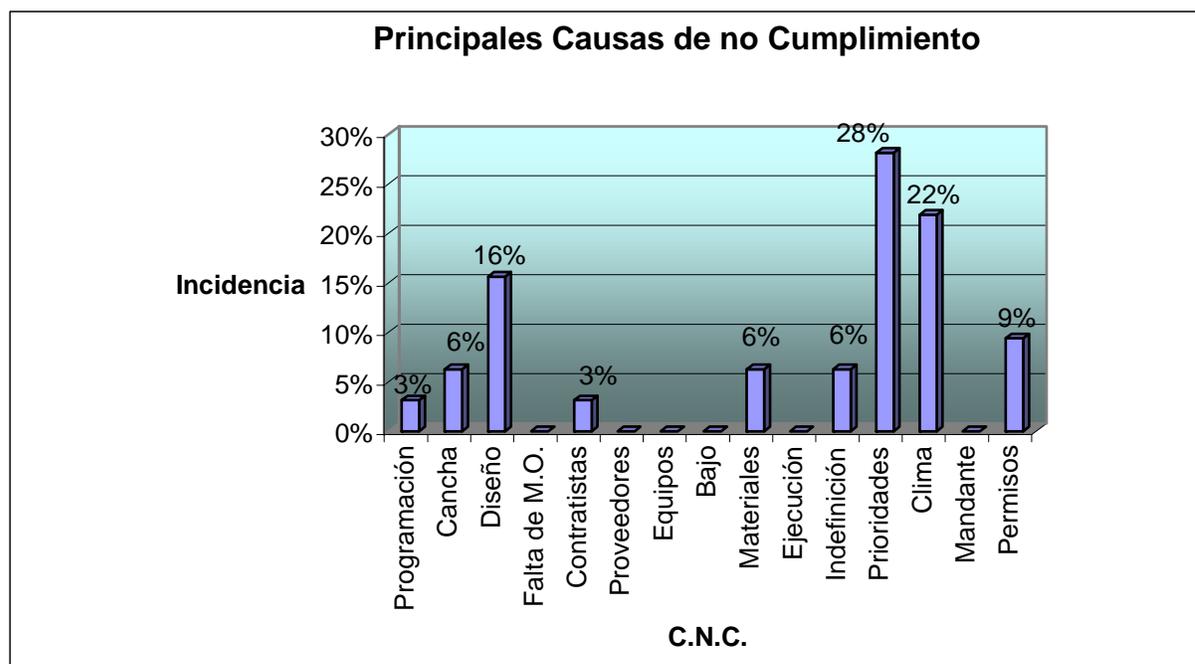


Figura 5.7. Gráfico de las Principales C.N.C. Observadas.

Según podemos ver, de un total de 32 causas de no cumplimiento observadas en estas 8 semanas de análisis la mayoría de las C.N.C. se debieron a cambio en las prioridades de asignación de recursos con un 28% y a condiciones climáticas adversas con un 22% de incidencia. Durante varias semanas se había programado terminar las instalaciones provisionales, en particular, el tema de agua potable y alcantarillado. Sin embargo, se decidió priorizar la asignación de recursos a la obra gruesa descuidando las instalaciones provisionales. Es por esto que hubo una alta incidencia de la causa de no cumplimiento referida al cambio en las prioridades de asignación de recursos durante el periodo analizado. Las condiciones climáticas adversas también jugaron en contra, lo cual es de esperar al realizar un proyecto en invierno.

Del total de causas de no cumplimiento un 56% son atribuibles a causas internas y un 44% a causas externas. ¿Qué quiere decir esto? Que un 44% de las actividades no pudieron ejecutarse según lo programado debido a causas manejables por la empresa (internas). El resto de las actividades no se ejecutó según lo programado por motivos que no dependían de la empresa constructora (externos).

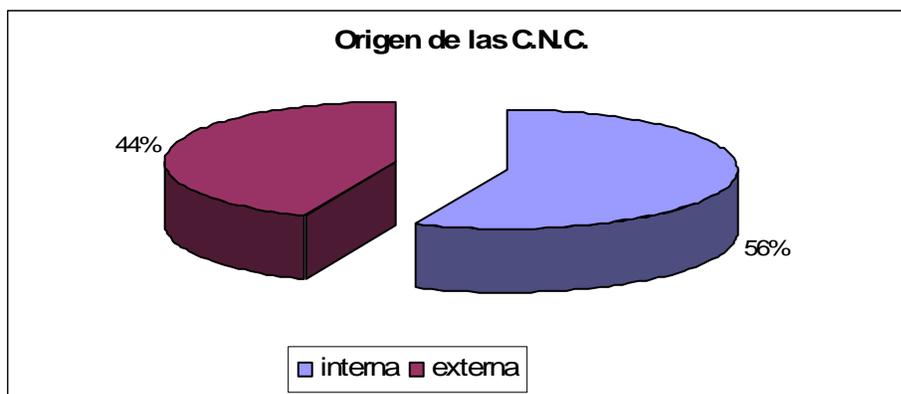


Figura 5.8. Distribución de las C.N.C.

- **Segundo Control: P.A.C. al Final de la Semana.**

Los mismos puntos estudiados a mitad de semana se realizaron al final de cada semana programada. La única diferencia es que el P.A.C. al final de cada semana se comenzó a controlar dos semanas antes que el caso de mitad de semana, es decir, los datos presentados van desde el 22 de mayo hasta el 27 de julio de 2007.

La planilla de control es igual a la mostrada en la figura 5.3. La única diferencia es la fecha de control, que en este caso fue el día martes a primera hora. En la figura 5.9 mostraremos los valores medidos del P.A.C. al final de cada semana estudiada.

Semana	Fecha inicio	Fecha término	PAC [%]	PAC acumulado
1	22/05/07	26/05/07	60%	60%
2	28/05/07	1/06/07	55%	58%
3	5/06/07	11/06/07	89%	68%
4	12/06/07	18/06/07	86%	73%
5	19/06/07	25/06/07	71%	72%
6	26/06/07	29/06/07	76%	73%
7	3/07/07	9/07/07	81%	74%
8	10/07/07	16/07/07	72%	74%
9	17/07/07	23/07/07	80%	74%
10	24/07/07	31/07/07	82%	75%

Figura 5.9: P.A.C. Medido al Final de la Semana.

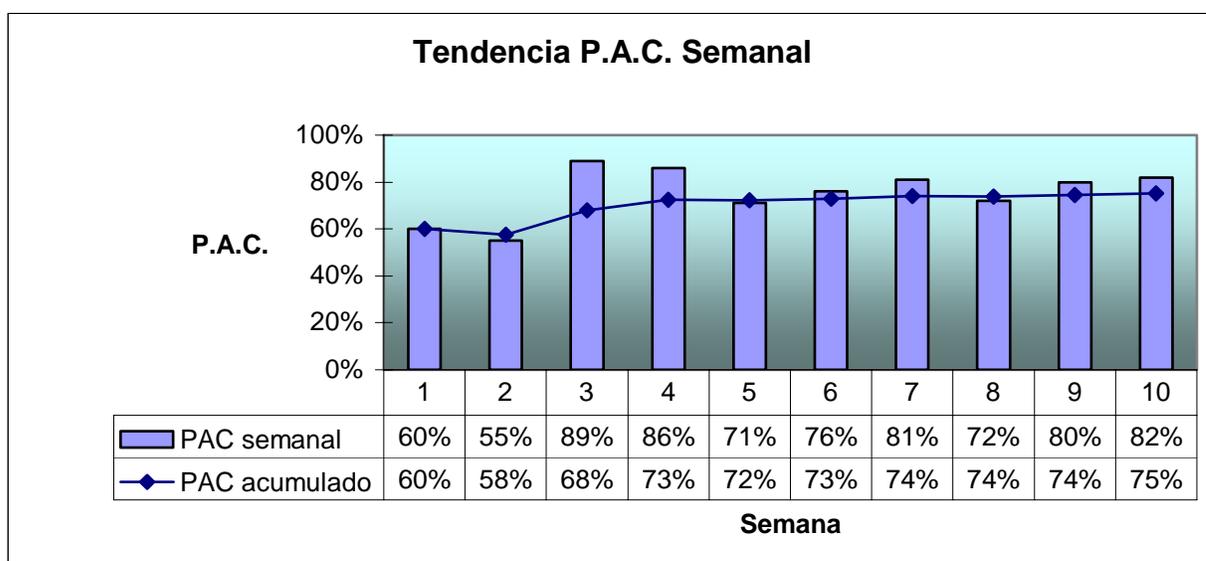


Figura 5.10: Tendencia P.A.C. Medido al Final de cada Semana.

El P.A.C. promedio después de estas 10 semanas de medición fue de un 75%. Los menores valores obtenidos fueron durante las 2 primeras semanas de implementación, lo cual es normal ya que es un periodo de adaptación. Además el sistema no se implementa inmediatamente, cuesta que el grupo de trabajo tome el ritmo de las nuevas labores que tiene que hacer. De hecho, aún en la décima semana, el sistema no se encuentra implementado en un 100%.

Las C.N.C. más frecuentes se muestran en la figura 5.11 y 5.12. Aquí podemos observar que se mantiene como alta causa de no cumplimiento el cambio de prioridades en la utilización de recursos. Las adversidades climáticas aún están presentes; pero bajaron su incidencia en comparación a las C.N.C. a mitad de semana. Esto quiere decir que se logró remontar el atraso provocado a mitad de semana por la lluvia. Siguiendo este mismo análisis, también se logró remontar el atraso existente a mitad de semana en ciertas actividades por falta de material, ya que en el P.A.C. semanal no figuran actividades que no hayan podido ser ejecutadas por este motivo.

Causa de no cumplimiento	Origen no cumplimiento	Frecuencia	Porcentaje
Mala programación	interno	2	6%
Falta de cancha	interno	1	3%
Planos defectuosos	externo	7	21%
Falta de M.O.	interno	0	0%
Problema con contratistas	externo	2	6%
Problema con proveedores.	externo	0	0%
Falta o falla de equipos	interno	0	0%
Bajo rendimiento M.O.	interno	0	0%
Falta de materiales	interno	0	0%
Mala ejecución del trabajo.	interno	0	0%
Indefinición o cambio de proyecto	externo	2	6%
Cambio en prioridades	interno	6	18%
Motivos climáticos	externo	6	18%
Mandante	externo	0	0%
Falta de permisos	externo	7	21%
TOTAL		33	100%

Figura 5.11: Principales C.N.C. observadas.

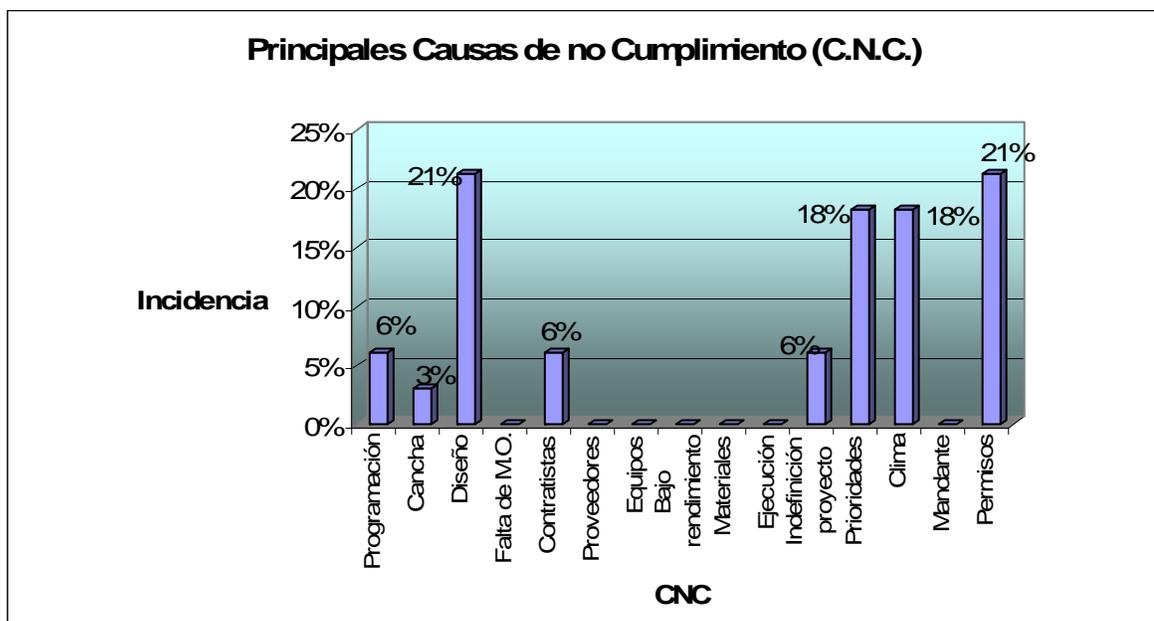


Figura 5.12. Gráfico de las Principales C.N.C. Observadas.

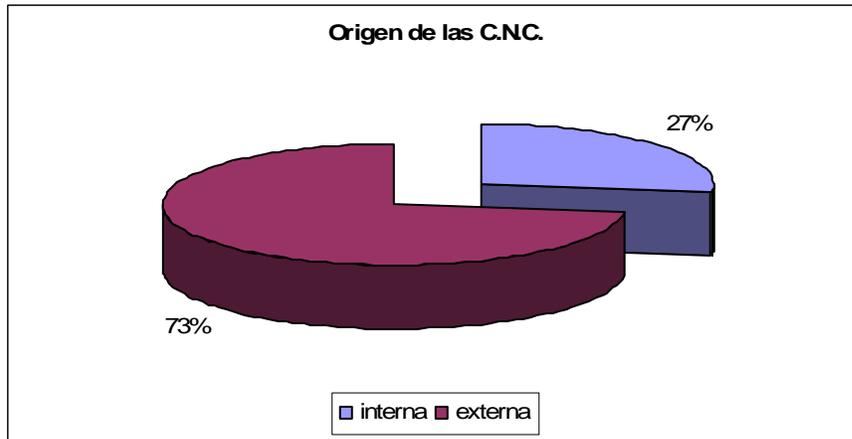


Figura 5.13. Distribución de las C.N.C.

Como podemos ver en la figura 5.13 sólo el 27% de las C.N.C. son de responsabilidad de la empresa constructora.

Ahora bien, sería bueno comparar en un mismo gráfico los porcentajes de actividades completadas a mitad de la semana como a fines de la semana, para poder realizar la comparación en forma más fácil. En la figura 5.14 podemos observar ambos porcentajes de actividades completadas.

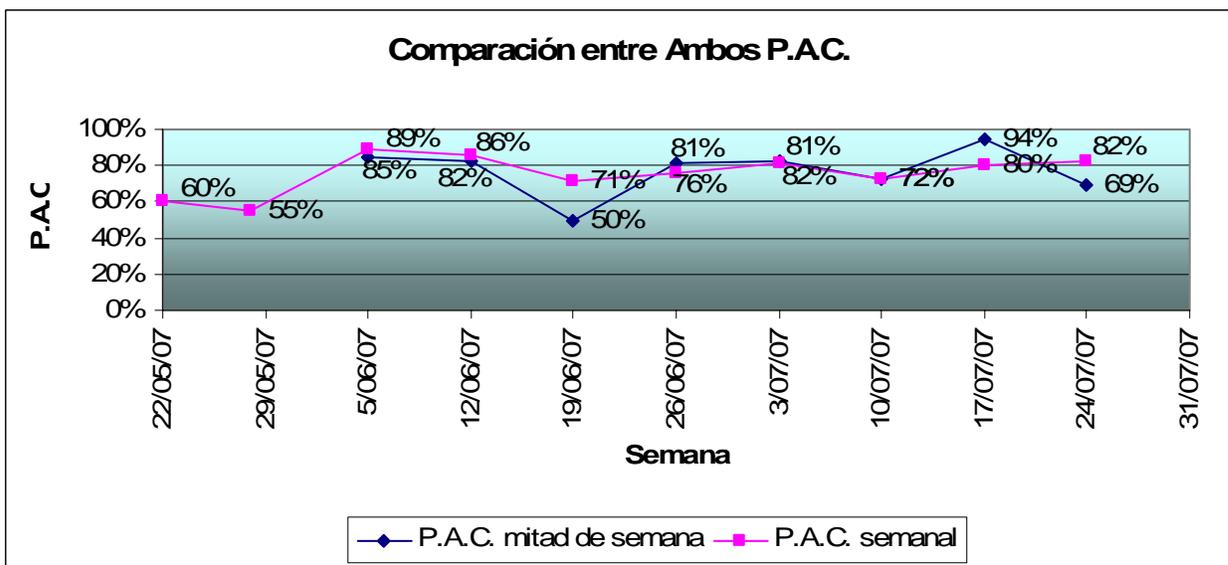


Figura 5.14: Comparación de P.A.C. Semanal y P.A.C. a Mitad de Semana.

En general, el porcentaje de actividades al final de la semana es mayor que el medido a mitad de la misma semana, excepto en el caso de la semana del 26 de junio al 02 julio de 2007 y en la semana del 17 al 23 de julio de 2007. Se nota claramente en ambos P.A.C. que la semana del 19 al 25 de junio de 2007 hubo condiciones climáticas adversas, ya que en ambas mediciones se observa una baja del porcentaje de actividades completadas.

5.4.2.2. Curvas de Avance Físico.

Semanalmente no sólo medimos el porcentaje de actividades programadas completadas, sino que también el avance físico de la obra. Como ya dijimos antes, se focalizó el control de la producción en las tres actividades características de la obra gruesa: enfierradura, moldajes y hormigonado. Primero se realizó la curva de producción teórica según el diagrama de barras inicial del proyecto para cada una de las especialidades mencionadas. Estas curvas consideraron los dos primeros edificios, ya que el tercer edificio no alcanzará niveles de avance relevantes al momento de entregar esta memoria.

- *Curva de Avance Físico de Colocación de Armaduras.*

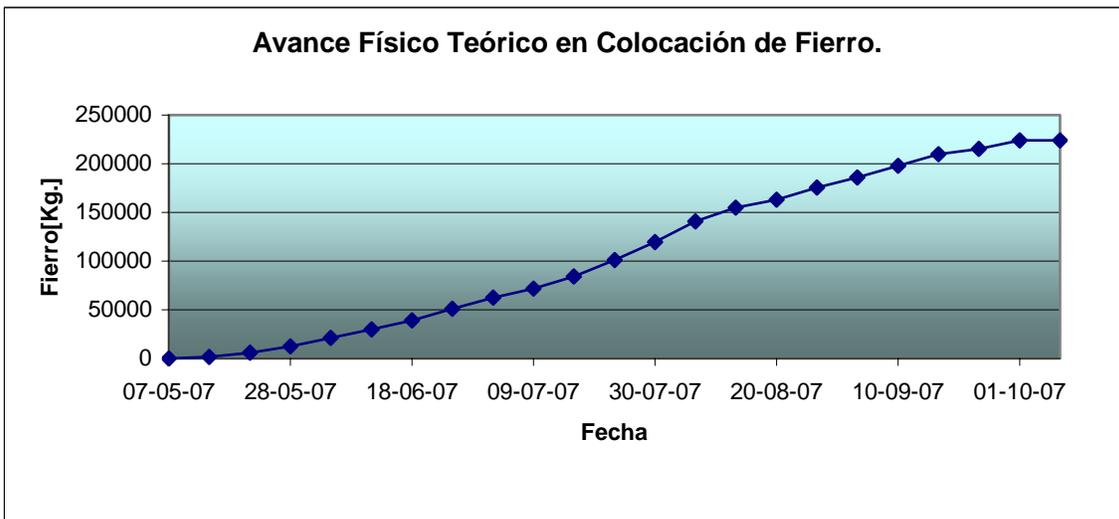


Figura 5.15: Curva Teórica de Producción de Armaduras.

- *Curva de Avance Físico de Colocación de Moldajes.*

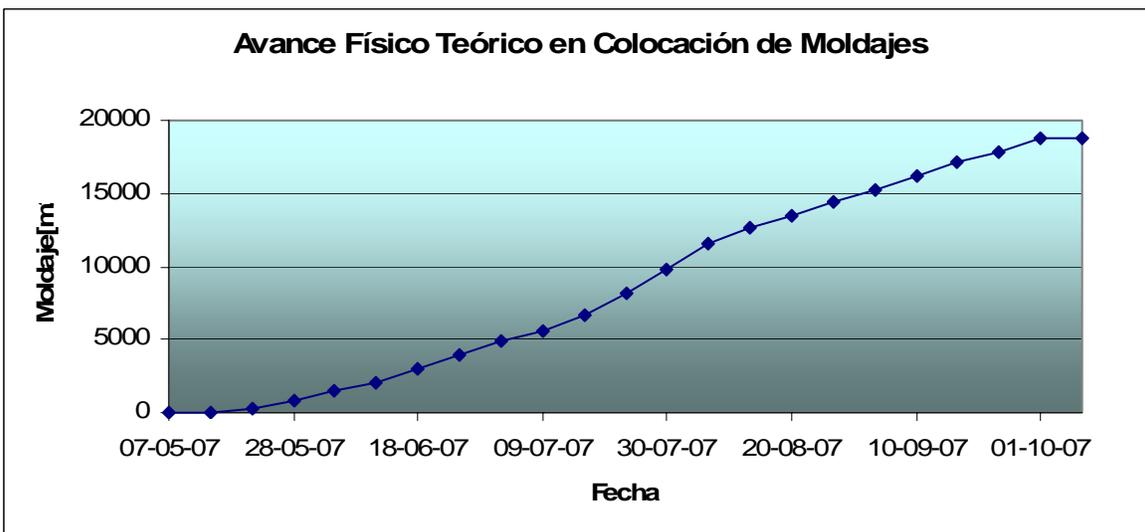


Figura 5.16: Curva Teórica de Producción de Moldajes.

- **Curva de Avance Físico Teórica de la Colocación de Hormigón.**

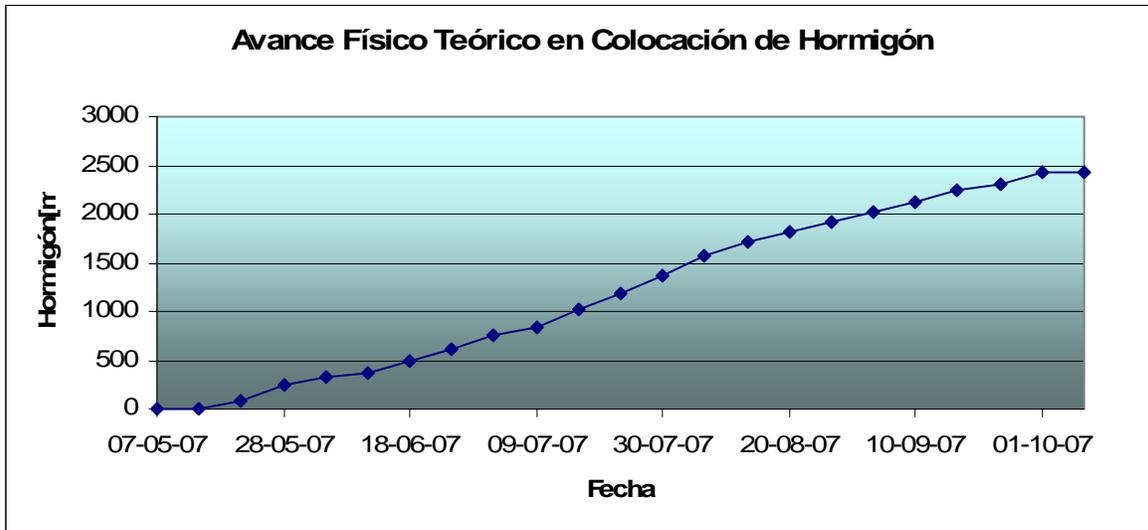


Figura 5.15: Curva Teórica de Producción de Hormigón.

Entonces, sólo nos queda comparar esta curva con lo que efectivamente pasará en terreno al momento de colocar los materiales. Se graficará la curva de producción real y la teórica en un mismo gráfico con el objetivo de poder comparar más fácilmente. El seguimiento se realizó en forma semanal.

Para mayor claridad en los datos se mostrarán las tablas con los valores de la colocación de cada material, ya que en los gráficos sólo se observa la tendencia y no los valores exactos. A continuación se muestran los gráficos.

Fecha	REAL		
	Armaduras [Kg.]	Moldajes [m2]	Hormigón [m3]
15/05/2007	1878	65	41
22/05/2007	8580	240	113
29/05/2007	23676	1399	286
05/06/2007	26723	1544	303
12/06/2007	33675	2836	439
19/06/2007	48069	3964	585
26/06/2007	55361	4819	696
03/07/2007	72020	5667	855
10/07/2007	87716	7117	1060
17/07/2007	95371	7963	1141
24/07/2007	105146	9318	1196

Figura 5.16: Avances Físicos Medidos en Terreno.

Fecha	TEÓRICO		
	Armaduras	Moldajes	Hormigón
	[Kg.]	[m2]	[m3]
07/05/2007	0	0	0
14/05/2007	1440	218	0
21/05/2007	5886	805	86
28/05/2007	12574	1496	243
04/06/2007	21281	1496	317
11/06/2007	29732	2056	377
18/06/2007	38895	2938	480
25/06/2007	51323	3911	613
02/07/2007	62276	4844	754
09/07/2007	71745	5638	843
16/07/2007	84073	6645	1012
23/07/2007	100899	8195	1191
30/07/2007	119756	9802	1375
06/08/2007	140977	11586	1580
13/08/2007	154829	12704	1723
20/08/2007	163227	13445	1807
27/08/2007	175668	14365	1922
03/09/2007	185994	15299	2018
10/09/2007	197930	16218	2131
17/09/2007	209656	17174	2239
24/09/2007	215478	17835	2313
01/10/2007	224041	18836	2424
08/10/2007	224041	18836	2432

Figura 5.17: Avances Físicos Teóricos.

- *Curva de Avance Físico Real de la Colocación de Armaduras.*

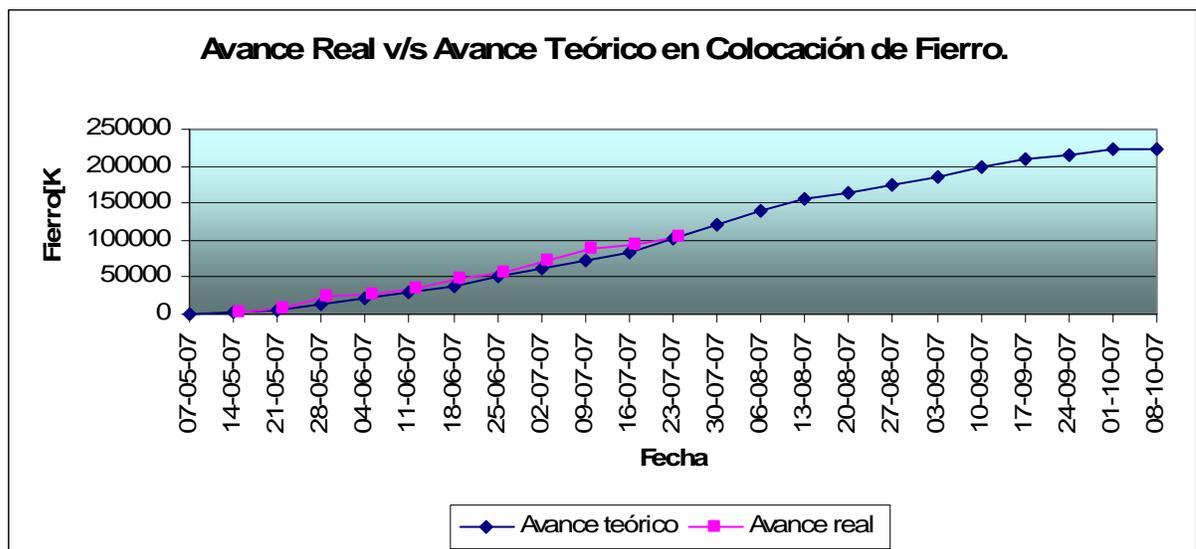


Figura 5.18: Curvas teórica y real de Producción para Armaduras.

- *Curva de Avance Físico Real de la Colocación de Moldajes.*

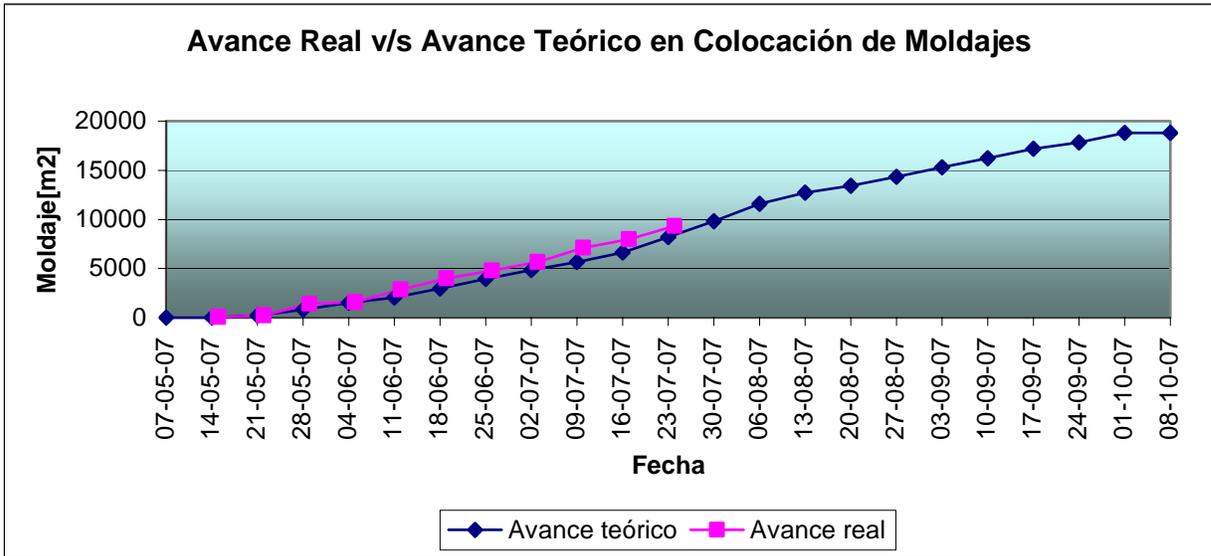


Figura 5.19: Curvas teórica y real de Producción para Moldajes.

- *Curva de Avance Físico Real de la Colocación de Hormigón.*

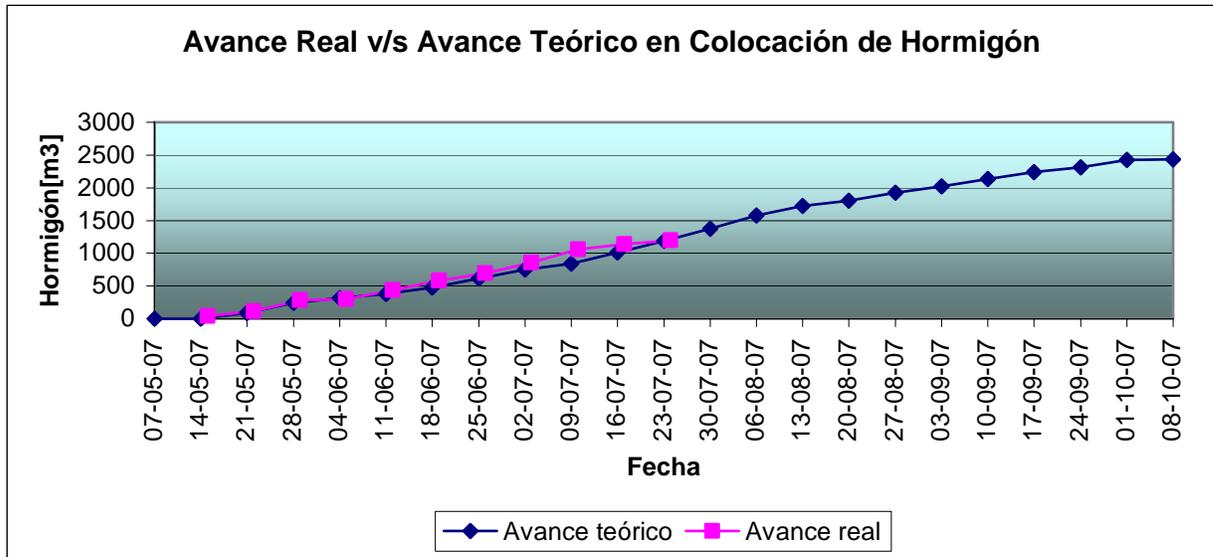


Figura 5.20: Curvas teórica y real de Producción de Hormigón.

En general podemos ver que las curvas de producción reales son bastante similares entre sí. Por ejemplo, el día 4 de junio (semana posterior al 28 de mayo) se observa una baja en la velocidad de colocación de los tres materiales. Esto es lógico, ya que la enfierradura, el moldaje y el hormigón son actividades que se realizan en una secuencia, por lo que una baja velocidad en la colocación de fierro, provoca una baja en la velocidad de colocación del moldajes y del hormigón. Esto no ocurre en igual forma para un caso de aumento de velocidad, ya que si la

velocidad de colocación de la enfierradura aumenta no quiere decir que aumente la velocidad de colocación de moldaje ni de vertido de hormigón. Esto puede ocurrir; pero no es una relación directa.

Además podemos ver que el avance físico real es muy parecido al avance físico programado. Es más, hasta la fecha de control se han colocado más materiales que los que se deberían haber colocado según programación. El que se vaya adelantado con respecto al programa es sin duda alguna algo positivo, sin embargo, no hay que olvidar que en las programaciones iniciales se consideran holguras en las actividades con el objetivo de tener un “colchón” en caso de que algún imprevisto ocurriera durante la obra. En este caso, aún tenemos a lo menos una parte del “colchón” inicial ya que lo programado aún no alcanza a lo real.

5.4.2.3. Mediciones de Productividad.

La teoría dice que si mejoro el flujo de trabajo las unidades productivas tendrán permanentemente trabajo que pueden ejecutar. Esto nos hace pensar que la productividad de los trabajadores debería aumentar a medida que pase más tiempo de implementación del sistema “Último Planificador”. Para constatar esto se midió productividad en las tres especialidades analizadas. El método es tomar muestras aleatorias de los trabajadores por especialidad y determinar qué tipo de actividad están realizando en ese momento. Como ya se ha dicho, los tipos de actividad que los trabajadores pueden realizar son de 4 tipos: trabajo productivo, no productivo, contributorio y detenciones autorizadas. Cada uno de estos tipos de trabajos ya fueron definidos en los primeros capítulos de esta memoria, por lo que no vale la pena volver sobre eso. Volviendo al muestreo a realizar, para que sea válido deben sido tomadas más de 400 muestras. A lo largo de todo el desarrollo de la memoria, se tomaron 421 muestras. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes figuras, separados por especialidades.

- *Distribución de Tiempos de trabajo en Carpinteros.*



Figura 5.21: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Carpinteros.

- ***Distribución de Tipos de Trabajo en Enfierradores***



Figura 5.22: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Enfierradores.

- ***Distribución de Tipos de Trabajo en Concreteros.***

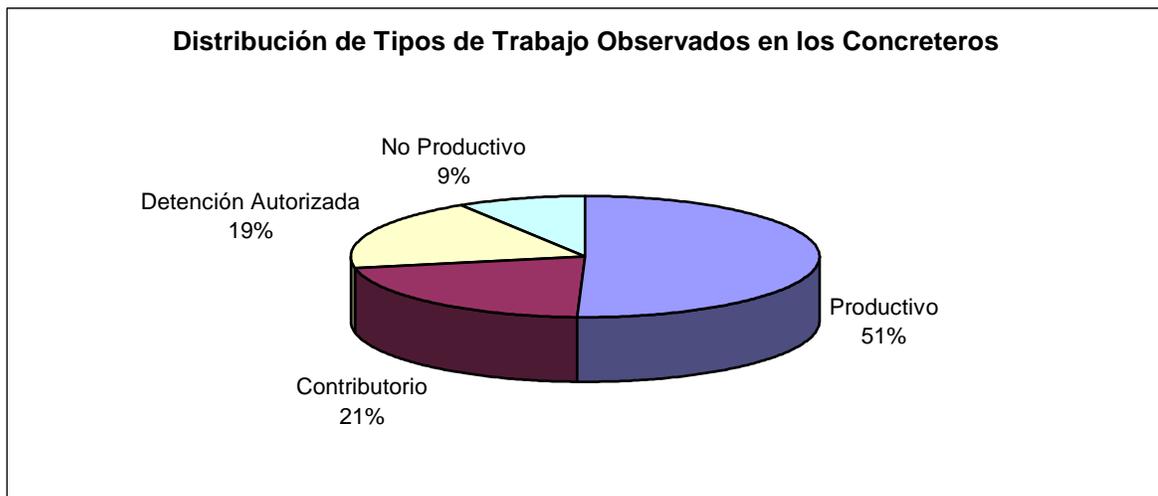


Figura 5.23: Distribución de Tipos de Trabajo Realizados por los Concreteros.

Según lo que podemos ver en estos gráficos los enfierradores tienen un mayor porcentaje de tareas productivas que las otras especialidades, llegando a un 73%. Probablemente esto se debe a que ellos son un subcontrato, por lo que les conviene colocar más cantidad de fierro para recibir más dinero a fin de mes. Es por esto que probablemente hay un mayor control por parte del capataz de la empresa contratista en terreno, ya que a él le interesa que sus empleados trabajen. Él se ha visto permanentemente en terreno, lo que ha generado que los trabajadores efectivamente trabajen y no pierdan el tiempo en otras cosas. Esto se ve reflejado en los porcentajes de actividades productivas realizadas.

Los concreteros si bien presentan un buen porcentaje de actividades productivas realizadas, presentan un alto grado de detenciones autorizadas. Sin embargo, esto es algo normal en su trabajo sobre todo cuando se hormigona con capacho, pues después que el hormigón se vierte del capacho debe ir a buscar más al camión y ahí hay un tiempo en que los trabajadores deben esperar. Por su parte, la carpintería presenta un alto grado de tareas contributorias. Esto se puede explicar ya que para colocar o descimbrar se necesita de trabajadores que estén ayudando al que está realizando la labor más pesada. En general se observa que las actividades no productivas observadas en las tres especialidades tuvieron el mismo origen: fueron de momentos de conversación e incluso de trabajadores fumando.

Previo a comenzar a realizar las mediciones es necesario conversar con los capataces respectivos, para que los trabajadores sepan qué es lo que se pretende con estas mediciones y no mal interpreten el objetivo principal, que es tener una visión general de qué es lo que ocurre en la obra, detectar el origen de los tiempos no productivos y mejorarlos para beneficio de toda la obra. Esto conlleva a que los trabajadores que están haciendo tareas no productivas al ver que viene la persona que mide, inmediatamente realizan actividades para que no se note que estaban perdiendo el tiempo. Entonces, lo que se mide en terreno no siempre representa lo que ocurre en terreno. Ahora bien, pese a que la productividad no representa completamente lo que los trabajadores realizan durante todo el día, en general es una buena forma de detectar qué es lo que está ocurriendo en terreno.

5.5. Comentarios.

Este capítulo presentó los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema “Último Planificador” en la obra Mirador Bahía.

El medir porcentaje de actividades completadas nos ayudó a hacernos una idea de qué tan bien se estaba programando la semana, ya que algo básico en una obra es que la programación sea adecuada a las características de ella. No vale la pena programar muchas y muchas actividades si sé que no las voy a cumplir. El no tener una buena programación semanal deja a los trabajadores sin una guía de lo que deben hacer cuando terminen una actividad, y en ese caso sólo se dependerá de la habilidad de los profesionales en obra.

Las curvas de producción son herramientas muy útiles para constatar cómo estoy avanzando físicamente en el terreno en comparación con la teoría. El ver oportunamente que la producción está muy por debajo de la curva teórica sirve para tomar acciones correctivas a tiempo, como por ejemplo, destinar más recursos para repuntar en la producción. Si yo evaluara casi al final de la obra cómo fue la curva de producción no me serviría de nada, ya que revertir la situación sería imposible e inútil.

El controlar la productividad de los trabajadores viendo qué tipo de actividades realizan durante el día puede servir para detectar problemas de distribución espacial de la obra. Por ejemplo, si detecto que los trabajadores pierden mucho tiempo yendo al baño, quizás sería solución poner un baño químico cada 2 pisos para disminuir lo que tardan en llegar desde su lugar de trabajo hasta el baño. Quizás sería buena idea probar con incentivos para los trabajadores que los motiven a aumentar su productividad como especialidad. Esto es, si el incentivo es para

todos los trabajadores de la especialidad, ellos mismos ayudarán a evitar que aquellos trabajadores que realicen permanentemente actividades no productivas lo sigan haciendo, ya que eso los perjudicaría a todas.

Sin duda, el mayor provecho que se le puede sacar a este capítulo es la oportunidad que se tiene para detectar los puntos débiles que posee el sistema. La mejor manera de poder establecer en qué puede fallar un sistema de planificación es implementándolo y tanteando en terreno su efectividad. En el capítulo VI se analizarán los resultados obtenidos y se comentarán las principales falencias encontradas al sistema.

6. Comentarios y Oportunidades de Mejoramiento.

6.1. *Comentario acerca de los Resultados Obtenidos.*

Para evaluar los resultados obtenidos luego de implementar el sistema “Último Planificador” en una obra de construcción es bueno tener una idea de qué grado de implementación fue el alcanzado. A continuación nombraremos las etapas básicas que incluye una buena implementación y comentaremos el desarrollo que alcanzaron en la obra.

1. **Planificación Intermedia:** No se logró desarrollar una planificación intermedia adecuada. La idea inicial era tener un horizonte de 4 semanas, sin embargo, sólo se alcanzó a tener un máximo de 2. El motivo de este bajo nivel de implementación se debió a la dificultad de reunir a los profesionales de terreno para que ellos realizaran una revisión de las actividades que se les presentaban en el horizonte de trabajo. Al inicio de la implementación se distribuyó a los involucrados una lista con las actividades del horizonte en estudio, con el fin de que cada uno revisara las actividades que fueran de su responsabilidad y colocaran el estado de las restricciones. El problema fue que nunca devolvieron a tiempo la planilla. Por este motivo, se cambió de estrategia y se planificó una reunión los días viernes con el jefe de obra, para que con café y galletas fuera más amena la revisión de las restricciones. Sin embargo, esto sólo duró dos semanas ya que después fue complicado para él asistir a esta reunión por la alta demanda de trabajo que tenía en terreno. Finalmente, la opción fue hablar con el jefe de terreno y explicarle nuevamente lo importante de mirar más allá de la próxima semana. Usando esta estrategia se logró obtener las restricciones para el horizonte de 4 semanas. Ahora lo que se determinó fue realizar un seguimiento al estado de restricciones cada 3 días. Dado todo esto, considero que el nivel de implementación de esta etapa fue de sólo un **40%**.
2. **Inventario de Trabajo Ejecutable:** En esta obra no se creó un inventario de trabajo ejecutable. La deficiente implementación de la planificación intermedia impidió tener una lista de tareas que tuvieran sus restricciones liberadas con mucha antelación. Apenas se liberaba la restricción esta actividad era incorporada al programa de trabajo semanal, ya que sólo se lograba hacer esto unos días antes de su fecha más temprana de inicio. Si consideramos esto, el grado de implementación también fue de un **40%**.
3. **Programa de Trabajo Semanal:** Todas las semanas se logró tener un programa de trabajo semanal. El día viernes de cada semana se discutía con el jefe de terreno y el jefe de obra el posible programa para la semana siguiente (hay que recordar que comenzaba los días martes). Este “programa tentativo” era nuevamente revisado el día martes en la mañana, luego de medir el porcentaje de actividades completadas, para incorporar las actividades que no pudieron ser finalizadas la semana anterior. Es decir, se realizaba una actualización del programa semanal definido el viernes. Así, el día martes en la mañana durante la reunión de planificación se distribuía el programa actualizado y se realizaba una nueva revisión de él. Se pedía a los concurrentes que si tenían alguna actividad no considerada en la lista la agregaran y que revisaran las fechas propuestas para cada actividad. Así finalmente se tenía el plan de trabajo semanal definitivo, el cual era distribuido a todos los asistentes. Entonces, podemos considerar un **100%** de cumplimiento de este punto.

4. **Registro del porcentaje de actividades completadas:** Durante todas las semanas de implementación se midió el P.A.C., tanto a mitad como a fines de cada semana. Excepto en las dos primeras semanas, que por descoordinación no se midió P.A.C. a mitad de semana. Sin embargo, luego de comenzar a medir nunca hubo alguna semana en que no se midiera este indicador. El grado de implementación alcanzado fue de un **95%**.
5. **Registro de las causas de no cumplimiento:** Este indicador se comenzó a controlar alrededor de la segunda semana de implementación. Cada vez que se medía el P.A.C. se anotaban las causas de no cumplimiento. Incluso, se clasificaron las causas en externas o internas para poder determinar si fueron o no responsabilidad directa de la empresa constructora. Este objetivo fue alcanzado en un **90%**.
6. **Reunión semanal de planificación:** Todos los días martes se realizó la reunión de programación semanal. Objetivo logrado **100%**.
7. **Registro histórico de los indicadores:** Se llevó un registro de todos los indicadores medidos semanalmente. Se cumplió la implementación en un **100%**.
8. **Aprendizaje:** En este caso estimo que no se realizó un correcto aprendizaje de las causas de no cumplimiento vistas cada semana. En general, no fue un dato al cual se le dio mucha importancia por parte de la gente de terreno. El P.A.C. fue más considerado dentro del equipo, de a poco fueron tomándole mayor interés e incluso proponían agregar más actividades que podían ser ejecutadas para obtener un mayor valor de este indicador. Cuando se obtenía un P.A.C. bajo a mitad de semana trataba de mejorar para subir el indicador de fines de la semana y, aunque esto no siempre fuera posible, generaba una mayor incorporación y un mayor compromiso con el sistema y con el grupo. Dado todo esto, considero que esta meta se alcanzó un **50%**.

Así el grado de implementación alcanzado para el total del sistema fue de un **75%**. Este valor no es tan bajo considerando que el tiempo de implementación hasta el momento ha sido de 8 semanas. Hay que tomar en cuenta que el grupo que participaba de la implementación estaba compuesto por 7 personas y sólo dos de ellos tenían conocimientos del sistema “Último Planificador”, lo cual hizo más lento el proceso inicial de implementación.

Ahora realizaremos comentarios más detallados acerca de los resultados mostrados en el capítulo V.

6.1.2. Comentarios acerca del P.A.C.

Para realizar un análisis más cuantitativo del porcentaje de actividades completadas a lo largo del proyecto, incorporaremos las líneas de tendencia respectivas para cada set de datos.

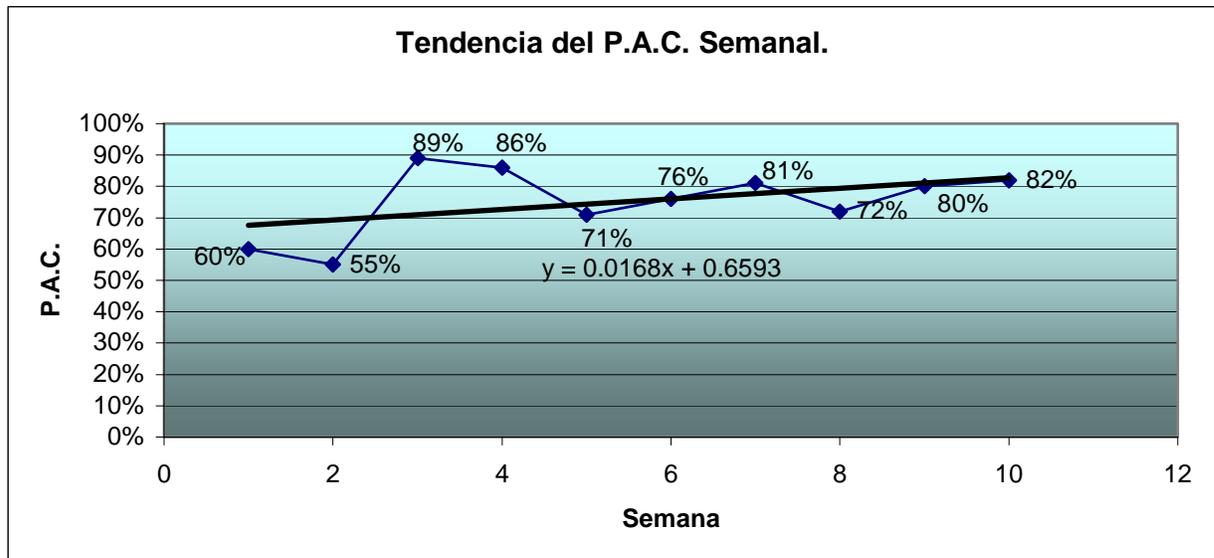


Figura 6.1: Línea de Tendencia del P.A.C. Semanal.

El P.A.C. promedio alcanzado durante las 11 semanas de implementación fue de un 75%. Además, en la figura 6.1 podemos ver la línea de tendencia del porcentaje de actividades semanal. Según la ecuación $y = 0.0168x + 0.6593$ vemos que la variación experimentada por el indicador es similar a que cada semana nuestro P.A.C. hubiera subido en un 1.68%, partiendo en la primera semana de implementación con un valor de porcentaje de actividades completadas de 65.9%. El tener una pendiente positiva es favorable, ya que indica que se experimentaron mejoras a lo largo del tiempo que generaron una tendencia del P.A.C. al alza. Lo que se busca es obtener una estabilización del indicador, ya que esto representaría que el sistema está comenzando a interiorizarse dentro del grupo de trabajo.

Ahora compararemos las tendencias del porcentaje de actividades completadas medidas a mitad de semana con las medidas al final de la semana. En la figura 5.14 pudimos ver que el P.A.C. medido a mitad de semana es menor que el P.A.C. medido a fines de la misma semana. Podríamos tender a pensar que el hecho que este indicador haya aumentado a lo largo de la semana significa que se tomaron acciones correctivas sobre las causas de no cumplimiento observadas en la mitad de semana, para lograr repuntar y aumentar el P.A.C. a fines de la semana. Sin embargo, esto no es así. El hecho que el P.A.C. medido a fines de la semana sea mayor que el P.A.C. a mitad de la misma semana no indica que se hayan tomado acciones correctivas a tiempo. Para graficar esto, veremos un ejemplo (ver figura 6.2). Supongamos que a la mitad de una semana cualquiera hay 10 actividades que deberían haberse completado o avanzado en algún porcentaje. De esas 10 actividades sólo 5 han sido ejecutadas según lo programado y las otras 5 no se han comenzado aún. Con esto, mi P.A.C. de mitad de semana es de un 50%. Imaginemos que ya terminó la semana, y mido nuevamente mi P.A.C.; pero ahora mi universo son 16 actividades, ya que hay 6 actividades más que se deberían haber iniciado después de la mitad de semana. Ahora bien, si suponemos que las 5 actividades que no se habían iniciado a mitad de semana aún no se han iniciado y el resto de las 11 actividades se ejecutaron según lo programado, debería tener un P.A.C. de $11/16 = 69\%$. Como vemos, ha aumentado el P.A.C.;

pero las actividades igualmente no se iniciaron, lo que significa que no se tomaron acciones correctivas al respecto aumentando aún así el P.A.C. a fines de la semana.

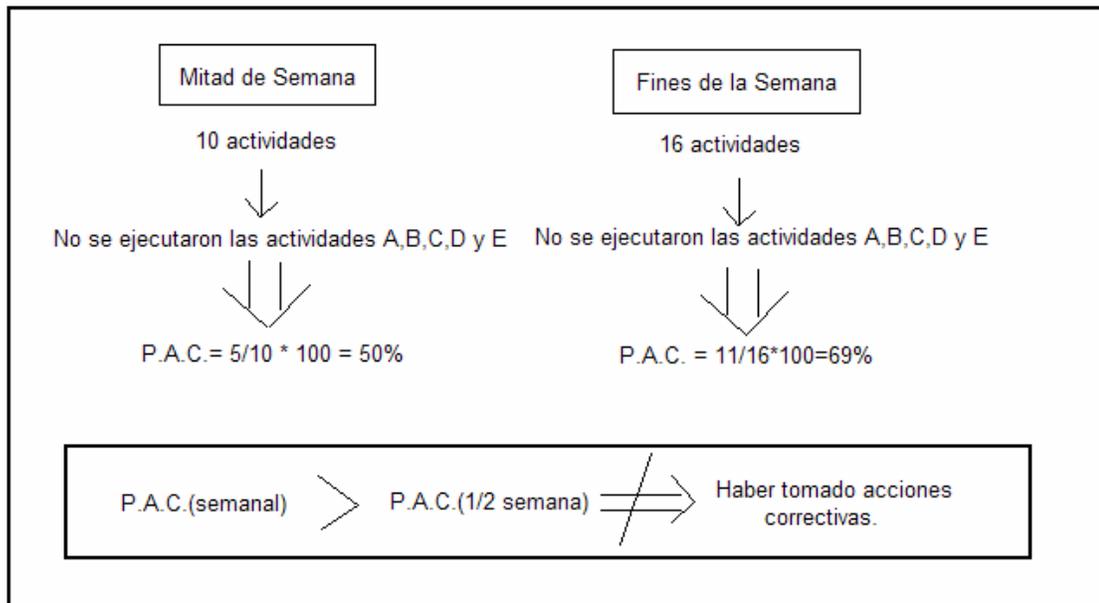


Figura 6.2: Esquema del Ejemplo.

Podemos concluir entonces que no se puede establecer una relación entre un aumento de P.A.C. durante la semana y la toma de acciones correctivas a tiempo. Siguiendo esta misma lógica, un aumento de P.A.C. semanalmente tampoco indica que haya tomado acciones correctivas a tiempo. Además, un P.A.C. alto sólo me está indicando que lo que programo en forma semanal se está ejecutando adecuadamente en el terreno; pero no me indica si estoy o no al día con respecto al diagrama de barras. Puede que esté muy atrasado en mi avance; pero esté cumpliendo todo el programa semanal. Es decir, el porcentaje de actividades completadas sólo es un indicador que mide el grado de compromiso por parte de los últimos planificadores en lo que respecta a planificación de corto plazo.

Además, el P.A.C. es un indicador altamente dependiente del grado de compromiso que tengan los últimos planificadores y es muy fácil de manipular. Para aumentar el porcentaje de actividades completadas, los últimos planificadores pueden incorporar en el programa semanal sólo actividades que sean fáciles y altamente probables de ejecutar, dejando fuera actividades que deberían ser ejecutadas y que por algún motivo no se consideran como factibles de llevar a cabo como el programa lo requeriría, pese a que tengan sus restricciones liberadas.

6.1.3. Curva de Producción.

En las curvas presentadas en el capítulo anterior podemos ver que la producción teórica está por debajo de la producción real en las tres especialidades analizadas. Esto quiere decir que estoy colocando más materiales que los que tenía programados a esa fecha. Esto es algo positivo sin duda, ya que el que se haya podido realizar en forma más eficiente la materialización del proyecto es el resultado de un esfuerzo por parte de todo el equipo. Ahora bien, esto sería bueno si en el programa marco plasmara la programación que creo que puedo realizar dejando holguras

razonables para poder absorber la imprevistos que siempre van a ocurrir durante la ejecución del proyecto; pero ¿qué pasa si realicé el programa marco sub-estimando los rendimientos reales en exceso? En el fondo el que esté produciendo más de lo que el diagrama de barras indica no es señal de que esté ejecutando el proyecto a una velocidad de avance físico adecuada. Puede darse el caso que esté produciendo a un rendimiento mayor que el que fue considerado en la programación inicial; pero bajo el normal que debería tener. Por ejemplo, si conozco el rendimiento de mi cuadrilla con cierta certeza, estimo que tardaré 10 días en ejecutar una actividad; pero en el diagrama de barras agregaré una holgura excesiva y colocaré que tardo 17 días. Supongamos que comienzo a ejecutar la actividad el día que indicaba el diagrama de barras y la finalizo en 13 días. Según mi programación inicial estoy muy bien, ya que finalicé la tarea 4 días antes de su fecha programada de finalización; pero tardé 3 días más de lo que en realidad debería haberme demorado en ejecutar la actividad. Entonces, estoy desaprovechando recursos, pese a que la curva de producción muestra lo contrario. El motivo de querer realizar esto es que cuando los jefes controlen el avance físico según el diagrama de barras, vean que la producción real está sobre la teórica. Entonces, vemos que si no se acompaña un control de producción con un control de productividad no podemos afirmar que se le está sacando el máximo provecho a los recursos disponibles.

Ahora bien, si analizamos las figuras 5.18, 5.19 y 5.20 observamos, sin necesidad de utilizar curvas de tendencia, que si se continúa trabajando con el mismo rendimiento se cumplirá la cantidad de material colocado en el tiempo estimado. Para verificar esto, chequearemos la curva de colocación de hormigón y calcularemos sus curvas de tendencia.

El total de hormigón que se debe colocar son 2431 m^3 y se estima una duración de 147 días. El rendimiento promedio considerado es de $16,53 \text{ m}^3/\text{día}$. Ahora bien, la actividad fue comenzada 4 días antes de su fecha de inicio más temprana y al día 26 de junio de 2007 llevo 696 m^3 colocados. Los días en los que he colocado los 696 m^3 de hormigón son 40 días, por lo que el rendimiento promedio obtenido es de $17,4 \text{ m}^3/\text{día}$. Ahora, para colocar los 1735 m^3 que faltan tengo 107 días, por lo que mi rendimiento promedio necesario es de $16,2 \text{ m}^3/\text{día}$. Como el rendimiento promedio obtenido ($17,4 \text{ m}^3/\text{día}$) es mayor que el rendimiento promedio necesario ($16,2 \text{ m}^3/\text{día}$) existe una tendencia a cumplir con el plazo estimado. Lo anterior se grafica en la figura 6.3.

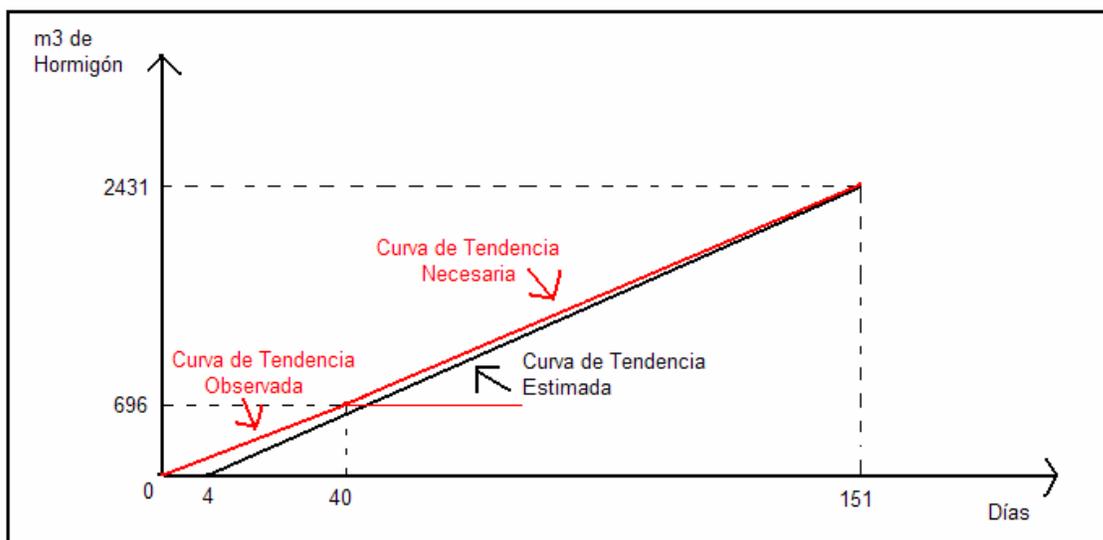


Figura 6.3: Esquema del Ejemplo Citado.

Lo principal que se puede decir es que, independiente de los supuestos utilizados para calcular la carta gantt, probablemente se cumplirá con la colocación del total de hormigón, moldajes y armaduras en la fecha de término estimada.

6.1.4. Productividad.

Lo que podemos concluir acerca del estudio de la productividad es que los subcontratos aprovechan mejor el tiempo que los trabajadores pertenecientes a la empresa constructora. Esto se debe a que como los subcontratos están a trato, les conviene colocar más material para ganar más dinero a fin de mes. Esta es un arma de doble filo, ya que se puede tender a colocar y colocar material sin preocuparse de la calidad que estoy obteniendo. Es por esto que el plan de control de calidad de la empresa debe estar atento a estos detalles y verificar que lo que se está construyendo cumpla los requisitos de calidad exigidos.

El hecho que haya una productividad alta no implica necesariamente que experimentemos un buen avance físico. No olvidemos que la forma de medir productividad está basada en un método estadístico y los registros son tomados en forma aleatoria. Otro factor importante es que los trabajadores al ver que están siendo controlados comienzan a trabajar o “hacen que trabajan” para no ser mal catalogados. Esto es algo obvio y no se soluciona cambiando el horario de la ronda de control, pues independiente de la hora el efecto es el mismo. Lo ideal entonces es que los trabajadores no sepan quién es la persona que está realizando el control, para que los datos que se tomen sean realmente válidos.

También es importante tomar los datos lo suficientemente distribuidos a lo largo del día y de la semana, ya que está claro que si vemos qué están realizando los trabajadores un día viernes previo a un fin de semana largo, a las 17:00 hrs. la productividad será baja pues todos estarán pensando en qué es lo que harán durante los tres días de descanso. Entonces, si midiera por ejemplo sólo en horas cercanas al término de la hora laboral la productividad sería baja, lo cual no quiere decir que durante todo el día los trabajadores realicen muchas actividades no productivas.

Además hay que tener criterio para establecer qué actividad están realizando los trabajadores, ya que se puede caer en el error de considerar actividades de detención autorizada como no productivas. Entonces, no basta sólo con mirar unos segundos qué hace el trabajador. Es bueno observar el tiempo que sea necesario (siempre que no sea excesivo) qué es lo que efectivamente está haciendo el trabajador para que las muestras realmente representen lo que está pasando en terreno.

6.1.5. Oportunidades de Mejoramiento del Sistema.

Al haber estado durante un tiempo implementando es sistema de planificación “Último Planificador” estoy en condiciones de comentar las falencias encontradas. Comenzaremos refiriéndonos a los problemas que hubo en la obra para implementar el sistema.

6.2.1. Dentro de Obra Implementada.

La principal deficiencia del sistema es que dependa tanto del grado de compromiso que se obtenga por parte de los últimos planificadores. Lograr interiorizar al equipo no fue una tarea fácil y me quedo con la idea de que no están convencidos que implementar el sistema puede ser beneficioso para todo el proyecto y, por ende, para ellos. El equipo de terreno aún ve esta implementación como un trabajo impuesto y así las cosas no funcionan. Esto se ve reflejado al momento de medir el P.A.C., ya que el equipo de terreno consideraba que controlaba que ellos hubieran ejecutado lo programado la semana anterior y no como que estaba midiendo el indicador para ayudarlos a obtener una planificación más confiable en pro de una mejora del flujo de trabajo.

Si bien el subcontrato de fierro no fue origen de muchas causas de no cumplimiento, considero que sería bueno incorporar al capataz a las reuniones de planificación. No hay que verlo como una unidad productiva independiente. Entonces debería ser incorporado a la implementación, ya que la programación semanal se determinaba sin preguntarle a él las consideraciones que pudiera tener. Luego, en terreno, el jefe de obra se entendía con él; pero considero que esto no es lo mejor.

Pasando a otro aspecto, tengo la sensación de que el equipo de terreno no está acostumbrado a programar las actividades en forma ordenada. Es decir, saben perfectamente lo que tienen que hacer; pero no plasman las ideas en un papel. Cuando se trabaja en equipo es bueno transmitir las ideas en forma clara, más aún si estamos hablando de programación de actividades. La buena comunicación es vital y las instrucciones transmitidas oralmente se pueden prestar para malos entendidos. Esto da a entender que cada uno tiene su propia programación y que coinciden porque ven lo que ocurre en terreno y por la experiencia en el rubro; pero no porque exista una metodología.

Por otro lado, en esta obra no se logró un aprendizaje de los errores. Al analizar las causas de no cumplimiento éstas no eran tomadas con la suficiente seriedad. Más que como una posibilidad de mejora, eran consideradas como excusas del porque no se ejecutó lo programado y no como una forma de tomar acciones correctivas para que esto no vuelva a ocurrir. El aprendizaje de los errores puede ser muy útil si se sabe aprovechar.

Otro problema que evidencia el sistema es la necesidad que haya un encargado de implementar el sistema “Último Planificador” en la obra, ya que de no ser así, no se podrá aplicar correctamente. Esto no lo digo sólo por las características de esta obra en particular, sino que es dada la gran presión de trabajo existente en terreno. Los profesionales de terreno, aunque tengan la disposición para implementar el sistema, no tienen el tiempo necesario para poder realizar todo el trabajo de oficina que esto requiere. Si no hay alguien que realice el trabajo de oficina necesario, es inviable la implementación de este sistema.

¿Cómo podemos mejorar las falencias detectadas? Considero que la base de los problemas está en gran parte en la falta de compromiso del personal de terreno en implementar el sistema, pese a que tienen las capacidades para hacerlo. Para mejorar esto se propone lo siguiente:

1. Intentar generar un mayor compromiso mediante la utilización de incentivos. Así aumentarán las ganas de mejorar, lo cual requerirá que tomen parte en la implementación. Para mejorar será completamente necesario que registren los indicadores, principalmente las causas de no cumplimiento aprendiendo a interpretarlas e interiorizarlas. Los incentivos pueden consistir en regalos sencillos, como por ejemplo, agendas, lápices, bebidas, pizzas, etc. Además se puede destacar las mejoras en la reunión de planificación semanal, cosa que motivará más aún al personal ya que las felicitaciones públicas siempre hacen efecto sobre el orgullo propio.
2. Las deficiencias observadas en la transmisión de información probablemente van en la esencia de las personas, sin embargo, se pueden aminorar. Considero que esta tendencia puede solucionarse asignando mayores grados de participación en la implementación del sistema. El no tener un alto grado de compromiso hace que las personas no den todo de sí, priorizando dentro de sus actividades a realizar aquellas que sí son de su responsabilidad directa, y por las cuales serán evaluados por sus superiores. No estamos hablando de imponer responsabilidades, ya que estaríamos en contra del principio esencial del sistema que se basa en la propia voluntad. Sino que estamos hablando de una mayor participación, lo cual generará un mayor grado de responsabilidad en la implementación. En este caso, el jefe de terreno sería un buen candidato para aumentar su grado de responsabilidad en la ejecución. Según lo visto, él tiene completa claridad acerca de las actividades que están en ejecución y las que vendrán; pero eso no lo plasma en una programación. Entonces, él podría tener una participación más activa principalmente en lo que respecta a la planificación intermedia y al plan de trabajo semanal. Si logramos esto podremos tener un sistema más claro y transparente. Además se evitará el error de delegar tareas de oficina, lo que nos hará caer nuevamente en el problema del método tradicional que focaliza la responsabilidad en una persona. Este es un problema observado en la obra que se podría evitar reasignando responsabilidades.
3. Estimo que sería útil para reforzar el trabajo colectivo entre capataces, proveedores, administrativos etc, realizar charlas al inicio de los trabajos de instalación de la obra. Si la obra ya ha comenzado, como en este caso, sería bueno hacer pequeñas charlas a los trabajadores que ya están ejerciendo en la obra. También a los grupos de trabajo que se integran al equipo se le deben realizar charlas inductivas antes que comiencen su labor. Se les debe explicar el tipo de edificación que se construirá, los tiempos que se disponen, las exigencias del mandante, las técnicas que se emplearán (por ejemplo “Último Planificador”), etc. De manera que todo el equipo se sienta partícipe del desafío que emprende. Obviamente, el nivel de la explicación debe ser de acuerdo al público. Es muy importante que los subcontratistas participen, porque generalmente cuentan con cuadros estables, que se mueven de obra en obra y que no sienten arraigo por ninguna de ellas; pero si al subcontratista se le explica desde el principio qué se espera de él y se le pide que lo transmita a su personal se pueden mejorar los resultados finales. Cuando a las personas se les explica ellas entienden y al sentirse tomadas en cuenta mejoran su predisposición para colaborar.

Hay que destacar que pese a las dificultades expuestas anteriormente, durante el periodo de implementación se observaron mejoras. El hecho que fuera un grupo que no tuviera conocimientos del sistema hace que los avances sean más valiosos. Poco a poco participaron más en la implementación y, pese a que la participación ha sido menor a la esperada, ésta ha ido creciendo con el tiempo. Este hecho es el importante, ya que no se pudo esperar que de un día

para otro las personas asimilen una nueva forma de planificar su trabajo y se espera que, de continuar con la implementación después del término de esta memoria, se observen mejoras sustanciales en el nivel de implementación y, por ende, en los resultados obtenidos.

6.2.2. En el sistema “Último Planificador”

El primer punto débil que a mi parecer presenta el sistema es el proceso de “revisión” (también llamado screening). Este paso se realiza con el objetivo de estabilizar el flujo de trabajo y se realiza en la etapa de creación de la planificación intermedia. Lo que se debe hacer es filtrar las actividades para permitir que ingresen a la planificación intermedia sólo aquellas actividades que, a juicio del planificador, tienen una alta probabilidad de comenzar a ejecutarse en su fecha programada. Yo creo que **no tiene sentido filtrar actividades en esta etapa**, pues al dejar una actividad fuera de la planificación intermedia puede postergarse por quedar descuidada. Además, si yo sólo pongo las actividades que creo serán ejecutadas obviamente podré estabilizar mi flujo de trabajo; pero ¿qué pasa con los cumplimientos de las fechas programadas? Como ya discutimos en el punto anterior, un porcentaje de actividades alto no asegura un fiel cumplimiento del programa. Es muy fácil no poner las actividades difíciles de comenzar a realizar en su fecha de inicio más temprana y estabilizar mi flujo de trabajo; pero en el fondo estaría trabajando sólo con una parte de todo mi proyecto. Si yo caigo en el error de descuidar la actividad que no entra en la P.I. finalmente esto generará un atraso en todo el proyecto, ya que no hay que olvidar que el proyecto es un sistema que consta de actividades que funcionan como una cadena en el que cada actividad es un eslabón. Entonces ¿puedo dividir el sistema? Según mi parecer no, ya que el conjunto de actividades funcionan como un todo.

Sin embargo, la esencia de la etapa de planificación intermedia es buena pues permite realizar un adecuado seguimiento a cada actividad y evitar que ella no se pueda ejecutar por falta de prerrequisitos. Además crea un cambio en favorable en la mentalidad que comúnmente existe en la construcción, que es trabajar sólo con un horizonte de muy corto plazo. Esto ocurre principalmente con la gente de terreno y es lo que genera que siempre tengan actividades urgentes que resolver. Dado este aspecto positivo de la planificación intermedia lo que yo creo que sería mejor es incorporar a todas las actividades en la planificación intermedia y sólo realizar el proceso de filtración de actividades al momento de hacer las asignaciones de calidad cada semana.

Otro aspecto que considero importante mencionar está relacionado con lo psicológico y es que el hecho de alcanzar un porcentaje de actividades completadas muy alto hace que el grupo se sienta satisfecho; pero pierda las ganas de superación. Es decir, cuando se tiene un P.A.C. entre un 70% y un 90% el grupo ve que está bien; pero que aún está “fallando” en algo. En cambio, si observamos un P.A.C. de 100% durante varias semanas seguidas el grupo en un principio se esforzará por no bajar de este valor, ya que sería visto como un retroceso; pero una vez que se logra estabilizar el P.A.C. en valores altos, se puede perder el interés de aprender y mejorar al creer que ya logró el objetivo de la implementación. Es por esto que considero que siempre es bueno **poner actividades en la programación semanal que exijan un esfuerzo por parte del equipo** por alcanzarlas, ya que si se comete el error de realizar una programación semanal muy fácil de cumplir podemos caer un en relajo del grupo de trabajo.

Deficiencias técnicas que presenta este sistema es que la forma de capturar información desde de terreno es ineficiente. Se genera mucho papeleo y pérdidas de información. Implementar

el sistema requiere ser ordenado, ya que de no ser así la información se perderá en el camino. Además no basta sólo con recolectar información, sino que hay que ser capaz de utilizarla forma oportuna y generarla para crear un historial de la empresa. El crear un historial de registros de los indicadores no tiene como finalidad extrapolar datos desde un proyecto a otro, ya que cada proyecto es diferente. Aún cuando los proyectos sean físicamente similares y el grupo de trabajo sea el mismo, las condiciones externas siempre influyen de diferente forma en los proyectos, por lo que no puedo utilizar datos de un proyecto en otro. Lo que sí puedo hacer es utilizar la información general, como por ejemplo, las causas de no cumplimiento de las actividades. Así, al partir otro proyecto no partiré de “cero” ya que podré partir desde la información generada en otros proyectos en ese sentido.

El sistema fue desarrollado en base a los principios del Lean Production. La base principal de esta teoría es la detección de actividades que no agregan valor a la cadena productiva y se enfoca en eliminarlas o reducirlas al máximo. Este principio no se observa en el sistema “Último Planificador” en forma directa. Se podría pensar que en la medida que establecemos el flujo de trabajo obtendremos como consecuencia que los trabajadores tendrán menos tiempos ociosos y, por ende, habrá menos actividades que no agregan valor al producto. Sin embargo, la cuantificación de las cantidades de actividades normalmente realizadas por los trabajadores que no agregan valor al producto no está incluida en este sistema y en el presente trabajo de título se midió en forma independiente para determinar si es válida la relación entre implementación del sistema de planificación y aumento de las actividades productiva en los trabajadores. Pero dentro de una cadena productiva no sólo los trabajadores tienen responsabilidad sobre las causas que generan tiempos no productivos, y este aspecto se podría desarrollar más en el sistema “Último Planificador” si se lograra tener un alto grado de aprendizaje con respecto a las causas de no cumplimiento. Si lográramos realizar un análisis exhaustivo de las causas de no cumplimiento, podríamos detectar el origen del porque no pude ejecutar el trabajo según lo programado. Entonces, pueden surgir causas que repercuten en la baja productividad de los trabajadores, como por ejemplo, esperas excesivas, problemas de transporte de los materiales, lentitud en la inspección, escasez de materiales, etc. Esto se descubriría si se realizara un adecuado seguimiento a las causas de no cumplimiento, ya que detrás de la falta de cancha, bajo rendimiento de la mano de obra o mala ejecución puede haber un problema más de fondo de carácter administrativo.

Respecto de los requisitos del cliente externo, éstos son considerados al tener que cumplir las exigencias del mandante al momento de entregar el proyecto y se chequean a lo largo de todo el proceso constructivo. Ahora bien, al tener una programación confiable, estaría cumpliendo uno de los requerimientos del cliente interno: la entrega oportuna del “producto”. Lo lamentable es que no sólo basta entregar el trabajo a tiempo para que el cliente interno pueda comenzar a realizar su parte del trabajo, también hay que considerar que el producto cumpla con la calidad mínima exigida. Esto forma parte de un problema mayor en la construcción, que es la falta de capacitación de los trabajadores. En la medida que tengamos trabajadores más capacitados, la calidad de los trabajos ejecutados será mayor, lo que generará mayores satisfacciones al cliente. Este es un punto no menor, la pobre calidad es causante de muchos trabajos rehechos y aumenta, por ende, el tiempo de ciclo de la actividad. Entonces como vemos la calidad afecta a dos principios Lean: la reducción del tiempo de ciclo y la satisfacción del cliente. El problema de la calidad en la construcción no es un tema base en la presente memoria; pero lo que quiero destacar es que la sola implementación del sistema no basta para reducir en forma óptima el tiempo de ciclo y los requerimientos del cliente. La implementación del sistema “Último Planificador” idealmente debe ir acompañada de un adecuado sistema de control de calidad. El control de

calidad puede evitar el trabajo rehecho al detectar los errores a tiempo; pero considero que el origen del problema está en la calidad de la mano de obra en Chile.

Resumiendo, en lo que respecta a la estructura misma del sistema “Último Planificador”, podemos plantear las siguientes propuestas:

1. Eliminar el proceso de revisión o “screening”, ya que no es bueno filtrar actividades en forma tan temprana al tener una visión de mediano plazo. Esto se debería realizar en el paso de protección (“shielding”), es decir, al momento de determinar las actividades que ingresarán al programa semanal. Al revisar la planificación intermedia y establecer qué actividades pasan al inventario de trabajo ejecutable tengo mayores bases para pensar en no colocar esta actividad en la siguiente etapa, que es la programación semanal. Ahí, en el corto plazo, puedo ver que una actividad no está lista para ejecutarse pero no es bueno considerar con tanta anticipación que una actividad probablemente no podrá ser ejecutada.
2. Al realizar las asignaciones de calidad siempre es bueno colocar un poco más de lo esperado a realizar por los trabajadores, para evitar caer en un relajo por parte de los trabajadores al ver que las actividades programadas están siendo cumplidas con holgura.
3. Para evitar dar una mala utilización al P.A.C. debería haber un indicador que relacionara el porcentaje de actividades completadas con el avance físico teórico de la obra. Por ejemplo, si comparamos el número de actividades completadas con el número de actividades que realmente deberían haber sido completadas a una misma fecha podremos tener una idea de cómo estamos con respecto a nuestro programa maestro. Este es un motivo importante, ya que las obras también se evalúan por su oportuna entrega y esto no está siendo capturado hasta el momento por el sistema “Último Planificador”.

En general el sistema presenta buenas bases teóricas, por lo que debería ser efectivo en la práctica. Lamentablemente, en terreno su implementación es dificultosa por lo poco conocido que es, por la reticencia que existe en la construcción ante la innovación y por el ritmo de trabajo que tienen los profesionales de las obras.

7. Conclusiones Finales.

El sistema “Último Planificador” es una herramienta destinada a estabilizar el flujo de trabajo y para ello se basa en los principios del Lean Production aplicados a la construcción. Podríamos decir que en general los cumple, aunque en forma indirecta. La revisión de las causas de no cumplimiento generan una mejora al sistema, ya que detectan las partes de él que están fallando. Con esto, yo puedo llegar al origen del problema que genera el no desarrollo según lo planificado de una actividad. Así, puedo mejorar el tiempo de ciclo de la cadena productiva y al mismo tiempo, hacer que los trabajadores no pierdan tanto tiempo en actividades que no agregan valor, como por ejemplo, esperas de material o falta de herramientas.

Otro principio que se resguarda explícitamente es la reducción de la variabilidad en los procesos. Esto se hace en forma directa al generar una programación semanal confiable. Así logro disminuir las diferencias entre lo que programo y lo que ejecuto realmente en la obra, lo que significa reducir la variabilidad del proceso.

En cuanto a la estructura del sistema, según mi criterio, no se deberían filtrar actividades para ingresar a la planificación intermedia. No significa que forcemos al sistema a hacer todas estas actividades, como lo indicaba el método “push”, sino que se realizará un seguimiento a todas las actividades. Al momento de llegar a las asignaciones semanales, se puede realizar este filtro. La diferencia es que aplico el filtro en actividades que se ejecutarán más a corto plazo y luego de haber realizado un adecuado seguimiento a ellas.

Como ya se comentó en el capítulo anterior, un P.A.C. alto no implica que la obra esté bien con respecto al avance físico teórico. Al final, en los proyectos uno de los puntos importantes es el cumplimiento de los plazos y eso este sistema de planificación no lo está resguardando en forma directa. En la medida que se establezca el flujo de trabajo la producción mejorará y también se estabilizará; pero los atrasos ya existentes no se recuperarán mediante la implementación del “Último Planificador”, ya que no existe un indicador que me diga a tiempo cómo voy con respecto a lo programado inicialmente. Entonces, la falta de un indicador que relacione el porcentaje de actividades completadas con el avance físico de la obra según lo programado en la carta gantt es evidente.

Sin duda, la principal conclusión que podemos sacar es que aunque en teoría el sistema es una herramienta poderosa para mejorar la confiabilidad y rebajar la incertidumbre en la planificación, en terreno existe imposibilidad de implementarla por el mismo equipo de trabajo debido a la gran cantidad de trabajo en terreno que tienen. Para lograr una buena implementación, es necesario que haya un encargado que lidere al grupo.

En esta obra se logró un nivel de implementación de un 75%, según la escala descrita en el capítulo VI. Se comenzó con un P.A.C. de 60%, logrando posteriormente una mejora del indicador. El máximo P.A.C. alcanzado fue de un 89% y el promedio de los P.A.C. obtenidos durante las 6 semanas de implementación fue de un 73%, lo cual es un valor aceptable; pero lo importante es que según la figura 6.1 se observa una tendencia al alza de este indicador, lo que nos hace suponer que se pueden esperar mejores resultados en la medida en que se continúe implementando el sistema y éste logre afianzarse.

En terreno se pudo constatar que la implementación de todos los elementos del sistema “Último Planificador” es complicada, principalmente dada la falta de motivación para la mejora continua presente en el sector de la construcción. Este concepto se incluye en el análisis de las causas de no cumplimiento, ya que ellas son la oportunidad que se tiene para aprender de los errores y mejorar continuamente.

Por otro lado, la permanente sobrecarga de trabajo del equipo del proyecto jugó en contra para lograr una buena implementación. Sin embargo, el lograr desarrollar una planificación intermedia hubiera ayudado a evitar que los profesionales de terreno siempre estuvieran pendientes de tareas urgentes que pudieron haberse visto con anterioridad. Entonces hay una especie de círculo vicioso, ya que no desarrollan rápidamente la P.I. porque no tienen tiempo y no tienen tiempo porque no desarrollan la P.I. Aunque en terreno siempre habrá imprevistos, el adelantarse a solucionar problemas que se pueden prevenir servirá para alivianar el ritmo de trabajo.

Además, si consideramos que la mayoría de los grupos de trabajo llevan años de experiencia en la construcción, más se complica una correcta implementación. Esto debido a que es muy difícil cambiar la forma de trabajo con la cual los integrantes del equipo están acostumbrados a trabajar. Si al factor psicológico le agregamos el aumento en el flujo de información generado por la implementación de cada etapa del sistema de planificación, puede haber una excesiva sobrecarga en el equipo de trabajo. Probablemente sería distinto si el equipo fuera compuesto por gente joven, que es más adaptable ya que recién están comenzando a adquirir metodologías de trabajo en terreno.

El verdadero compromiso es un concepto esencial en el sistema de planificación estudiado. Todos los involucrados, desde los capataces hasta el administrador, deben tener una real convicción de los beneficios que se pueden alcanzar al implementar el sistema “Último Planificador”. Las reuniones semanales de planificación refuerzan este concepto, ya que son el motor del sistema de control y es donde se adoptan todos los compromisos. Son fundamentales para intercambiar opiniones acerca de la evolución del proyecto y constituyen el momento adecuado para plantear inquietudes o dificultades encontradas en terreno.

El compromiso de todo el equipo de trabajo es vital, sin embargo, hay que mencionar la importancia de que el administrador del proyecto crea en el sistema. Ellos ejercen un liderazgo importante y son esenciales en el establecimiento o remoción de barreras a la implementación. En el caso de esta obra, el administrador brindó un claro y concreto compromiso, lo cual se reflejó en la permanente disposición de implementar el sistema “Último Planificador” en su obra.

Para terminar, lo que hay que destacar es que más allá del grado de implementación alcanzado por un sistema de planificación, independiente qué sistema sea, lo importante es la inquietud por mejorar presente en el equipo. Aunque los resultados no sean tan buenos como los esperados y la planificación haya mejorado en un mínimo nivel, lo importante es que se intentó mejorar. Para lograr implementar un sistema de planificación de manera exitosa se requiere organización, disciplina y, fundamentalmente, ganas de mejorar.

8. Bibliografía.

ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando, **Lean Construction**, A. A. Balkema Publishing Rotterdam, edición 1997, Netherlands.

ALARCÓN CÁRDENAS , Luis Fernando y CAMPERO QUEZADA, Mario, **Administración de Proyectos Civiles**, Ediciones Universidad Católica de Chile, segunda edición, Chile.

ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando y SERPELL BLEY, A., **Planificación y Control de Proyectos Civiles**, Ediciones Universidad Católica de Chile, segunda edición, Chile.

ALARCÓN CÁRDENAS, Luis Fernando, DIETHELMAND, Sven, y ROJO, Oscar, **Collaborative implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies**,

ALLENDES ARANCIBIA, Paola Katharine, **Tratamiento de la Incertidumbre en la Productividad del Sector Construcción**, Memoria de título, Facultad de Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile, 2005, Chile.

AZÓCAR GAJARDO, Gregorio, **Planificación de Obras**, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, edición 1976, Chile.

BALLARD, Herman Glenn, **The Last Planner System of Production Control**, The University of Birmingham, 2000, Estados Unidos.

BALLARD, Herman Glenn, **The Last Planner**, Lean Construction Institute, Monterrey 1994, México.

BALARD, Herman y HOWELL, Gregory, **Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow**, Segunda Conferencia Anual de Lean Construction, 1994, Chile.

BALLARD, Glenn, **Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control**, Quinta Conferencia Anual del Lean Construction, 1997, Australia.

BETANZO RIVERA, Cristian Eduardo, **Metodología de Reducción de Tiempos en Obras Repetitivas**, Tesis de Magíster, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2003, Chile.

BOTERO BOTERO, Luis Fernando y ÁLVAREZ VILLA, María, **Last Planner, un Avance en la Planificación y control de Proyectos de Construcción**, estudio de la Universidad del Norte, 2005, Colombia.

CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN, **Macroeconomía y Construcción**, Informe MACH 19, abril 2007, Chile.

CALDERÓN GONZÁLEZ, Rodrigo Andrés, **Plan de Control: Sistema de Apoyo a la Planificación y Control de Producción en la Industria de la Construcción**, Tesis de Magíster, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2004, Chile.

HOWELL, Gregory A., **What is Lean Construction**, International Group of Lean Construction, 1999, Estados Unidos.

PERDOMO, R. A., **Mejoramiento de Gestión en la Construcción mediante el Sistema “Último Planificador”**, Universidad de los Andes, 2004, Colombia.

SERPELL BLEY, Alfredo y otros, **Un Sistema de Medición y Evaluación de Desempeño para Empresas Constructoras Chilenas**, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1997, Chile.

VILLAFENA CARMONA, Nicolás Enrique, **Sistema de Planificación Last Planner o Último Planificador**, Memoria de título, Facultad Tecnológica, Universidad de Santiago de Chile, 2002, Chile.