

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISERTACION PREVIA A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR PARA
LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO 1 EN EL CAMPUS PUCE-NAYÓN”**

DAVID ENCALADA LÓPEZ

JOSÉ POVEDA HINOJOSA

DIRECTOR: FABÍAN GAMBOA TROYA

QUITO, NOVIEMBRE DEL 2012

Dedicatoria

A Dios mi creador

A mis padres, abuelitas y familia por sus oraciones

A Sharian y amigos por su apoyo incondicional

José

Dedicatoria

A Dios

A mis padres

A mi familia y amigos

David

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Planta Física de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, al Arq. Fernando Calle por permitirnos implementar el método del Último Planificador en la construcción del edificio 1.

A los ingenieros Fabián Gamboa y José Coronel por su guía para el desarrollo de la presente disertación.

RESUMEN

La variabilidad e incertidumbre son las causas de muchos problemas que afrontan las obras durante su construcción. El Sistema del Último Planificador es una herramienta de “Construcción Sin Pérdidas” para la planificación y el control de producción que reduce la variabilidad, genera compromisos y un flujo de trabajo estable.

El objetivo principal de la presente disertación es evaluar el sistema, mediante su implementación en la construcción del Edificio 1 en el nuevo campus de la PUCE en Nayón, a partir de la información recolectada en obra sobre esta nueva corriente; sus beneficios, dificultades y alternativas de solución. Ha sido importante evaluar el sistema no sólo desde el punto de vista teórico, si no también, las dificultades prácticas de su aplicación.

Luego de recolectar información de la implementación durante un periodo de 12 semanas en la construcción de la cimentación del Edificio 1, se observó una tendencia del alrededor del 82% de tareas completadas. La principal causa de no cumplimiento radica en el déficit de mano de obra en relación del volumen de trabajo. Para la implementación se advierte la necesidad de desarrollar un plan de capacitación continua en obra con el personal asignado.

Se encontró que en la fase de Programación Intermedia será importante enfatizar el levantamiento de restricciones y la asignación de responsables para aumentar el nivel de cumplimiento. El sistema benefició a la obra con cronogramas realistas que permitieron realizar pedidos confiables de hormigón, el rubro más relevante en el periodo de intervención. Asimismo con aportes importantes y compromisos serios de los jefes de cuadrillas, los Últimos Planificadores.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	IV
I.INTRODUCCIÓN	IX
II. JUSTIFICACIÓN	XI
III. ALCANCE.....	XIII
IV.OBJETIVO GENERAL.....	XIII
V.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	XIII
VI. METODOLOGÍA	XIV
CAPITULO I ENTORNO	1
1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	1
1.2. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	3
1.3. PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	7
1.3.1. <i>Modelo tradicional producción</i>	8
1.3.2. <i>Modelo Sin Pérdidas de producción</i>	9
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	11
2.1. FUNDAMENTOS.....	11
2.1.1. <i>Sistema de Producción Toyota</i>	11
2.1.2. <i>Filosofía Sin Pérdidas</i>	13
2.1.3. <i>Los 5 Principios</i>	14
2.1.4. <i>Tipos de desperdicios y su control:</i>	15
2.1.5. <i>Herramientas Sin Pérdidas</i>	17
2.1.6. <i>Construcción Sin Pérdidas</i>	18
2.1.7. <i>Entrega de Proyectos Sin Pérdidas</i>	20
2.2. SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (SUP)	22
2.2.1. <i>Programa Maestro</i>	26
2.2.2. <i>Programación de Fase</i>	27
2.2.3. <i>Programación Intermedia</i>	28
2.2.4. <i>Programación Semanal</i>	30
2.2.5. SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN	31
2.2.6. <i>Medición, aprendizaje y mejoramiento continuo</i>	32
CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN DEL SUP	34
3.1. PREPARACIÓN.....	34
3.1.1. <i>Descripción general del proyecto</i>	34
3.1.2. <i>Observación del sistema productivo existente</i>	35
3.2. PROPUESTA.....	37
3.3. NEGOCIACIÓN.....	38

3.4. EJECUCIÓN.....	38
3.4.1. Capacitaciones	38
3.4.2. Planificación	39
3.4.2.1. Programa Maestro	39
3.4.2.2. Programación de Fase	40
3.4.2.3. Programación Intermedia	42
3.4.2.4. Programación Semanal, seguimiento de la producción y mejoramiento continuo	43
CAPITULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	45
4.1. PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (PTC) Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC).....	45
4.2. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	49
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1. BENEFICIOS	52
5.2. DIFICULTADES.....	54
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	59
ANEXO 1: PROGRAMA MAESTRO.....	60
ANEXO 2: PROGRAMACIÓN DE FASES.	61
ANEXO 3: CNC.	62
ANEXO 4: FOTOS DE LAS REUNIONES.	63

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Gestión de la productividad.....	4
Fig. 2. Representación de la composición y contenido de trabajo.....	6
Fig. 3. Factores que afectan la productividad (Alarcón, 1999)	6
Fig. 4. Ejemplo Diagrama de Gantt.....	8
Fig. 5. Modelo de conversión.....	9
Fig. 6. Modelo de conversión y flujo.....	10
Fig. 7. Sistema de Producción Toyota (Cuatrecasas, 2010)	11
Fig. 8. Potencial para reducir desperdicios (Coronel, 2010)	17
Fig. 9. Costo de los cambios en función del tiempo del tiempo del proyecto	20
Fig. 10. Modelo de Entrega de Proyectos Sin Pérdidas (Coronel, 2010).....	22
Fig. 11. Filosofías de la planificación (Alarcón et al., 2011).....	25
Fig. 12. Sistema del Último Planificador (Alarcón et al., 2011)	25
Fig. 13. Representación gráfica de la red de hitos de un proyecto (Alarcón y Serpell, 2003).	26
Fig. 14. Plantilla para la Programación Intermedia.....	29
Fig. 15. Ejemplo de análisis de restricciones.	30
Fig. 16. Ejemplo de PTC.....	31
Fig. 17. Ejemplo de registro de causas de no cumplimiento.	33
Fig. 18. Primera etapa del nuevo Campus PUCE	34
Fig. 19. Plano de cimentación del edificio CIEI.	35
Fig. 20. Organigrama de trabajo	36
Fig. 21. Detalle de cimentación del edificio CIEI.	41
Fig. 22. Sectorización del edificio CIEI.....	42
Fig. 23. Reunión de Planificación Intermedia.	43
Fig. 24. Ejemplo de plantilla de Programación Semanal utilizada	44
Fig. 25. Datos PTC.	46
Fig. 26. Actividades.	46
Fig. 27. CNC en diagrama de Pareto.....	48
Fig. 28. CNC en gráfico de pastel.....	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de recolección de datos (cuadrilla y trabajo realizado).	5
Tabla 2. La producción convencional y la producción sin pérdidas (Campero y Alarcón, 2008)	10
Tabla 3. Registro de datos.	45

I.INTRODUCCIÓN

El Último Planificador es un sistema de planificación y control de la producción que está diseñado para generar un flujo de trabajo predecible en lo que respecta a la programación, diseño y construcción de proyectos dentro de la filosofía Sin Pérdidas (“Lean”) inspirada en el sistema de producción Toyota. Fue desarrollado inicialmente por Glenn Ballard y Gregory Howell, en la década de 1990 y con colaboraciones importantes de Luis Fernando Alarcón, Alan Mossman, entre otros. Este principio se esfuerza en reducir la incertidumbre en el cumplimiento de los plazos dando un enfoque sistemático para identificar y eliminar desperdicios. Se orienta en la productividad, a diferencia del modelo que tiene su meta en la producción. El Sistema del Último Planificador está siendo utilizado en varios países del mundo como: Estados Unidos, Reino Unido y Dinamarca, así como también en Chile, Perú, Colombia y Brasil.

La productividad es la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. La filosofía se ha adaptado a las exigentes circunstancias que se dan en la construcción, como por ejemplo las condiciones naturales a las que está expuesta la obra y la rotación del personal. En el medio de la construcción se lo denomina Construcción Sin Pérdidas (“Lean Construction”). Se requiere una capacitación orientada en la productividad para producir un cambio en la visión de los involucrados, llamados Últimos Planificadores.

Como componentes del sistema se pueden determinar:

1. El Plan Maestro que es la planificación general de la obra, realizado tradicionalmente donde se determinan los hitos para el control del proyecto.
2. La Programación Colaborativa de Fases, es aquella que reúne los involucrados de una fase determinada como por ejemplo los acabados; en esa instancia intercambian experiencias y se programa la ejecución.
3. Programación Intermedia abarca intervalos de 5 a 6 semanas, las actividades son exploradas con más detalle, se determinan las restricciones para su ejecución las mismas que son entendidas como prerequisites de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización.
4. El Plan Semanal es la correcta selección de la secuencia, la cantidad y la definición detallada del trabajo por realizar así como de los recursos disponibles.
5. El seguimiento de la producción es la medición para el aprendizaje y mejoramiento continuo de los resultados de la planificación.

Cada uno de los componentes en su momento aumenta el nivel de detalle para contemplar las necesidades de la obra y el cumplimiento de los planes.

Para la implementación del sistema es necesaria, una investigación y preparación previa. Consultores del sistema como Ballard o Alarcón, señalan que es de vital importancia llegar a compromisos serios en la negociación con los subcontratistas y otros involucrados. Es necesario explicar a los Últimos Planificadores que no se quiere *imponer* metas sino que ellos mismos ayuden a proponer la mejor manera de alcanzarlas. Por lo tanto, si bien es cierto que el trabajo de capacitación es fundamental, el compromiso de los subcontratistas y de todo aquel que esté involucrado en la obra es un factor esencial. El éxito se podrá observar cuando se aprecie que el sistema continúa trabajando no por obligación si no por convicción.

II. JUSTIFICACIÓN

La construcción en el Ecuador según el Banco Central del Ecuador representó un 9.8% del Producto Interno Bruto (PIB) en el año 2008. Sin embargo, la industria de la construcción enfrenta múltiples problemas: baja productividad, altos índices de accidentes, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros. La aplicación del Último Planificador puede generar varios beneficios: un serio compromiso de los trabajadores, mayor cumplimiento de las actividades de planificación, reducción de incertidumbres, coordinación de los agentes participantes del proyecto, flujo continuo del trabajo, calidad en el producto final, conformidad del cliente, reducción en desviación de costos y eliminación de los recursos redundantes considerados como pérdidas.

El sistema del Último Planificador es una herramienta innovadora de la cual actualmente existe limitada información y aplicación en nuestro medio, no sólo de sus fundamentos teóricos, sino también de las dificultades que se puedan encontrar al aplicarlo. Un primer paso para la aplicación del sistema es la inducción en principios y conceptos donde se busca generar un cambio de percepción con respecto a la planificación tradicional y destacar su relevancia. Se trabaja en la planificación y control valorando las etapas globales del Plan Maestro a los cuales se sujetan muchas veces los contratos. Con el resto de componentes como la Programación Colaborativa de Fases o la Programación Intermedia se logra cumplir los planes originales y de ser necesario invertir esfuerzos extras. Al evaluar su desempeño al rigor de todos los componentes del sistema se comprueba su efectividad y se proporciona mayor seguridad.

En nuestro medio existen empresas que ya han empezado a aplicar este sistema. Existen además dos recientes disertaciones de grado referentes al tema en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE): la primera trata sobre la implementación del sistema en una edificación en la ciudad de Quito; la segunda consiste en un manual o guía para realizar una implementación del sistema. Al observar el potencial existente dentro del tema, se pretende promover la filosofía, generando una nueva perspectiva para el conocimiento de los constructores. Una aplicación práctica se orienta a la construcción del nuevo Campus de la PUCE en Nayón.

III. ALCANCE

La presente disertación se enfocará en obtener resultados sobre la implementación del sistema del Último Planificador en la fase de construcción de la subestructura del Edificio 1 o también conocido como Centro de Investigación de Enfermedades Infecciosas (CIEI) en el Campus Nayón, en un periodo recomendado de 16 semanas. Se estima que el análisis y las conclusiones puedan ser aplicables a empresas constructoras de la ciudad de Quito.

IV.OBJETIVO GENERAL

Implementar el sistema del Último Planificador y la filosofía Sin Pérdidas en la construcción del nuevo campus de la PUCE en Nayón con el propósito de recolectar información sobre esta nueva corriente, sus beneficios, dificultades y la posibilidad de propiciar su difusión.

V.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Capacitar al personal sobre la filosofía Sin Pérdidas y la metodología del Último Planificador para fundamentar un nuevo estilo de trabajo.
- Medir el Porcentaje de Tareas Cumplidas (PTC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC) de la Programación Semanal para evaluar el avance de la programación y realizar correcciones sobre la marcha.
- Realizar una evaluación final de la implementación para analizar sus beneficios y dificultades.

VI. METODOLOGÍA

- a) En una etapa de 2 semanas se observará la organización del proyecto para buscar mejoras en su proceso productivo.
- b) Analizar y evaluar sistema productivo existente con los responsables del proyecto para realizar una propuesta de trabajo.
- c) Negociar dicha propuesta y llegar a un acuerdo determinando los objetivos, responsabilidades y metodología.
- d) Descripción y análisis del procedimiento adoptado para la asignación de actividades en todos los niveles de planificación; esto es, Plan Maestro, Programación de Fases, Programación Intermedia y Programación Semanal.
- e) Generación y utilización de plantillas estandarizadas para la planificación y control de la obra.
- f) Junto con los responsables en obra a cargo de la Programación Intermedia, el inventario de trabajo ejecutable y plan de trabajo semanal, se elaborarán formularios para el seguimiento de lo planificado y obtención del PTC y CNC.
- g) Análisis de los datos obtenidos y aplicación de medidas correctivas aplicadas en la empresa para el mejoramiento de la gestión.
- h) Al final de un periodo de 12 semanas realizar una evaluación de la implementación.

CAPITULO I ENTORNO

1.1. Características de la industria de la construcción

La industria de la construcción, está ligada a satisfacer necesidades humanas (Coronel, 2010). Estos se pueden clasificar básicamente en:

- a) Edificaciones: para fines habitacionales, comerciales, institucionales, sociales, deportivos, de recreación, de salud, etc.
- b) Obras de infraestructura u obras civiles: para agua potable, alcantarillado, riego, centrales de generación de energía, carreteras, puentes, túneles, puertos, aeropuertos, etc.
- c) Construcciones industriales: fábricas, invernaderos, refinerías, plantas químicas, etc.

Proyecto se define como obras de ingeniería temporales que se lleva al cabo para obtener un producto con limitaciones de costo, tiempo y calidad. Según Twort y Rees (2004) todos los proyectos son únicos, ellos se deben diseñar para cumplir un propósito específico, en un lugar determinado antes de que puedan construirse y ser puestos en uso. Un proyecto se puede conformar en 5 etapas:

1. Definir la ubicación y la naturaleza de las obras propuestas y la magnitud y calidad de servicio que van a proporcionar.
2. Obtener los permisos necesarios para la construcción del proyecto.

3. Diseño y estimación de los costos.
4. Construcción.
5. Prueba de las obras y operación.

Durante este proceso pueden presentarse distintas dificultades. El presupuesto del proyecto se basa en hipótesis de trabajo, más tarde pueden cambiar generando conflictos en el flujo de caja. Las condiciones climáticas son difíciles de predecir y afectan al proceso constructivo. Las complejas condiciones del suelo y falta de estudios pueden generar retrasos, así como cambios en el diseño podrían hasta paralizar una obra.

A pesar de la importancia del sector de la construcción en el desarrollo de una sociedad es evidente que no ha evolucionado mucho en los últimos años. Entre las principales deficiencias se mencionan (Gamboa, 2011):

- Capacitación y aprendizaje limitados: Debido a la alta rotación del personal y distintas actividades que tienen que realizar en el transcurso de un proyecto. las destrezas son desarrolladas en campo y por transferencia de conocimientos mas no por capacitaciones e incluso no se motiva a educar y aprender continuamente.
- Sensibilidad al clima: La construcción esta expuesta siempre a las condiciones naturales de la zona sufriendo retrasos impredecibles en oficina. Esto aumenta las exigencias para aprovechar el buen

clima y cumplir las metas propuestas generando grandes presiones en el trabajo y siendo proclives a errores de producción.

- Planificación débil: Al tener altas presiones de trabajo se prioriza lo inmediato descuidando lo futuro y sufriendo las consecuencias después. También se lo conoce como la cultura de apagar incendios. Al manejar la conceptualización, el diseño y la producción por separado se contraponen intereses que impiden integrar una visión en común.
- Gran resistencia al cambio y lento cambio: Es conocido que la construcción es una actividad tradicionalista donde la experiencia es más valorada que el pensamiento innovador. No se ha desafiado a la industria durante un largo tiempo haciendo que no se motive en incorporar nuevas tecnologías, conocimientos y procesos siendo como prioridad el precio antes que la calidad. La falta de cuestionamiento en los métodos de trabajo y de mejorar los desempeños ha generado altos índices de pérdidas y desperdicios que atentan con la productividad.

1.2. Productividad en la construcción

La productividad se define como la relación entre lo producido y los recursos empleados. En otras palabras se puede considerar como una medida con que los recursos son administrados para hacer un producto (Alarcón y Campero, 2003).

La productividad comprende:

- **Efectividad:** cumplir con los objetivos propuestos
- **Eficiencia:** distribución correcta y uso adecuado de los recursos (mano de obra, maquinaria, equipos y materiales).

Una forma de medir la productividad es determinar los rendimientos, la cantidad producida de un cierto rubro y comparar con los recursos invertidos para realizar una unidad de obra.

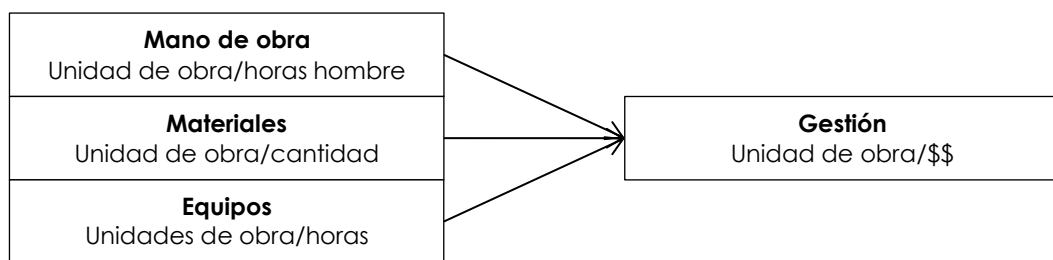


Fig. 1. Gestión de la productividad

Para determinar el rendimiento de una cuadrilla se pueden clasificar las actividades de la construcción en:

- **Trabajo Productivo:** Es aquella actividad que agrega directamente valor al producto. Por ejemplo al fabricar una columna las actividades que generan valor son el armado de hierro, el encofrado y la fundición.
- **Trabajo Contributorio:** Sirve de apoyo y es necesario para que el trabajo productivo pueda ejecutarse. Continuando con el mismo ejemplo de la fabricación de una columna el transporte de hierro o de

tableros no generan un valor a la obra pero sin ellas no se podría realizar el producto.

- Trabajo No Contributorio o no productivo: No agrega valor al producto, son pérdidas. Por ejemplo tener que esperar que el hormigón llegue para poder empezar la fundición de la columna es una pérdida.

Para mejorar la productividad es necesario identificar los tiempos y tipos de trabajo que se realizan en una actividad mediante técnicas de muestreo como encuestas y cartas de balance de cuadrillas (ver Tabla 1 y Figura 2) y no sólo enfocar a que un obrero trabaje más duro (rendimiento), sino de manera inteligente. Con esta idea general se determina la productividad y se pueden encontrar desperdicios e identificar pérdidas en la construcción.

Tabla 1. Ejemplo de recolección de datos (cuadrilla y trabajo realizado).

ID	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3
1	1	1	3
2	1	2	3
3	2	3	2
4	1	3	2
5	1	3	
6	3		
7	1		

1 Trabajo Productivo
2 Trabajo Contributorio
3 Trabajo No Contributorio

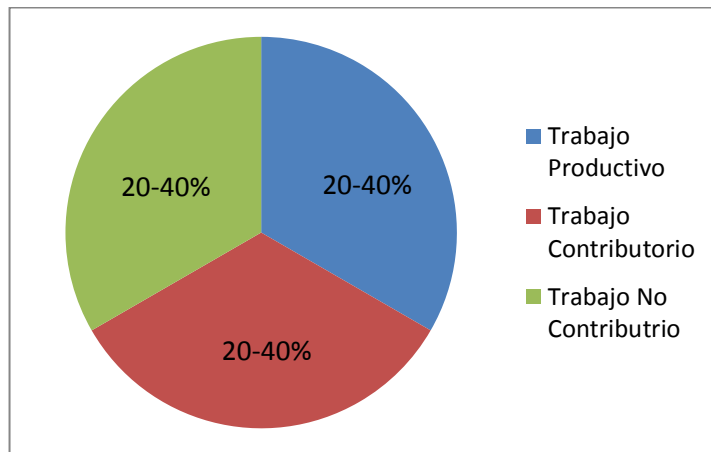


Fig. 2. Representación de la composición y contenido de trabajo.

Existen muchos factores que afectan a la productividad, lo importante es reconocer a los que afectan negativamente para actuar sobre ellos y atenuar sus consecuencias, y los que favorecen la productividad para potenciarlos e incrementar su efecto. Alarcón y Campero (2003) exponen algunos factores que afectan a la producción en la construcción que se resumen en la Figura 3.



Fig. 3. Factores que afectan la productividad (Alarcón, 1999)

1.3. Planificación de la construcción

La planificación se refiere a la elección de los métodos y el orden de trabajo en el que se va a desarrollar un proyecto. La programación determina los tiempos necesarios para cada actividad dentro del periodo de tiempo general del proyecto, además de la distribución de recursos (mano de obra, material, equipos, dinero, tiempo y otros) de cada actividad de acuerdo con sus requisitos y necesidades.

La Gerencia de Proyectos se encarga de la planificación, programación y construcción del proyecto, basándose en la experiencia con proyectos similares y aplicando juicio propio para situaciones particulares del proyecto. Existen varios métodos muy conocidos como las redes, matrices y barras de Gantt (ver Figura 4). Los proyectos deben ser bien administrados porque las ganancias de una empresa se sustentan en tener proyectos exitosos. Según Ballard (1994) una buena planificación mejora la productividad por medio de la reducción de atrasos, de la realización del trabajo en la mejor secuencia constructiva, ajustando la mano de obra con el trabajo disponible, coordinando múltiples tareas interdependientes.

TAREA DESCRIPCIÓN	FECHAS			
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.
LIMPIEZA Y DESBROCE	■			
EXCAVACIÓN	■	■		
ARMADO Y ENCOFRADO	■	■		
HORM. EN PLINTOS		■		
ACERO ESTRUCTURAL		■	■	
MAMPOSTERÍA		■	■	
INST. HIDROSANITARIAS	■			■
INST. ELÉCTRICAS	■			■
AIRE ACONDICIONADO			■	■
CUBIERTA			■	
CARPINTERÍA			■	
ENLUCIDOS			■	■
PUERTAS Y VENTANAS			■	■
EQUIPOS				■
PINTURA				■

Fig. 4. Ejemplo Diagrama de Gantt

La planificación previene la liberación de trabajo defectuoso de un proyecto. Y el rediseño de un sistema de planificación a un nivel de tareas es muy importante para asegurar un trabajo confiable en el flujo de trabajo (Howell y Ballard, 1998).

1.3.1. Modelo tradicional producción

Según Koskela (1992) la productividad desde un enfoque tradicional se asocia como un proceso de conversión, en donde ingresan recursos para obtener un producto. A su vez éste se puede dividir en subprocesos, que también trabajan con conversiones. En este modelo, el costo total del proceso puede ser minimizado reduciendo el costo de cada subproceso y el valor de las salidas está asociado con el costo de las entradas.

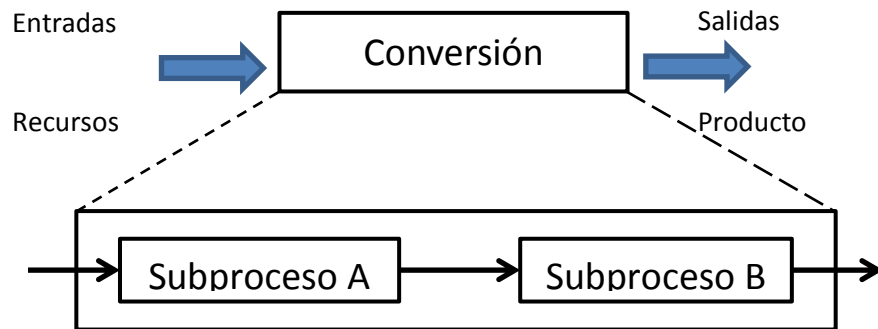


Fig. 5. Modelo de conversión

El modelo tradicional de planificar mantiene una brecha entre quien planifica y quien ejecuta la actividad aumentando la incertidumbre del cumplimiento de los objetivos. Los contratistas tienden a enfocar el control con compromisos contractuales y factores inmediatos relacionados con la rentabilidad, como el costo (Ballard, 1994).

1.3.2. Modelo Sin Pérdidas de producción

Koskela (1992) planteó un modelo que considera a la producción como un flujo de materiales o de información, donde existen procesos de conversión y flujo. El modelo de conversión no toma en cuenta actividades y tiempos que están presentes en la producción y no agregan valor. En el nuevo modelo la producción se mejora, reduciendo o eliminando las actividades que no generen valor y optimizando las actividades que sí lo generan. Según Alarcón, Pellicer y Rodríguez (2011) de ninguna manera se quiere desprestigiar a los métodos tradicionales de planificación más bien fortalecerlos.

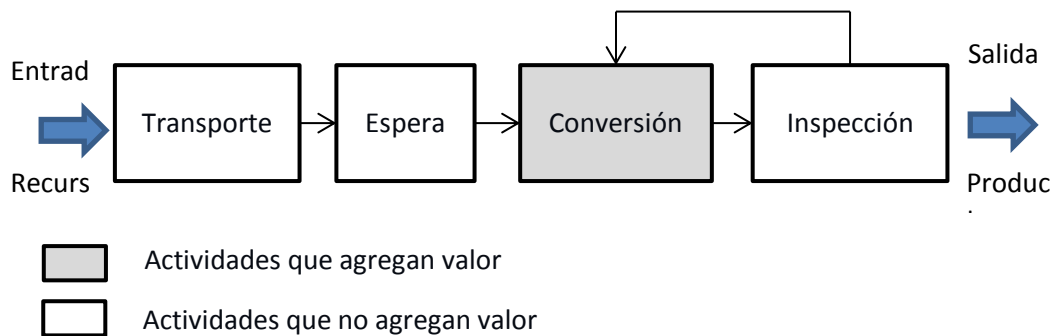


Fig. 6. Modelo de conversión y flujo.

Las diferencias en los sistemas de producción se pueden resumir en la

Tabla 2:

Tabla 2. La producción convencional y la producción sin pérdidas (Campero y Alarcón, 2008)

	PRODUCCIÓN CONVENCIONAL	PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Control	Gestión, asesoramiento, control
Modo de aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos
Conceptualización de la producción	La producción consiste de conversiones y todas las actividades añaden valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos; hay actividades que agregan valor y actividades que no agregan valor al producto
Control	Costo de las actividades	Dirigido hacia el costo, tiempo y valor de los flujos
Mejora	Implementación de nuevas tecnologías	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos

2.1.1. Sistema de Producción Toyota

Henry Ford hizo un avance en la producción en masa en la industria automovilística con una línea de producción continua. Después Toyota Motors Corporation con Taiichi Ohno dio otro paso para dar disponibilidad y variantes en los modelos para los clientes. El objetivo de Toyota es atender los requerimientos del cliente, con entrega inmediata y sin inventarios. El sistema de Toyota está apoyado en los conceptos de Jidoka y Justo-a-tiempo y se fundamenta en la mejora continua o también llamado en japonés “Kaizen” (ver Figura 7).



Fig. 7. Sistema de Producción Toyota (Cuatrecasas, 2010)

El principio de Jidoka es buscar un método para identificar fallas y si es necesario parar la producción y evitar hacer productos defectuosos. Significa controlar el proceso además del producto para evitar que los trabajadores cometan errores.

Justo-a-tiempo significa tener un sistema de producción en el que se elabore lo necesario de acuerdo a las necesidades del cliente, es decir, evitar la sobreproducción. Se ocupa de llevar las tareas correctas, en flujo, de forma balanceada y al ritmo previsto por la producción.

Este sistema cambió el enfoque de la fabricación de máquinas individuales y su utilización, para el flujo del producto a través del proceso global. Toyota observó que para obtener bajo costo, variedad, calidad y tiempos de producción rápidos para responder a los deseos cambiantes de los clientes, era necesario (Lean Enterprise Institute, 2012):

- El dimensionamiento de máquinas para el volumen real que se necesita.
- La introducción de las máquinas de auto-monitoreo para garantizar la calidad.
- Alinear las máquinas en secuencia del proceso.
- Notificar en cada paso las necesidades actuales de los materiales.

2.1.2. Filosofía Sin Pérdidas

El término “Lean” o en español Sin Pérdidas fue utilizado en 1990, por Womack y Jones, en el libro “La máquina que cambió el mundo” que estudia la industria automovilística y los sistemas de producción, observando una superioridad en fábricas japonesa sobre fábricas norteamericanas. La idea central es maximizar el valor al cliente mientras se reducen al mínimo los desperdicios, en otras palabras, más valor para los clientes con menos recursos. Es importante recalcar que se conocen dos tipos de clientes. El cliente externo es el usuario final del producto y el cliente interno es quien recibe parte del producto para continuar con su cambio.

Se define como valor lo que desea y necesita el cliente, mientras que pérdida es todo lo que no agrega valor. Un pensamiento Sin Pérdidas se enfoca en encontrar este valor que da el cliente y enfoca sus procesos para aumentar este valor continuamente. El objetivo final es conseguir el producto a través de un proceso que no contenga desperdicios con cambios de pensamiento y en el enfoque de la gestión. La eliminación de residuos a lo largo de las cadenas de valor completas, en lugar de en puntos aislados. Crear procesos que requieren menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para hacer productos y servicios a un costo mucho menor y con muchos menos defectos, en comparación con los sistemas tradicionales de negocio. Las empresas son capaces de responder a los deseos cambiantes de los clientes con alta variedad, alta calidad, bajo

costo y con tiempos de producción muy rápidos. Además, la gestión de la información se convierte en mucho más simple y exacta.

La filosofía Sin Pérdidas busca un producto único a medida, entregado inmediatamente, sin material en bodega. Esto es un ideal donde se aumentan el valor y se disminuyen las pérdidas (Howell y Ballard, 1998). En la actualidad los principios Sin Pérdidas están siendo ampliamente aceptados en otros campos como: entidades gubernamentales, de salud, prestación de servicios, la construcción, entre otras. Según el “Lean Enterprise Institute”, el pensamiento Sin Pérdidas es aplicable a todo, simplemente porque es una forma de pensar, una filosofía (Coronel, 2010).

2.1.3. Los 5 Principios

En 1996 en el libro “Lean Thinking” por Womack y Jones proponen 5 principios fundamentales para orientar la implementación del pensamiento:

1. **Especificar el valor:** Para el consumidor final es cumplir sus necesidades, sus requerimientos del producto o servicio en un tiempo específico y aun costo específico.
2. **Flujo de valor:** Identificar y enfocarse en lo que agrega valor en cada proceso o actividad y eliminar las que no agregan valor.
3. **Flujo de actividades:** Organizar procesos continuos. Hacer que los pasos para generar valor sean integrados y compactos, enlazando todas las etapas sin crear demoras.

4. **Halar hacia el cliente:** Flexibilidad para entregar al cliente lo que desea, en la cantidad que desea y cuando lo desea, es decir, ajustar la producción a la demanda (Cuatrecasas, 2010).
5. **Mejoramiento continuo:** Buscar siempre oportunidades de mejorar, los clientes cambian así como las expectativas, buscar perfección.

2.1.4. Tipos de desperdicios y su control:

De igual manera el “Lean Enterprise Institute” condensa en siete tipos los desperdicios que se pueden encontrar en cualquier proceso productivo:

1. **Defectos:** Ejecutar los trabajos correctamente para evitar rehacerlos y corregirlos. Se evita el consumo de materiales, mano de obra para reprocesar, rehacer y para atender las quejas del cliente.
2. **Sobreproducción:** Hacer lo justo, no más de lo que se consume. Cuando se producen artículos para los cuales no existe demanda estamos queriendo empujar al cliente, aquí se puede aplicar fácilmente el principio de halar y no producir mas de lo que es necesario.
3. **Exceso de inventario:** Tiene un costo por el espacio ocupado, la manipulación y transporte del material. Además se pueden dañar los materiales y es un desembolso de capital que aún no produce un ingreso.

4. **Movimiento excesivo:** La disposición de lugar de trabajo debe ser diseñada para tener una ergonomía adecuada. Cuando existen movimientos incensarios, excesivos de las personas o de la maquinaria no añade valor al producto.
5. **Reprocesamiento:** Pasos innecesarios en las actividades, procedimientos o procesos para alcanzar las exigencias del cliente.
6. **Transportación:** Se refiere al movimiento de materiales. Esto incluye transportar el trabajo en curso largas distancias, llevar y traer en camión a un almacén exterior. El material debería ser entregado en el punto de uso. Cada momento en que un material se mueve hay la posibilidad de que se dañe, se pierda o se pierda su control.
7. **Esperas:** Tiempo que durante el proceso productivo en el que no se añade valor. Esto incluye esperas de material, información, máquinas, herramientas, retrasos en el proceso, averías, cuellos de botella.

Se pueden identificar en la construcción pérdidas en el proceso constructivo y flujo de trabajo, y desperdicios físicos en materiales, como madera, alambre, varilla, masilla de desecho, derrocamientos, escombros, etc. Ambas significan recursos, son costosas y por lo tanto su eliminación se traduce en aumentos en productividad (Coronel, 2010).

En la Figura 8 se muestra el potencial para reducir o eliminar desperdicios con cada involucrado en un proyecto.

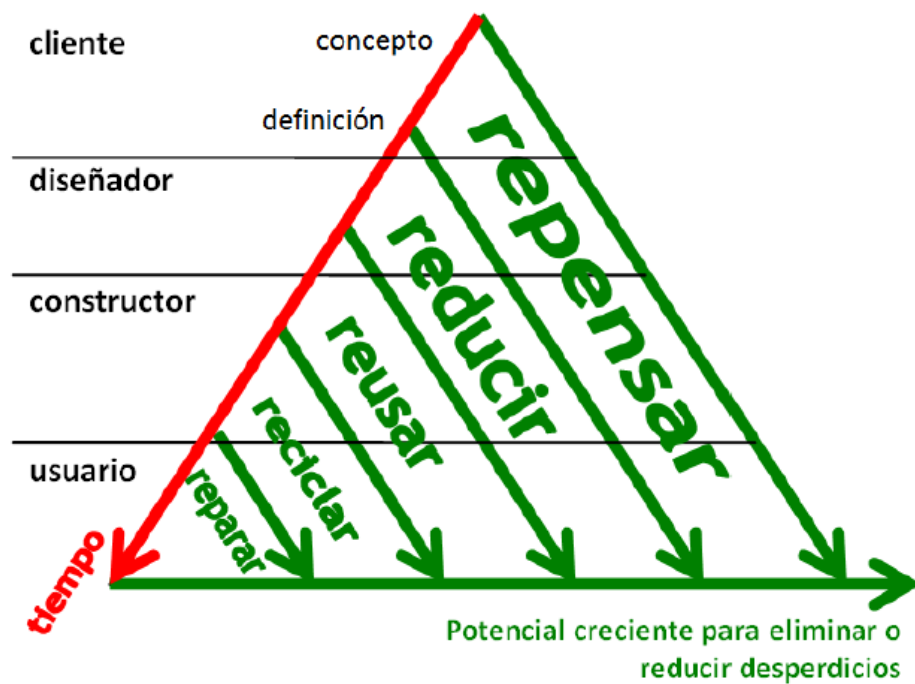


Fig. 8. Potencial para reducir desperdicios (Coronel, 2010)

2.1.5. Herramientas Sin Pérdidas

En la búsqueda de reducir los desperdicios, encontrar el valor para el cliente y mejorar continuamente en los últimos años se han desarrollado herramientas o métodos que facilitan este objetivo. Cada herramienta está orientada para distintos aspectos y algunas para ciertos campos, entre las más conocidas tenemos:

- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Causa-Efecto
- Las 5S

- Sentido de optimización
- Sentido de orden
- Sentido de limpieza
- Sentido de salud
- Sentido de auto-disciplina
- El Último Planificador (aplicada en la industria de la construcción)

El "Lean Enterprise Institute" recomienda que no se utilice las herramientas sin entender el sistema en donde trabajan.

2.1.6. Construcción Sin Pérdidas

Según Howell (1999) Construcción Sin Pérdidas resulta de la aplicación de un nuevo sistema de producción aplicado a la construcción. Koskela en 1992 planteó las bases para la aplicación del nuevo sistema de producción a la construcción.

Del artículo "Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas" de Alarcón y Pellicer (2009) enumera los principios de la construcción sin pérdidas para el diseño, control y mejora de los flujos de producción:

1. Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor
2. Reducir la participación de actividades que no agregan valor
3. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente

4. Reducir la variabilidad
5. Reducir el tiempo del ciclo
6. Simplificar procesos
7. Incrementar la flexibilidad de la producción
8. Incrementar la transparencia de los procesos
9. Enfocar el control al proceso completo
10. Introducir la mejora continua de los procesos
11. Mejorar continuamente el flujo
12. Referenciar los procesos con los de las organizaciones líderes ("benchmarking")

Además de la característica clave de la Construcción Sin Pérdidas que es la reducción de desperdicios, también existen otros factores de gran importancia: los principios de gerenciamiento de proyectos y la aumento del valor para el cliente (Becker, 2009).

Construcción sin pérdidas significa ir mas allá del método tradicional de ver los proyectos como simple transformación, incluyendo flujo de generación de valor. La nueva teoría de proyecto debe incluir tiempo, variabilidad y satisfacción del cliente como variables importantes para el proceso de toma de decisiones.

2.1.7. Entrega de Proyectos Sin Pérdidas

Dado que la construcción se basa en diseños que son elaborados con anterioridad, para hacer más eficaz la construcción se debe desde las fases iniciales del proyecto integrar a todos los involucrados del proyecto y escoger el “mejor camino” para dar mayor valor al proyecto.

En general todo cambio que se realiza en cualquier etapa del proyecto corresponde a un costo dentro de él. Estos costos aumentan con relación al tiempo del proyecto, es preferible realizar un cambio “en planos” y no cuando el trabajo está hecho (ver Figura 9). Los cambios oportunos y a tiempo se realizan con una mejor comunicación entre los involucrados es decir contratista, diseñadores, ingenieros, arquitectos y el dueño o promotor del proyecto.

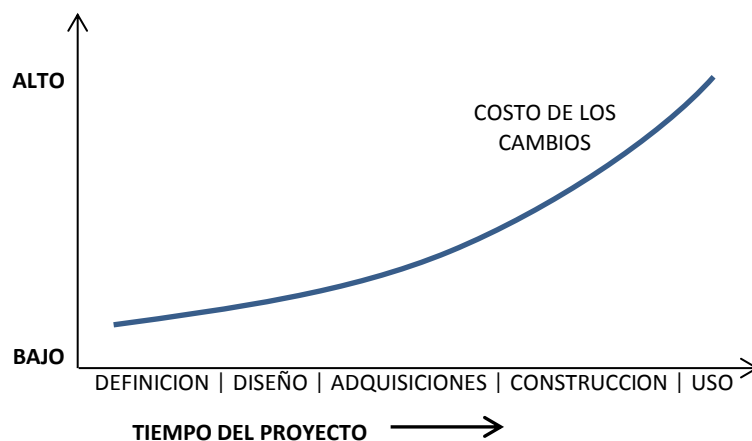


Fig. 9. Costo de los cambios en función del tiempo del tiempo del proyecto

Con base a la filosofía Sin Perdidas se ha desarrollado la “Entrega de Proyectos Lean” (LPD, por sus siglas en inglés) en donde se organiza un proyecto en cinco fases:

- Definición
- Diseño
- Provisión o suministro
- Ensamble
- Uso

Estas cinco fases se enlazan con once etapas:

- Propósitos
- Restricciones
- Conceptos de diseño
- Diseño del proceso
- Diseño del producto
- Ingenierías de detalle
- Fabricación y logística
- Instalación
- Comisión
- Operación y mantenimiento
- Alteración o decomisión

En la Figura 10 podemos observar como las fases y las etapas están relacionadas y con el concepto de mejoramiento continuo.

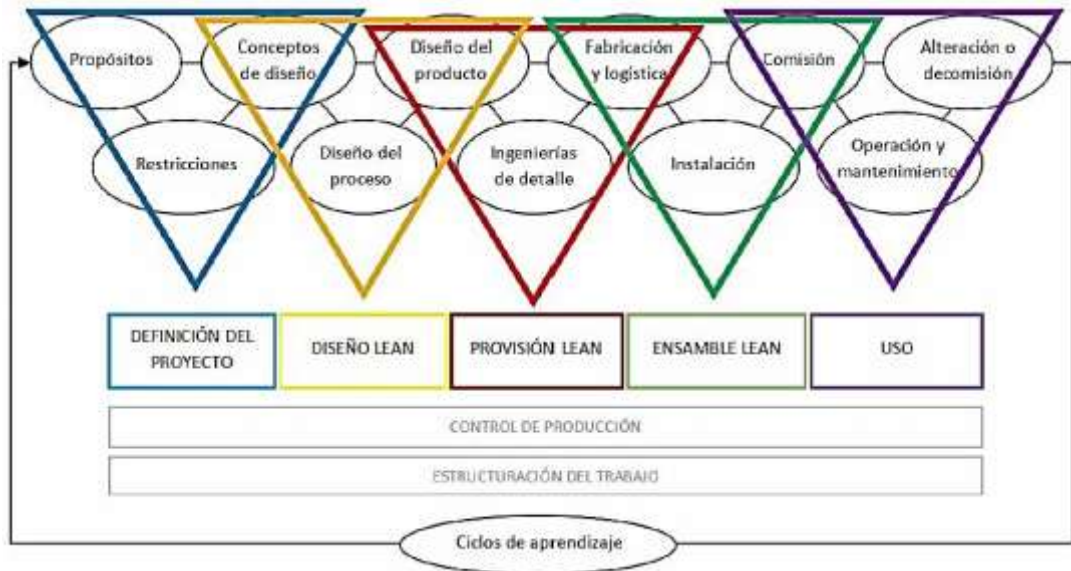


Fig. 10. Modelo de Entrega de Proyectos Sin Pérdidas (Coronel, 2010)

2.2. Sistema del Último Planificador (SUP)

En la construcción la mayor fuente de incertidumbres, frustraciones y desperdicios esta en las esperas; por ejemplo esperar por accesos, por información de diseño, por material. Cuando un equipo previo se demora en entregar su trabajo genera demoras en todos los que vienen detrás y se corta el flujo de trabajo (Coronel, 2010). El Sistema del Último Planificador ataca sistemáticamente a las esperas, reduce la variabilidad y mejora el flujo de trabajo. Según Alarcón y Pellicer (2009) el método fue desarrollado por los miembros del “Lean Construction Institute”, Ballard y Howell, y es una herramienta que no compite ni reemplaza los métodos tradicionales de planificación sino que los complementa y los enriquece.

Cuando se refiere a los Últimos planificadores se quiere describir a la persona o grupo de personas responsables de la planificación operacional, es decir la persona que en última instancia decide que trabajo se va a realizar. Con ellos involucrados en el proceso de planificación se busca reducir las incertidumbres, generar compromisos y un flujo de trabajo estable.

En el Último Planificador se reconocen cuatro niveles de planificación, que son:

1. **Programa Maestro:** Promueve un enfoque general sobre los procedimientos del proyecto, además facilita el análisis de costos y la asignación de recursos.
2. **Programación de Fase:** donde se reúnen los involucrados y se profundiza el Programa Maestro.
3. **Programación Intermedia:** Detalla, ajusta, y optimiza el programa inicial y los alcances del trabajo en un futuro cercano.
4. **Programación Semanal:** Maneja las tareas semanales de trabajo en base a la capacidad actual de recursos y la terminación de prerequisites.

Dentro de la planificación y sus distintos niveles se utiliza la técnica para resolver problemas de las “5 conversaciones cruciales” (Coronel, 2010) donde se trabaja en distintos temas y generalmente ocurren a lo largo del proceso de planificación y control:

1. **Programación colaborativa:** en la que se crea la secuencia y los tiempos de una fase del proyecto, lo más acorde con la realidad, inclusive comprimiéndola.
2. **Preparación del trabajo que se viene:** debe enlistar las tareas, con una cierta anterioridad.
3. **Planificación de la producción:** se resume en una reunión semanal en la que los ejecutores de las tareas presentan y se comprometen con su plan de trabajo.
4. **Seguimiento de la producción:** mediante el monitoreo diario de las acciones en curso.
5. **Medición, aprendizaje y mejoramiento continuo:** hacia la producción, hacia la planificación y hacia el proyecto en su globalidad.

Planificar es determinar lo que se “debería” hacer para completar el proyecto y decidir lo que se “hará” poco a poco. Si bien es cierto no todo se “puede” cumplir porque siempre se encuentran limitaciones que retrasan los planes. Lo que se “puede” no siempre es lo que se “hará”. En el sistema del último planificador se desarrolla a partir de lo que se “debería” hacer, se identifica y se libera lo que se “puede” avanzar para luego acordar lo que se “hará” (Alarcón et al., 2011). La visión Sin Pérdidas de planificación en la Figura 11a se compara con el enfoque tradicional en la Figura 11b.

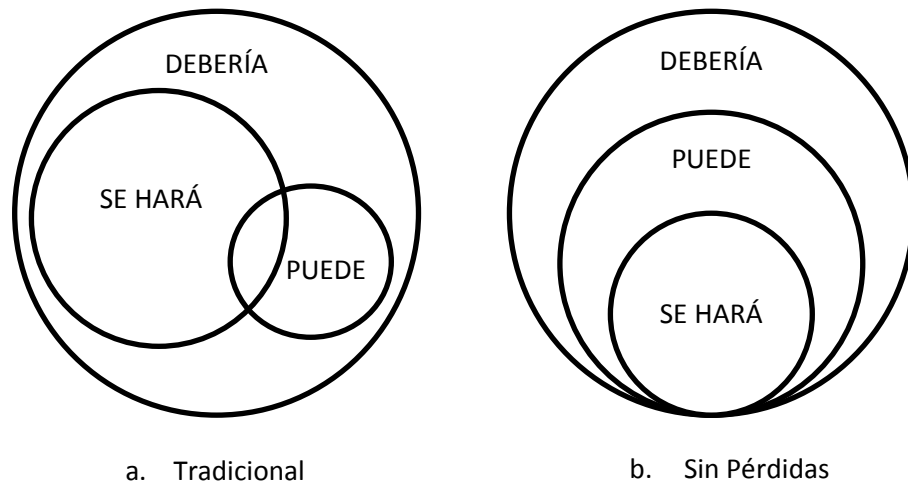


Fig. 11. Filosofías de la planificación (Alarcón et al., 2011)

En la Figura 12 se esquematiza el “debería”, “se puede” y “se hará” con los distintos niveles de planificación, con sus actividades principales y el ciclo de aprendizaje.

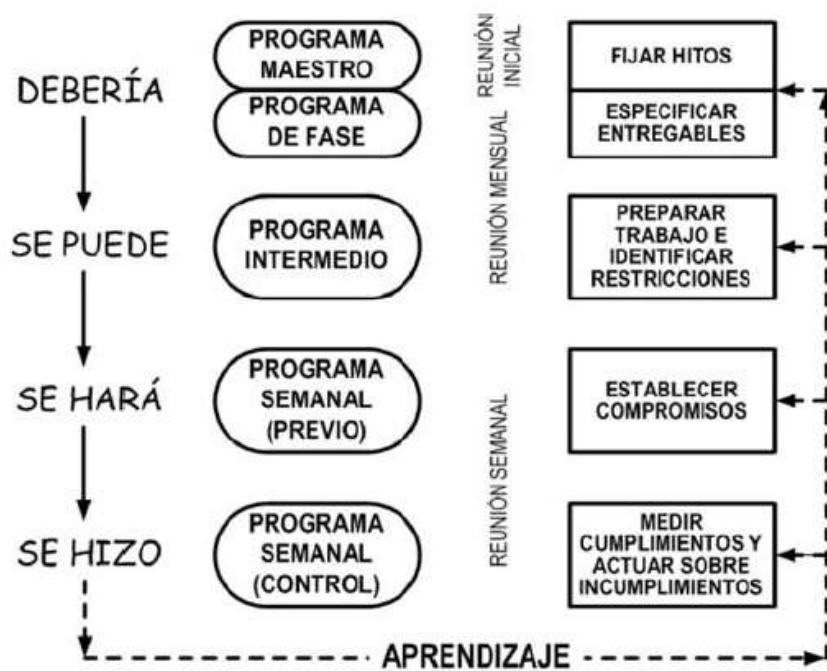


Fig. 12. Sistema del Último Planificador (Alarcón et al., 2011)

2.2.1. Programa Maestro

El Programa Maestro lo realizan los profesionales a cargo identificados también como los primeros planificadores. En esta primera instancia se busca resumir el proyecto y establecer el camino global que se plantea seguir. Se empieza por definir los principales hitos del proyecto en una línea de tiempo como la fecha de entrega y la fecha de inicio. Así mismo lo que generalmente se hace es subdividir el proyecto en fases o actividades claves que sirven para tener puntos de referencia en la misma línea de tiempo.

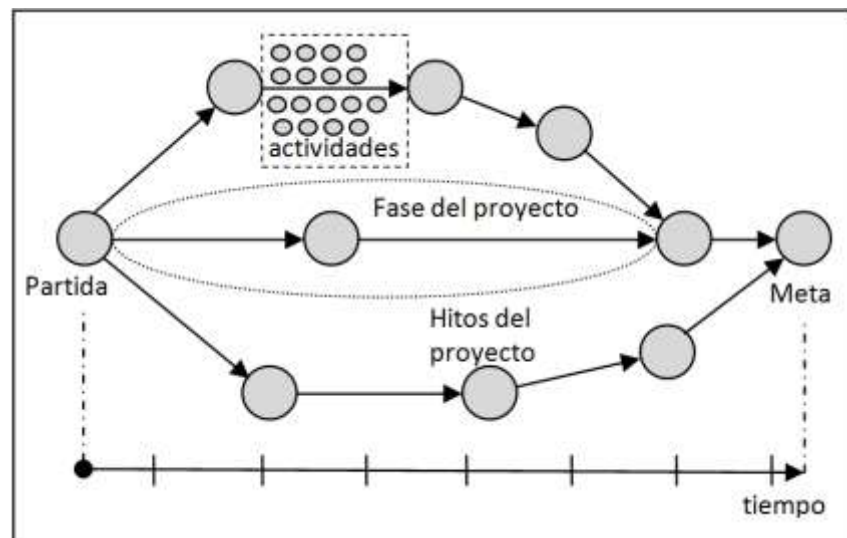


Fig. 13. Representación gráfica de la red de hitos de un proyecto (Alarcón y Serpell, 2003).

Al elaborar el plan, más adelante servirá para entrar en mayor detalle de planificación, se debe determinar las condiciones más favorables para prever un flujo de caja y capital adecuado para la obra. Así mismo las condiciones más desfavorables para no fallar en el cumplimiento de los hitos.

2.2.2. Programación de Fase

El proyecto se puede dividir por fases, como por ejemplo: cimentación, estructura, acabados, etc. Esta división se la realiza a conveniencia con el fin de facilitar la programación y reunir a los directamente involucrados de cada fase. En este nivel de planificación ya pueden entrar los últimos planificadores, donde se busca un compromiso con las metas y con la programación que con ellos se prepara. En el orden de la reunión se parte desde las fechas o logros que se quiere alcanzar y se programa desde la entrega de la fase al inicio. En el rango de cosas que se pueden definir están: las actividades, el orden, la duración, las necesidades individuales, quien esta a cargo de que y las bases para el control de producción. Según Mossman al realizar esta programación se puede encontrar distintos beneficios como:

- Encontrar las interdependencias de las actividades.
- Preparar a las personas para el trabajo en equipo.
- Discutir detalles antes de lo previsto.
- Revisar la secuencia de las actividades y otros problemas que son más fáciles de cambiar a tiempo en papel.
- Encontrar dudas con respecto al diseño.
- Permite al equipo probar distintas opciones para mejorar el flujo, construcción e incluso una reducción del programa.

Según Alarcón (2011) el Programa de Fases en proyectos pequeños puede no ser necesario y muchas veces es ignorada, pero para proyectos largos y complejos su uso es fundamental. Debe ser desarrollado con

información que represente la verdadera capacidad que posea la empresa en obra.

Para determinar el potencial productivo de un empresa en Perú la empresa Edifica fomenta el uso de herramientas como el “Tren de trabajo” y la sectorización de actividades. El Tren de trabajo es implementar la producción en línea dentro de la obra, encontrar la secuencia de actividades y con la ayuda de la sectorización determinar los frentes de trabajo donde se tengan similares cantidades de producción.

2.2.3. Programación Intermedia

La Programación Intermedia también conocida como “Lookahead” es una herramienta útil para los residentes que tienen que hacer los pedidos de materiales y estar conscientes de cuando se debería hacer. Según Ballard (1997) es el vínculo perdido para el control de producción. Generalmente no se usa esta herramienta pero tiene grandes potenciales y sirve de escalón para conectar la planificación del proyecto con la producción semanal. Proporciona forma al flujo de trabajo y se anticipa a las actividades que no podrían ser realizadas para tomar medidas y aumentando el cumplimiento de estas. Como lo dice el nombre lo que se hace es abrir una ventana para ver hacia adelante. Con el Programa Maestro y/o la programación colaborativa se puede determinar un rango de semanas con las cuales se toma para la Programación Intermedia. Las tareas que se deben realizar en este nivel de programación son:

se debe liberar la restricción y el responsable, para que la actividad se pueda realizar según lo establecido sin generar retrasos. (Ver Figura 15).

Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable
Seguros Acero	27-Jun-12	Pedir las pólizas de seguro al subcontratista de acero (Mensual)	2-Jul-12	Ing. José
Acero dimensionado de verticales	11-Jun-12	Coordinar la llegada para cada sector	15-Jun-12	Manuel
Aditivo desmoldante	9-Jun-12	Pedido	11-Jun-12	Asistente de Residente

Fig. 15. Ejemplo de análisis de restricciones.

2.2.4. Programación Semanal

Consiste en definir lo que será hecho, es decir, las tareas de la Programación Intermedia y del Programa de Fases que han sido y pueden ser liberadas en un corto tiempo y las que no fueron completadas la semana anterior. También se pueden tener tareas de “colchón” para cuando la programación tiene mucha holgura o se avancen actividades antes de lo programado y no exista tiempo ocioso en las cuadrillas.

Esta programación se debe realizar al inicio o al final de la semana y con la inclusión de todos los involucrados en la ejecución para obtener un mayor compromiso y confiabilidad en la planificación y el flujo de trabajo.

En esta etapa se controla la producción y el flujo de trabajo mediante el Porcentaje de Tareas Cumplidas (PTC). Mientras se obtiene un mayor PTC

más trabajo fue realizado de manera correcta. De igual manera las causas de no cumplimiento (CNC) se registran para analizarlas, aprender y tomar decisiones correctivas.

2.2.5. Seguimiento de la producción

Al medir el porcentaje de las actividades planteadas que han sido cumplidas se obtiene una medida directa de la confiabilidad del plan. Al elaborar el Programa Semanal con una adecuada secuencia y cantidad de trabajo diariamente se debe dar un seguimiento a la obra e inspeccionar las tareas terminadas para registrar el PTC. Medir la producción es medir los compromisos de los Últimos Planificadores.

Los PTC se registran en un gráfico para evaluar como evoluciona a lo largo del proyecto (Figura 16).

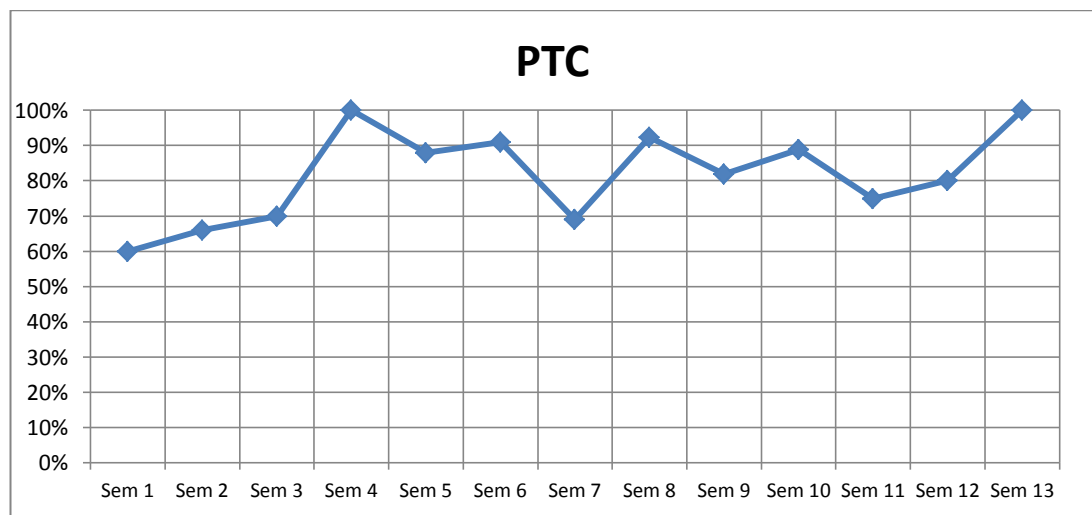


Fig. 16. Ejemplo de PTC.

El PTC informa como se ha llevado la producción a lo largo de la semana. Valores muy bajos indican que lo planificado no se pudo llevar al cabo por diversos factores o no hay un compromiso por parte de los Últimos Planificadores. Mientras si se registran valores de un cien porciento puede significar que se tiene la capacidad para desarrollar más trabajo y/o se está programando poco trabajo. Se dice que si el PTC se encuentra entre el 60% y 80% es la zona de dinero o de ganancia.

2.2.6. Medición, aprendizaje y mejoramiento continuo

Con el análisis de PTC se debe abordar las Causas de No Cumplimiento (CNC) para tomar medidas correctivas y ajustar la Programación Intermedia. Es una forma de mejoramiento continuo y principio fundamental de la filosofía Sin Pérdidas. Se puede registrar CNC mediante el gráfico de Pareto (ver Figura 17) para una mejor visualización, también un grafico circular o de pastel.

El análisis de CNC induce a una retroalimentación de los planificadores para no volver a tropezar en la misma piedra.

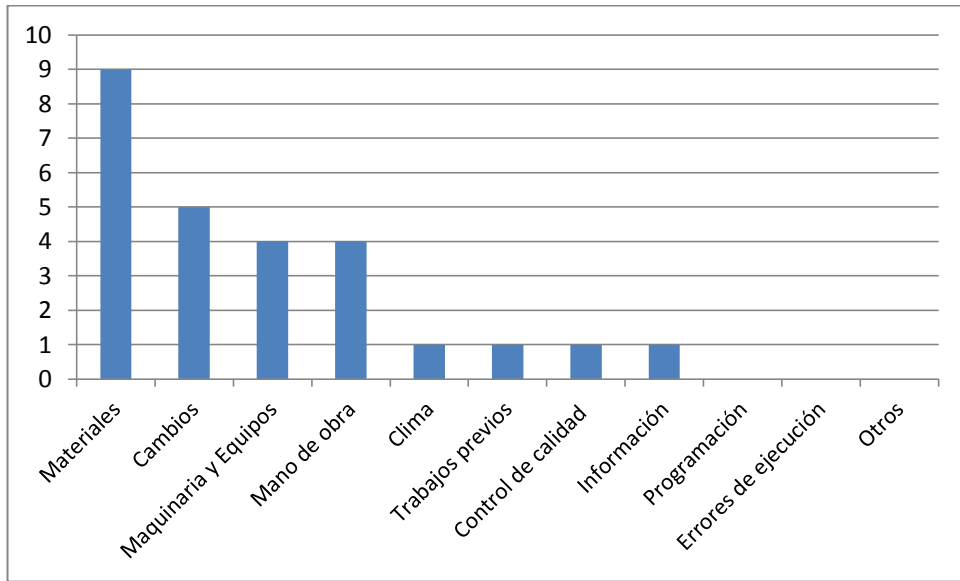


Fig. 17. Ejemplo de registro de causas de no cumplimiento.

CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN DEL SUP

3.1. Preparación

3.1.1. Descripción general del proyecto

En el año 2011 se inició la construcción del Nuevo Campus PUCE en Nayón. La primera etapa del proyecto Nuevo Campus PUCE contempla la construcción de la Facultad de Biología y el Edificio 1 de esta etapa es el Centro de Investigación de Enfermedades Infecciosas (CIEI). En la Figura 18 se observa la implantación de los edificios de la primera etapa.



Fig. 18. Primera etapa del nuevo Campus PUCE

El edificio va a disponer de laboratorios, oficinas y aulas. La superestructura es de estructura metálica y la subestructura o cimentación es de hormigón armado. En todas las columnas se diseñaron zapatas aisladas con excepción en el eje B donde se diseñó una zapata corrida. En la Figura 19 se puede ver el plano de cimentación del Edificio 1.

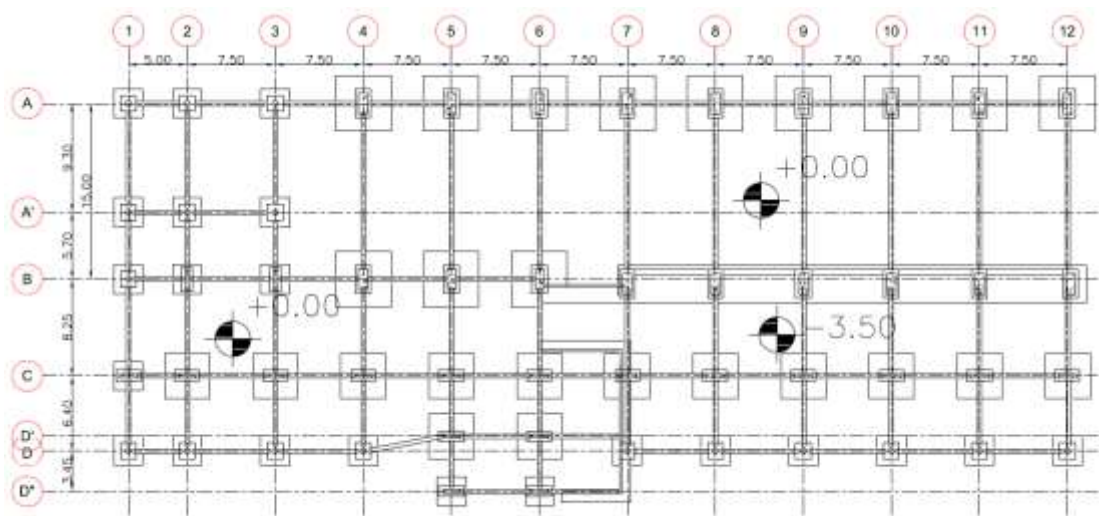


Fig. 19. Plano de cimentación del edificio CIEI.

3.1.2. Observación del sistema productivo existente

La construcción del nuevo campus es administrada por el Departamento de Planta Física de la PUCE e igualmente tienen a su cargo el diseño arquitectónico. El departamento se encarga de la contratación del personal de obreros, los contratistas, la planificación del desarrollo de la obra y el establecimiento de los cronogramas propuestos, especificaciones técnicas y de trabajo. En obra se cuenta con personal administrativo que incluye

fiscalizador, administrador, residente, ayudante de residente, topógrafo, pasantes y asistente de recursos humanos de la PUCE (ver Figura 20). Como mano de obra para la construcción de la cimentación se tiene a un maestro mayor a cargo de los obreros y dos contratistas para el armado del refuerzo de acero y el encofrado.

Es importante destacar que existe una buena relación laboral entre el personal administrativo con los obreros. La PUCE cumple con todos los beneficios y requerimientos que exige la ley. Por parte de los residentes y el administrador hay apertura para conocer y aplicar conceptos sobre construcción Sin Pérdidas y sobre el SUP, pero a su vez lo desafían y prueban sus fortalezas y debilidades.

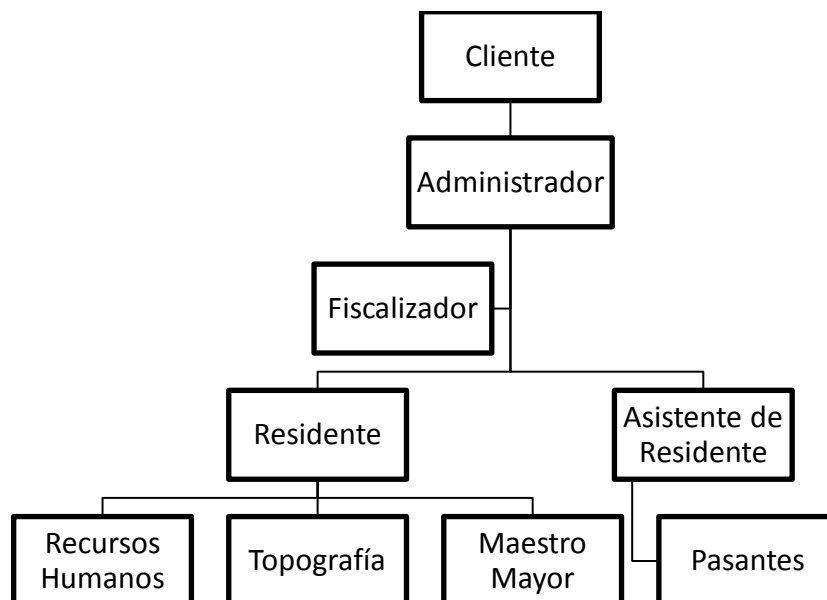


Fig. 20. Organigrama de trabajo

La planificación en el Departamento Planta Física usualmente se la manejaba con cronogramas o diagramas de Gantt y un registro de avance de obra. El administrador se acercaba personalmente a cada contratista y consultaba sus rendimientos reales para generar los cronogramas, basándose también en su experiencia de proyectos anteriores.

3.2. Propuesta

Los autores del presente estudio, mantuvieron varias reuniones de trabajo donde se elaboró una propuesta que destacaban los siguientes puntos:

- Hacer una capacitación introductoria sobre construcción Sin Pérdidas y el Sistema del Último Planificador.
- Realizar un Programa Maestro con hitos a cumplir.
- En la Programación de Fase realizar un cronograma con la obra sectorizada para tener claro el avance de la obra y que a su vez los distintos sectores se adapten a las necesidades.
- Establecer una reunión semanal donde se involucre al maestro mayor y a los contratistas.
- Que el residente se encargue de levantar las restricciones de las actividades mediante una hoja específica de la Programación Intermedia.
- Elaborar una hoja de control semanal para obtener valores de PTC y CNC para el establecimiento de medidas correctivas.

3.3. Negociación

Se estuvo de acuerdo en la mayoría de términos pero se adaptaron ciertos puntos a la realidad de la obra. Se destacan los siguientes:

- Para no recargar de trabajo a los residentes, los pasantes colaborarían con el control semanal.
- Tener una reunión semanal con los contratistas, maestro mayor, residentes y pasantes.
- Eliminar la hoja de Programación Intermedia y unificarla con el cronograma.
- En las reuniones semanales de planificación se realizarían los cronogramas de Programación Intermedia, las plantillas de control semanal y discutirían medidas correctivas
- Por pedido del fiscalizador, la sectorización se la realizó en 3 bloques y de 2 a 4 sectores por bloque.
- En la reunión semanal se desarrolla una retroalimentación de la programación en donde se toman las medidas correctivas para no reiterar los errores y actualizar las fechas que variaban de acuerdo al avance de la obra.

3.4. Ejecución

3.4.1. Capacitaciones

Las capacitaciones previstas inicialmente para todo el personal, debido a su complejidad, se decidió sólo darlas a los residentes. Inicialmente se

proporcionaron dos jornadas de capacitación a los residentes donde se discutió a fondo la teoría y la práctica. Por motivos personales uno de los residentes renunció al proyecto y semanas después ingresó un nuevo residente al cual sólo se le pudo dar una capacitación.

3.4.2. Planificación

La planificación se la llevó en reuniones semanales donde se trataban los temas previstos y con la participación del siguiente personal:

- Residente: Ing. José Coronel / Ing. Paul Estrella¹
- Ayudante de residente: Arq. María José León
- Maestro mayor: Segundo Quilumbaquín
- Maestro colocador del refuerzo: Manuel Estrella
- Maestro encofrador: Miguel Follarán
- Pasante: José Poveda
- Pasante: David Encalada
- Pasante: María José Ochoa

3.4.2.1. Programa Maestro

Aunque el Programa Maestro en la concepción inicial cubrió cimentación y estructura, posteriormente por razones de avance real, se limitó a la cimentación. El Programa Maestro contemplaba entregar la estructura en el mes de diciembre del 2012. Dentro de estos límites se conoce el inicio de la cimentación y una fecha estimada del inicio de la estructura. Así mismo de

¹ Por motivos personales existió un cambio de residente, Paul Estrella por José Coronel.

las fechas previstas para realizar los pedidos al proveedor del material para la estructura (Ver Anexo 1).

3.4.2.2. Programación de Fase

En la primera reunión junto a los Últimos Planificadores, se revisaron las actividades, los sectores, la secuencia y el proceso constructivo. Durante el transcurso de la reunión surgieron dificultades técnicas que se intentaron resolver y dudas en el diseño por la falta de detalles explicativos. Al realizar el cronograma se definieron fechas optimistas teniendo en cuenta los compromisos que aceptaban los contratistas del avance de los trabajos. El cronograma se fue reajustando debido a demoras, pero siempre se programó con anticipación para compensar con otras actividades.

En la Figura 21 se observa un detalle de la cimentación. En la fase de cimentación se definió la siguiente secuencia de trabajo:

1. Excavación hasta nivel de cimentación.
2. Perfilado de la excavación.
3. Nivelación y replantillo de la zapata.
4. Armado del acero de refuerzo de la zapata.
5. Armado del acero de refuerzo del pedestal.
6. Encofrado de la zapata (en los casos que la excavación necesite ser más amplia para facilitar el encofrado de los pedestales).
7. Fundición de la zapata.
8. Encofrado del pedestal.

9. Fundición del pedestal hasta el nivel de cadena (dependiendo de la profundidad del plinto la fundición se dividía en varios tramos).
10. Compactación alrededor de los pedestales
11. Armado de cadenas.
12. Colocación de pernos para la sujeción de la estructura metálica.
13. Encofrado de cadenas.
14. Fundición de cadenas y el tramo restante del pedestal.
15. Colocación de placas.
16. Encofrado y colocación de mortero de nivelación.



Fig. 21. Detalle de cimentación del edificio CIEI.

En la Figura 22 se aprecia la sectorización del edificio. En la reunión se determinó agrupar de 4 a 7 columnas en cada sector para tener cantidades manejables de trabajo. Se decidió empezar por el nivel -3.50,

priorizando los sectores cercanos al muro ubicado en el eje B debido a que su elaboración era larga y compleja.

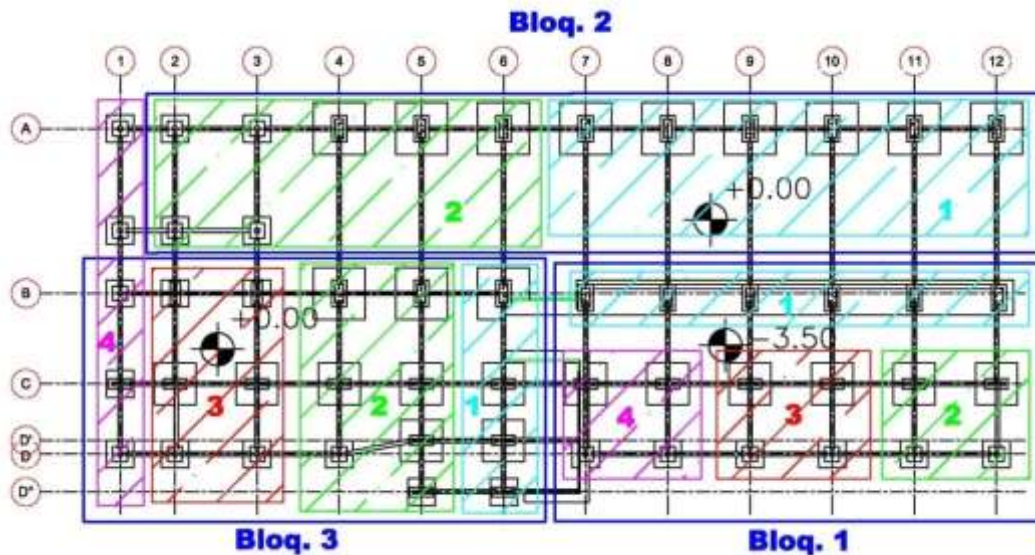


Fig. 22. Sectorización del edificio CIEI.

3.4.2.3. Programación Intermedia

En las reuniones de programación se confirman las actividades y su secuencia para tiempos de 2 a 8 semanas, dependiendo de la cantidad de detalles disponibles; y se contemplan las posibles dificultades y restricciones. Las actividades, secuencia y flujo de trabajo son las mismas utilizadas en la Programación de Fases.

Las fechas de pedido de hormigón se tenían que realizar con una anticipación de mínimo 2 semanas, por tanto el cronograma se ajustaba al ritmo de los pedidos (ver Figura 23).

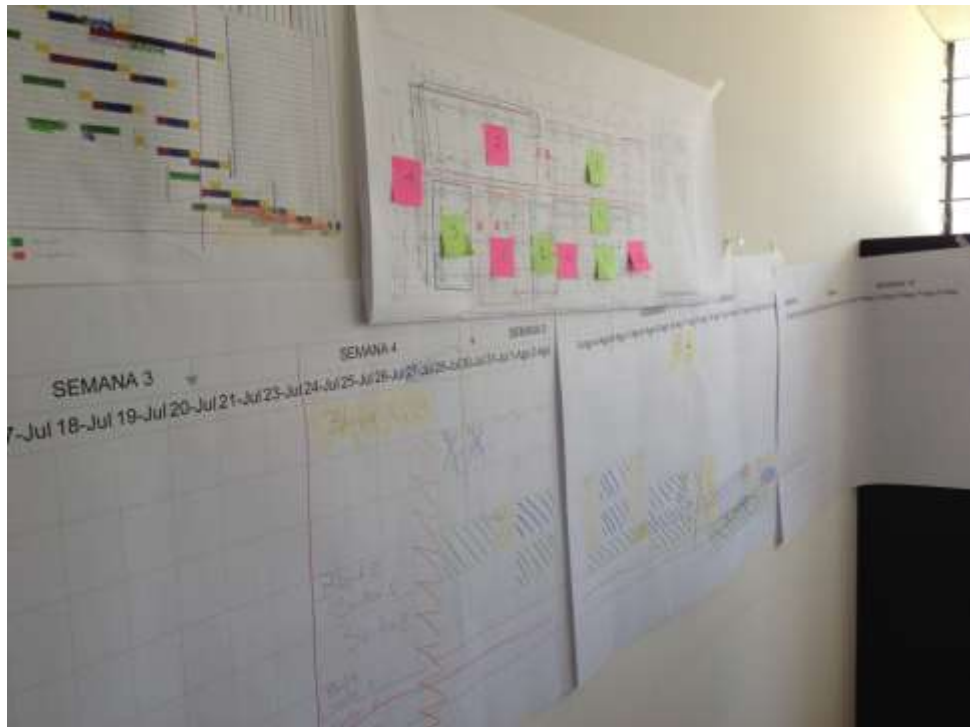


Fig. 23. Reunión de Planificación Intermedia.

3.4.2.4. Programación Semanal, seguimiento de la producción y mejoramiento continuo

La Programación Semanal se realizaba después de las reuniones semanales en base a la Programación Intermedia con las actividades libres de restricciones. El seguimiento de producción fue diario y se registraba el cumplimiento o no de las actividades para obtener PTC y en caso de no cumplimiento se anotó las CNC. En la reunión semanal se revisaba el avance de obra y se discutían las causas de no cumplimiento.

PROGRAMACION SEMANAL											
NOMBRE DE PROYECTO NUEVO CAMPUS PUCE - EDIFICIO CIEI					FECHA 2-jul-2012		7-jul-2012				
FASE CIMENTACIÓN					PROPIETARIO PUCE		UBICACION NAYÓN				
COD.	Descripción de la Actividad	Responsable	SEMANA 1					ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO			
			L	M	Mi	J	V	SI	NO	TIPO	OBSERVACIONES
1	Armado Pedestales B7-12	Manuel	x	x	x			x			
2	Armado Sup. Zapata Corrida	Manuel				x		x			
3	Replantillo D11-12, C11-12	Segundo	x					x			
4	Perfilado C7-9, D7-9	Segundo		x	x				x	1	
...											
17											
18											
							3	1			
1. Mano de obra 2. Maquinaria y Equipos 3. Clima 4. Trabajos previos 5. Programación 6. Errores de ejecución 7. Control de calidad 8. Materiales 9. Cambios 10. Información 11. Otros											
ELABORADO POR:				APROBADO POR:				FIRMA:			

Fig. 24. Ejemplo de plantilla de Programación Semanal utilizada

CAPITULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Porcentaje de actividades completadas (PTC) y Causas de no cumplimiento (CNC)

Los datos obtenidos comprenden un periodo de 12 semanas de implementación. Se planificaron 126 actividades en total, de las cuales se cumplieron 103. El PTC varió entre 92% y 54% y el PTC acumulado tiende a estabilizarse en un 82% desde la semana 7. El valor más bajo obtenido es de 54% en la semana 3, la causa fue la falta de mano de obra (ver Anexo 3), se analizó en la reunión semanal y se decidió contratar más personal. Como consecuencia se observó en la semana 4 un incremento del PTC al 87%. El valor más alto obtenido es de 92% en la semana 7. Con excepción de la semana 3 los valores de PTC fueron relativamente altos manteniéndose por encima del 75%. En la Tabla 3 y la Figura 25 se pueden encontrar los valores de cada semana.

Tabla 3. Registro de datos.

Semana	Fecha de inicio	Total de Actividades Programadas	Actividades Cumplidas	PTC	PTC Acumulado
1	2-jul-12	10	9	90%	90%
2	9-jul-12	9	7	78%	84%
3	16-jul-12	13	7	54%	72%
4	23-jul-12	15	13	87%	77%
5	30-jul-12	15	12	80%	77%
6	6-ago-12	11	10	91%	79%
7	13-ago-12	13	12	92%	81%
8	20-ago-12	11	9	82%	81%
9	27-ago-12	9	8	89%	82%
10	3-sep-12	8	6	75%	82%
11	10-sep-12	5	4	80%	82%
12	17-sep-12	7	6	86%	82%

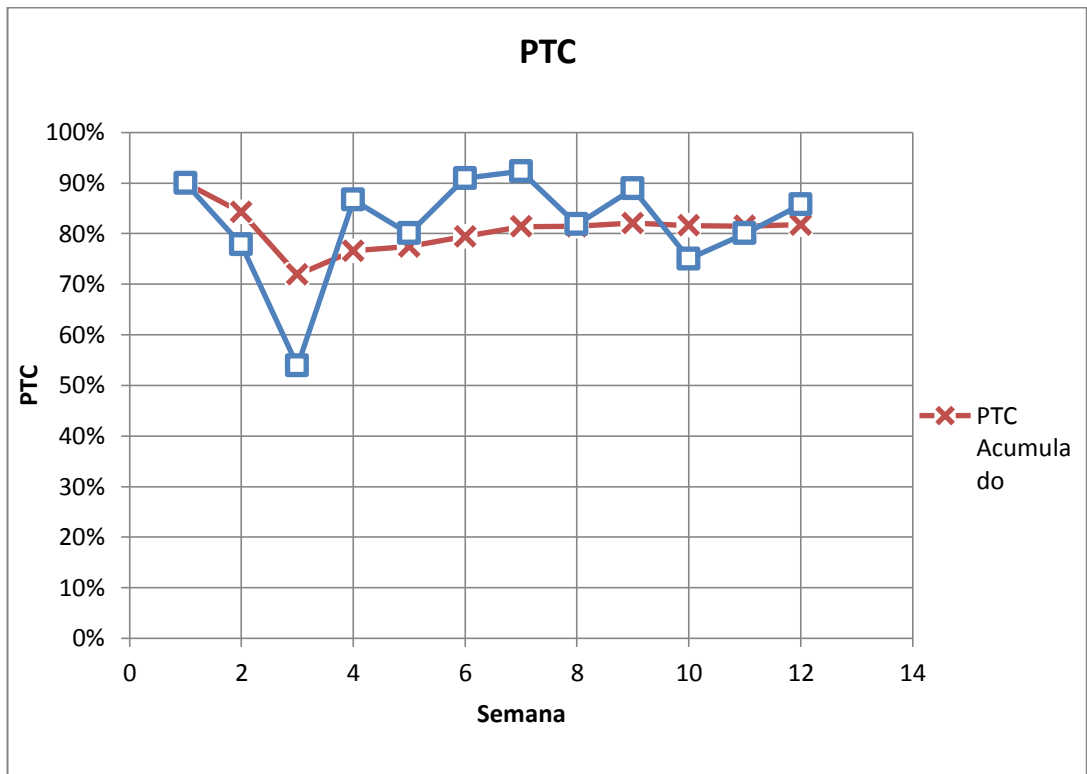


Fig. 25. Datos PTC.

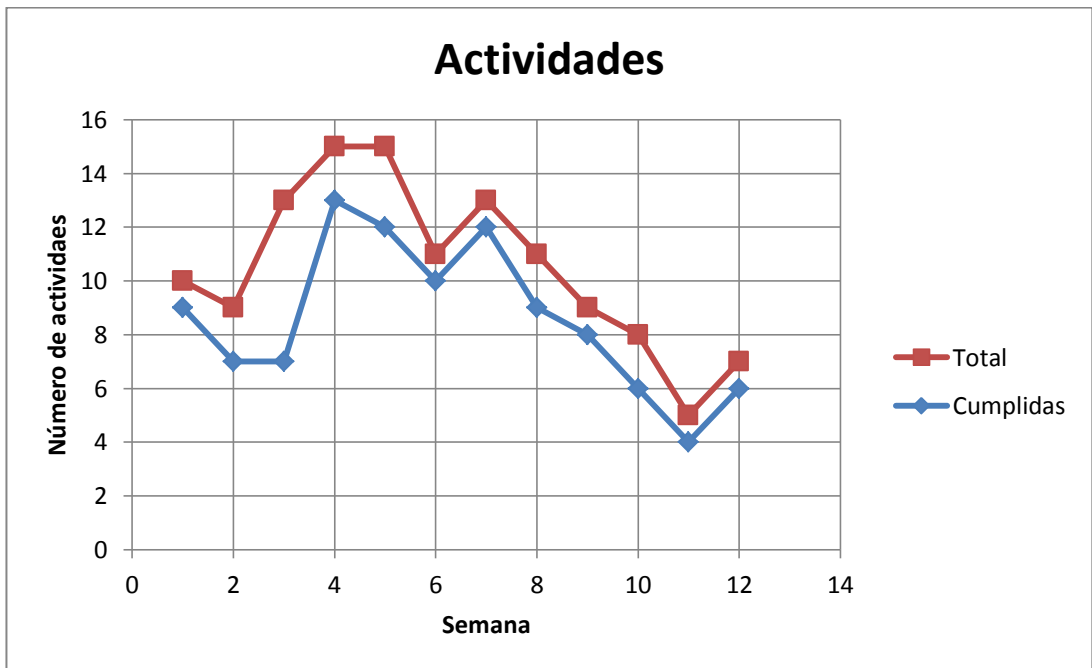


Fig. 26. Actividades.

En la Figura 26 se pueden visualizar las actividades planificadas y las actividades completadas por semana. En el periodo de 12 semanas se abarcó la fase de cimentación. En las primeras 8 semanas se observa un alto número de actividades y al finalizar la fase la cantidad de actividades se reduce progresivamente. El análisis tiene relación con la salida del contratista encargado del figurado de acero que terminó sus trabajos en la semana 9. Asimismo con la salida del encofrador y última fundición en la semana 12 restando sólo trabajos de compactación.

Las CNC de las 26 actividades obtenidas durante 12 semanas, se presenta en la Figura 27 en un diagrama de Pareto y en la Figura 28 como un pastel. La mayor incidencia de no cumplimiento fue la mano de obra seguida por trabajos previos, materiales, programación, maquinaria y equipo. El clima, errores de ejecución y control de calidad no tuvieron incidencia en el cumplimiento. Por otro lado la información y cambios de diseño no permitieron que algunas actividades entren en la programación semanal pero no se llevó ningún registro.

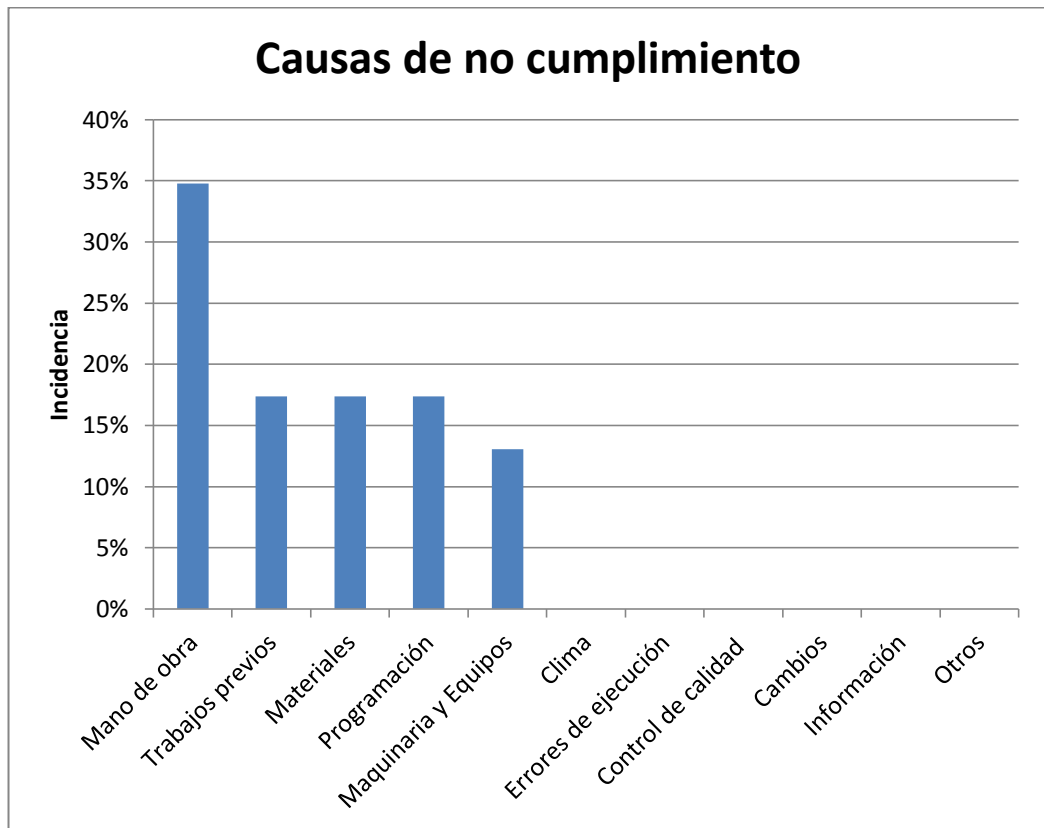


Fig. 27. CNC en diagrama de Pareto

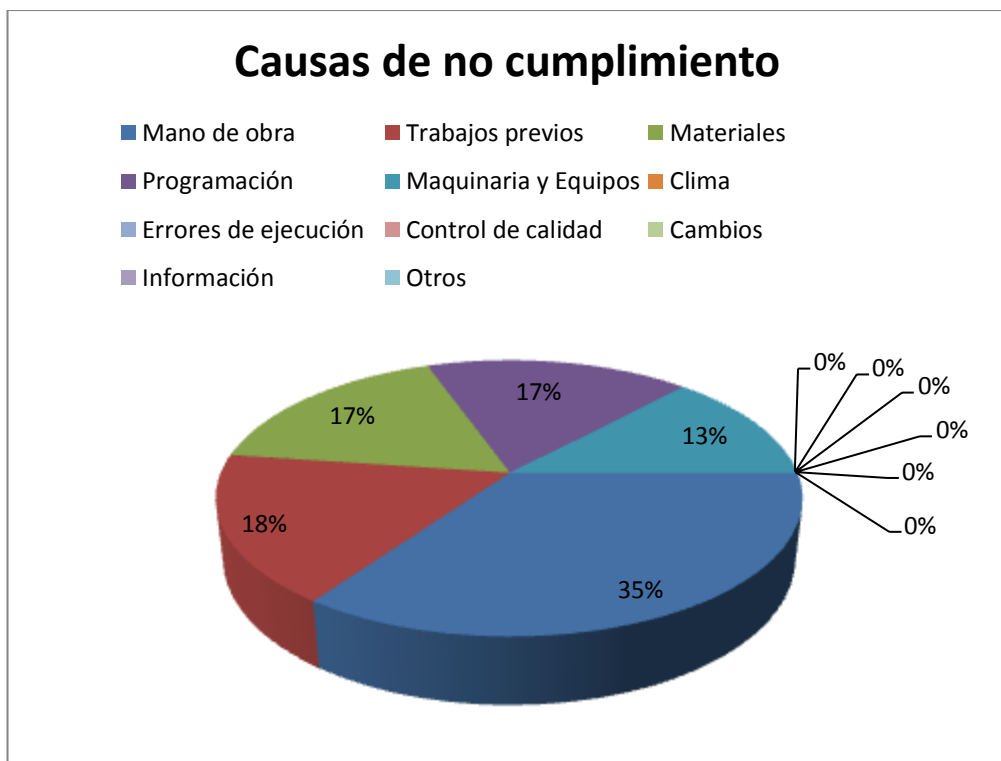


Fig. 28. CNC en gráfico de pastel

4.2. Evaluación de la implementación

Cambiar el modo de pensar de una persona o de una empresa no se lo logra de un día para el otro. Requiere un proceso donde intervienen la capacitación y la práctica con resultados. Para iniciar este cambio tiene que haber un compromiso e interés en la cabeza y que influya en el resto del cuerpo. En el proyecto se introdujo una nueva forma de pensar pero es un proceso que tiene que continuar a largo plazo. En un principio hubo gran aceptación e interés, en donde las capacitaciones se volvieron diálogos para conocer el SUP y la filosofía Sin Pérdidas. A lo largo del proceso de implementación hubo un cambio de Residente alrededor de la semana 3. A pesar de la capacitación que recibió no pudo involucrarse a fondo debido a que el proceso de planificación estaba ya adelantado.

La capacitación del asistente de residencia tuvo mayor continuidad obteniendo mejores resultados y una mejor aceptación del sistema. Se realizó una entrevista para que evaluara la implementación y el SUP. Sus comentarios fueron los siguientes:

¿Qué opina usted de la filosofía Sin Pérdidas, del SUP y de sus beneficios?

“Personalmente mi vida es así e instintivamente si lo había hecho antes. Para la construcción es bueno porque le enseñas a la gente una metodología de trabajo y a llevar una rutina. Hay actividades que organizadas pueden perder importancia y puedes abarcar otras. Por ejemplo la fundición se vuelve rutina y te puedes enfocar en otras cosas como

seguridad, calidad y puedes ir mejorando todo. También puedes sólo quedarte en la rutina por eso es importante medir y mejorar.”

¿Qué encuentra de diferente en la forma de planificar?

“A los contratistas siempre se les preguntó los rendimientos y sus compromisos pero no en la misma reunión, es más fácil con todos juntos. En la reunión se empezaban a echar la culpa de algunas causas de incumplimientos, eso no me gustó. Uno a uno se puede ser más honesto, ya en grupo no somos tan honestos. Por trabajo, por presión de ellos mismos y por cumplir los compromisos se van convenciendo de la metodología, la programación pudo haber tenido aun mejores resultados.”

¿Cómo evaluaría la implementación del SUP?

“Hay que definir dos puntos: Con José Coronel cuando se hacía bien a detalle y con rigor y, con el nuevo residente que observó, opinó y luego tomó decisiones propias. Hubo mayor cumplimiento del sistema antes y al final se desorganizó. Sería interesante volver a aplicar en la mampostería, por que ahí se evidenciaría más el sistema, la fase es más larga y repetitiva. Las primeras semanas funcionó muy bien el sistema, después se perdió el hilo. La construcción en el Ecuador no está aún lista para el SUP. Tendríamos que todos estar realmente convencidos, y por lo menos dispuestos a probarlo. Incluso como una teoría de vida. La planificación y el tren de trabajo, funcionan para ver todas las dificultades, es muy buena teoría y se podría seguir intentando implementar. Es primordial empezar por las

cabezas para generar una cultura de trabajo y todos apuntar para el mismo lado. Todos con el mismo objetivo para que no sólo se quede en palabras, llevar la cultura de trabajo a vivir al SUP.”

A partir de estos comentarios y de la apreciación de los autores de la presente disertación, la implementación fue exitosa debido a los beneficios apreciados y buenos comentarios recibidos. Es difícil colocar un valor numérico o porcentaje de implementación porque es una apreciación subjetiva.

CAPITULO V Conclusiones y recomendaciones

Las experiencias recolectadas y las recomendaciones que se dan en la presente disertación pueden ser aprovechadas para continuar con el proceso de implementación en el Campus de Nayón, posiblemente en el mismo edificio en la etapa de mampostería, como en proyectos de similares características.

Para propiciar la difusión del SUP se recomienda desarrollar un centro de recopilación de información donde se pueda compartir libremente la información y las experiencias. Donde también se fomenten las relaciones Universidad-Empresas para continuar con este proceso de recolección de información, análisis de resultados y los beneficios de una gestión de calidad.

5.1. Beneficios

- La etapa de observación es fundamental para evaluar el sistema de producción existente, aprovechar las fortalezas y atenuar las debilidades. El SUP no debería ser impuesto sino adaptado a las necesidades administrativas de la empresa y del proyecto.
- Los formatos de control de producción podrían ser variables, dependerán del proyecto y de la persona que va a llevar el registro. Para una primera implementación del sistema, las hojas de registro deben ser

sencillas y con el avance del proyecto se puede modificar para añadir datos ajustados a las necesidades.

- En la práctica común se realizan reuniones de programación para eventos puntuales y considerados importantes o críticos. En el SUP se considera que todos los trabajos son críticos porque al analizar las actividades semanalmente se puede observar que todas las actividades tienen que ir a un ritmo constante para que exista un flujo de trabajo continuo.
- La Programación de Fases generó la mayor cantidad de beneficios y un serio compromiso de los trabajadores; conocimiento de las actividades de planificación, reducción de incertidumbres, coordinación de los agentes participantes del proyecto y la planificación de un flujo continuo de trabajo.
- El análisis del PTC y CNC en la reunión semanal ofrece valiosa información para tomar decisiones y medidas correctivas. Permite tener una idea de la productividad y evitar situaciones que generen retrasos.
- En un inicio había resistencia al cambio en la forma de realizar la programación con la inclusión de los Últimos Planificadores. Al momento de formar parte en las reuniones se obtuvo colaboración para planificar, compromiso con las tareas programadas y una especial apertura entre el grupo para llevar el trabajo adelante.
- En la Programación Intermedia se puede unificar con el manejo de cantidades de obra para tener un mejor y simple control del capital. De

igual manera en la Programación Semanal llevar el registro de estas cantidades para el manejo del cumplimiento de obra.

5.2. Dificultades

- Al realizar el Programa Maestro se debe tener consideraciones especiales para la cimentación debido a que el suelo es un material impredecible y genera incertidumbres. Por tanto se debe planificar con mayor holgura cuando existen dudas en el material o en el sistema constructivo.
- La entrega de la cimentación tuvo un retraso de un mes con respecto al Programa Maestro. Debido a cambios en el diseño de pernos y el incumplimiento de un proveedor al entregar las placas de acero. En el análisis de PTC y CNC no se contempla en ninguna parte este retraso ya que estas actividades no entraron a tiempo a la Programación Semanal. En el caso del cambio de diseño de pernos tuvo como consecuencia una demora de 2 semanas en la fundición de cadenas y por otro lado en el caso de la colocación de placas se tuvo otra demora de 2 semanas para el inicio del montaje de la estructura. El SUP intenta evitar estos inconvenientes pero cuando existe mayor compromiso con el sistema.
- Un motivo para el retraso puede ser la falta de eficiencia en levantar restricciones a tiempo para continuar con el flujo de trabajo. Por eso se debería implementar un indicador para medir la eficiencia de la Programación Intermedia como se lo hace con la Programación

Semanal y con responsables directos del manejo de cada restricción. De este modo se esperaría aumentar la importancia de la Programación Intermedia y la necesidad de levantar restricciones para aumentar los niveles de cumplimiento.

- Se debe garantizar el compromiso, apoyo e interés de los involucrados y no descuidar su proceso de aprendizaje en el sistema. En el cambio de residente ocurrido se debió reforzar la capacitación y generar mayor interés teniendo apertura a su colaboración a pesar de que el proceso de planificación ya estaba bastante adelantado.

Para obtener mejores resultados no sólo se deben manejar los conceptos de la Filosofía Sin Pérdidas en la programación; se debe extender a las distintas etapas de diseño y construcción. Buscando el manejo de un proyecto bajo los conceptos Sin Perdidas se podría obtener aun mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

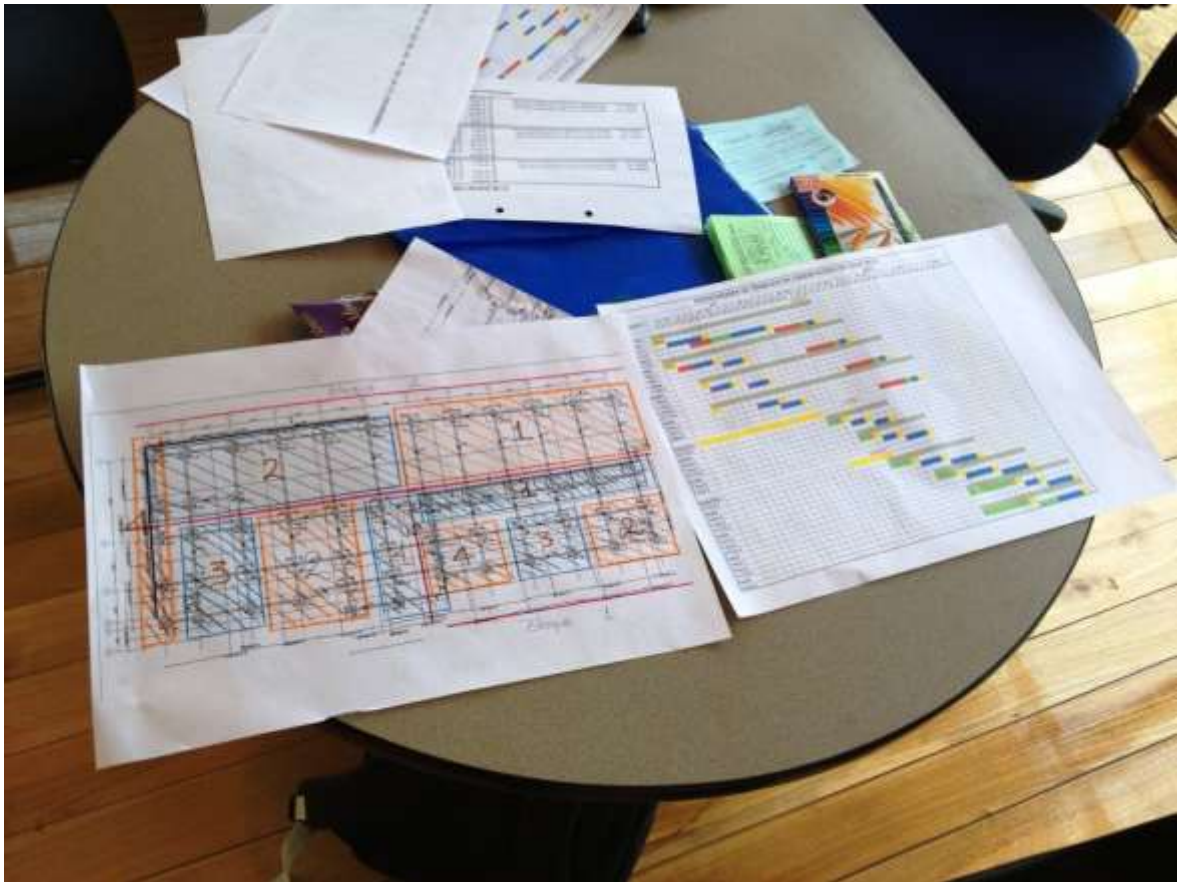
- Alarcón, L. F., & Campero, M. (2003). Administración de Proyectos Civiles (2da ed.). Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (Febrero de 2009). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. Revista de Obras Públicas No. 3496.
- Alarcón, L. F., Pellicer, E., & Rodríguez, A. (Febrero de 2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. Revista de Obras Públicas No. 3518.
- Ballard, G. (1994). The Last Planner. Northern California Construction Institute Monterrey.
- Ballard, G. (1997). Lookahead planning: the missing link in production control. Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Griffith University, Gold Coast, Australia.
- Ballard, G. (1999). What Is Lean Construction. Proceedings 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Berkeley, CA.
- Becker, B. (2009). Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- Botero, L. F., & Alvarez, M. E. (2006). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Revista Universitaria EAFIT No. 130, p. 65-78.

- Coronel, J. (2010). Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: un manual/guía para la implementación del Last Planner System™. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Cuatrecasas, L. (2010). LEAN MANAGEMENT: Lean management es la gestión competitiva por excelencia. Implantación progresiva en 7 etapas. Barcelona: Profit Editorial.
- Díaz, D. (2007). Aplicación del sistema de planificación 'Last Planner' a la construcción. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. Santiago de Chile.
- EDIFICA. (15-16 de Marzo de 2012). Lean Construction. Seminario Taller. Lima, Perú.
- Gamboa, F. (2011). Administración de Empresas Constructoras. Apuntes de clases. Quito.
- Howell, G., & Ballard, G. (1998). Implementing Lean Construction: Understanding and Action. Proceedings of the 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil.
- Howell, G., & Ballard, G. (1998). Implementing Lean Construction: Understanding and Action. Proceedings of the 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil. .
- Koskela, L. (Septiembre de 1992). Application of the new production philosophy to construction. Technical Report No. 72, p. 75. Stanford University.

- Lean Enterprise Institute. (s.f.). A BRIEF HISTORY OF LEAN.
Recuperado el Agosto de 2012, de
<http://www.lean.org/WhatsLean/History>
- Mossman, A., & Ebrey, L. (s.f.). Choosing & Using a Lean Construction Consultant.
- Revelo, V. H., & Fiallo, M. (2002). Applying the last planner control System to a construction project: a Case study in Quito, Ecuador. Proceedings 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brazil.
- Sánchez Céliz, D., & Zárate Orbe, D. (2009). Método del último planificador en la construcción de edificaciones. Caso de estudio: Edificio Rincón del Bosque en la ciudad de Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Serpell, A., & Alarcón, L. F. (2000). Planificación y control de proyectos. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Twort, A., & Rees, J. (2004). Civil Engineering Project Management (4ta ed.). London: Butterworth-Heinemann.
- Yong-Woo, K., & Ballard, G. (2000). Is the Earned-Value Method an Enemy of Workflow. Proceedings 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Brighton, UK, July 17-19.

ANEXOS

Anexo 2: Programación de Fases.



Anexo 3: CNC.

Causas	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
Mano de obra	0	1	3	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Trabajos previos	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Materiales	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Programación	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Maquinaria y Equipos	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
Clima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Errores de ejecución	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Control de calidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cambios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	2	6	2	3	1	1	2	1	2	1	1

Anexo 4: Fotos de las reuniones.



Fecha: 21 de junio del 2012



Fecha: 4 de septiembre del 2012