

Last Planner System

Un Caso de Estudio

Inmaculada Sanchis Mestre
2013

Tutores: Dr. José Luís Ponz Tienda

D. Fernando Cerveró Romero

Dr. Luís F. Alarcón Cárdenas



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

A mon père,

Agradecimientos

- A mis padres, porque sin ellos no sería quien soy
- A José Luís, por su energía y descubrirme que algo más es posible
- A Fernando, por contagiarme su entusiasmo
- A Eugenio Pellicer, por permitirme asistir a sus clases
- A Carlos, Lorena, Raquel y Amparo, por animarme a emprender la aventura
- A Ana y Román, por estar siempre ahí
- A la familia Chaura Núñez, por hacerme sentir como en casa
- A todo el equipo de Moller Pérez Cotapos, por su esfuerzo y calidez
- A Diego, por compartir sus conocimientos, por su paciencia, apoyo y cariño.

Índice:

1	Introducción, objetivos y metodología	4
1.1	Introducción	4
1.2	Objetivos generales	4
1.3	Objetivos específicos	4
2	Inicios de Lean Thinking: El Sistema de producción Toyota	5
2.1	Una breve reseña histórica	5
2.2	Triángulo Lean	6
2.3	Principios Lean	7
2.4	Lean Construction	9
2.4.1	<i>Historia</i>	9
2.4.2	<i>Principios</i>	9
3	El Last Planner System System	11
3.1	Introducción a LPS	11
3.1.1	<i>Historia del LPS</i>	11
3.1.2	<i>Se Puede, Se Debería, Se hará</i>	13
3.1.3	<i>Prerrequisitos y restricciones</i>	17
3.1.4	<i>Pull vs Push</i>	18
3.2	Los tres niveles de Programación	18
3.2.1	<i>Work structuring</i>	19
3.2.2	<i>Main Program</i>	20
3.2.3	<i>Programación por fases: Pull Session</i>	20
3.2.4	<i>Lookahead Program</i>	24
3.2.5	<i>Programación de trabajo semanal</i>	26
4	Study case	33
4.1	Introducción	33
4.1.1	<i>El proyecto "Parque Espoz"</i>	35
4.2	3 Torres, Tres implementaciones	37
4.2.1	<i>Inicio implementación en Torre 2 por el GEPUC</i>	39
4.2.2	<i>Implementación por el equipo Torre 1</i>	39
4.2.3	<i>Torre 3: Un reto, implementar LPS en obra gruesa</i>	42
4.3	Metodología	42
4.3.1	<i>Torre 1</i>	42
4.3.2	<i>Torre 3</i>	60
5	Conclusiones	64
5.1	Dificultades	64
5.2	Resultados Obtenidos	64
	ANEXO I CONTROL DE AVANCE	66
	ANEXO II DOCUMENTACIÓN REVISIÓN SEMANAL	75
	ANEXO III COMPARATIVA GRÁFICOS PPC	79

ANEXO IV COMPARATIVA PLANILLAS	82
ANEXO V HERRAMIENTAS LEAN IMPLEMENTADAS	86
1 Estructuración del trabajo	86
1.1 Introducción a la estructuración del trabajo	86
1.2 Aplicación práctica	87
2 Diseño de operaciones: hormigonado de un muro	96
2.1 Introducción diseño de operaciones	96
2.2 Aplicación práctica	96
2.2.1 Información general del proyecto	96
2.2.2 Antecedentes del proceso seleccionado.....	97
2.2.3 Procedimiento	98
2.2.4 Resultados de la actividad.....	100
2.2.5 Conclusiones.....	106
2.2.6 Propuestas.....	106
3 Mapeo de flujo de valor: proceso adquisiciones.....	110
3.1 Introducción mapeo flujo de valor.....	110
3.2 Aplicación práctica: Levantamiento del proceso de adquisiciones.....	112
3.2.1 Proceso adquisiciones 1: Stock mínimo	112
3.2.2 Proceso adquisiciones 2: Pedido de terreno.....	115
3.2.3 Análisis del estado actual	117
3.2.4 Observaciones durante la toma de tiempo	122
3.2.5 Resultados de tiempos obtenidos.....	124
3.2.6 Oportunidades de Mejora en el proceso.....	125
3.2.7 Nuevo estado del proceso propuesto	129
3.2.8 Conclusiones.....	132
4 5S.....	133
4.1 Introducción 5S	133
4.1.1 Seiri (Clasificación y Descarte).....	134
4.1.2 Seiton (Organización) La 2da S.....	135
4.1.3 Seiso (Limpieza) : La 3° S.....	136
4.1.4 Seiketsu (Normalización). La 4° S.....	136
4.1.5 Shitsuke (Compromiso y Disciplina) : la 5° S.....	137
4.2 Aplicación práctica	138
4.2.1 Seiri (Clasificación y Descarte).....	140
4.2.2 Seiton (Organización) La 2da S.....	141
4.2.3 Seiso (Limpieza) : La 3° S.....	143
4.2.4 Seiketsu (Normalización) La 4° S.....	143
4.2.5 Shitsuke (Compromiso y Disciplina) : la 5° S.....	144
5 Kaizen (mejora continua) PDCA.....	145
5.1 Introducción Kaizen.....	145
5.2 Herramientas Básicas para la Mejora.....	148
5.2.1 Histograma.....	148
5.2.2 Gráfico de Pareto	148

5.2.3	<i>Cartas de Control</i>	148
5.2.4	<i>Búsqueda de la causa raíz: 5 por qué</i>	149
6	Seguridad: rediseño de operaciones	151
6.1	Introducción Lean y seguridad	151
6.2	Propuesta práctica	157
7	Calidad	164
7.1	Introducción Lean y calidad. Poka Yoke.....	164
7.2	Propuesta práctica	164
	Bibliografía	170
	Índice de tablas	171
	Índice de figuras	172
	Índice de gráficos	174

1 Introducción, objetivos y metodología

1.1 Introducción

El presente trabajo explica la implementación de Last Planner System y otras herramientas Lean en un proyecto de edificación en Santiago de Chile.

Los conocimientos previos los obtengo al asistir como oyente a la asignatura **Lean Construction** o **Construcción sin Pérdidas** del Máster Oficial en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil, impartido por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en el curso 2001/12, dirigido por Dr. Eugenio Pellicer Armiñana, por haber cursado la asignatura Construcción sin pérdidas. Conceptos y herramientas con el profesor Dr. Luís Fernando Alarcón Cárdenas y por el Trabajo de Campo realizado en el GEPUC, Centro de Excelencia de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

La filosofía Lean Construction está siendo aplicada en la práctica por diferentes empresas en nuestro país y dada a conocer por el **Spanish Group for Lean Construction**. Este grupo, que ya forma parte de la comunidad Lean internacional, está destinado al desarrollo y mejora de la gestión de proyectos de construcción. Lo forman personal docente, profesionales y estudiantes de toda España y del extranjero.

Mi interés se despierta gracias a la gran labor de difusión realizada por los profesores Dr. José Luís Ponz Tienda y D. Fernando Cerveró Romero y por el convencimiento tras años de experiencia en una empresa familiar de que otro tipo de gestión de proyectos es posible.

1.2 Objetivos generales

- Conocimiento teórico de los principios que fundamentan la Filosofía Lean Construction.
- Fundamentación teórica y práctica, a modo de guía de consulta, de las principales herramientas Lean aplicables a un proyecto.

1.3 Objetivos específicos

- Capacitarme en el pensamiento Lean, a través de su aplicación en un proyecto.
- Propuesta práctica de cada una de las herramientas.
- Implementación de Last Planner System en un proyecto de edificación
- Conocimiento de la cultura constructiva chilena.

2 Inicios de Lean Thinking: El Sistema de producción Toyota

2.1 Una breve reseña histórica

Para conocer los inicios de Lean hemos de remontarnos a los primeros pasos de la fábrica japonesa de automóviles Toyota.

Toyota Motor fue fundada en 1918 por Sakichi Toyoda para su hijo Hiichiro. El mercado japonés estaba dominado en ese momento por las filiales locales de las grandes fábricas estadounidenses Ford y General Motors. Desde sus inicios Toyota tuvo dificultades, pero consigue afianzarse con la producción de camiones y automóviles hasta que se para la producción en la segunda Guerra Mundial. En 1950 el director general de la empresa estudia en EEUU los métodos de fabricación de las principales marcas de la competencia, una práctica que era habitual en el sector: por ejemplo una delegación de la Toyota visitó el avión Focke-Wulff, en Alemania, la Produktionstack, concepto que se convirtió en takt time ([Holweg, 2006](#)).

Quien desarrolló definitivamente Toyota fue Taiichi Ohno, quien no tenía conocimientos previos de fabricación de automóviles cuando entró a trabajar a Toyota, y “el enfoque de sentido común”, sin ideas preconcebidas fue el instrumento fundamental de desarrollo de la filosofía JUST IN TIME ([Cosumano, 1985](#)).

Los argumentos desarrollados por Ohno fueron los siguientes:

- La producción en grandes lotes genera inventarios excesivos, gran inversión de capital y número elevado de defectos.
- No da cabida a las preferencias del consumidor (producción a la carta).

Deben reducirse costos mediante la eliminación de residuos: por ejemplo, apagar una máquina automáticamente en el momento que falla, para no desperdiciar materiales. (Ohno visita EEUU e incorpora “kanban”, es decir, supermercado, para controlar los materiales de reposición.)

Una frase notable de Kiichiro (primer dueño de Toyota):

“en una amplia industria, tal como es la de los automóviles, la mejor manera para trabajar sería tener todas las piezas de montaje en el lado de la línea, justo a tiempo para el usuario” ([Ohno, 1988](#))

Se redujeron las recepciones y producciones. Ahora se trabajaba en pequeños lotes, gracias al uso de maquinaria simple y registrable.

Fueron cambios revolucionarios, pero adaptados a las necesidades, gracias a un aprendizaje continuo e iterando un ciclo que abarcó décadas.

Lean no fue una invención de genios japoneses, si no la adopción de diversos elementos del sistema Ford que hibridaron con su ingenioso sistema e ideas originales (*Fujimoto, 1999*).

El primer documento donde aparece el sistema de producción Toyota es en 1965, cuando extienden los sistemas Kanban a sus proveedores.

Pasa desapercibido, aunque no se guarda en secreto, hasta 1973, donde con la crisis del petróleo existe un renovado interés en la investigación del futuro de la industria de la automoción.

En 1979 el Massachusetts Institute of Technology inició un proyecto de investigación de 5 años sobre el futuro de la industria automovilística, culminando con el libro "The Machine that Changed the World" (*Roos, Womack, & Jones, 1990*) que describe de modo sencillo los resultados de la investigación.

El término "lean" lo utilizó por primera vez en 1988 el ingeniero John Krafcik, estudiante de Máster en el Massachusetts Institute of Technology e investigador del proyecto IMVP, en su tesina de Máster y en un artículo publicado en la Sloan Management Review.

Krafcik comparó diferentes plantas de montaje de automóviles dividiéndolas en dos tipos:

- "Buffered": con holguras en el inventario y otros aspectos de la fabricación (fundamentalmente las americanas y las europeas)
- "Lean": sin holguras ni amortiguadores (las japonesas)

2.2 Triángulo Lean

El pensamiento Lean es principalmente añadir valor y eliminar pérdidas.

Si lo viésemos como un triángulo, en cada uno de sus vértices encontraríamos:

- La Filosofía, dado que Lean no es un método de control más, puesto que en sus fundamentos aparecen una serie de principios y se redefinen conceptos como valor, pérdidas o cliente.
- La cultura, ya que la aplicación de Lean es continua, los agentes se comprometen y es adaptable a los proyectos.
- La tecnología, dado que es a través de herramientas es como se aplica Lean.

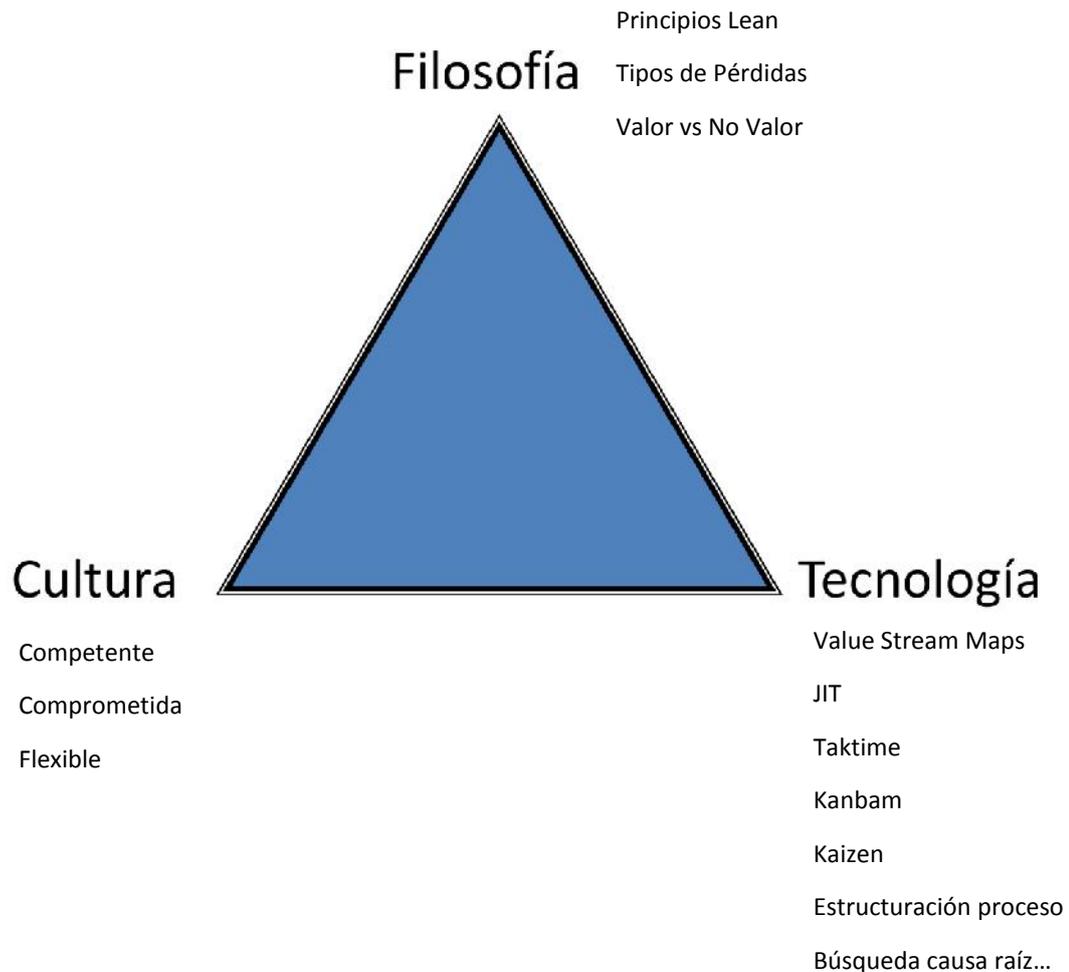


Figura 1. Triángulo Lean. Fuente: Eugenio Pellicer

2.3 Principios Lean

En la filosofía Lean, los procesos o actividades que no agregan valor se denominan pérdidas y pueden ser clasificados en tres tipos: [\(Sayer y Williams, 2007\)](#)

- *Mura* (desigualdad): es cualquier pérdida causada por una variación en la calidad, el coste o la entrega; para reducirla se aplican técnicas de reducción de la variabilidad.
- *Muri* (exceso): es la sobrecarga innecesaria o irrazonable sobre el personal, los materiales o a los equipos que sobrepasan la capacidad del sistema; el *muri* incluye movimientos peligrosos o innecesarios.
- *Muda* (desperdicio): es cualquier actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente; hay dos tipos de *muda*:
 - Tipo 1: incluye acciones que no añaden valor al producto, pero que son absolutamente necesarias para la organización.
 - Tipo 2: acciones que ni añaden valor ni son necesarias para obtener el producto o servicio.

Se diferencia 7 tipos de pérdidas tipo *muda*:

1. **Sobreproducción**: es la mayor fuente de pérdidas
2. **Transporte** (de materiales): nunca genera valor añadido en el producto
3. **Procesamiento innecesario** y reprocesamiento
4. **Acopios**, almacenamiento y reservas
5. **Re-trabajo** por defectos
6. **Movimiento** (del operador o de la máquina)
7. **Espera** (del operador o de la máquina)

En sus fundamentos Lean reúne una serie de principios:

Los 14 principios del modelo Toyota: ([James M. Morgan, 2006](#))

1. Basar las decisiones de gestión en una filosofía de largo plazo, aún a costa de las metas financieras de corto plazo.
2. Convertir los flujos de procesos en flujos continuos para hacer que los problemas salgan a la superficie.
3. Utilizar sistemas Pull: programación tensa para evitar tareas que no añadan valor.
4. Nivelar la carga de trabajo. (heijunka). (trabajar como la tortuga, es decir, de una manera constante, y no como la liebre, a golpes).
5. Crear una cultura de gestión a fin de resolver los problemas anticipadamente, para lograr calidad de ejecución a la primera.
6. Las tareas estandarizadas son el fundamento de la mejora continua y de la autonomía del empleado.
7. Usar el control visual de modo que no se oculten los problemas.
8. Utilizar tecnología fiable y absolutamente probada que dé servicio a la gente y los procesos.
9. Hacer crecer a líderes que comprendan perfectamente el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a otros (Kata).
10. Diseñar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa.
11. Respetar a la red de socios y proveedores, desafiándoles y ayudándoles a mejorar.
12. Ir a verlo por uno mismo para comprender a fondo la situación.
13. Tomar decisiones por consenso lentamente, considerando concienzudamente todas las opciones e implementarlas rápidamente.
14. Convertirse en una organización que aprende mediante la reflexión constante (Hansei) y la mejora continua (Kaizen).

2.4 Lean Construction

2.4.1 Historia

La primera aplicación a la construcción la realizará **Koskela en 1992**, en su artículo “*Application of the new production philosophy to construction*”. No se hace mención al término Lean pero ya se habla de cómo se pueden aprovechar las herramientas de esta nueva filosofía en la construcción.

Lean Construction fue un término acuñado en 1993 por el International Group for Lean Construction (www.iglc.net)

Está muy extendido en algunos países americanos como Brasil, Estados Unidos, Chile, Perú y Colombia. En menor medida se han realizado actuaciones en Europa: España, Finlandia, Reino Unido, Alemania y Portugal.

2.4.2 Principios

Al igual que en la industria, la construcción cuenta con problemas asociados a la gestión (**Koskela, 1992**). La construcción es un sector muy tradicional y a pesar de eso, se han ido introduciendo técnicas operativas y prácticas (planificación del proyecto), herramientas de control, metodologías de organización... Pero más allá de esto no existen otras marcas teóricas o conceptos: es necesaria una revisión de la gestión de proyectos

Tradicionalmente se ve la construcción como un conjunto de actividades dirigidas a una salida determinada. Materiales, trabajo etc. entran a una “caja negra” de la que salen los productos.

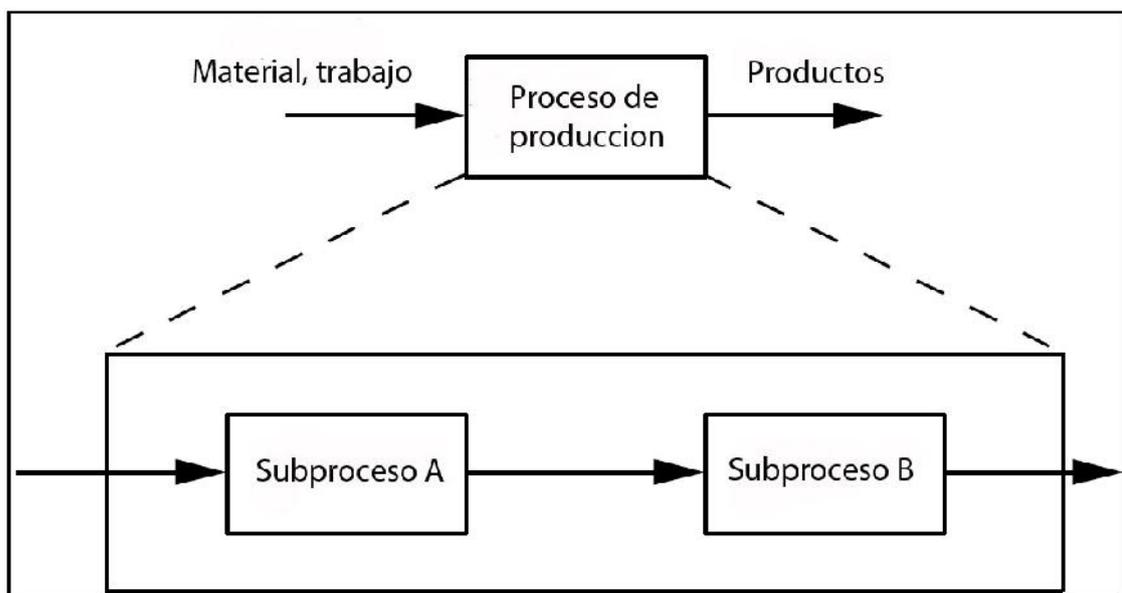


Figura 2. Transformación del proceso. Fuente: **Koskela 1992**

Según Koskela, la construcción debería verse como un conjunto de flujo de procesos, donde se pudieran introducir inspecciones en cada uno de los subprocessos, o incluso llegar a la inspección 0 por calidad a la primera.

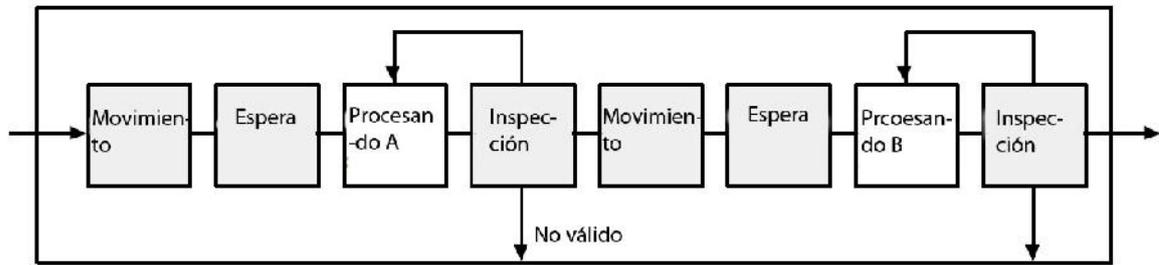


Figura 3. Inspecciones durante el proceso. Fuente: Koskela 1992

3 El Last Planner System System

3.1 Introducción a LPS

3.1.1 Historia del LPS

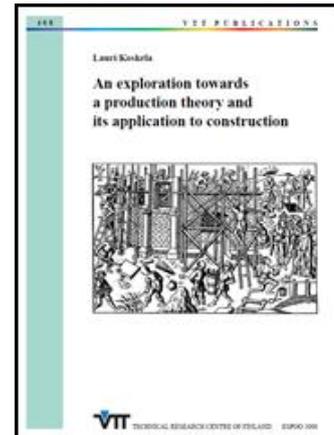
Last Planner System es un método de trabajo basado en la filosofía Lean, cuyo objetivo es conseguir un flujo de trabajo continuo y una disminución de las pérdidas o tareas que no aportan valor.

El Last Planner System pretende llevar los objetivos generales de proyecto a la realidad del día a día, transformando las ideas generales a programas reales subdividiendo la programación por ámbito y zonas aplicando herramientas de programación en cascada. Esta programación en cascada se organiza en tres niveles: programación a largo plazo (Main Program), a medio plazo (Lookahead Program) y programación a corto o Weekly Work Plan.

La programación a largo plazo viene determinada por las condiciones del proyecto, donde se reflejan los hitos y requisitos generales. Está constituido por tareas con poco nivel de detalle, que va aumentando a medida que se reduce el plazo de la programación para cada etapa de su aplicación.

En sus inicios fue desarrollada para mejorar la calidad de los planes de trabajo semanales en la industria (*Howel & Ballard, 1997*) en un proyecto de metalurgia donde se le requirió la organización de las órdenes de forma más clara y fácilmente interpretable por parte de los operarios. Posteriormente se le añadió un proceso de búsqueda hacia adelante (*Ballard, 2000*) para encontrar las restricciones que impedirán la ejecución de tareas futuras, y así dar forma y controlar el flujo de trabajo (*Casten 1996*) (*Howel & Ballard, 1997*), extendiéndose con el tiempo desde la construcción hasta el diseño (*Koskela, Ballard, & Tanhuanpaa, 1997*), (*Mies, 1998*), terminando por constituir lo que actualmente se conoce como Integrated Project delivery (IPD) (*Mossman, 2004*).

El anterior cambio de objetivos o evolución del Last Planner System desde un control semanal de los trabajos a un proceso de búsqueda hacia adelante controlando el flujo de trabajo, encaja con los principios del Sistema de Producción Toyota, la producción ajustada y el pensamiento de Lauri Koskela, respecto a la teoría de producción y su aplicación a la construcción (*Koskela L., 1992*) (*Koskela, 2000*).



Tradicionalmente, se asocia el nacimiento de Last Planner System a la tesis “*The Last Planner System of Production Control*” de Glenn Ballard para optar al grado de Doctor, pero realmente supone una evolución y mejora de las herramientas tradicionales de programación en cascada. En 1997, cuando se funda el Lean Construction Institute (LCI) el Last Planner System ya había evolucionado aproximadamente a su forma actual. Lo que quedaba por hacer era mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo por encima de la gama de 35%-65% obtenida hasta ese momento. “*The Last Planner System of Production Control*” ([Ballard, 2000](#)) establece los procedimientos para mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo, diseñando un protocolo de actuación y las herramientas de medida de la productividad.

Actualmente la implementación de Last Planner System es una de las prácticas más divulgadas que ilustran la introducción de “Lean Construction” en la fase de ejecución, principalmente en empresas constructoras, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú.

La metodología Last Planner System supone una revolución en la construcción, dado que no se trata simplemente de otro método de control de la producción. Se introducen conceptos como la **colaboración** entre los diferentes agentes, se cambia la planificación de oficina por una **planificación conjunta**, donde todos los agentes implicados (técnicos, capataces, subcontratos, encargado de materiales, técnico en prevención de riesgos...) deciden qué, cómo y cuándo se realizarán los trabajos, consiguiendo un **compromiso** de los últimos planificadores (subcontratistas, capaces) del avance de las actividades que son posible realizar. En Last Planner System el **cliente** no sólo es el último beneficiario del producto sino cada uno de los agentes que en la cadena de producción recibirá un subproducto.

Tabla 1. 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 (actividades) todas las actividades añaden valor al producto que no agregan valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos; hay actividades que agregan valor y actividades
Control	Coste de la actividades	Dirigido hacia el coste, tiempo y valor de los flujos
Mejora	Implementación de nuevas tecnología	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

Tabla 1. Producción convencional y producción LEAN. Fuente: Campero y Alarcón, 2008.

Se conocen algunos casos donde su aplicación ha dado resultados notables en comparación con las prácticas tradicionales, como por ejemplo, un aumento del 90% en beneficio operativo para el contratista peruano en edificación (*GyM, 2002*).

En los próximos apartados expondremos alguno de los conceptos claves a partir de los cuales se estructura la herramienta del Last Planner System.

3.1.2 Se Puede, Se Debería, Se hará

Uno de los grandes cambios introducidos por el Last Planner System es el método de selección de las tareas que deben ser ejecutadas semanalmente. En la gestión tradicional, jefes de terreno, capataces y otras personas que participan directamente en la ejecución del trabajo planifican las tareas a ejecutar en función de aquello que DEBE ser hecho, dando por supuesto que los recursos necesarios estarán disponibles cuando se precisen, sin tener en consideración si realmente PUEDE ser hecho.

La presión a la que se ve sometida el último planificador, dado que será evaluado por el cumplimiento de la programación, unida a la falta, escasa o tardía información, recursos o prerequisites, hace imposible que el SE HARÁ coincida con el DEBE, provocando un incumplimiento del programa y una improvisación en la gestión del trabajo.

En la Figura 4 Ballard muestra cómo la planificación del trabajo se realiza teniendo en cuenta la información previa y los objetivos del proyecto, siendo a posteriori cuando se consideran los recursos disponibles.

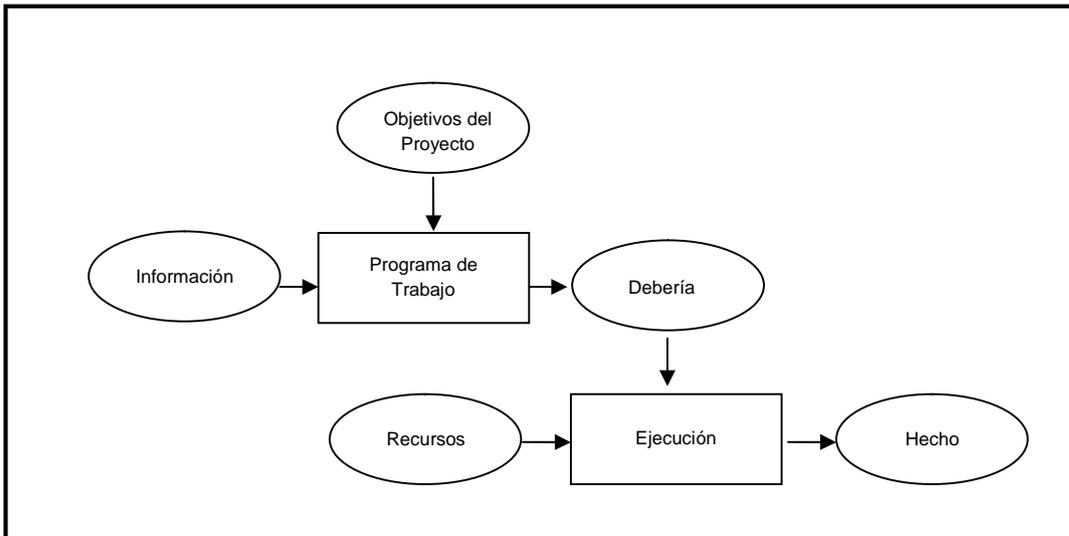


Figura 4. Sistema tradicional (Push) Fuente: Ballard 2000

En contraposición, el método del Last Planner System realiza la planificación de qué DEBO hacer teniendo en cuenta qué PUEDO realizar según los recursos, prerequisites etc. consiguiendo que aquello que SE HARÁ sea realmente ejecutable. En la Figura 5 observamos cómo la planificación tiene en cuenta aquello que se puede ejecutar antes de decidir qué se realizará.

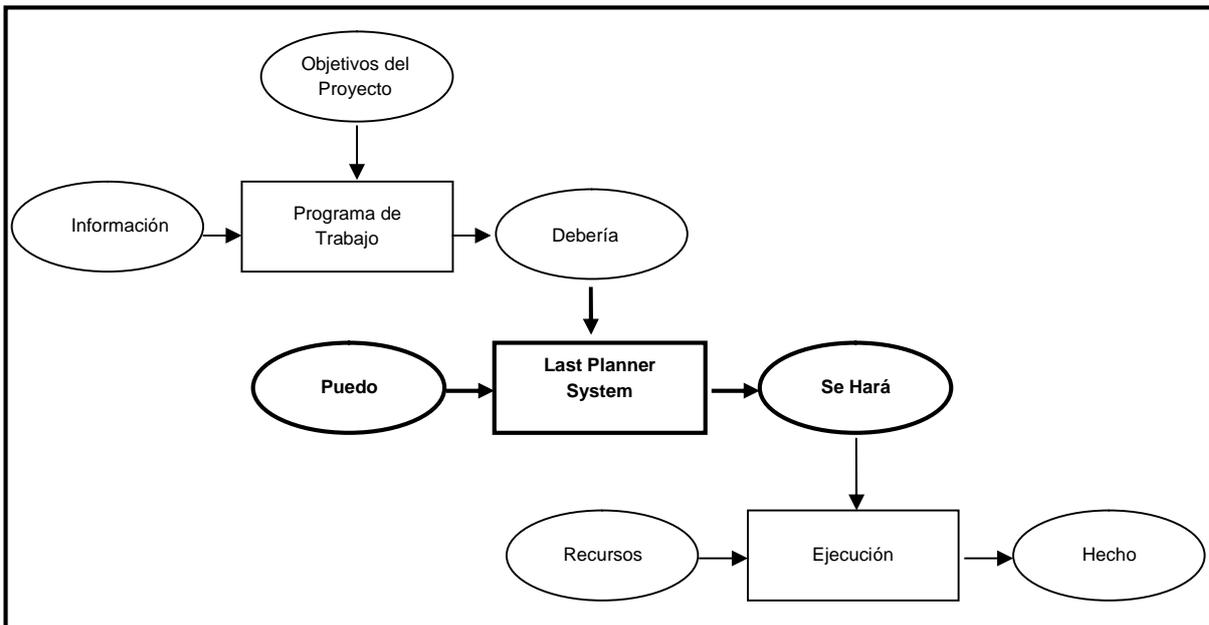


Figura 5. Last Planner System. Fuente: Ballard, 2000

En la Figura 6 vemos la interacción entre las actividades planificadas, donde el PUEDE y el SE HARÁ son dos subconjuntos del DEBE, dado que el plan (SE HARÁ) se desarrolla sin saber lo que puede hacerse.

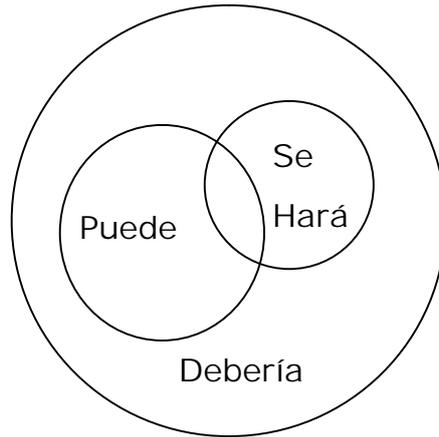


Figura 6. Interacción de actividades planificadas (Alarcón, 2001)

Así mismo, lo descrito anteriormente es representado por Alarcón como tres círculos concéntricos, donde en la gestión tradicional el más pequeño representa aquello que SE PUEDE hacer, siendo más pequeño que aquello que se decidió que SE HARÁ.

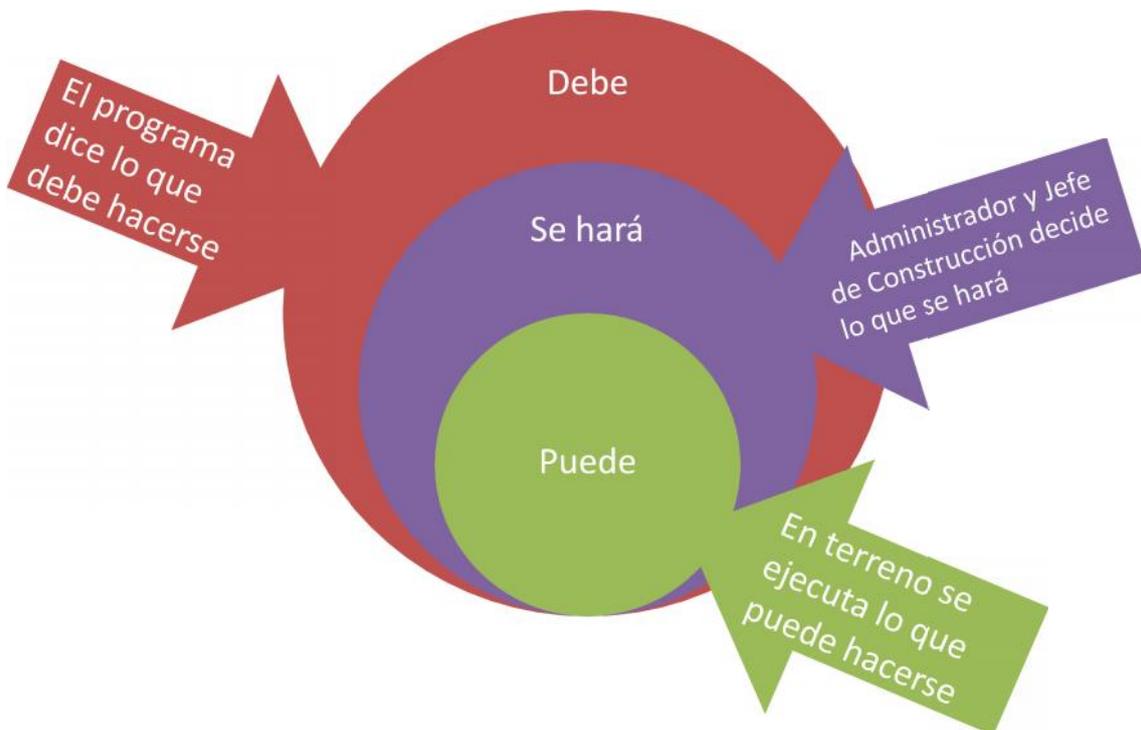


Figura 7. Interrelación actividades planificadas. Fuente: Alarcón 2001

Para poder revertir esta situación Last Planner System usa la programación en cascada como se muestra en la Figura 8: la programación a largo plazo indica qué SE DEBE realizar, el programa a medio plazo o Lookahead prepara el trabajo y realiza la revisión de restricciones, de manera que se tiene conocimiento de qué SE PUEDE hacer y el plan semanal programa una serie de actividades de las que pueden ejecutarse, comprometiendo a los agentes al cumplimiento del programa (SE HARÁ).

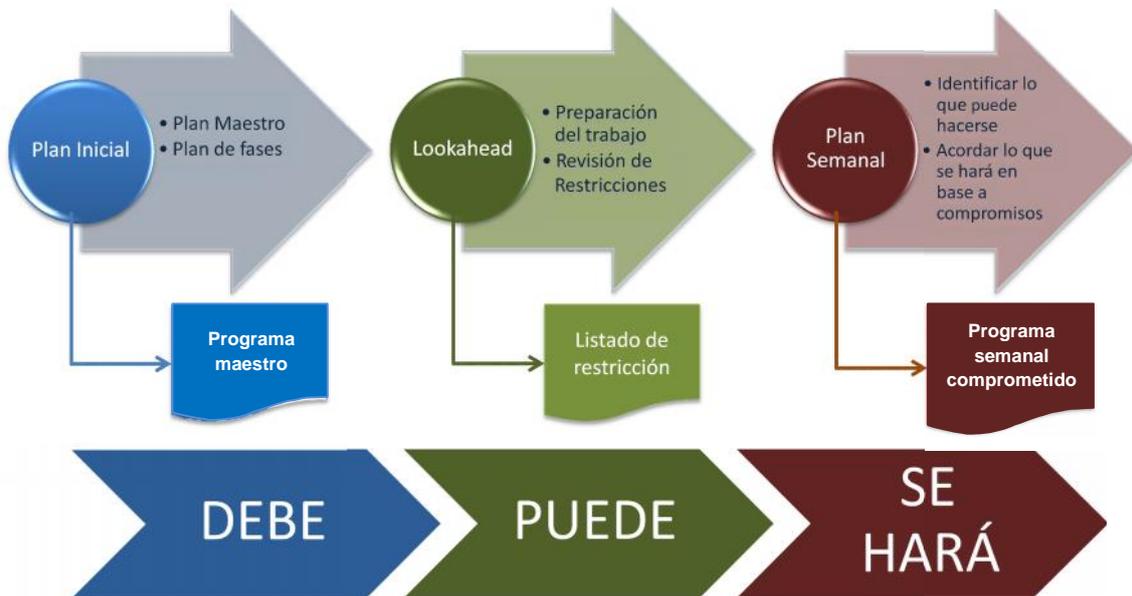


Figura 8. Interrelación entre los programas. Fuente: Alarcón 2001

Una vez aplicado el Last Planner System, representaríamos la interrelación entre las actividades como muestra la Figura 9, siendo mayor aquello que SE PUEDE hacer que lo que realmente SE HARÁ.



Figura 9. Interrelación entre actividades aplicando Last Planner System.

Fuente: Alarcón 2001

En cuanto a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: la unidad de control de producción y el control de flujos de trabajo. El trabajo del primero es hacer progresivamente mejores asignaciones a los trabajadores directos mediante el aprendizaje continuo y las acciones correctivas. La función de control de flujo de trabajo se refiere a que debemos hacer que el trabajo fluya activamente a través de las unidades de producción para lograr objetivos más alcanzables.

Los últimos planificadores dicen lo que SE HARÁ, que debe ser el resultado de un proceso de planificación de lo que DEBE ser ejecutado, en contraste con lo que PUEDE ser ejecutado. A continuación se presenta el funcionamiento básico del sistema.

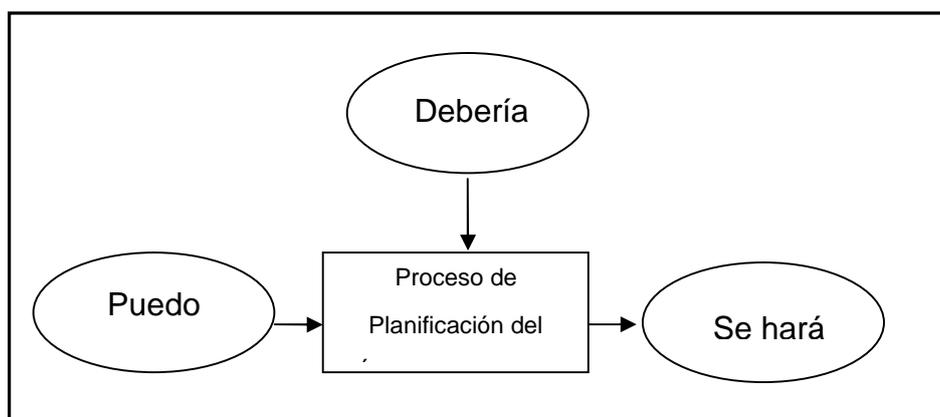


Figura 10. Funcionamiento básico Last Planner System. Fuente: Ballard 2000

3.1.3 Prerrequisitos y restricciones.

Como señalábamos en el apartado anterior, uno de los objetivos de Last Planner System es conseguir aumentar el flujo de trabajo y que la programación se realice en base a lo que verdaderamente puede realizarse, de manera que lo que SE PUEDE y SE HARÁ cada vez sean más similares.

Para ello hemos de definir qué son los prerrequisitos y las restricciones y cómo afectan a la programación a realizar.

Los prerrequisitos son estados, acciones o actividades que deben darse con anterioridad a que se pueda desempeñar una tarea. Pueden depender de la misma unidad de producción que va a ejecutar la tarea o de otros agentes. Hasta que el prerrequisito no sea “liberado” no se podrá programar la tarea.

Las restricciones coinciden con los prerrequisitos en que impiden la ejecución de una tarea. Pueden ser por ejemplo falta de materiales, definición de diseño, mano de obra... Todas las restricciones que vayan apareciendo durante el proceso de programación serán anotadas. En la Tabla 2 vemos un formato de lista de restricciones, donde aparece el sector al que le afecta la restricción, la actividad que se ve afectada, el tipo de restricción (materiales, mano de obra,

diseño etc), una breve descripción de la restricción, quién es responsable de liberarla, en qué fecha se compromete y finalmente la fecha real de liberación.

		LISTA DE RESTRICCIONES				Fecha Control
Obra: _____						
Sector	Actividad Afectada	Tipo Restricción	Descripción de Restricción	Responsable Liberación	Fecha Comprometida Liberación	Fecha Real de Liberación

Tabla 2. Listado restricciones. Fuente: GEPUC

3.1.4 Pull vs Push

La construcción ha sido tradicionalmente un sistema Push, es decir, se programan las actividades de adelante hacia atrás, y unas “empujan” a otras para cumplir los plazos y conseguir los objetivos. Por el contrario, Last Planner System se basa en un sistema Pull, donde la programación se realiza de atrás hacia adelante. La ventaja de este sistema es que las actividades se iniciarán cuando realmente sea necesario y se conseguirá ver con anticipación posibles conflictos entre actividades.

3.2 Los tres niveles de Programación

Last Planner System usa la programación en cascada para ir de lo general a lo particular, de la idea del proyecto a la ejecución real en obra. G. Ballard lo representa del siguiente modo:

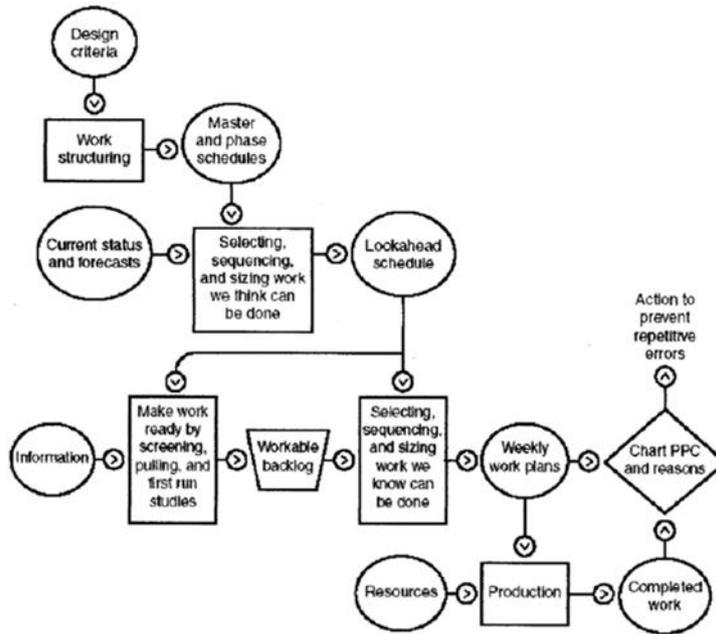


Figura 11. Interrelación entre los programas. Fuente: Ballard 2000

3.2.1 Work structuring

Desde el programa general donde las actividades son generales y de larga duración, vamos aumentando el nivel de detalle y acortando la duración conforme pasamos al programa a corto plazo y al programa semanal.



Figura 12. Interrelación entre programas y actividades. Fuente: José Luís Ponz

Dependiendo de en qué registro estemos trabajando será mayor o menor el número de actividades.

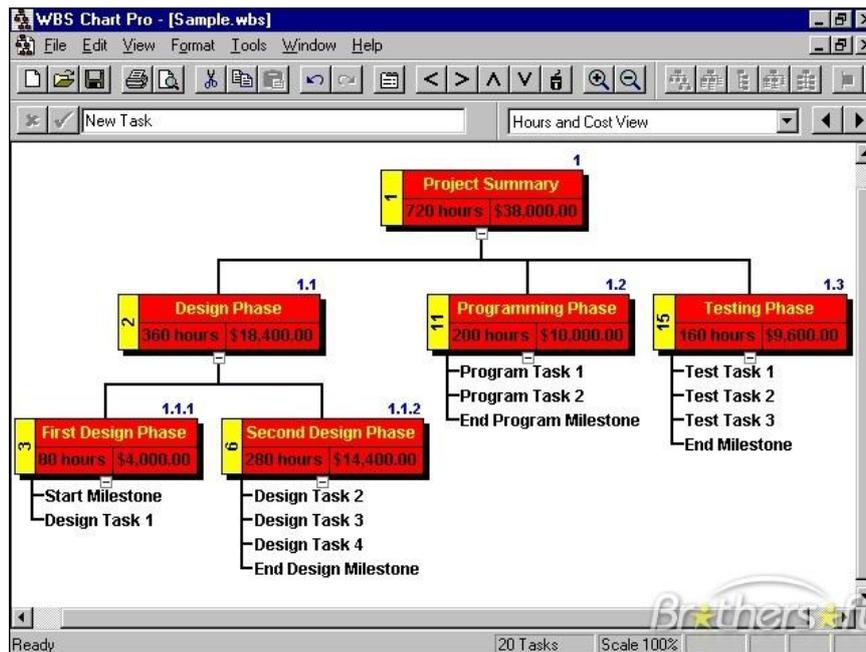


Figura 13. Work structuring. Fuente: José Luís Ponz

3.2.2 Main Program

El programa general es aquel que se nos entrega previamente al inicio de la obra. Proporciona un mapa global de la coordinación de las actividades. Posee muy poco nivel de detalle. Es necesario que sea realista respecto a plazos de ejecución, recursos empleados etc., de manera que siguiendo los hitos que en él se marcan se pueda aplicar Last Planner System y conseguir la ejecución del proyecto en tiempo y forma.

3.2.3 Programación por fases: Pull Session

Desde la aparición del White Paper # 7 “Phase Scheduling” ([Ballard, 2000](#)), publicado por el Lean Construction Institute, en muchos proyectos se ha usado la planificación en equipo para desarrollar un programa para cada fase del proyecto. ([Steve Knapp, 2006](#))

La llamamos Pull Session porque los participantes serán un representante de cada empresa o especialidad que trabaje en la fase y decidirán cómo deben ejecutarse los trabajos (orden, duración...) para poder cumplir con la fecha término definida por el programa maestro.

Se identificará una fase y las actividades que la forman, tomando del programa maestro las fechas de inicio y fin. A continuación definiremos la estructura del panel a emplear; se puede dividir por sectores, por especialidad o por responsables. Lo más conveniente es crear un panel que pueda quedar visible en la sala donde se realicen las reuniones de programación. Se emplearán post-it, un color por cada uno de los representantes, para identificar sus compromisos /necesidades.

Se marcarán las fechas más relevantes tomadas del programa maestro como “HITOS” y los representantes irán analizando las posibilidades reales de cumplir con ese término, así como las necesidades que van surgiendo (materiales, mano de obra, liberación de la actividad por otro de los representantes...) De manera que el equipo se centra en el final de la fase y trabaja hacia el comienzo, liberando las actividades para otros miembros del equipo. Se van ajustando los post-it, reflejando la forma en que realmente se va a llevar a cabo el trabajo, hasta que finalmente se tenga una red lógica. Se puede ampliar la información en los post-it, indicando duraciones a las tareas, cantidad de recursos...

El White Paper hace hincapié en que los plazos deben ser los de mejor rendimiento, es decir, sin aplicar ningún tipo de holguras. Según el White Paper, este programa realizado por los responsables, adquiere una fuerza de contrato.

Sólo se podría cambiar en caso de:

- Cambio de contrato principal
- El equipo completo esté de acuerdo en que no se puede cumplir el programa
- Se encuentra una manera mejor o más rápida de hacer el trabajo.

El desarrollo de una Pull Session es una parte integral de la aplicación de Last Planner System para un proyecto. De hecho, es la base para un plan Lookahead y finalmente el Programa de Trabajo Semanal.

Normas a seguir:

- Facilitador:
 - No hay nadie más adecuado que otro: dependerá de la química del equipo y de quién sabe más de cada fase.
 - No da soluciones, mantiene un hilo conductor para impulsar las soluciones.
- Tamaño y duración de la fase:
 - Serán fases acotadas, de duración razonable. Idealmente no serán demasiados participantes.
- Los participantes deben ir preparados y con suficiente información, tener una visión global de la fase, suficiente experiencia y “autoridad” para comprometerse en relación al proyecto.
- “PULL” (Tirar) es el concepto más complejo que la gente entienda y acepte. Estamos acostumbrados a programar de delante hacia atrás. Hemos de cambiar la mentalidad: “Tirar de las tareas” PULLING Tasks. En la programación tradicional cada tarea empuja a la siguiente, con la programación de atrás hacia adelante partimos de cuándo necesitamos

una tarea acabada según el programa, para elegir su inicio, de manera que la última tarea a realizar “Tira” (PULL) de la anterior.

- Será más sencillo de realizar si se ha establecido una estrategia clave de trabajo.
- El número de actividades las definirá el equipo según sus necesidades.
- Solape de tareas: en muchas ocasiones lo más sencillo será fragmentar la primera en subtareas para poder liberar a la siguiente (mejor que liberar a la siguiente en incrementos establecidos).
- Las duraciones serán en días hábiles (no calendario)
- No se acaba la reunión hasta que se esté seguro de que se puede entregar la obra en el tiempo requerido (la máxima duración deberían de ser 4 horas)

El comentario habitual es **“nunca hemos hecho esto antes, siempre me dan un programa y me piden que me ciña a él. Nunca se nos dio la oportunidad de desarrollarlo por nosotros mismo. Esto parece bueno”**

También sorprende que gente (en este caso un capataz) que ha interiorizado el sistema les diga al resto de compañeros: **“Deben meterse en lo que están haciendo, en los departamentos, no dejar que nada les distraiga”**.

Beneficios de la Pull Session como se practica actualmente:

- El equipo del proyecto obtiene una mejor comprensión del valor del proyecto.
- El equipo tiene la oportunidad de conocer y familiarizarse con los otros miembros del equipo mientras planifican el trabajo.
- Cada miembro sabe lo que los otros miembros del equipo necesitan para realizar sus tareas, lo que es importante para el éxito de los demás.
- El trabajo se planifica de manera que todos entendemos y nos ponemos de acuerdo sobre lo que se debe hacer y cuándo. El equipo sabe cómo prepararse para llevar a cabo sus compromisos.
- Se visualiza una secuencia lógica de actividades y la duración de las mismas.
- Gráficos de Gantt son creados a partir de la agenda del equipo: son creíbles.
- El equipo reconoce como propio el programa que se emplea para crear el Lookahead durante el resto de la fase de proyecto.

Preguntas necesarias:

- ¿Cómo vamos a hacer esta fase?
- ¿Cuáles son los límites y las oportunidades?



Figura 14. Muestra post-it. Fuente: Elaboración propia

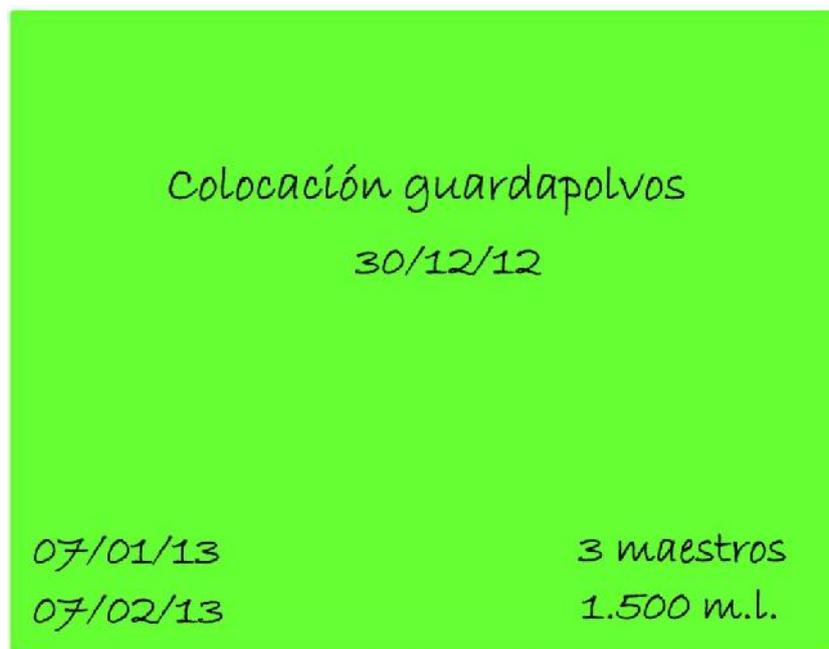


Figura 15. Muestra post-it. Fuente: Elaboración propia

Preparación necesaria para todos los participantes:

Los participantes deben revisar el actual conjunto de planes, no sólo por su ámbito de trabajo, sino también para entender cómo su producto de trabajo apoya los esfuerzos de los demás.

Los participantes deben revisar la fijación de precios que proporcionaron o utilizado en sus intentos por comprender los riesgos y las oportunidades que se han identificado hasta la fecha. Deben estar preparados para discutir formas

alternativas de la realización de su trabajo (y ser capaces de comprometerse a realizarla de forma alternativa).

Los participantes deben estar familiarizados con los "hitos" y las actividades que aparecen.

3.2.4 Lookahead Program

El Lookahead es el segundo nivel en la jerarquía de Last Planner System, en él se resaltan las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano.

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

Para poder cumplir las funciones del Lookahead, existen determinados procesos específicos. A continuación se explicarán cada uno de esos procesos.

3.2.4.1 Definición del intervalo de tiempo del Lookahead

El número de semanas sobre el cual se extiende el Lookahead es escogido de acuerdo a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Algunas actividades tienen tiempos de respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro.

3.2.4.2 Definición de las actividades de la Planificación Lookahead

Para preparar el Lookahead explotaremos las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo definido. Lo que obtendremos en el Lookahead es un conjunto de tareas para un intervalo de tiempo dado. Cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si la tarea puede o no ejecutarse.

Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Lookahead, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

3.2.4.3 Análisis de Restricciones

Una vez que las asignaciones o tareas sean identificadas, se someterán a un análisis de restricciones que pueden ser de diseño, trabajo previamente ejecutado, espacio, equipos etc.

a) Revisión

Consiste en determinar el estado de las tareas en la planificación intermedia en relación a sus restricciones y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo programado de la actividad, a partir de lo cual, se puede escoger

adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro. El concepto de “Revisión” es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo, ya que se está tomando conocimiento que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrán realizarse por tener restricciones que lo impiden. La Figura 16 muestra que la labor del proceso de revisión es filtrar por última vez la información que va a entrar en el Lookahead.

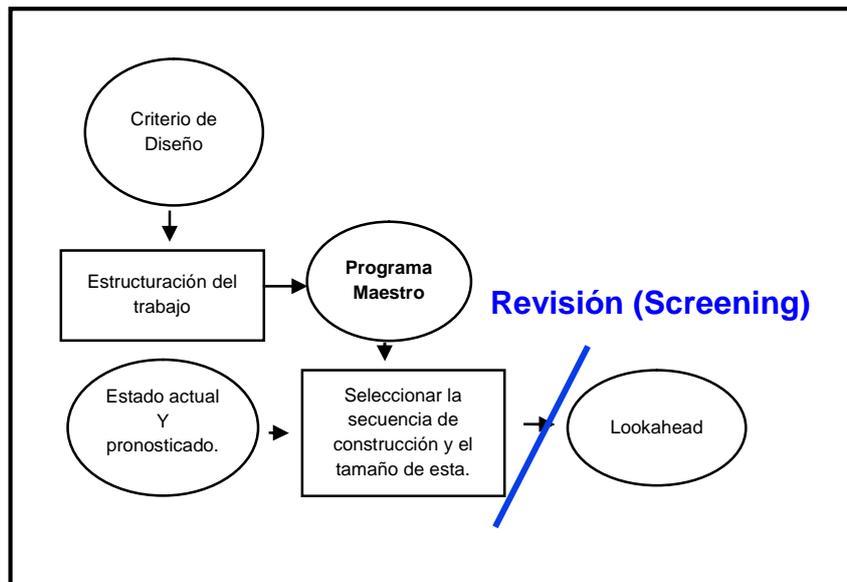


Figura 16. Revisión de actividades antes del Lookahead. Fuente: Ballard 2000

La revisión se hace primero cuando las actividades son consideradas para entrar a la planificación Lookahead, basados en los distintos tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones que son necesarios para visualizar una futura liberación. Esto se repite en cada ciclo de planificación, cuando el planificador actualiza el Lookahead y se adelanta para la próxima semana. Posteriormente vienen revisiones de las restricciones de las tareas que se encuentran dentro del intervalo de planificación intermedia, que tienen como objetivo determinar el estado en que se encuentran éstas.

b) Preparación de Restricciones

Este término se refiere a tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. El planificador puede remover las restricciones de una tarea para dejarla lista para ser asignada. Esta acción se conoce como “preparación”. La preparación es un proceso que tiene 3 pasos:

Confirmar el “tiempo de respuesta”: el remover una restricción de una actividad comienza por determinar quién es el último involucrado en liberar la última restricción faltante de esa actividad y determinar cuál es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Lookahead o la tarea no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden

presentarse, por lo que el contacto con los proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.

Arrastrar: El segundo paso del proceso de preparación es conocido como arrastre, que significa pedirle al proveedor certeza sobre las necesidades para completar con prontitud la actividad que comienza.

Apresurar: Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

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

3.2.4.4 Inventario de trabajo ejecutable (ITE)

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

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

Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.

Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.

Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador).

Si una actividad del Programa de Trabajo Semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el Inventario de Trabajos Ejecutables proveerá otras actividades, con lo que las cuadrillas de producción no quedarán ociosas, o lo que sería peor, no terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo.

Luego de haber creado el inventario de trabajo ejecutable, estamos en condiciones de crear un Programa de Trabajo Semanal, que no es más que seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se realizarán en la semana siguiente.

3.2.5 Programación de trabajo semanal

La programación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, jefes de terreno,

jefes de obra, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo.

3.2.5.1 Formación del Programa de Trabajo Semanal

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

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

Definición: ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El trabajo puede coordinarse con otras disciplinas? ¿Es posible afirmar al final de la semana si la asignación ha sido terminada?

Consistencia: ¿Son todas las asignaciones ejecutables? ¿Entendemos lo que se requiere? ¿Tenemos lo que necesitamos de otros? ¿Tenemos todos los materiales disponibles? ¿Está completo el plan anterior? ¿Están los trabajos pre-requeridos completados? Debemos tener en cuenta además, que algún trabajo que debió estar listo la semana anterior será terminado durante la actual semana, por lo que es necesario coordinarse con otras especialidades que trabajarán en la misma área. No obstante, debemos hacer el esfuerzo de terminar el trabajo en la semana en que se planificó.

Secuencia: ¿La selección de asignaciones fue hecha en base a la secuencia provista por la red CPM inicial, en orden de prioridad y constructibilidad? ¿Son el resultado de estas asignaciones esperadas por alguien más? ¿Existen asignaciones adicionales consideradas de baja prioridad identificadas en el inventario de trabajos ejecutables para suplir a otras en caso de fallar la productividad?

Tamaño: ¿Los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal de las unidades de producción antes de comenzar el período de ejecución?

Retroalimentación o aprendizaje: Para las asignaciones que no son completadas en la semana ¿Existe una identificación de las causas de no cumplimiento y de las acciones correctivas?

En la Figura 16 vemos un Programa de Trabajo Semanal de actividades, en donde sólo se deben incluir asignaciones de calidad, que realmente vamos a ejecutar.

Semana del 22 a 28 de Noviembre

		% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES	
Item	Partida	Resp.	% COMP	% REAL	PPC (CUMPL.)	FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO		IMPREVISTOS
Zonas comunes piso 1 a 9 SUR																
Pasillo Sur																
	Estuco y pintura nichos		100%	50%	0	X										
	Inst. de cornisas		90%	0%	0								X			
	Trabajos nicho agua		80%	80%	1											
	Remates ducto Metalduc		100%	0%	0								X			
	Trabajos nicho basura		100%	100%	1											
Escala Sur																
	Pasamanos		100%	0%	0								X			
						1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Departamentos SUR																
Se envía M.O. a Torre 2																
	Marcos y Puertas	Piso 8	100%	20%	0					X						
	Cerraduras	Piso 7	100%	0%	0					X						
	Preparación cancha muebles	Piso 9	100%	0%	0	X										
	Muebles Clo, Bañ y Cocina	Piso 7	100%	100%	1											
	Cubiertas Baños y Cocina	Piso 7	50%	50%	1											
	Estuco cajones terrazas	Piso 8	100%	50%	0					X						
						1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0

Figura 17. Ejemplo programación semanal de actividades. Fuente: Elaboración propia

3.2.5.2 Porcentaje de Programa Cumplido

Last Planner System necesita medir el desempeño de cada Programa de Trabajo Semanal para estimar su calidad. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Programa Cumplido. El PPC evalúa hasta qué punto Last Planner System fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir, compara lo que será hecho según el Programa de Trabajo Semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.

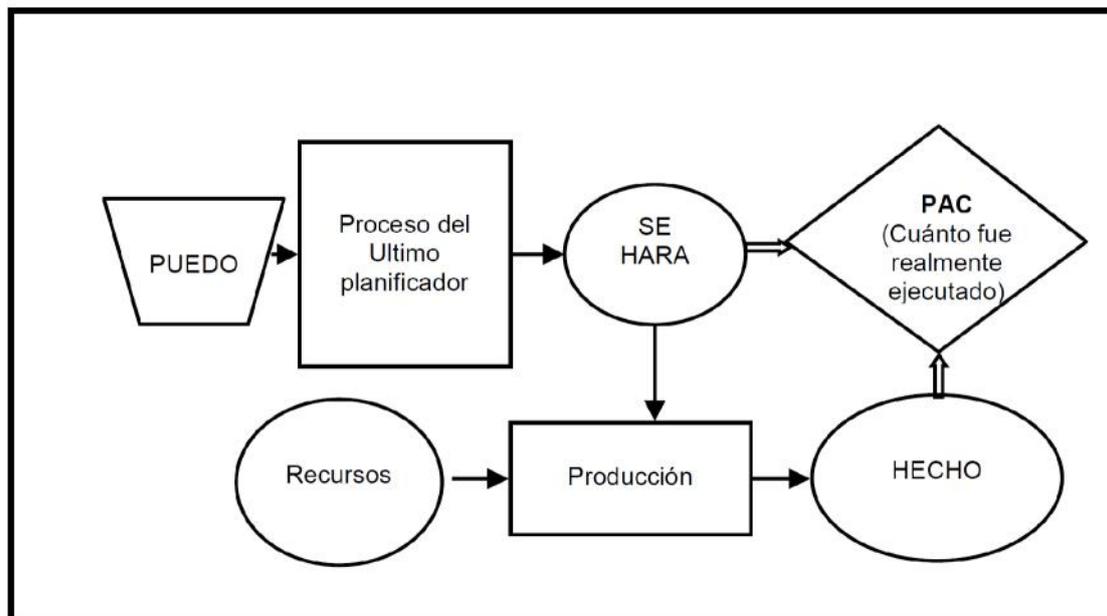


Figura 18. Porcentaje Programa Cumplido. Ballard 2000

En la Figura 19 se representa un ejemplo de una gráfica de Porcentaje de Programa Cumplido.

Es importante destacar el PPC mide el cumplimiento de lo programado, no el avance de obra, es decir, cuán acertado o no han sido los compromisos adoptados, el manejo de las restricciones, etc. de manera que los resultados de miden de forma binaria: 1 si se ha cumplido el compromiso adoptado y 0 si no se ha alcanzado.

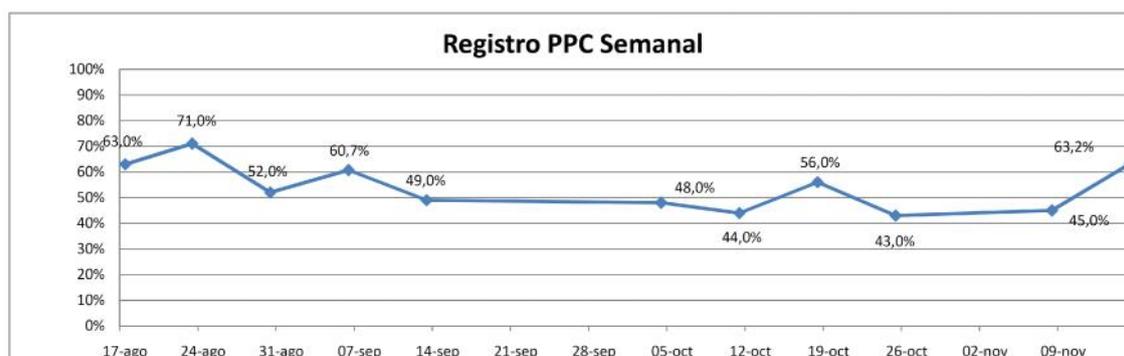


Figura 19. Porcentaje de Programa Completado. Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3 Reunión de Planificación Semanal

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

- Revisar y aprender del PPC de la semana anterior.
- Analizar las Causas de No Cumplimiento.

- Tomar acciones para mitigar las Causas de No Cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Lookahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el ITE para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.

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

El último planificador:

- Lleva a la reunión su PPC y Causas de No Cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana
- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana Lookahead.
- Listado de las tareas que entrarán en el proceso Lookahead, además de la planificación Lookahead de la semana anterior.

Coordinador:

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

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

Estructura de la reunión

- Se parte analizando el PPC de la semana anterior, las Causas de No Cumplimiento, tomando acciones correctivas inmediatamente si es posible.
- Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior.
- Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.
- Se analiza el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.
- Se crea el ITE con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.

- Con la planificación Lookahead de la semana anterior y teniendo en cuenta el ITE preparado de la semana siguiente, cada último planificador entrega las tareas para la semana siguiente y se discute la que en definitiva se realizará, analizando secuencia, responsables, carga de trabajo (si son capaces de ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.
- El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada último planificador.
- Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación Lookahead en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.
- Luego, y teniendo presente las tareas que cada último planificador entrega como tentativas para ingresar a la planificación Lookahead, se verifican las que realmente entrarán a la planificación Lookahead contrastándolas con el programa Maestro.
- Posteriormente se asignan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación Lookahead.
- Teniendo la nueva planificación Lookahead, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a cada último planificador.
- Por último se destaca el “compromiso” que asume cada “último planificador” haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión.

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

3.2.5.4 Resumen ejecutivo de una buena reunión de planificación semanal

Asistentes

- Administrador de Obra
- Facilitador, Jefe de terreno o Encargado de Planificación
- Supervisión y capataces
- Representante de la Of. Técnica
- Subcontratistas
- Adquisiciones (Bodeguero)

Revisión de la semana anterior

- Controlar el cumplimiento de las actividades
- Calcular el PPC
- Determinar las Causas de No Cumplimiento

- Tomar acciones correctivas para las Causas de No Cumplimiento
- Definir actividades pendientes
- Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas

Preparación de Programa semanal

- Revisar el estado de restricciones del Lookahead anterior
- Definir el nuevo Inventario de Trabajo Ejecutable
- Contrastar el inventario con el programa propuesto por el ultimo planificador
- Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas (Buffers)

Actualización del Plan Lookahead

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

Documentos e información que deben traer los asistentes

Planificador o Facilitador de la reunión

- Programa Maestro
- Lookahead antiguo
- Lookahead nuevo tentativo
- Posterior a la reunión entrega el Lookahead definitivo a los asistentes
- Posterior a la reunión entrega el programa Semanal definitivo a los asistentes

Ultimo Planificador

- PPC
- Causas de No Cumplimiento
- Propuestas de Soluciones a causas de no cumplimiento
- Información del estado de trabajo
- Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad
- Plan de trabajo tentativo
- Plan intermedio anterior

4 Study case

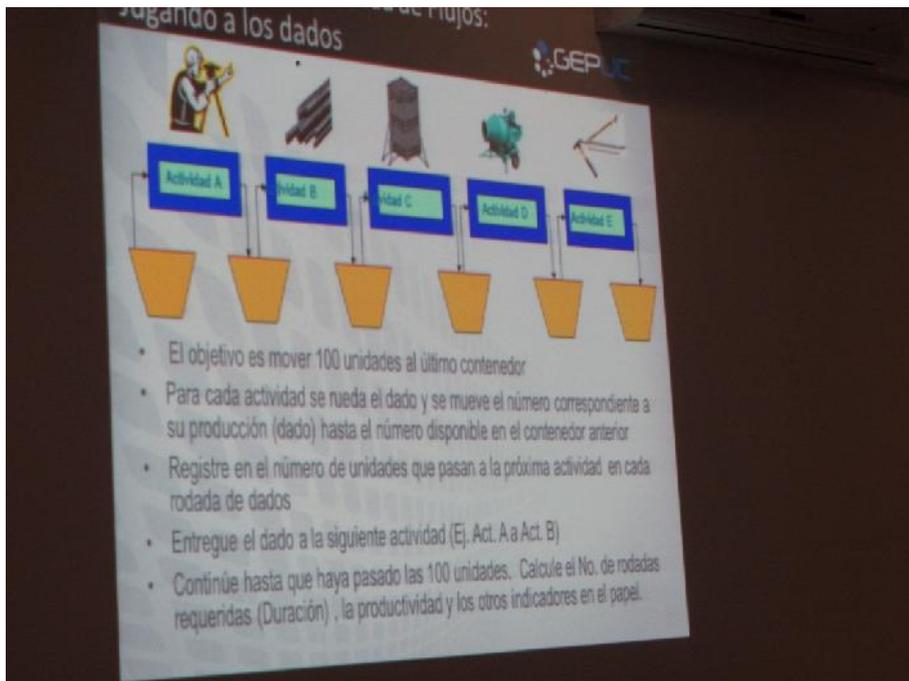
4.1 Introducción:

La empresa MOLLER PÉREZ COTAPOS decide implementar (en principio en tres de sus proyectos) la metodología Last Planner. Para ello se contrata al GEPUC, el Centro de Excelencia en Gestión de la Universidad Católica de Chile. El asesoramiento del GEPUC consistirá en tres talleres teóricos y diez sesiones prácticas de acompañamiento en reuniones semanales en obra.

Se inicia con el Taller 1, donde se reúnen integrantes de las obras donde se va a aplicar Lean Construction. Entre ellos hay Administradores de Obra, Jefes de Terreno, Jefes de Obra y Capataces. La formación se basa en una breve introducción a Lean Construction y a una explicación más detallada del Last Planner System. También se propone un juego, el Juego de los Dados, para mostrar la importancia de la variabilidad en los proyectos.



Fotografía 1. Taller 1 Introducción Lean. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 2. Juego de los dados. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 3. Jugando a los dados. Fuente: Elaboración propia

4.1.1 El proyecto “Parque Espoz”

El proyecto se construye sobre una parcela de 10.000 m², en la Comuna de Vitacura, Santiago de Chile.



Dispone de más de 5.000 m² de áreas verdes. Está equipada de sala de eventos, gimnasio, piscina y estacionamiento de visitas.



Figura 20. Levantamiento digital edificio. Fuente: Departamento ventas MOLLER PÉREZ COTAPOS

La superficie construida son 39.943 m², repartidos en tres torres de viviendas de 10 plantas con 6 viviendas por planta. Se construyen en dos fases. Las Torres 1 y 2 componen la primera fase y la Torre 3 la segunda.



Fotografía 4. Torre 2. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 5. Torre 1. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 6. Torre 3. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se reflejan los motivos de por qué realizo mi proyecto en Parque Espoz:

Motivo	Ventaja
Se introduce Last Planner System con el asesoramiento del GEPUC en la Torre 2 (terminaciones)	Asisto como oyente realizando aprendizaje activo
Hay interés en aplicar LPS es la Torre1 (terminaciones)	Sería la responsable de su control
Posibilidad de iniciar implementación de LPS en Torre 3 (obra gruesa)	Experiencia en implementación desde inicio de obra, posibilidad de realizar comparativa entre los proyectos

Tabla 3. Motivos para la elección del Proyecto Parque Espoz. Fuente: Elaboración propia

4.2 3 Torres, Tres implementaciones

En la Tabla 4. Comparativa aplicación LPS en los tres proyectos vemos una comparación entre la implementación en los tres edificios, y a continuación una descripción de los mismos.

Comparativa en la aplicación de LPS.

	Torre 2	Torre 1	Torre 3
Dedicación	Implementada por profesionales de terreno: falta de tiempo	Implementada por un coordinador de programación y LPS	Implementada por un coordinador de programación y LPS
Alcance programación	Programa semanal, sin “mirar hacia adelante”	Uso de Lookahead para realizar la programación semanal y detectar restricciones	Uso de Lookahead para realizar la programación y también los hitos cercanos (programación por fases)
Aprendizaje	Es la primera vez que el equipo usa LPS. Es complicado hasta que se familiarizan con la herramienta	Los capataces no conocen la herramienta pero sí los subcontratistas y la jefatura	Se tiene el ejemplo de las otras dos torres y se maneja con soltura LPS
Implicación	Pasividad: se ve como una imposición	Participación: se demanda el programa, se discuten las asignaciones	Colaboración: se decide en equipo toda la planificación, se programa en reunión...
Fiscalización liberación restricciones	No se fiscaliza la liberación: baja liberación	Se empieza a fiscalizar la liberación: aumenta la liberación	Se fiscaliza la liberación de restricciones
Adaptación de planillas (ver ANEXO IV COMPARATIVA PLANILLAS)	Se adaptan las planillas entregadas por el GEPUC a la obra	Se modifican las planillas de la Torre 2 a las necesidades detectadas	Se adopta un nuevo sistema como entrega de programa
Estimación de rendimientos	Rendimientos del presupuesto	Seguimiento del rendimiento real en obra (cuadro de rendimientos)	Curva de hormigón, Kg. Fe hombre/día, y en el futuro comparativa entre avance LPS y avance sobre programa inicial.
Control de avance	Control antes de la reunión de programación	Control a mitad de semana para detectar restricciones y actividades no realizadas	Control diario
Relación con las personas	Control individual del coordinador de LPS	Conocimiento de personas, escuchar, hacerles participar	Relación muy directa con los capataces y la jefatura
Grado de compromiso	Se realiza una propuesta de programa en oficina y se presenta en reunión: implicación baja	Se realiza la propuesta de programa en terreno: compromiso incluso mayor del que se pediría	Alto grado de compromiso

Tabla 4. Comparativa aplicación LPS en los tres proyectos

4.2.1 Inicio implementación en Torre 2 por el GEPUC

En la implementación de Last Planner System en la Torre dos asisto como oyente en las reuniones, como “miembro del GEPUC”. Voy con el asesor a las reuniones, aprendo de los consejos que se les da para liderar las reuniones, tomo nota de restricciones, problemas.... Pero es complicado seguir un proyecto si solamente se asiste una vez por semana a las reuniones.

Los resultados de esta implementación son los siguientes:

- La aplican los profesionales del terreno, su queja principal es la falta de tiempo requerido para aplicar correctamente Last Planner System.
- Se inicia programando solamente la semana, de manera que no se puede “mirar hacia delante” y detectar restricciones de actividades futuras.
- Al equipo le cuesta familiarizarse con la herramienta, pues la primera impresión es que se trata de una nueva manera de control.
- Son agentes pasivos, no se ve el cumplimiento de la semana anterior con ellos, se realiza el programa sin hacerse en terreno.
- No se “fiscaliza” la liberación de restricciones, de manera que cuando llega la fecha comprometida muchas de ellas siguen sin liberar.
- Una vez se empieza a trabajar con el Lookahead se da un cambio considerable. Se consigue un incremento en el flujo de trabajo porque las restricciones son detectadas y solucionadas con anticipación.

4.2.2 Implementación por el equipo Torre 1

Avance de la implementación:

- Primero: familiarizarse con la Torre
- Se toma como punto de partida las planillas de la Torre 2 y conforme se va trabajando con ellas se van modificando a las necesidades detectadas.
- Se trata de otros capataces que no han trabajado en la Torre 2, por lo que hay que iniciarles en la herramienta.
- Se realiza una Pull Session para que se tome conciencia de las fechas, plazos y interrelación entre las actividades más críticas
- Se trabaja con el programa general y el Lookahead, para ir determinando las necesidades y plazos
- Se establece un cuadro de rendimientos, tanto de trabajos por la casa como de subcontratos, para poder balancear el trabajo semanal según recursos y/o solicitar más recursos.
- Se realiza una revisión de avance a mitad de semana, de manera que junto con el capataz se ve el estado de las tareas programadas, nos aseguramos que todas las que se comprometieron se están realizando (estamos hablando de un gran nivel de detalle y muchas actividades),

que no están surgiendo restricciones de material, recursos... para poder ejecutarlas

- Se va conociendo a todos y cada uno de ellos. No hay que olvidar que **trabajamos con personas** y a veces **son como niños!!** Existen discusiones entre ellos que muchas ocasiones hay que mediar... y hay que armarse de **paciencia** y **escucharlos**, porque detrás de estas conversaciones podemos encontrar **problemas de fondo...**
- Se realiza la programación semanal con los capataces (después de revisar la semana anterior) teniendo el programa general delante (estamos hablando de que actualmente quedan 4 semanas para entrega de edificio). Parece increíble, pero al ser ellos mismos los que les dejas programar, en vez de imponerse, se **comprometen incluso a más** de lo que tú les exigirías. Además el hecho de no cumplirlo les supone mayor “decepción” de que si simplemente se les entrega un programa que no creen capaz de cumplir, o con tareas que no son las que consideran necesarias en ese momento.
- Aunque existía desde un inicio, cada vez hay más **involucramiento de la jefatura**, al comprobar que realmente es útil el sistema. La **comunicación** en las reuniones es completamente **horizontal**, y al mismo tiempo no se espera a las reuniones, cualquier problema que surge en la semana, y es detectado por ellos y/o se me comunica, es informado al encargado de su solución para “liberar” la actividad y poder conseguir el cumplimiento.
- Como decía anteriormente... **Escuchar!** Se puede aprender mucho de los jefes de obra (encargados) y los capataces. Son los que llevan adelante el trabajo final, y nos pueden poner al tanto de cosas en las que no habíamos caído, u otras que simplemente por nuestra formación teórica frente a años de experiencia no sabemos resolver.
- **Involucrar.** Existen trabajos que se realizan independientemente como puede ser el caso del suministro de agua y alcantarillado. El capataz no se sentía valorado, su trabajo no se ve. El simple hecho de realizar una programación a parte de la que es “responsable”, revisar con él sus trabajos, comunicar a la jefatura lo que según él ha dicho mil veces y le escuchan... puede hacer que trabajos que estaban parados se retomen, o “cachos” que se dejan para el final al plantearlas en la reunión se inicien.
- **Los tres tipos de subcontratos:**
 - El **problemático**: puede ser crítico o no. Si es crítico desde el inicio debemos citarlo a las reuniones y “atarlo corto”. Es necesario compromisos, incluso por escrito, y se llega a plantear el tema de por contrato asistencia a reuniones de programación y multas por incumplimiento. Por nuestra parte es fundamental tenerle siempre los materiales y recursos que dependan de

nosotros un paso por delante, de manera que no se pierda tiempo. El capataz encargado del área donde trabaje debe ser especialmente insistente en el cumplimiento del programa, marcarle por dónde debe dirigirse, adelantarse a sus trabajos, de manera que no se produzcan atrasos en plazo.

Si no se trata de una actividad crítica debemos de tener precaución porque en algún momento por su problemática (intermitencia en el trabajo, falta de materiales, desorden en la ejecución) puede convertirse en crítico. Debemos marcarle unas pautas de trabajo, citarlo a las reuniones y obligarle a comprometerse.

- El **silencioso**: existen subcontratos que ni nos damos cuenta que están. No es crítica su entrada y /o salida, y van avanzando según necesidades. Debe existir una comunicación buena con ellos, de manera que nos informen si detectan algún problema para su avance, y preocuparnos de ir entregándoles la cancha.
- El **eficiente**: parece el subcontrato perfecto. En cuanto lo necesitamos ahí está. El problema aquí puede ser justo el contrario: es tan bueno que nos confiamos en que va a realizar el trabajo en menos tiempo del que él necesita para hacerlo. Debemos saber, sobre todo cuando apura el plazo de entrega, con cuanto tiempo necesitamos entregarle para que pueda ejecutar.
- El programa: de una “obligación” a una “necesidad”. En cuatro meses de implementación, de los inicios donde el programa quedaba guardada en el cajón hemos pasado al día de hoy donde a las dos horas de la reunión ya me están diciendo: “por favor Imma, necesito mi programa para poder organizarme”.
- Los resultados: de “algo más para controlarnos” a “póngame el 100% que ya terminé la losa” o “ésta semana cuánto hemos cumplido?”
- **Ahora entiendo esto para qué sirve...** fue el comentario de uno de los capataces en una de las últimas visitas a terreno. “antes me daban el programa, veía que faltaban un montón de cosas, después el jefe me retaba porque esto y lo otro no estaba hecho y sin embargo hacía muchas otras cosas que no estaban en el papel; ahora, desde que repasamos juntos los subterráneos, me doy cuenta que lo que hace es ayudarme a hacer mi trabajo, entre los dos vemos qué cosas son más importantes, cuáles nos complicarán y en qué otras vamos a necesitar que se liberen restricciones”
- Lo preparamos juntos en terreno, se discute en la reunión con el resto de los implicados por descubrir restricciones y asumir todos el compromiso, pero lo ideal es la **entrega anticipada de la propuesta de programa semanal** de manera que tranquilamente ellos puedan hacer

sus cálculos y estudiar si va a ser posible el cumplimiento, si necesitan recursos, materiales... Para poder exponerlo en la reunión.

4.2.3 Torre 3: Un reto, implementar LPS en obra gruesa

En la obra gruesa desaparece la dificultad de las cientos de partidas de las terminaciones pero aparecen otras: números, cubos de hormigón, kg de fierro, calidad en la ejecución, trazado...

Sólo estamos empezando, destacaría:

- El programa semanal: de actividades descritas, pasando por ejes para finalizar entregando un plano con colores, ver ANEXO IV COMPARATIVA PLANILLAS, de este modo ellos entienden perfectamente de qué se les está hablando.
- Curva de hormigón. Vamos a iniciar el control del avance a parte de por objetivos de avance Last Planner System con la medición de la curva de hormigón, de manera que veamos en una sola gráfica cuánto hormigón deberíamos tirar según programa general, cuánto se programa con Last Planner y cuánto se tira efectivamente.
- Actualmente nuestro cuello de botella es el enfierrador (subcontrato). Con el Lookahead sabremos qué vamos a ejecutar en las próximas cuatro semanas para poder pedir el fierro con anticipación.
- Introducción en reunión a capataz de suministros: necesidades para que no quede atrás.
- Programar hormigonado a primera hora de la mañana (problemas con la planta de hormigón)
- Introducción de 5S para el orden y seguridad
- Repetición: mejora continua. Son 10 plantas. Repetir las zonas de acopios, pasos, de manera que sea más sencillo familiarizarnos con nuestro lugar de trabajo, siempre cambiante en la construcción. (5S)
- Aprovechar los conocimientos adquiridos en Torre 2 y Torre 1

4.3 Metodología

4.3.1 Torre 1

a) Programa general y Programa de Fases

Dado el estado avanzado de la obra, en vez de considerar el Programa General para iniciar la planificación, se solicita al Administrador de Obra que nos entreguen las fechas de entrega (HITOS) para poder realizar la Programación de fases.

Las fechas a tener en cuenta son las siguientes:

Fecha	Actividad
30-nov	Condiciones de seguridad contra incendios
30-nov	Certificado de señalización nocturna de balizas
07-dic	Revisión caldera de calefacción (SEREMI)
07-dic	Certificado extracción de basuras (SEREMI)
14-dic	Certificado alcantarillado y agua potable
14-dic	Declaración de instalación de gas
21-dic	Ascensores
30-dic	Entrega del edificio a la municipalidad

Tabla 5. Hitos entrega. Fuente: Elaboración propia

Con estas fechas estamos en disposición de elaborar el programa por fases. Abarcará desde el momento actual hasta la entrega del edificio a la municipalidad.

Debido a que Last Planner System llega en detalle a todas las actividades que se programan en obra, y para poder facilitar el entendimiento y que cada uno de los integrantes pueda centrarse en su sector, se divide el edificio de la siguiente forma:

- Cubierta, Terraza Departamentos y Piso 10
- Departamentos y zonas comunes Zona Norte
- Departamentos y zonas comunes Zona Sur
- Piso 1 (planta baja)
- Subterráneos
- Exteriores
- Fachada
- Trabajos de Gasfitería (suministros de fontanería y alcantarillado)

Cada una de las zonas está supervisada por un capataz. Se programa independientemente cada una de ellas.

Con la programación general nos percatamos de las siguientes cuestiones:

- La cubierta, actividad que parecía a simple vista que iba bastante adelantada, tras la programación nos dimos cuenta que sería necesario inyectar más recursos para poder salir en plazo.
- Las fachadas están muy atrasadas, posturas que se pensaba podían depender unas de otras, para aprovechar mano de obra y andamios, se ve que no puede ser por la falta de tiempo hasta entrega.
- Los departamentos pese a tener muchas partidas, y muchas de ellas no estar finalizadas, se tiene la suficiente holgura para que puedan terminar en término.



Fotografía 7. Jefe de Terreno coloca Hitos. Fuente: Elaboración propia

A continuación, cada uno de los participantes, de forma individual o por equipos de trabajo, estudian las fechas de término y discuten sus necesidades:

- Fecha anterior al HITO que necesita que se termine la actividad para poder cumplir con sus trabajos.
- Recursos que necesita para poder cumplir con la fecha solicitada.



Fotografía 8. Capataces colocan sus compromisos. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 9. Equipo de trabajo discute fechas. Fuente: Elaboración propia

Una vez definidas, colocan en el panel sus post-it.



Fotografía 10. Trabajando sobre el panel. Fuente: Elaboración propia

Una vez que todos los integrantes del equipo han definido sus necesidades – compromisos, se pide a cada uno de ellos que explique qué indica en los post-it y el motivo, así como si considera que alguna de las actividades no se puede cumplir en el plazo solicitado y los motivos.



Fotografía 11. Exponiendo criterios. Fuente: Elaboración propia

Todo el equipo estudia la programación y se plantea si es realista llevarla a término.



Fotografía 12. Resultado. Fuente: Elaboración propia

Algunos ejemplos:

M.T. (post-it amarillo) y H.Z. (Post-it Azul), capataces de zona norte y zona sur se comprometen a tener las puertas y cerraduras para el 17 de noviembre (HITO), si se le facilitan dos maestros.

H.L. (encargado de artefactos sanitarios y griferías), (Post-it Rojo), necesita que la cerámica esté terminada para el día 10 de noviembre (no el 17 que marca el HITO), que los muebles y las cubiertas estén acabadas el 12 de noviembre, y que el subcontrato de la calefacción y agua caliente sanitaria acabe en los espacios comunes el 19 de noviembre.

Conclusiones:

- La intervención de los subcontratos es muy beneficiosa, pues pueden aportar plazos, rendimientos, compromisos que no se pueden asumir por la casa.
- Se nota gran diferencia entre el grupo que lleva tiempo trabajando junto en las reuniones semanales con aquel que está empezando.
- La influencia de los mandos en la reunión, su relación con los miembros del equipo, su disposición a escuchar influye en la participación de los mismos.
- Es necesario dedicar un tiempo a explicar la actividad y asegurarnos que es entendida.

A continuación se muestra un cuadro-resumen de los resultados:

TÉRMINOS - NECESIDADES - COMPROMISOS A PARTIR PROGRAMACIÓN INTERACTIVA:

Partida	F. Término	Compromisos			Necesidades		
		Quién?	Qué?	Cuándo?	Quién?	Qué?	Cuándo?
Puertas y cerraduras	Acceso 05/12 Interiores 19/12	Lorena Salinas	Fiscaldo puertas	20-nov			
		Luis Espinoza	Subido puertas dptos.	15-nov			
Cerámica de muro y piso	30-nov				Mario Castro	Flores realice los remates	28-nov
Pinturas y Texturas	29-nov				Mario Castro	2 yesero / 2 albañiles / 2 jornales	12-dic
					Víctor Acevedo	2 yesero / 2 albañiles / 2 jornales	12-dic
Muebles y closets	12-dic				Héctor Leiva	Especijos	15-dic
Piso laminado y alfombra	29-dic	Lorena Salinas	Material Guarcapulos	22-nov	Mario Castro	Comenzar retape pisos	22-nov
					Víctor Acevedo	Comenzar retape pisos	22-nov
					HITO	Término instalación piso flotante	25-dic
Artefactos y módulos eléctricos	12-dic						
Artefactos sanitarios y griferías	24-dic						
Fachaca y exterior	29-dic				Luis Espinoza	Andamios y Chaperos	
Cubierta, Terraza Dptos. y Piso 10	29-dic				José Donoso	2 Jornales / 2 Carpinteros	
					José Donoso	Terminación agua potable	28-nov
					José Donoso	Acabe Viches	05-dic

Tabla 7. Resumen Pull Session. Fuente: Elaboración propia

c) Lookahead

LOOKAHEAD DEPARTAMENTOS Y ZONAS COMUNES															RESTRICCIONES																		
Item	Partida	Resp	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	1	3	4	5	6	7	8	10	11	12	CANCHA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANDO DE OBRA	COMPROMISO SUBCONTRATA	MATERIALES SUBCONTRATO
			Jue	Vie	Sáb	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sáb	Lun	Mar	Mier							
Dptos. Norte																																	
Cerámica piso y muro			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						
Tinas			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Puertas acceso			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						
Marcos y Puertas			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Cerraduras			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
Guardapolvos y Alfeizar			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Ventanas			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						
Muebles Clo, Bañ y Cocina			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Cubiertas Baños y Cocina			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Artefactos Sanit y Griferías			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Accesorios de Baño																																	
Espesjes Baños																																	
Pintura Muros Termin																																	
Nivelación de Piso																																	
Alfombra																																	
Piso Fotolaminado																																	
Artefactos y módulos electr.																																	
Aseo y Entrega																																	
Dptos. Sur																																	
Cerámica piso y muro			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						
Tinas			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Puertas acceso			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						
Marcos y Puertas			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Cerraduras			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
Guardapolvos y Alfeizar			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Ventanas			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						
Muebles Clo, Bañ y Cocina			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Cubiertas Baños y Cocina			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Separador ambiente			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8						
Tropan espejos																																	
Artefactos Sanit y Griferías																																	
Accesorios de Baño																																	
Espesjes Baños																																	
Pintura Muros Termin																																	
Estuco cajones terrazas																																	
Nivelación de Piso																																	
Alfombra																																	
Piso Fotolaminado																																	
Artefactos y módulos electr.																																	
Aseo y Entrega																																	

Tabla 8. Lookahead. Fuente: Elaboración propia

d) Planificación semanal

Preferiblemente las reuniones de programación se deben realizar el viernes: Se programa la semana de lunes a viernes, pues al ser la semana natural es más sencillo.

En la Torre 1 la programación se impuso de jueves a miércoles, pero en la Torre 3 ya se ha implantado la programación de lunes a viernes, por lo anteriormente comentado.

En la Figura 1 aparecen los pasos más importantes en el día a día de la aplicación de Last Planner System:

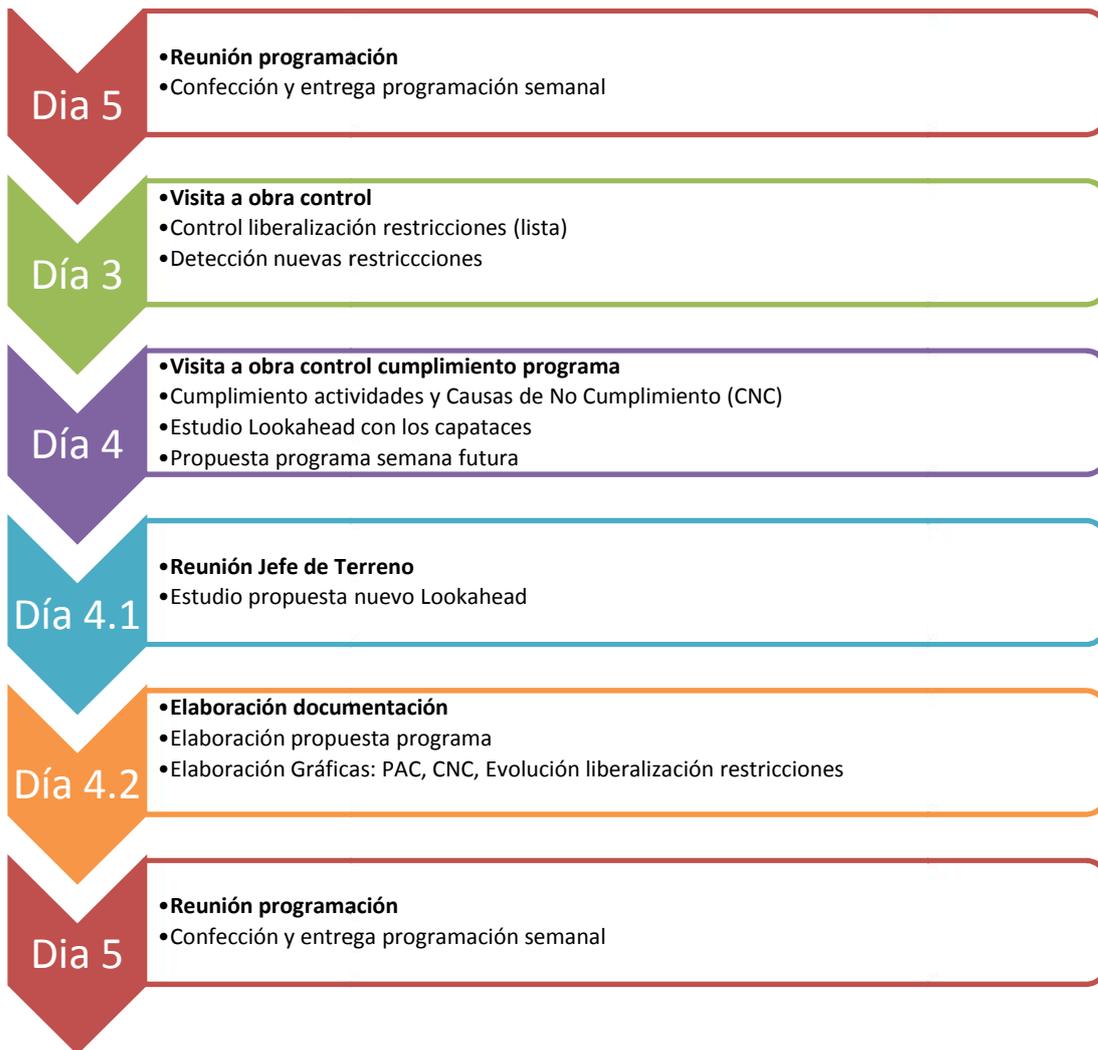


Figura 21. Pasos implementación semanal Last Planner System.

Fuente: Elaboración propia

TORRE 1:

DÍA 5 (JUEVES):

- Entrega de programas y hoja de restricciones, nada más terminar la reunión. Es muy importante que se entregue el mismo día de la reunión, pues al programar desde ese mismo día (el programa va de jueves a miércoles), si nos demoramos en entregar el programa son días perdidos que los capataces no pueden organizarse.

DÍA 3 (LUNES):

- Repaso de las zonas, con la programación, para ir viendo el avance. A ser posible con el propio capataz, de manera que todas las actividades que hay en el programa confirmemos que las tiene presente, se están realizando y no tienen restricciones (cancha, material, mano de obra...)
- También es conveniente llevar la hoja de restricciones siempre encima, de manera que se vaya comprobando con los implicados la liberación de las mismas.

DÍA 4: MIÉRCOLES:

- Visita a terreno para comentar con los capataces el desarrollo de la semana, ver los cumplimientos, estudiar el Lookahead y con ello destacar las restricciones que puedan aparecer. En el ANEXO I se muestra un Informe del Control de Avance.
- Revisión de cada una de las zonas. Por un lado es apropiado revisarlo por nosotros mismos, de manera que vamos viendo cómo está el avance, qué problemas pueden surgir para las semanas siguientes.... Pero por otro lado también es fundamental revisar el cumplimiento del programa con cada uno de los capataces.
- Se comprobará el cumplimiento de cada una de las actividades teniendo en cuenta que aún queda todo el día miércoles para terminar con las actividades, de modo que si alguna de ellas está a punto de finalizar la podemos dar por ejecutada. Si algunas que según nuestro criterio no van a poder salir con la meta prevista, pero el capataz nos asegura que sí va a alcanzar el cumplimiento, la podemos dejar pendiente de revisión para el día siguiente antes de reunión.

En todas aquellas actividades que no se han cumplido deberemos marcar una causa. Para ello usaremos el **método de los 5Por qué** para poder llegar a la causa raíz.

Ejemplo del **método de los 5Por qué**:

- ¿Por qué no se ha cumplido el avance en pintura?
- Porque no teníamos los materiales.
 - ¿Por qué no se tenían los materiales?
 - Porque tardan tres días y se pidieron ayer
 - ¿Por qué sabiendo que se necesitaban desde la semana pasada se pidieron ayer?
 - Porque no teníamos definido el color

Preguntando tres veces hemos cambiado la causa del problema, llegando a la causa raíz: a simple vista parecía un problema de suministro de materiales, después de coordinación en terreno y finalmente se llega a que el problema de fondo es una indefinición de diseño.

En nuestro caso añadimos la causa coordinación en terreno, porque se detectó que muchos de los no cumplimientos se debían a que no se había gestionado la ejecución de la actividad, pero en los últimos gráficos analizados se ha visto un gran aumento de esta causa, por lo que analizaremos con detalle si realmente se debe a descoordinación o existen otras causas de fondo. En la Tabla 9 tenemos un ejemplo de revisión de una de las zonas. Así mismo en el ANEXO II DOCUMENTACIÓN REVISIÓN SEMANAL podemos encontrar toda la información de una revisión semanal.

Semana del 22 al 28 de noviembre

CUBIERTA TORRE 1				PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
Item	Partida	Resp	% CUMPLIMIENTO % COMP % REAL	PPC (CUMPL.)	FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	
CUBIERTA N y S															
	Estructura Shaft	JD	50%	50%	1										
	Ins. Tuberías agua domicil.	HL	60%	20%	0				X						
SALA CALDERA															
	Kaltemp	JD	100%	90%	0										
	Inst. accesorios	JD	100%	0%	0										
TERRAZA DEPTOS ZONA NORTE (PISO 11)															
	Estructura Shaft	JD	50%	50%	1										
	Impermeabilización	JD	100%	100%	1										
	Instalación pastelones	JD	30%	0%	0							X			Está con la prueba de agua
TERRAZA PISO 10 NORTE															
	Estuco muros y vigas	JD	100%	70%	0	X									
	Hojalata viga	JD	100%	100%	1										
	Membrana	JD	80%	40%	0							X			Se envía subcontrato a Torre 2
	Estructura Shaft	JD	60%	60%	1										
TERRAZA DEPTOS ZONA SUR (PISO 11)															
	Estuco muros y vigas	JD	60%	60%	1										
DPTOS PISO 10 NORTE															
	Cornisas y Canterías	JD	100%	0%	0							X			No hay subcontrato
	Cerámica Piso	JD	90%	90%	1										
	Cerámica Muro	JD	90%	90%	1										
	Preparación zocalo ventana	JD	100%	100%	1										
DPTOS PISO 10 SUR															
	Yeso	JD	50%	0%	0							X			No hay subcontrato
	Cerámica Piso	JD	90%	90%	1										
	Cerámica Muro	JD	90%	90%	1										
	Preparación zocalo ventana	JD	100%	100%	1										

1 0 0 0 0 1 0 0 0 4 0 0 0

Cambios de programación en reunión

Tabla 9. Programa semanal revisado. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar se mide el % de cumplimiento sobre lo programado. El PPC (porcentaje de programa cumplido) mide en binario, es decir, si una actividad se programó un cumplimiento del 100% y se alcanza un 90% igual va a ser 0 su cumplimiento, pues este porcentaje no mide el avance de obra si no cuánto se ha ajustado la programación a la realidad.

Una vez hemos analizado el programa de la semana anterior estamos en disposición de centrarnos en la semana siguiente. Tenemos el Lookahead y las restricciones, así que vamos analizando qué actividades pueden ser programadas, teniendo en cuenta el avance de esta semana (las que no se han cumplido deberán volver a ser programadas, y/o analizar sus causas para ver si efectivamente estamos en disposición de cumplirlas o es necesario algún recurso extra, material, diseño... De las actividades previstas en el Lookahead observaremos el terreno para ver la disposición, y aquellas marcadas con restricción veremos si han sido liberadas para partir con ella. También es importante mirar el terreno sin los papeles, de manera que podamos encontrar

actividades que deben planificarse que hasta el momento no se habían contemplado (puede haber un cambio de programa, un imprevisto por errores de ejecución o falta de cancha para actividades, por lo que debemos programar otras, etc....)

- Con la revisión realizada estamos en disposición de pasar los datos al computador.
- Se rellena la semana anterior, con % y causas y se guarda para comentarlo con el Jefe de Terreno, por ver si coinciden los argumentos dados por el capataz con los de la jefatura.
- A continuación se realiza la programación de la semana siguiente, con los datos que hemos obtenido en terreno, los del Lookahead y los de las actividades pendientes de la semana anterior.
- Lista de Restricciones, se repasan todas con los responsables de liberarlas (las que sean para fecha de ese día o anteriores, también se les recuerda las futuras.)

DÍA 4.1 (MIÉRCOLES TARDE):

- Reunión con el Jefe de Terreno para contrastar la información de la semana anterior y ajustar la programación futura. A continuación ya estamos en disposición de realizar los gráficos:

DÍA 4.2 (MIÉRCOLES TARDE):

- PPC, CNC y Liberación de Restricciones. Una vez realizados los debemos de analizar:
- PPC: ¿Qué cumplimiento estamos teniendo? ¿Cuáles son las causas de no cumplimiento?, ¿Hemos programado algo con restricción y ésta todavía no se ha liberado? ¿Ha habido una sobre programación? ¿Se han realizado muchas actividades fuera de programa? ¿Hemos tenido algún imprevisto? ¿La coordinación en terreno está siendo buena? Subida de material, desplazamiento de maestros “prestados” a las zonas más críticas....
- CNC: ¿Cuáles son las predominantes? ¿Hemos de citar a algún agente que no venía a las reuniones por ser más crítico? ¿Hemos de tratar con jefatura algún asunto antes de la reunión para que se destaque en ella?
- LIBERACIÓN RESTRICCIONES: ¿Se están liberando a tiempo? ¿Las fechas de compromiso son adecuadas? ¿Está afectando la no liberación a actividades críticas? ¿Es necesario realizar alguna actuación?

DÍA 5 (JUEVES):

- Reunión coordinación: es muy importante mantener la hora constante. 11:30 es la hora programada. Sobre las 10:30 h. debemos empezar a convocar a los participantes a reunión. A continuación tienes un gráfico de los participantes:

Cargo	Nombre
Administrador de Obra	XXXXXXXXXX
Jefa de Terreno	XXXXXXXXXX
Coord. Last Planner	XXXXXXXXXX
Administrador	XXXXXXXXXX
Jefe de Terreno	XXXXXXXXXX
Prevención	XXXXXXXXXX
Jefe de Obra	XXXXXXXXXX
Jefe de Obra	XXXXXXXXXX
Capataz Gasfitería	XXXXXXXXXX
Capataz Cubierta	XXXXXXXXXX
Capataz Zona Norte	XXXXXXXXXX
Capataz Zona Sur	XXXXXXXXXX
Capataz Primer piso	XXXXXXXXXX
Capataz Subterráneos	XXXXXXXXXX
Capataz Fachada	XXXXXXXXXX
Capataz Exteriores	XXXXXXXXXX
Bodeguero	XXXXXXXXXX
Subcontrato enchape	XXXXXXXXXX
Subcontrato eléctrico	XXXXXXXXXX
Subcontrato muebles	XXXXXXXXXX
Subcontrato estructura shaft	XXXXXXXXXX
Subcontrato porcelanato	XXXXXXXXXX
Subcontrato presurizado	XXXXXXXXXX
Subcontrato pintura	XXXXXXXXXX
TOTAL	25

JUEVES MAÑANA: REUNIÓN

11:30 h.

- Es importante insistir sobre la puntualidad. Todos tenemos trabajo.
- No debería de durar más de 1:30h.
- Empezamos por la cubierta, seguimos Zona Norte, Zona Sur, 1er Piso, subterráneos, Fachada, Exteriores y Gasfitería. Siempre se ve la zona la semana anterior y a continuación la programación. En la torre 2 se realizaba primero el repaso de todas las zonas y después la programación de todo, pero nosotros consideramos que era más útil ver la semana anterior y la próxima de cada zona por separado, de manera que es más sencillo ver la semana siguiente después de la anterior, por ver aquellas cosas pendientes, si hay alguna restricción... a parte que es más fácil centrar así la atención de los implicados.
- Después de ver cada una de las zonas se verá el PPC (Porcentaje de Programa Cumplido), el gráfico de Causas de No Cumplimiento y la

tabla de Restricciones, para ver aquellas que no se han liberado (las que ya cumplen plazo e insistir a sus responsables de la importancia de su liberación para el cumplimiento del programa.) También mostraremos el gráfico de liberación de restricciones.

- Como decíamos al inicio, tras la reunión, se imprimirán los programas y se entregarán a los asistentes.

Con los datos de la semana anterior obtenemos las gráficas:

GRÁFICAS:

Porcentaje de Programa Cumplido (PPC) o Porcentaje de Actividades Completadas (PAC):

Se trata de un gráfico acumulativo (uno para toda la obra) donde se representa semanalmente el cumplimiento del programa. En la Tabla 10 tenemos un ejemplo y en el ANEXO IV COMPARATIVA PLANILLAS una comparativa entre los gráficos de los tres proyectos.

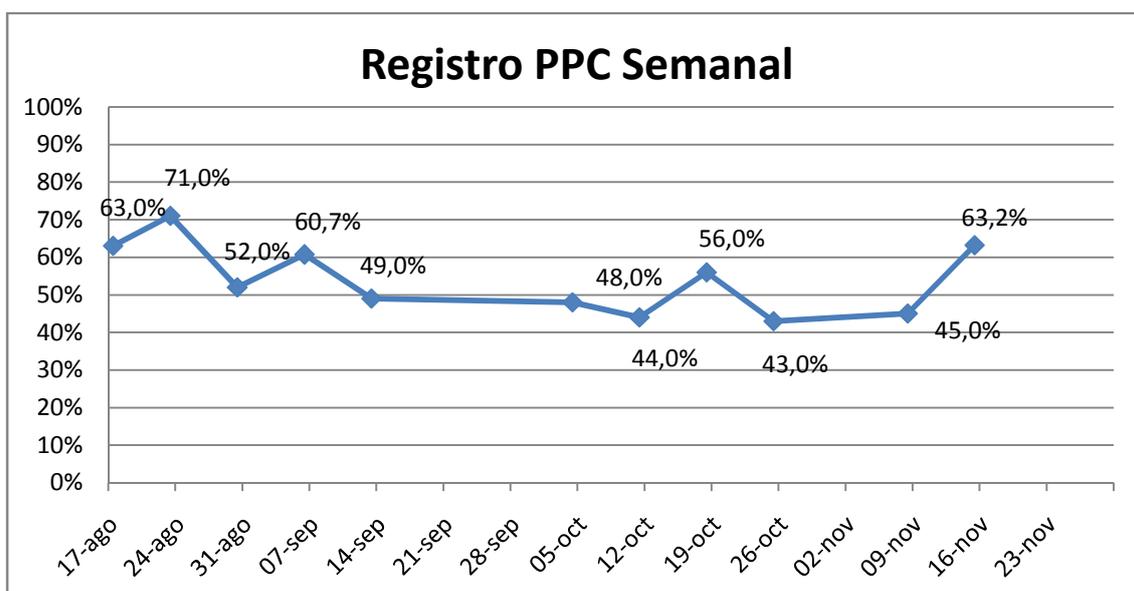


Tabla 10. Porcentaje de Programa Cumplido. Fuente: Elaboración propia

Causas de No Cumplimiento (CNC):

En este gráfico vemos reflejado el total de causas de no cumplimiento de todas aquellas actividades que no han alcanzado el porcentaje comprometido.

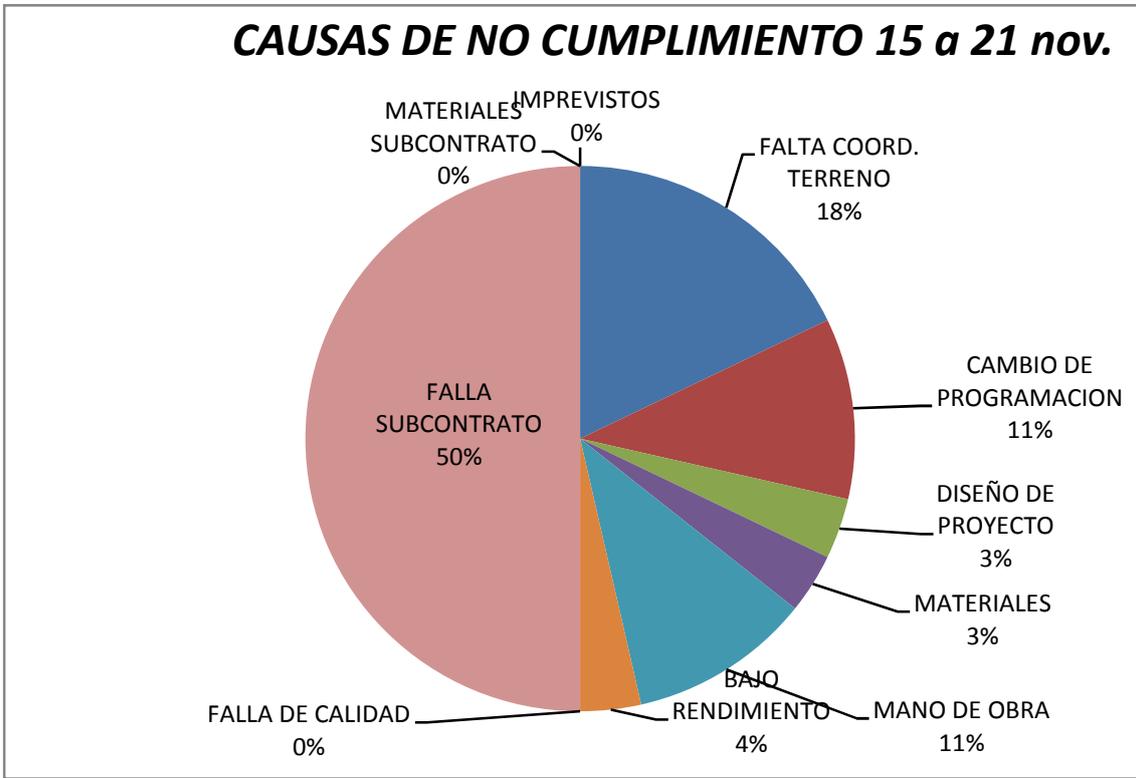
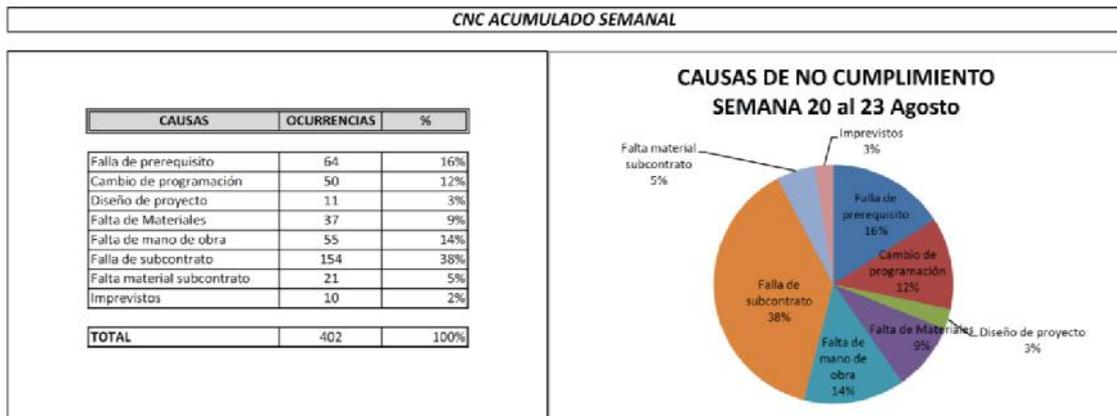


Tabla 11. Gráficos cumplimientos semanal. Fuente: Elaboración propia

Es muy importante analizar el gráfico de Causas de No Cumplimiento, pues nos dará una visión clara de cuáles son los principales problemas que se están teniendo en la ejecución, y deberemos tomar medidas para su solución.

Causas de No Cumplimiento Acumuladas

El gráfico de Causas de No Cumplimiento Acumuladas nos permite detectar cuál de las causas es la que más se repite en las diferentes semanas, de modo que se pueda tomar medidas para paliar los problemas.



Índice de Tareas Ejecutables (ITE) – Programa Semanal

El siguiente punto es la programación semanal. Se realizará con el Lookahead, creando un ITE (Índice Trabajos Ejecutables), y entre ellas con los recursos disponibles y el avance de la obra se realizará la programación semanal.

Aquellas actividades ejecutables no críticas se dejarán fuera de la programación pero se entregará a los capataces, de manera que si durante la semana surge algún inconveniente para realizar las actividades programadas, o se realizan antes de tiempo, se pueda seguir avanzando.

Así mismo hemos incluido en este apartado aquellas actividades críticas que tienen algún tipo de restricción y que es posible que durante la semana se libere.

N° 6



PROGRAMA SEMANAL ZONAS COMUNES Y DPTOS. ZONA SUR
Semana del 29 a 5 de diciembre

Responsable:
Mario Castro

Zonas comunes piso 1 a 9 SUR				PPC (CUMPL.)		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
Item	Partida	Resp.	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	
			% COMP	% REAL												
Pasillo																
	Estuco y pintura nichos		30%		0											
	Inst. de cornisas		100%		0											
	Trabajos nicho agua		90%		0											
	Martelina		90%		0											
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																
Escala																
	Pasamanos		100%		0											
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																
Departamentos SUR																
Departamentos SUR				PPC (CUMPL.)		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
Item	Partida	Piso	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	
			% COMP	% REAL												
	Puertas acceso	Piso 9	100%		0											
	Marcos y Puertas	Piso 8	100%		0											
	Cerraduras	Piso 7	100%		0											
	Guardapolvos y Alfeizar	Piso 6	100%		0											
	Muebles Clo, Bañ y Cocina	Piso 7	100%		0											
	Cubiertas Baños y Cocina	Piso 7	100%		0											
	Nivelación de Piso Fotolaminado	Piso 6	100%		0											
	Nivelación de Piso Alfombra	Piso 3	100%		0											
	Artefactos y módulos electr.	Piso 4	100%		0											
	Sanitarios	Piso 5	100%		0											
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																
ITE ACTIVIDADES CON RESTRICCIÓN / SECUNDARIAS																
	Remates ducto Metalduc		100%		0											
	Espejos Baños	Piso 9	100%		0											

Tabla 12. Programa Semanal. Fuente: Elaboración propia

Con toda la documentación preparada estamos en disposición de realizar la reunión semanal.

Reunión Semanal:

Existen dos opciones: que se repase en conjunto la semana anterior y después se programe la semana siguiente o bien que se vaya viendo zona por zona. En nuestro caso optamos por esta segunda opción.



Una vez vista la programación semanal se verán los gráficos: evolución del Porcentaje de Programa Cumplido (PPC) y el reparto de las Causas de no Cumplimiento (CNC). Finalmente se verá el estado del listado de restricciones.

CONSTRUCCION CONO SUR NO. 4.52 - PISOZ - OSMANOS		LISTA DE RESTRICCIONES					Fecha Control
Obra: Parque Espoz Torre 1						28-nov-12	
Sector	Actividad Afectada	Tipo Restricción	Descripción de Restricción	Responsable Liberación	Fecha Comprometida Liberación	Fecha Real Liberación	
Departamentos	Piso laminado y alfombra	Material	Llegada guardapolvos a obra	Lorena Salinas	22-nov		
Departamentos	Piso laminado y alfombra	Mano de obra	Comenzar retape de piso (para alfombra)	Mario Castro	29-nov		
Departamentos	Piso laminado y alfombra	Mano de obra	Comenzar retape de piso (para alfombra)	Victor Acevedo	29-nov		
Cubierta	Entrega Cubierta	Subcontrato	Terminación agua potable	Hector Leiva	28-nov		
Zonas comunes	Frentes ascensor	Diseño	Arreglar frentes de ascensor	Victor Acevedo	05-dic		
Zonas comunes	Frentes ascensor	Diseño	Arreglar frentes de ascensor	Mario Castro	05-dic		
Cubierta	Avance Cubierta	Subcontrato	Membrana (Chacana)	Lorena Salinas	28-nov		
Cubierta	Pintura cubierta	Subcontrato	Solicitar Fintor empiece blanquear	Lorena Salinas	28-nov		
Departamentos	¿Qué falta en los departamentos?	Capataz	Hoja con detalles actualizado	Mario Castro	28-nov		
Departamentos	¿Qué falta en los departamentos?	Capataz	Hoja con detalles actualizado	Victor Acevedo	28-nov		
Subterráneos	Sala de basuras	Subcontrato	Metalduct terminar Tolva	Lorena Salinas	28-nov		
Departamentos	Mano de obra	Subcontrato	Solicitar Chiyone 2+2-1 yeseros	Lorena Salinas	28-nov		
Subterráneos	Sala de basuras	Material	Aceero inoxidable puerta sala basuras	Lorena Salinas	28-nov		
Subterráneos	Subterráneos	Cancha	Achicar la bodega	José Hernández	28-nov		
Subterráneos	Subterráneos	Cancha	Desocupar subterráneos	Lorena Salinas	05-dic		
Departamentos	Pinturas y texturas	Mano de obra	2 yesero / 2 albañiles / 2 jornales Zona Norte	Lorena Salinas	12-dic		
Departamentos	Pinturas y texturas	Mano de obra	2 yesero / 2 albañiles / 2 jornales Zona Sur	Lorena Salinas	12-dic		
Departamentos	Colocación griferías	Subcontrato	Colocación de espejos	Mario Castro	15-dic		
Departamentos	Colocación griferías	Subcontrato	Colocación de espejos	Victor Acevedo	15-dic		

Tabla 13. Listado de restricciones. Fuente: Elaboración propia

Durante la reunión se irán anotando aquellas restricciones que van surgiendo. En la Tabla 14 vemos la evolución de la liberación de restricciones a lo largo del tiempo. El incremento del porcentaje coincide con un mayor seguimiento de la liberación de las mismas.

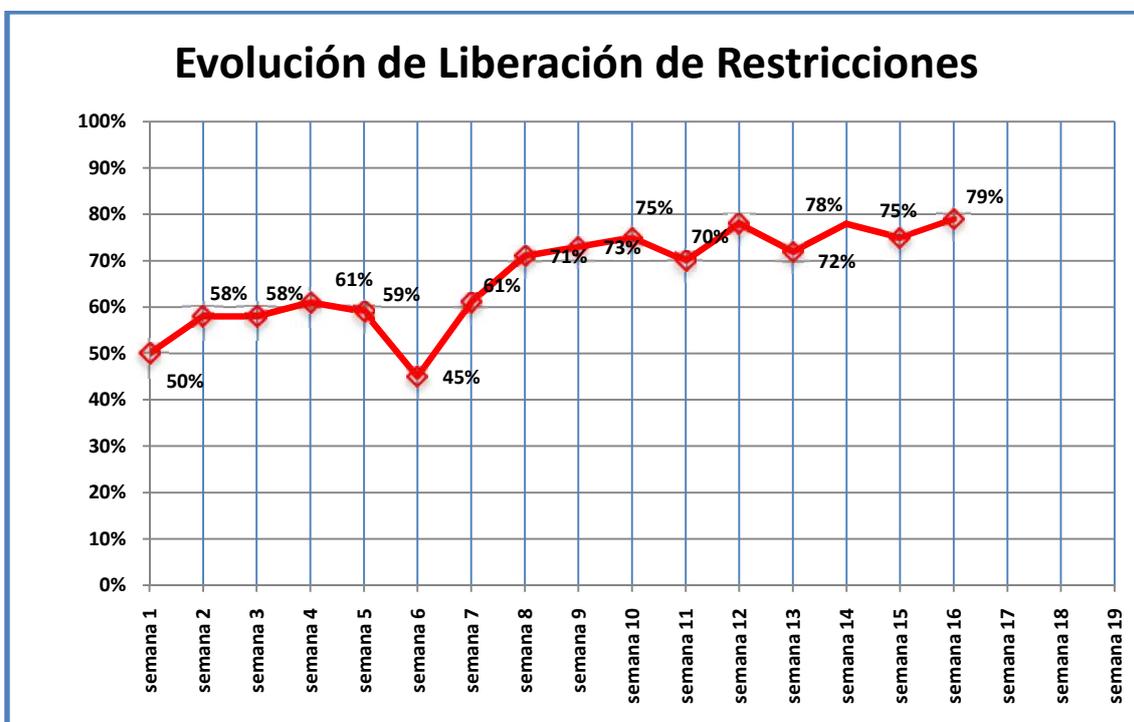


Tabla 14. Evolución de Liberación de Restricciones. Fuente: Elaboración propia

A destacar de la práctica:

- La duración recomendable de la reunión es de no más de 1:30 minutos, pues alrededor de la hora y quince minutos ya se va perdiendo la concentración de los asistentes.
- En nuestro caso los asistentes inicialmente a las reuniones eran la Jefa de Terreno, los Capataces y yo. Aunque no asiste se le envía una copia al Recurso Preventivo de la torre, de modo que pueda programar sus actividades acorde a las actividades que se van a ejecutar. Actualmente debido a la criticidad de algunos subcontratos, y la necesidad de su compromiso también se les está invitando a las reuniones. Igual de necesaria es la presencia del bodeguero en la reunión, de manera que pueda informar con antelación de la llegada/existencia/retraso en fabricación de los materiales.
- Es fundamental que algo tan sencillo como unos refrescos y galletas se ofrezcan en la reunión, pues crea un buen ambiente.
- El empleo de porcentajes de cumplimiento, como el caso del PPC, es arriesgado, dado que puede crear desmotivación en los capataces si semana tras semana notan que no se avanza en su sector, siendo en la mayoría de los casos por motivos ajenos a su responsabilidad. Es importante remarcarles qué mide el PPC, que las causas van a indicar qué grado de responsabilidad tienen ellos en el cumplimiento (por ello se introdujo como Causa de No Cumplimiento la “falta de coordinación en terreno”, que indica precisamente que teniendo todos los medios no se cumplió la actividad por falta de buena coordinación de los recursos). Por otro lado sí existe un indicador que se puede incluir en el futuro que es el Porcentaje de Actividades Liberadas por Responsable, de manera que se pueda tener un indicador de la efectividad a la hora de liberar las restricciones.

4.3.2 Torre 3

Como se ha comentado anteriormente, la aplicación de LPS en la Torre 3 es un reto pues se implementa desde el inicio del proyecto, no en fase de terminaciones como en las otras dos torres.

Como se puede apreciar en la siguiente fotografía se está empleando el programa general, los hitos que se marcan desde el inicio de obra, se elabora un Lookahead “interactivo” en las reuniones y la programación se realiza plenamente en reunión.



Fotografía 13. Programación Torre 3

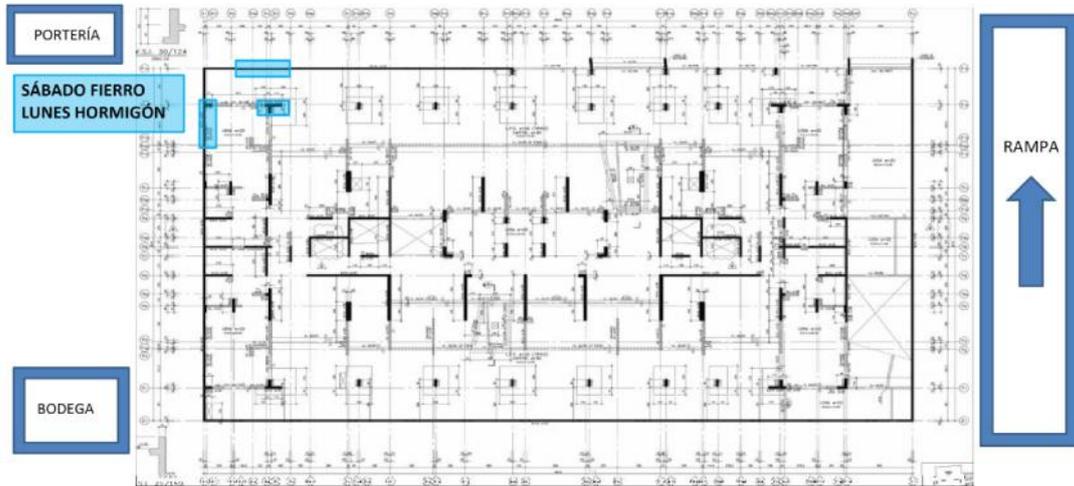
Como se ha dicho anteriormente, se pretende introducir herramientas de control como la curva de hormigón, la medición de rendimientos, etc. para conseguir mejoras, sobre todo la comparación entre el avance real y la medición del programa LPS.

Es destacable la adaptación del formato inicial del programa semanal a las necesidades de este proyecto. A continuación se muestra la evolución del programa semanal, desde una programación por ejes, Tabla 15, a un programa a través de planos y colores, mucho más intuitivo.

TORRE 3

PROGRAMACIÓN SEMANA 11 a 15 febrero

1er SUBTERRÁNEO



1er SUBTERRÁNEO



PRIMER PISO

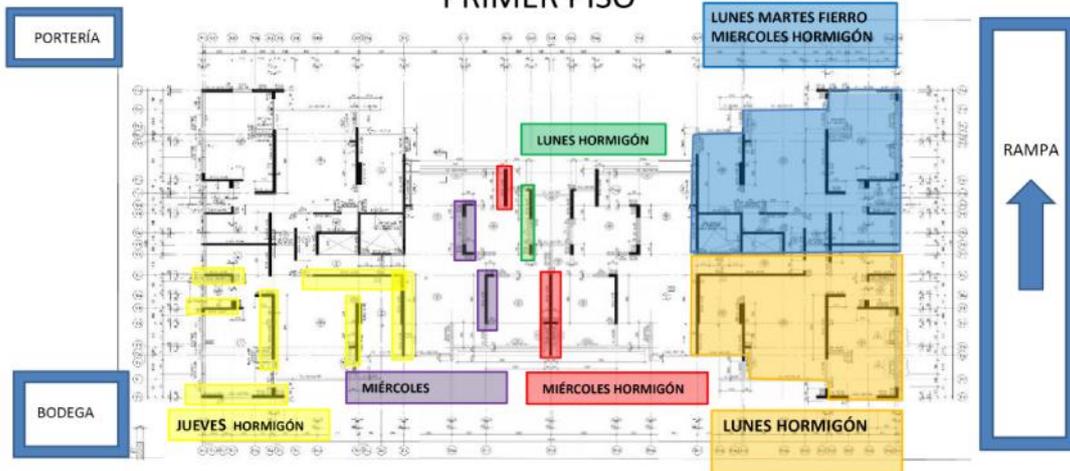


Figura 22. Programa semanal Torre 3 por planos. Fuente: Elaboración propia

5 Conclusiones

5.1 Dificultades

Dificultades de aplicación:

- Falta de tiempo de los Jefes de Terreno para ver la programación.
- Susceptibilidad de los capataces por verlo una nueva forma de control.
- Falta de cumplimiento de compromisos de los subcontratos
- Desconocimiento de los procesos constructivos chilenos.

Dificultades inherentes al proyecto:

- Plazos: dos de los proyectos con atrasos en la fecha de entrega.
- Falta de mano de obra, mano de obra de los subcontratos y materiales por el momento económico actual.
- Cesión de mano de obra y materiales de una torre a otra por urgencia en entrega

5.2 Resultados Obtenidos

Del sistema:

- Mejoras en el uso de las herramientas.
- Adaptación del sistema a las necesidades del proyecto.
- Conocimientos teóricos y prácticos.
- Aprendizaje del sistema constructivo.

Pero sobre todo....

De las personas:

- **Implicación:** Necesito mi programa! ¿Qué restricciones he de liberar esta semana?
- **Comunicación:** tengo las restricciones y le puedo decir al jefe que no puedo avanzar porque no me las ha liberado.
- **Convencimiento:** Con este sistema se nos tiene en cuenta (subcontrato).
- **Entendimiento:** Ahora sé para qué sirve, tú me ayudas a hacer mi trabajo.
- **Eficacia:** A mí no me hacían caso (realización alcantarillado) y desde que lo presentamos en la reunión se ha empezado a hacer (capataz suministros).
- **Transversalidad:** se detectan problemas, se les aportan herramientas y se pueden detectar problemas de fondo que pueden ir directos a Administración.

- **Compromiso:** el último planificador se llega a comprometer en mayor porcentaje si se le permite participar en la planificación del que nosotros mismos le pediríamos.

No sólo LPS

Es muy importante la formación de líderes Lean que se encarguen de introducirlo en los proyectos.

Se puede empezar con herramientas como Last Planner System, que es fundamental en el tema de la programación, pero es fundamental no quedarnos ahí y aplicar la filosofía Lean en toda su plenitud.

Mediante la observación detectaremos oportunidades de mejora, y dando a conocer a las diferentes áreas la filosofía se van generando necesidades y deseos de participación.

Una vez el “impulsor” Lean en el proyecto va dándolo a conocer es necesario que se vaya retirando, es decir, se vaya desvinculando de su nombre la filosofía y sean los elegidos para aplicarlo los que se vayan haciendo cargo.

“Ponerse las gafas Lean” y en cada momento buscar oportunidades de mejora, de eliminación de pérdidas y buscar la satisfacción de las necesidades del cliente.

ANEXO I CONTROL DE AVANCE

VISITA TERRENO CONTROL AVANCE

Nº Visita	6
Fecha	27/11/2012
Duración	11 h. a 12:30 h .

Propósito Visita

- Observar en terreno cuál es el avance real sobre lo programado para la semana en curso.
- Comprobar con el Lookahead si es posible programar las actividades previstas.
- Conversar con los capataces otras actividades no programadas que crean deben ser realizadas así como problemas que estén teniendo.
- Observación de pérdidas / desperfectos ...

Materiales

- Programación semana en curso.
- Lookahead.
- Planilla avance de actividad (ver anexo).
- Libreta.
- Cámara de fotos.

Comentarios

Departamentos y zonas comunes:

- Cuándo se colocan las cerraduras de los closet?
- Los pintores están preparando para pintar.

Zona Sur:

- Falta la puerta del ducto de basura: contactar con el subcontratista.
- Se ha realizado el afinado de piso en la escalera hasta el tercer piso.
- En este momento hay dos maestros colocando puertas. No se ven muchas puertas por colocar (a excepción del 9º piso), van llegando puertas a obra en el piso 8º.
- En el departamento 406 se detecta:

- faltan puertas de closet. Por qué? No están en obra? Están pedidas?
- Falta cajones en cocina. ¿El subcontratista tiene en cuenta los departamentos que no tiene completos? ¿Tenemos anotado donde van faltando cosas?
- Colocación de barandilla por donde sube el montacargas. Ya no se va a descargar más en esa planta? No hubiese sido mejor dejar sin colocar esa barandilla para evitar roturas y posiciones incómodas al descargar y al desmontar el montacargas colocar todas las barandillas que faltan?
- Perforación por conducto en living: cuándo se va a reparar?



Puertas closet sin colocar en 4º (avance programado 8º)



Colocación barandillas vidrios en paso de montacargas



Perforación por conducto en living

- En los departamento 504/505/506 se detecta:
 - Falta yeso en separador de ambientes
 - Faltan los estantes de los closets. Vale la pena dar un avance general y después volver con los remates. Por qué falta? Está el material? Hay mano de obra?



Falta yeso separador ambientes piso 5

- Piso 6:
 - En el pasillo se está trabajando en la terminación de los tabiques de los nichos.
 - Los walking closet no están instalados. Los montadores de muebles están trabajando en el piso 7. Cuando les preguntamos dicen que esta semana dejan lista la planta 7, incluido lo que hay

pendiente de la 6. Les pregunto si tienen todo listo y me dicen que tienen todo el material en obra. Les pregunto si tienen la cancha preparada por parte de la casa y me dicen que también.

- Se encuentran las tinas sin tapar. Se pregunta al capataz y dice que ya a mandar al peón a realizar el trabajo.



Tinas sin cubrir



Tinas sin cubrir

- Se están montando cerraduras en el piso 6. Montan unas 6-7 cerraduras diarias. Un departamento tiene unas 10-12 cerraduras.
- En este momento hay dos maestros colocando puertas. No se ven muchas puertas por colocar (a excepción del 9º piso), van llegando puertas a obra en el piso 8º.
- En el piso 9 falta instalar las puertas de acceso.

Cubierta

- Están trabajando en la cerámica.
- Estuco.
- Preparando instalación ventanas.
- Zona norte se puede preparar para instalar las ventanas del piso 11?
- ¿Qué terminación se le da?
- Maquillaje escalera áticos.
- Solución constructiva para el estuco: si colocamos una tabla por diferencias térmicas / materiales va a despegar el estuco.
- Instalar ventanas en departamentos piso 10.



Vigón dpto.. 10



Errores ejecución: no compaginación materiales

Norte

- Piso 9 se está rematando con yeso la zona de los nichos (pero falta acabar en el 8)
- Falta el afinado de piso de la escalera.

Primer piso y subterráneos

- El muro de piedra quedará terminado esta semana.
- Intentar minimizar las pérdidas de material.



Muro de piedra



Necesidad orden en materiales

- Se está estucando todo aquello que no está condicionado por la chapa en la zona oriente. Para el miércoles 28 se dejarán un avance del 50%, para la semana siguiente se debería quedar listo hasta el 100%.

- En las salas zona norte se debería de empezar a poner piso la semana que viene, por lo que la impermeabilización debe dejarse colocada de manera que una vez colocada la cerámica pueda retornarse la impermeabilización.
- Se hablará con la srta. Lorena para ver si se coloca cerámica en el primer piso o se priorizan los subterráneos.

Fachada

Posturas, andamios y avance:

Norte:

- Retirada hidromóvil.

Oriente 1:

- Hidromóvil con trabajo de puntereo.

Oriente 3:

- Andamio colgado: ya blanqueado, a falta de colocación de enchape para poder dar la segunda pasada de pintura.



Andamios Oriente 1 y 3

Oriente Centro:

- Instalando hidromóvil.



Oriente 5:

- Andamio instalado para colocación de enchape.



Oriente 6:

Andamio colgado acabando estuco.

Oriente 7:

- Hidromóvil pendiente colocación enchape.

Sur:

- Retirada zona de paso y montaje andamio

Poniente 4:

- Colocación enchape.



¿Por qué se está poniendo chapa en esa zona y no en otra? Para poder retirar el andamio?

ANEXO II DOCUMENTACIÓN REVISIÓN SEMANAL

Conforme se va revisando cada una de las zonas se va anotando el cumplimiento del programa, así como el avance real:

CONSTRUCTORA CONO SUR MOLLER & PÉREZ - COTAPOS		PROGRAMA SEMANAL DE OBRA (CUBIERTA)										N° 5				
Semana del 22 al 28 de noviembre												Responsable: José Donoso				
CUBIERTA TORRE 1					PPC (CUMPL.) 60%	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								OBSERVACIONES		
Item	Partida	Resp	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DESEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO		MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS
			% COMP	% REAL												
CUBIERTA N y S																
	Estructura Shaft	JD	50%	50%	1											
	Ins. Tuberías agua domicil.	HL	60%	20%	0					X						
SALA CALDERA																
	Kaltemp	JD	100%	90%	0											
	Inst. accesorios	JD	100%	0%	0											
TERRAZA DEPTOS ZONA NORTE (PISO 11)																
	Estructura Shaft	JD	50%	50%	1											
	Impermeabilización	JD	100%	100%	1											
	Instalación pastelones	JD	30%	0%	0								X			Está con la prueba de agua
TERRAZA PISO 10 NORTE																
	Estuco muros y vigas	JD	100%	70%	0	X										
	Hojalata viga	JD	100%	100%	1											
	Membrana	JD	80%	40%	0								X			Se envía subcontrato a Torre 2
	Estructura Shaft	JD	60%	60%	1											
TERRAZA DEPTOS ZONA SUR (PISO 11)																
	Estuco muros y vigas	JD	60%	60%	1											
DPTOS PISO 10 NORTE																
	Cornisas y Canterías	JD	100%	0%	0								X			No hay subcontrato
	Cerámica Piso	JD	90%	90%	1											
	Cerámica Muro	JD	90%	90%	1											
	Preparación zocalo ventana	JD	100%	100%	1											
DPTOS PISO 10 SUR																
	Yeso	JD	50%	0%	0								X			No hay subcontrato
	Cerámica Piso	JD	90%	90%	1											
	Cerámica Muro	JD	90%	90%	1											
	Preparación zocalo ventana	JD	100%	100%	1											
						1	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0

Cambios de programación en reunión

Tabla 16. Revisión programación semanal cubierta. Fuente: Elaboración propia

PROGRAMA SEMANAL ZONAS COMUNES Y DPTOS. ZONA NORTE

Responsable:
Víctor Acevedo

Semana del 22 a 28 de Noviembre

Zonas comunes piso 1 a 9 NORTE

PPC
(CUMPL.)
33%

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAM	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS

Item	Partida	Resp.	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
			% COMP	% REAL		FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAM	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	

Pasillo Norte

Estuco y pintura nichos			100%	50%	0	X												
Inst. de cornisas			90%	0%	0								X					
Trabajos nicho agua			80%	80%	1													
Remates ducto Metalduc			100%	0%	0							X						
Trabajos nicho basura			100%	100%	1													

Escala Norte

Pasamanos			100%	0%	0													
						1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	

Departamentos NORTE

PPC
(CUMPL.)
20%

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAM	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS

Item	Partida	Piso	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
			% COMP	% REAL		FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAM	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	

Marcos y Puertas		Piso 8	100%	0%	0					X								
Cerraduras		Piso 7	100%	0%	0				X									
Muebles Clo, Bañ y Cocina		Piso 7	100%	0%	0							X						
Cubiertas Baños y Cocina		Piso 7	50%	0%	0							X						
Estuco cajones terrazas		Piso 8	100%	100%	1													

0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 17. Revisión programación semanal departamentos zona norte.

Fuente: Elaboración propia

PROGRAMA SEMANAL ZONAS COMUNES Y DPTOS. ZONA SUR

Responsable:
Mario Castro

Semana del 22 a 28 de Noviembre

Zonas comunes piso 1 a 9 SUR

PPC
(CUMPL.)
33%

PPC
(CUMPL.)

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS

Item	Partida	Resp.	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
			% COMP	% REAL		FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	
Pasillo Sur																
	Estuco y pintura nichos		100%	50%	0	X										
	Inst. de cornisas		90%	0%	0								X			
	Trabajos nicho agua		80%	80%	1											
	Remates ducto Metaldud		100%	0%	0							X				
	Trabajos nicho basura		100%	100%	1											

Escala Sur																
	Pasamanos		100%	0%	0								X			
						1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0

Departamentos SUR

PPC
(CUMPL.)
33%

PPC
(CUMPL.)

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS

Item	Partida	Piso	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
			% COMP	% REAL		FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	
	Marcos y Puertas	Piso 8	100%	20%	0					X						
	Cerraduras	Piso 7	100%	0%	0					X						
	Preparación cancha muebles	Piso 9	100%	0%	0	X										
	Muebles Clo, Bañ y Cocina	Piso 7	100%	100%	1											
	Cubiertas Baños y Cocina	Piso 7	50%	50%	1											
	Estuco cajones terrazas	Piso 8	100%	50%	0					X						

1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 18. Revisión programación semanal departamentos zona sur.

Fuente: Elaboración propia

Semana del 22 a 28 noviembre

Item	Partida	Resp	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.) 10%	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES								
			% COMP	% REAL		FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS									
2º SUBTERRANEO																								
	CERÁMICA SECTOR S. VENTAS	JH	100%	100%	1																			
	REMATE SECTOR VENTAS	JH	100%	100%	1																			
1º SUBTERRANEO																								
SALA BASURA NORTE																								
	ENTREGA TOLVA SUBC.	JH	100%	0%	0									X										
	TABIQUE TOLVA	JH	100%	0%	0									X										
	FRAGÜE	JH	100%	0%	0									X										
	INST. ACCESORIOS	HL	80%	0%	0									X										
SALA BASURA SUR																								
	ENTREGA TOLVA SUBC.	JH	100%	0%	0									X										
	TABIQUE TOLVA	JH	100%	0%	0									X										
	FRAGÜE	JH	100%	0%	0									X										
	INST. ACCESORIOS	HL	80%	0%	0									X										
1er PISO																								
LOBBY Y SALAS LADO PONIENTE																								
	TRABAJO MESON	JH	60%	30%	0									X										
	MURO PIEDRA	JH	90%	90%	1																			
EXTERIORES ORIENTE																								
	CERÁMICA	JH	30%	30%	1																			
	MAQUILLAJE ESCALAS	JH	40%	0%	0				X															
														0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0

Semana del 22 a 28 noviembre

Item	Partida	Resp	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.) 100%	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES								
			% COMP	% REAL		FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS									
EXTERIORES																								
	DREN	LE	40%	40%	1																			
														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 19. Revisión programación semanal exteriores. Fuente: Elaboración propia

ANEXO III COMPARATIVA GRÁFICOS PPC

A continuación se muestran los gráficos de Porcentaje de Programa Cumplido (PPC), también llamado PAC o Porcentaje de Actividades Cumplidas.

En los tres gráficos encontramos una evolución diferente. En el gráfico de la Torre dos, Figura 22, existen resultados variables. El descenso que se observa a mitad del proceso es debido a la proximidad de la fecha de entrega de la torre. Es necesario programar muchas actividades, es mayor el nivel de exigencia por lo que se programa por encima de la capacidad del equipo, incluso actividades con restricciones como falta de material es necesario programarlas.

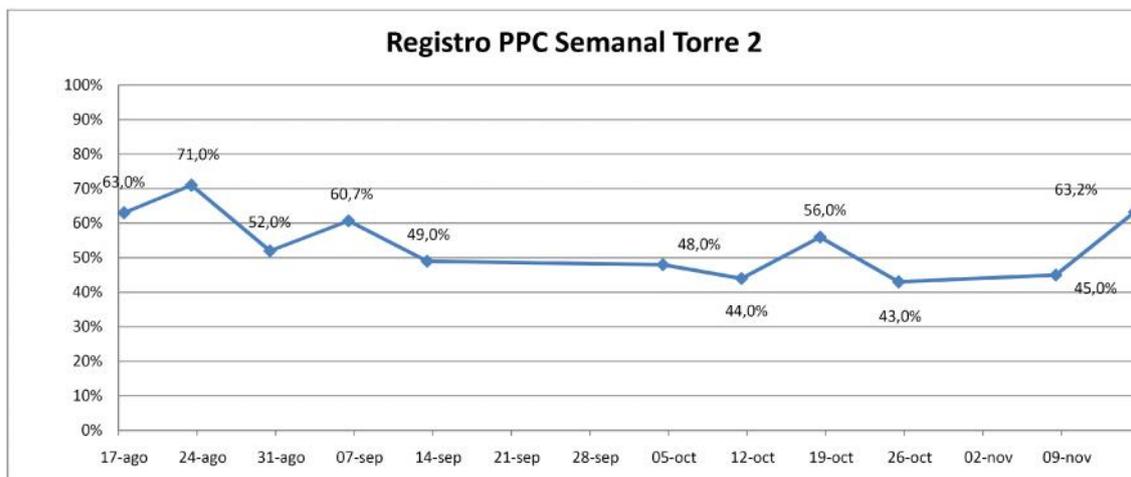


Figura 23. Registro Semanal Torre 2. Fuente: Elaboración propia

El cumplimiento de la programación en la Torre 1, como vemos en la Figura 24, empieza más homogénea que la Torre 2, aunque con menor cumplimiento. Esto es debido a problemas con el suministro de materiales y el cumplimiento de los subcontratistas. El cumplimiento tan bajo se debe al igual que en la Torre 2 a la cercanía de la entrega del proyecto.

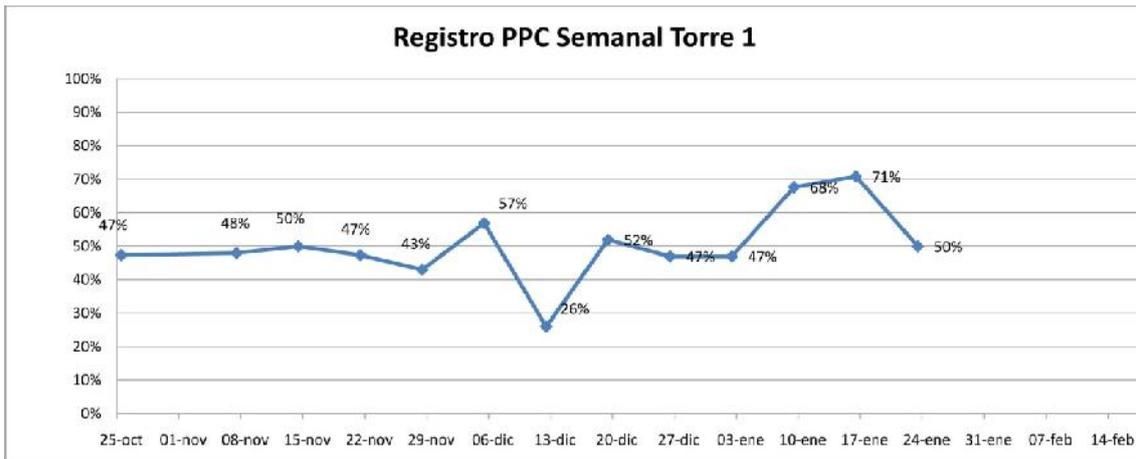


Figura 24. Registro PPC Semanal Torre 1. Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la Torre 3, Figura 25 muestra un cumplimiento de programa muy irregular. Se debe a la necesidad por un lado de programar según las necesidades de los hitos marcados (el 22% se debe a la llegada a cota 0, donde se programó por encima de las posibilidades) y por otro, a la inestabilidad del subcontrato de enfierradura en el número de recursos disponibles: la programación se realiza con una cantidad de mano de obra que durante la semana no se cumple.

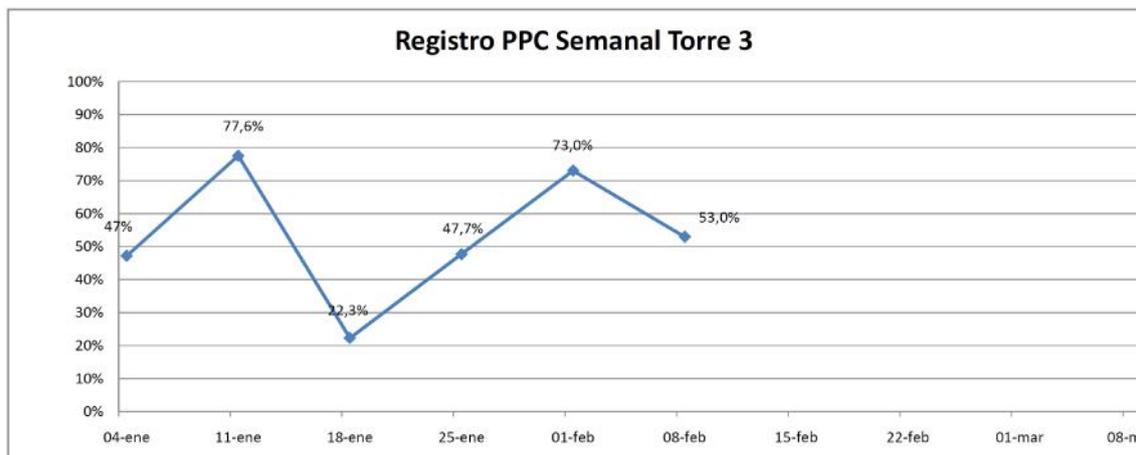


Figura 25. Registro PPC Semanal Torre 3. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 26 aparece representada la evolución ideal del cumplimiento de Programa. Un cumplimiento por encima del 75%, y sin grandes variaciones.

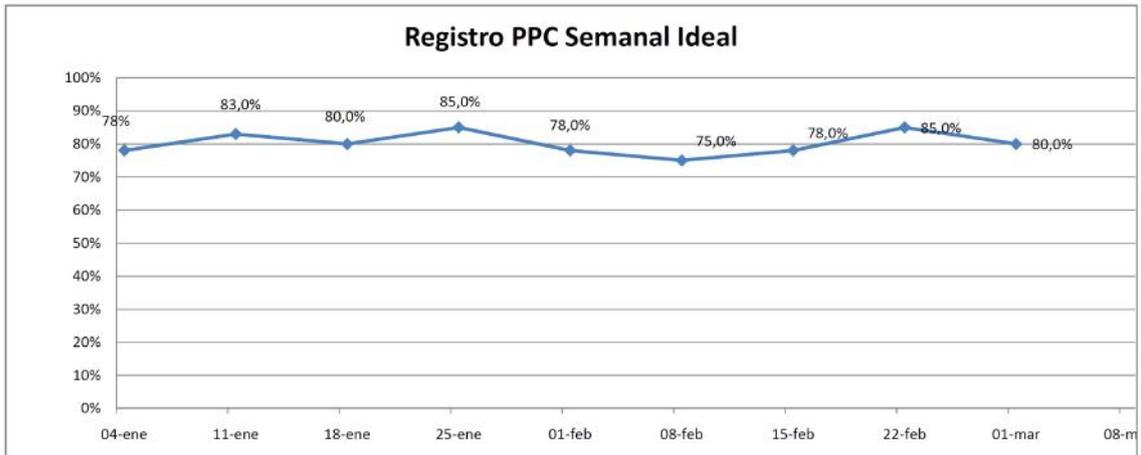


Figura 26. Registro PPC Semanal Ideal. Fuente: Elaboración propia

ANEXO IV COMPARATIVA PLANILLAS

Responsable	Actividad	Semana							Compromisos			Observaciones						
		Lunes 13 agosto	Martes 14 agosto	Miércoles 15 agosto	Jueves 16 agosto	Viernes 17 agosto	Sábado 18 agosto	% Comp	% Real	PPC (Cumplimiento)	Falta de Materiales	Falta Mano de Obra	Cambio de Programación	Cambio de Proyecto	Falta de Equipos-Herramientas	Malá Estimación Rendimiento	Problemas Administrativos	
		Programado							Real			OAC/GEV						
EDIFICIO A									50%			14/may/2012						
Juan Torres	[Moldaje losa colada 1, cielo 1 piso]							100%	100%	1								
Juan Torres	[Fierros losa colada 1, cielo 1º piso]							100%	100%	1								
Juan Torres	[Clima, electricos losa colada 1 cielo 1º piso]							75%	80%	1								
Juan Torres	[Hº losa colada 1, cielo 1º piso]							50%	20%	0	x						falta moldaje	
								100%	90%	0					x		taladros hilti	
								100%	50%	0		x					del subcontrato electrico	
EDIFICIO B																		

Tabla 20. Planilla entregada por el GEPUC. Fuente: GEPUC

PROGRAMA SEMANAL DE OBRA (CUBIERTA)

H.Z: Hector Zambrano
L.L: Luis Leiva
G.J: Gerardo Jimenez
H.L: Hector Leiva

N° 10

SEMANA 26 - 31 OCTUBRE

Item	Partida	Resp	26	27	29	30	31	1	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO								OBSERVACIONES		
			Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	% COMP	% REAL		FALLA DE PREREQUISITO	CAMBIO DE PROGRAMACION	DISEÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO		MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS
CUBIERTA SM	INST. PASARELA METALICA	G.J							100%	80%	0				X							
	INST. ANTENA TV-FM	G.J							100%	0%	0								X			
SALA CALDERA	SALA CALDERA REMATES	G.J							100%	40%	0								X			
TERRAZA DEPTOS	ENCHAPE QUINCHOS	G.J							100%	100%	1											
	LAVAPLATOS QUINCHO	G.J							100%	0%	0	X										
	ESTRUCTURA SHAFT	G.J							100%	95%	0				X							
	INST. DE PASTELONES	G.J							100%	100%	1											
	BARANDA DE CRISTAS	G.J							100%	90%	0								X			
TEXTURA ORGANICA	G.J							30%	30%	1												
TERRAZA PISO 10	INST. DE PORCELANATO	H.Z							100%	100%	1											
	LAVAPLATOS QUINCHOS	H.Z							100%	0%	0	X										
	INST. CANALETA AGUAS LLUV.	H.Z							100%	100%	1											
	TEXTURA ORGANICA	H.Z							40%	0%	0	X										
BARANDA DE CRISTAL	H.Z							50%	50%	1												
TERRAZA PISO 10	LAVAPLATOS QUINCHOS	M.T							100%	0%	0	X										
	ENCHAPE DE QUINCHOS	M.T							100%	100%	1											
	INST. DE PORCELANATO	M.T							100%	100%	1											
	BARANDAS DE CRISTAL	M.T							50%	0%	0								X			
	INST. CANALETA AGUAS LLUV.	M.T							100%	0%	0				X							

Tabla 21. Planilla empleada Torre 2. Fuente: Pérez, A.

PPC
(CUMPL.)
0%

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS

Responsable:
Luis Leiva

Item	Partida	Resp	% CUMPLIMIENTO		PPC (CUMPL.)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACIONES
			% COMP	% REAL		FALTA COORD. TERRENO	CAMBIO DE PROGRAMA	DISÑO DE PROYECTO	MATERIALES	MANO DE OBRA	BAJO RENDIMIENTO	FALLA DE CALIDAD	FALLA SUBCONTRATO	MATERIALES SUBCONTRATO	IMPREVISTOS	
FACHADA ORIENTE 2																
	Enchape	LL	100%		0											
	Quemado	LL	100%		0											
	Bajada agua lluvia	LL	100%		0											
	Pintura	LL	20%		0											
FACHADA ORIENTE 3																
	Quemado	LL	100%		0											
	Estuco	LL	100%		0											
	Pintura	LL	60%		0											
FACHADA ORIENTE 4																
	Enchape	LL	80%		0											
FACHADA ORIENTE 5																
	Montar andamio	GJ	100%		0											
	Estuco	LL	20%		0											
FACHADA ORIENTE 6																
	Montar hidromóvil	GJ	100%		0											
	Enchape	GJ	60%		0											
FACHADA PONIENTE 2																
	Enchape	LL	70%		0											
	Estuco	LL	100%		0											
FACHADA PONIENTE 4																
	Remate estuco loggia	LL	100%		0											
	Remates pintura	LL	100%		0											
	Quemado	LL	100%		0											
	Impermeabilización	LL	100%		0											
	Desmontar hidromóvil	LL	100%		0											
FACHADA PONIENTE 5																
	Enchape	LL	100%		0											
	Quemado	LL	100%		0											
	Estuco	LL	100%		0											
FACHADA PONIENTE 6																
	Montar escuadras	LL	100%		0											
	Enchape	LL	90%		0											
FACHADA PONIENTE 7																
	Estuco	CHI	100%		0											
	Enchape	CHI	100%		0											
FACHADA PONIENTE 8																
	Retiro hidromóvil	LL	100%		0											
FACHADA SUR																
	Estuco	LL	40%		0											

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

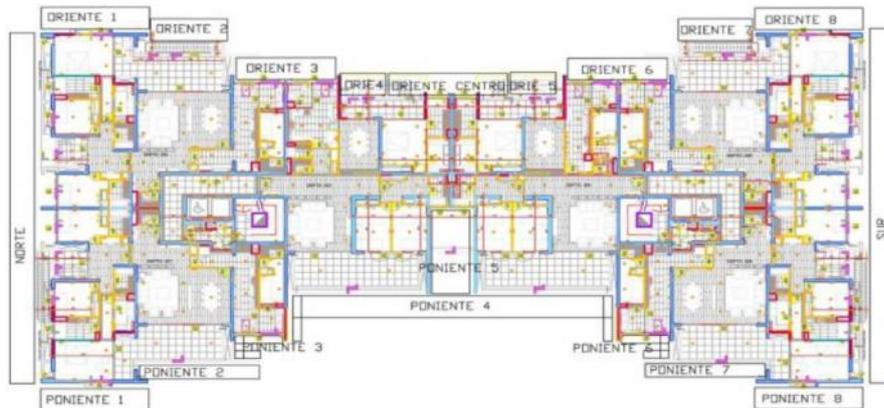
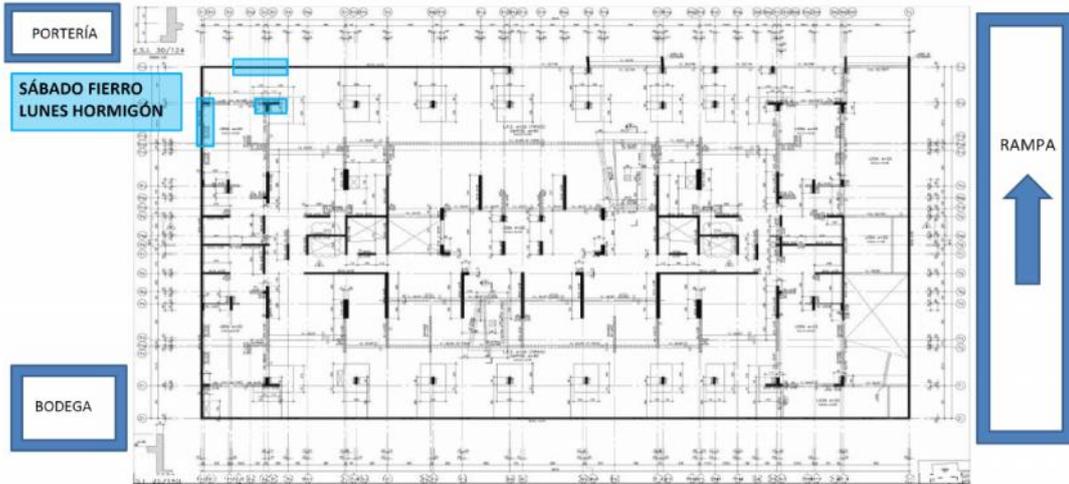


Tabla 22. Planilla programación Torre 1. Fuente: Elaboración propia

TORRE 3

PROGRAMACIÓN SEMANA 11 a 15 febrero

1er SUBTERRÁNEO



1er SUBTERRÁNEO



PRIMER PISO

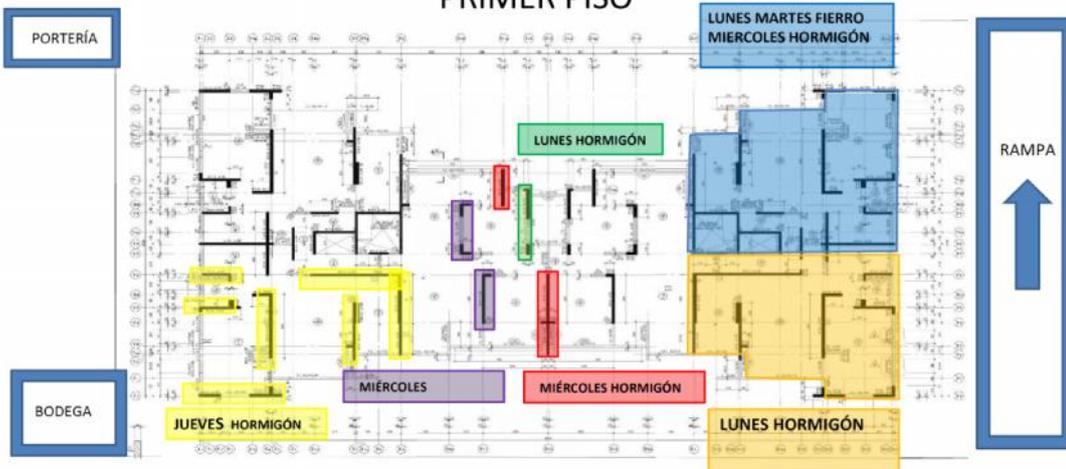


Tabla 23. Planilla programa semanal Torre 3. Fuente: Elaboración propia

ANEXO V HERRAMIENTAS LEAN IMPLEMENTADAS

1 Estructuración del trabajo

1.1 Introducción a la estructuración del trabajo

La estructuración del trabajo es una forma fundamental de la planificación. Determina **qué** se debe hacer, **quién** sería más adecuado para ejecutarlo y **cuándo** se debe hacer.

Definiciones

- Estructuración del trabajo:

La estructuración del trabajo trata de alinear el diseño, la cadena de suministro, la asignación de recursos y los esfuerzos de montaje. Para ello será necesario estudiar el proyecto y definir las tareas y los recursos que se van a emplear.

El objetivo de la estructuración de trabajo es hacer el flujo de trabajo más rápido y fiable. (*Howell & Ballard, 1999*).

- Estructura del trabajo:

La estructura del trabajo es la descripción de cómo se realizará el trabajo en un proyecto para crear un producto que satisface las necesidades del cliente (*Tsao, 2005*)

- Componentes de la estructuración del trabajo

- Unidad de Producción:

Un individuo o grupo responsable por cierta parte del trabajo a realizar (*Ballard y Koskela 1998*)

Un grupo de trabajadores he realizan o comparten responsabilidades por trabajo similar que requiere las mismas habilidades y técnicas (*LCI 2004*)

Las unidades de producción son los receptores de asignaciones de trabajo; básicamente describe a un grupo de trabajadores.

Una unidad de producción le agrega valor a un paquete de trabajo

- Workchunk (paquetes de trabajo)

Una unidad de trabajo que puede ser entregada de una unidad de producción a otra (*Tsao et Al. 2000*)

- Handoffs (entregables)

Es una combinación de:

- Unidad de producción termina un paquete de trabajo y permite a la siguiente unidad proseguir
- Declaración del término del paquete de trabajo y entrega a siguiente unidad
- Aceptación de la siguiente unidad del trabajo liberado

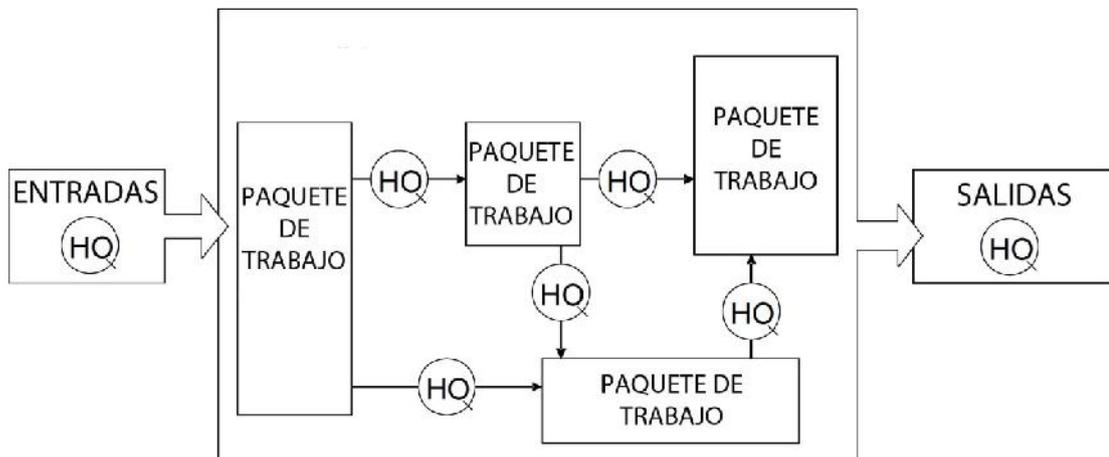


Figura 27. Relación entre estructura de trabajo, los paquetes de trabajo y los Handoffs.

Fuente: (Tsao, 2005)

Conceptualizando

Los programas de trabajo serían un producto de la estructuración del trabajo que especifica metas y entregables entre especialistas.

Los planificadores asignan unidades de producción a ejecutar paquetes de trabajo. Los entregables establecen el flujo del proyecto.

Guía para la estructuración del trabajo (Ballard 1999)

- ¿En qué paquetes de trabajo se les asignará el trabajo a los especialistas?
- ¿Cómo será la secuencia del trabajo?
- ¿Cómo se realizará la entrega del trabajo de una unidad de producción a otra?
- ¿Dónde se necesitarán buffers de “desacoplamiento” y cómo se deben dimensionar?
- ¿En qué momento se realizará cada paquete de trabajo?
- ¿Las unidades de producción realizarán el trabajo en un flujo continuo o se “desacoplará” el trabajo?

1.2 Aplicación práctica

Aplicamos esta herramienta a la ejecución completa de un baño. Se opta por los baños al detectar los siguientes problemas:

- Falta de materiales (cerámica)
- Falta materiales (pilastras maderas colocación tinas)

- Tiempo espera colocación remates
- Error tamaño trupán
- Falta de cancha por errores posición de tuberías o por falta de remates de cerámica
- Error en tamaño de espejos o posición

En la siguiente tabla vemos las actividades que se han considerado, quién las ejecuta, cuándo. Los colores nos indican quién realiza cada actividad, de manera que en el grafo de actividades en nodo podamos ver fácilmente cuándo interviene cada unidad de producción:

¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?
Actividad	Ejecuta	Se ejecuta
Yeso cielo	Subcontrata	Inicio
Maquillaje muro	Casa/Equipo torre	Inicio
Colocación llaves	Casa / Suministros	Después Maquillaje muro
Cerámica piso y muro	Subcontrata	Después Colocación llaves
Cantería	Subcontrata	Después Cerámica
Primera mano pintura cielo	Subcontrata	Después cantería
Preparación colocación tina	Casa/Equipo torre	Después Cerámica
Colocación tina	Casa / Suministros	Después Preparación tina
Faldón tina	Casa/Equipo torre carpinteros	Después colocación tina
Bota-aguas	Casa/Equipo torre	Después colocación tina
Remates cerámica	Subcontrata	Después faldón tina bota-aguas
Trupán	Casa/Equipo torre carpinteros	Después cerámica
Mueble	Subcontrata	Después remates cerámica
Cubierta	Subcontrata	Después del mueble
Espejo	Subcontrata	Después trupán
Recorrido pintura	Subcontrata	Después 1ª mano pintura
Mano final pintura	Subcontrata	Después focos, artefactos eléctricos, recorrido, rejilla, sellado, accesorios de baño
Artefactos sanitarios y grifería	Casa / Suministros	Después artefactos sanitarios y grifería

Sellado	Casa/Equipo torre	Después artefactos sanitarios
Colocación rejillas	Casa/Equipo torre	Después remates cerámica
Accesorios de baño	Casa/Equipo torre	Accesorios de baño
Cableado eléctrico	Subcontrata	Después Cerámica
Artefactos eléctricos	Subcontrata	Después cableado eléctrico
Focos	Subcontrata	Después cableado eléctrico

Tabla 24. Secuencia actividades. Fuente: elaboración propia

¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cuánto?
Actividad	Ejecuta	Se ejecuta	Horas laborales / dpto.
Yeso cielo	Subcontrata	Inicio	9,00
Maquillaje muro	Casa/Equipo torre	Inicio	9,00
Colocación llaves	Casa / Suministros	Después Maquillaje muro	3,00
Cerámica piso y muro	Subcontrata	Después Colocación llaves	18,00
Cantería	Subcontrata	Después Cerámica	18,00
Primera mano pintura cielo	Subcontrata	Después cantería	1,50
Preparación colocación tina	Casa/Equipo torre	Después Cerámica	3,00
Colocación tina	Casa / Suministros	Después Preparación tina	3,60
Faldón tina	Casa/Equipo torre carpinteros	Después colocación tina	3,00
Bota-aguas	Casa/Equipo torre	Después colocación tina	1,50
Remates cerámica	Subcontrata	Después faldón tina bota-aguas	3,00
Trupán	Casa/Equipo torre carpinteros	Después cerámica	3,00
Mueble	Subcontrata	Después remates cerámica	9,00
Cubierta	Subcontrata	Después del mueble	9,00
Espejo	Subcontrata	Después trupán	1,00
Recorrido pintura	Subcontrata	Después 1ª mano pintura	18,00

Mano final pintura	Subcontrata	Después focos, artefactos eléctricos, recorrido, rejilla, sellado, accesorios de baño	18,00
Artefactos sanitarios y grifería	Casa / Suministros	Después artefactos sanitarios y grifería	3,60
Sellado	Casa/Equipo torre	Después artefactos sanitarios	3,00
Colocación rejillas	Casa/Equipo torre	Después remates cerámica	3,00
Accesorios de baño	Casa/Equipo torre	Accesorios de baño	3,00
Cableado eléctrico	Subcontrata	Después Cerámica	9,00
Artefactos eléctricos	Subcontrata	Después cableado eléctrico	9,00
Focos	Subcontrata	Después cableado eléctrico	1,50

Tabla 25. Trabajo a realizar. Fuente: elaboración propia

Los tiempos se han obtenido preguntando a los capataces y a los subcontratistas. Se considera un equipo de trabajo para cada actividad.

Se nos dan los tiempos en diferentes unidades, por lo que se tiene que realizar una homogeneización.

Actividad	Rto. rec.	Ud. rto. rec.	Equiv.	Dptos./día	Días /dpto.	Día laboral	Horas /dpto.
Yeso cielo	1,00	dptos./día	1,00	1,00	1,00	9,00	9,00
Maquillaje muro	1,00	dptos./día	1,00	1,00	1,00	9,00	9,00
Colocación llaves	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Cerámica piso y muro	2,00	baño/día	4,00	0,50	2,00	9,00	18,00
Cantería	0,50	dptos./día	1,00	0,50	2,00	9,00	18,00
Primera mano pintura cielo	2,00	piso/día	3,00	6,00	0,17	9,00	1,50
Preparación colocación tina	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Colocación tina	10,00	tina/día	4,00	2,50	0,40	9,00	3,60
Faldón tina	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Bota-aguas	2,00	piso/día	3,00	6,00	0,17	9,00	1,50
Remates cerámica	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Trupan	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00

Mueble	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Cubierta	1,00	dptos./día	1,00	1,00	1,00	9,00	9,00
Espejo	3,00	piso/día	3,00	9,00	0,11	9,00	1,00
Recorrido	0,50	dptos./día	1,00	0,50	2,00	9,00	18,00
Mano final pintura	0,50	dptos./día	1,00	0,50	2,00	9,00	18,00
Artefactos sanitarios y grifería	10,00	piezas / día	4,00	2,50	0,40	9,00	3,60
Sellado	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Colocación rejillas	1,00	piso/día	3,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Accesorios baño	3,00	dptos./día	1,00	3,00	0,33	9,00	3,00
Cableado eléctrico	1,00	dptos./día	1,00	1,00	1,00	9,00	9,00
Artefactos eléctricos	1,00	dptos./día	1,00	1,00	1,00	9,00	9,00
Focos	2,00	piso/día	3,00	6,00	0,17	9,00	1,50

Tabla 26. Rendimientos por tarea. Fuente: elaboración propia

Consideraciones:

Para la colocación de cerámica se considera que hay dos ceramistas, uno trabajando en las cocinas y otro en los baños.

Hay tres maestros trabajando en la colocación de muebles: uno trabajando en las cocinas, otro en los closets y un tercero en los baños.

El trupán y el faldón de tina se realizarán por el equipo de trabajo de la torre, por los carpinteros.

Las unidades de producción:

Equipo de la casa: grupo formado por capataz, maestros y jornales, encargados de realizar los trabajos en una de las zonas (norte y sur) de la Torre.

Equipo de suministros: grupo formado por capataz, maestros y jornales encargados de realizar los trabajos relacionados con suministros de fontanería.

Subcontratas:

Cerámica

Yeseros

Electricista

Pintores

Cristalero

Carpintero (muebles)

Marmolista (cubierta)

Una vez determinados los rendimientos por departamento, teniendo en cuenta que algunas de las actividades (por ejemplo electricidad o pintura) no intervienen sólo en los baños, sino en todo el departamento, elaboramos un grafo de actividades en nodo, donde nos aparece la ruta crítica. Hemos usado colores para identificar las tareas que son realizadas por los distintos equipos, de modo que de manera visual nos sea más sencillo determinar las unidades de trabajo.

Las tareas que forman la ruta crítica son:

¿Qué?	¿Quién?
Actividad	Ejecuta
Maquillaje muro	Casa/Equipo Torre
Colocación llaves	Casa / Suministros
Cerámica piso y muro	Subcontrata
Preparación colocación tina	Casa/Equipo Torre
Colocación tina	Casa / Suministros
Faldón tina	Casa/Equipo Torre. Carpinteros
Remates cerámica	Subcontrata
Mueble	Subcontrata
Cubierta	Subcontrata
Espejo	Subcontrata
Artefactos sanitarios y grifería	Casa / Suministros
Sellado	Casa/Equipo Torre
Mano final pintura	Subcontrata

Tabla 27. Ruta crítica. Fuente: Elaboración propia

Estructura de trabajo:

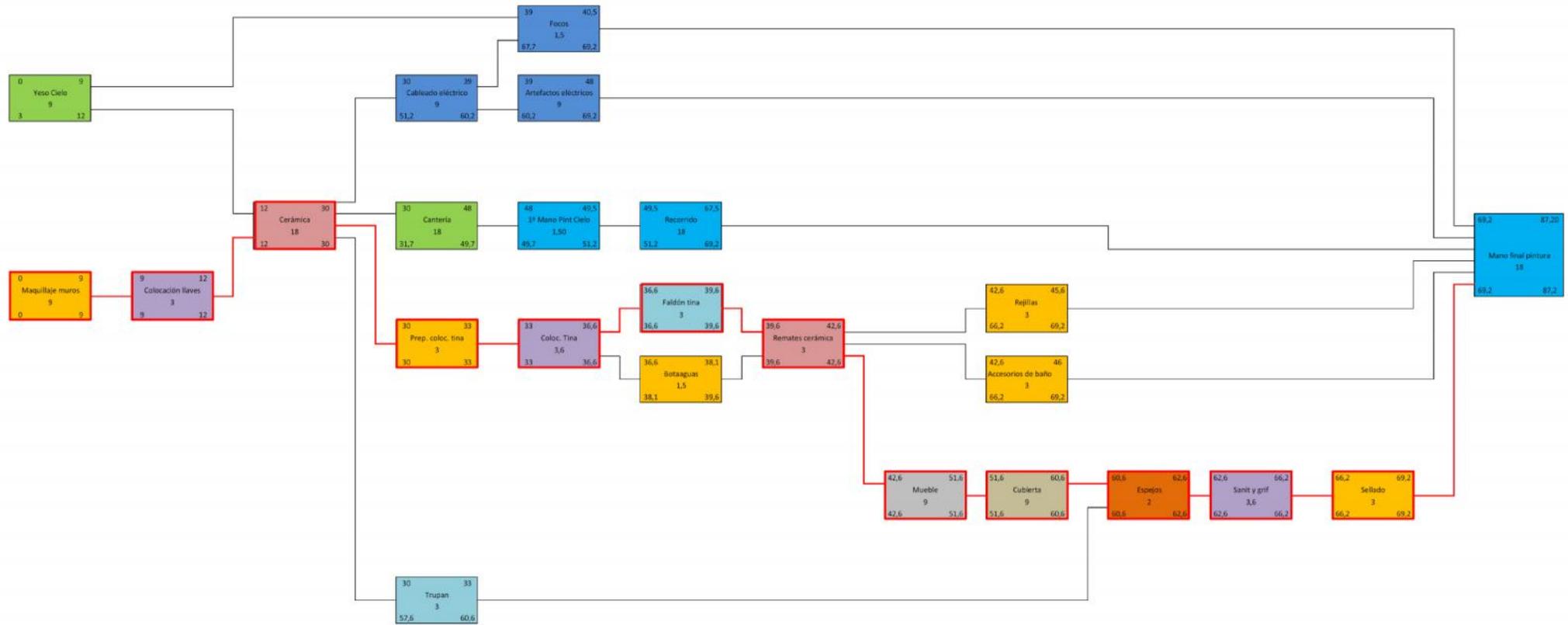


Figura 28. Relación entre los trabajos. Fuente: Elaboración propia

Sabiendo las actividades críticas podemos tener una idea aproximada de dónde debemos centrar la atención, pero al ser el propósito la torre entera, no sólo una planta como aparece en el gráfico, debemos analizar cuánta cancha se va a entregar a la tarea siguiente.

Para la estructuración del trabajo también será importante considerar qué tareas son realizadas por subcontratistas y por la casa/suministros, pues será conveniente siempre que sea posible, prepararles cancha suficiente.

El yeso del cielo puede empezar al mismo tiempo que el maquillaje de muros, pero como resulta imposible que se trabaje en el mismo departamento, se va a crear una dependencia comienzo-comienzo, de manera que el maquillaje de muros lleve un piso para que empiece el yeso de cielo.

La colocación de llaves es una actividad rápida y que la realiza equipo suministros, pero a nosotros nos interesa que se vayan colocando conforme se va avanzando con el maquillaje de muros para que pueda entrar la cerámica. Se demoran 1 día por piso, por lo que esperaremos que haya un piso con el maquillaje de muros para que entren a colocar las llaves.

Una vez colocadas las llaves se puede comenzar a ejecutar la cerámica.

Los resultados obtenidos aparecen en el siguiente gráfico:



Tabla 28. Relación final entre tareas. Fuente: Elaboración propia

2 Diseño de operaciones: hormigonado de un muro

2.1 Introducción diseño de operaciones

La construcción es un sector donde los productos se elaboran “empotrados” in situ, el diseño acostumbra a ser único y se ve sometido a muchas fuentes de variabilidad. En general el trabajo es realizado en condiciones sub-óptimas y existen muchos defectos en el diseño de productos y procesos.

El diseño de operaciones pretende tras un exhaustivo análisis de la ejecución de una actividad, rediseñarla para mejorar en seguridad, calidad, tiempo y costo. (*Ballard, Harper, & Zabelle, 2000*)

La aplicación práctica que sigue es extraída del trabajo en equipo que realicé al cursar la asignatura Lean Construction en la PUC.

2.2 Aplicación práctica

2.2.1 Información general del proyecto

A continuación se detallan los resultados del estudio del proceso de hormigonado de muros en la construcción de una vivienda unifamiliar.

Para el efecto se obtuvo documentación y se realizó levantamiento de información de campo. Se pudo establecer el tiempo de ciclo y rendimientos para compararlos con los estimados por la empresa constructora.

Los resultados indican que durante el trabajo varios miembros de la cuadrilla dedican gran cantidad de tiempo a trabajo no productivo, debido a la forma de la cuadrilla, falla de equipo de vibrado, y la ruta de ejecución de la labor planteada.

Proceso:	Hormigonado de Muros
Recinto estudio:	Casa # 26
Fecha:	28 de Septiembre de 2012
Rangos de monitoreo:	Hora inicio: 9h43 Hora termino: 10h30
Intervalo de muestreo:	1 Min.
Tiempo total de muestreo:	47 Min.
Encargado de la obra:	M.O.

2.2.2 Antecedentes del proceso seleccionado

Este proceso se ejecuta con una cuadrilla conformada por 1 capataz, 6 concreteros y un camión bomba, subcontratado.



Fotografía 14. Visita al sitio de trabajo. Fuente: Elaboración propia

El trabajo comienza a la llegada a la obra del camión bomba. El hormigón es bombeado al lugar de colocación: los muros de hormigón armado de la casa # 26 de la segunda etapa. El hormigón es vaciado dentro de los moldajes metálicos. A la vez dos trabajadores utilizan vibradores de inmersión para lograr que el hormigón se distribuya en forma homogénea dentro del moldaje.

Mientras dos trabajadores movilizan los vibradores y uno más realiza labores de apoyo, como limpieza de la zona de trabajo, recogida de tablas que se usan como embudo para el vaciado, limpieza de los excesos de hormigón en la cabeza del muro, etc. El nivel de acabado final del muro es el borde del moldaje, que se encuentra a una altura de 2,45 m sobre el nivel del piso.

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDAS	CLIENTES
Lista proveedores que entregan insumos en el proceso	Lista los ingresos al proceso	Provee una vista de alto nivel del proceso (incluye los pasos principales)	Lista los productos del proceso	Lista los consumidores de los productos
INSTALADOR DE MOLDAJES- MOLDAJES COLOCADOS	HORMIGON PREMEZCLADO H2O	Inicio	MUROS DE HORMIGON ARMADO	INSTALADORES DE ACABADOS DE PARED
FIERRERO-ARMADURAS COMPLETAS		Inspección de moldajes	Con las dimensiones especificadas	INSTALADOR DE PUERTAS
INSTALADOR-ANDAMIOS		Moldajes listos	Aplomados	INSTALADOR DE VENTANAS
ELECTRICISTA-CONDUCTOS		Enviar a otra vivienda	Acabado liso	
PROVEEDOR DE HORMIGON- HORMIGON H2O, BOMBA		Instalación de equipo de bombeo		
		Recepción del hormigón premezclado		
		Vaciado de hormigón en moldajes		
	FACILITADORES	Vibrado de hormigón	DESECHOS	
	INSTRUCCIONES PLANOS	Limpieza de sobrantes y escombros	Sobrantes de hormigón	
	VIBRADOR	Fin		
	HERRAMIENTA MENOR			

Tabla 29. Diagrama SIPOC de la actividad hormigonado muros.

Fuente: Elaboración propia

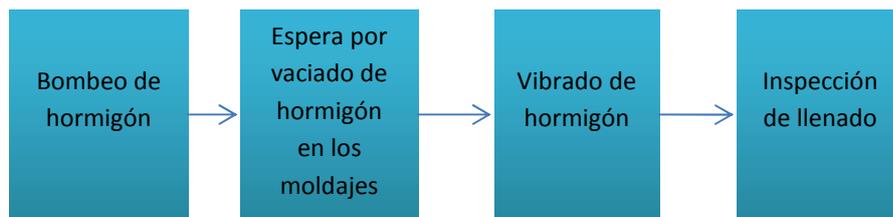


Figura 29. Diagrama de flujo del proceso de vibrado hormigón.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Procedimiento

Se realizó una grabación de video del proceso, durante 47 minutos para observar las acciones de la cuadrilla. Cada persona que conforma la cuadrilla fue identificada por su vestimenta y se asignó un código, de modo que en adelante se conocen como Ri. A continuación se muestra la codificación realizada:

R1	Casco Blanco
Capataz	
R2	Camiseta verde 1 casco amarillo
Concretero 1	
R3	Camiseta verde 2 casco gris
Concretero 2	
R4	Camiseta azul roja
Concretero 3	
R5	Camiseta roja
Concretero 4	
R6	Sweater azul
Concretero 5	
R7	Camiseta celeste
Concretero 6	

Tabla 30. Identificación de los recursos observados. Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 15. Identificación de la cuadrilla en obra. Fuente: Elaboración propia

Se observaron once actividades ejecutadas por el personal de la cuadrilla durante esta operación.

1. Vaciado de Hormigón
2. Vibrado
3. Movilización del vibrador (a gas-oil)
4. Recoger exceso de material
5. Encender el vibrador: Encender el motor de un equipo de vibrado, para iniciar el trabajo, o para reiniciarlo luego de haber apagado el motor.
6. Medir nivel de acabado: Medir el nivel hasta el cual debe llegar el hormigón en los muros. (Actividad que se realiza en menos de 1 minuto)
7. Dirigir al proveedor de hormigón
8. Limpieza: Remoción de tablas y listones que se emplean para encausar el hormigón dentro de los moldajes de muro, una vez que no son necesarios en la zona de vaciado de hormigón.
9. *Nada*: En espera o haciendo actividades no relacionadas con el trabajo en ejecución.
10. *Ausente*: Fuera de la zona de trabajo.
11. *Movilización al sitio*: Movilizándose desde o hacia el sitio de trabajo.

2.2.4 Resultados de la actividad

El nivel de actividad real de la cuadrilla muestra una variabilidad entre los siete miembros, lo que hace pensar que hay un exceso de personal y que está mal conformada.

El denominado R6, tiene uno de los niveles de actividad más bajos, dedicado solo a trabajo contributorio, sus labores las podrían asumir uno de los ayudantes de vibrado, que dedican mucho de su tiempo a esperar.

Tipo	Categoría	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	Total
TP	Vaciado de Hormigón	0	0	0	20	0	0	0	20.00
	Vibrado	14	2	34	0	1	0	30	81.00
	Sub total	14	2	34	20	1	0	30	101.00
TC	Movilizar vibrador	1	11	0	0	13	0	3	28.00
	Recoger material desparado	0	8	1	0	1	0	0	10.00

	Encender el vibrador	8	0	0	0	1	0	2	11.00
	Medir nivel de acabado	0	0	0	0	0	0	0	-
	Dirigir al proveedor de hormigón	1	2	0	0	1	0	0	4.00
	Limpieza	0	0	0	0	2	6	0	8.00
	Sub total	10	21	1	0	18	6	5	61.00
TNC	Nada	5	7	2	23	20	25	10	92.00
	Ausente	17	17	10	4	8	16	1	73.00
	Movilización al sitio	1	0	0	0	0	0	1	2.00
	Sub total	23	24	12	27	28	41	12	167.00
Total		47.00	329.00						

Tabla 31. Tiempo en minutos dedicado a cada categoría de trabajo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 30. Distribución del tiempo de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

El tiempo dedicado a trabajo productivo de la cuadrilla es del 31%, el trabajo no contributorio de la cuadrilla supera el 50% del total dedicado al hormigonado de muros.

Tipo	Categoría	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	Total
TP	Vaciado de Hormigón	0.00%	0.00%	0.00%	42.55%	0.00%	0.00%	0.00%	6.08%
	Vibrado	29.79%	4.26%	72.34%	0.00%	2.13%	0.00%	63.83%	24.62%
	Sub total	29.79%	4.26%	72.34%	42.55%	2.13%	0.00%	63.83%	30.70%
TC	Movilizar vibrador	2.13%	23.40%	0.00%	0.00%	27.66%	0.00%	6.38%	8.51%
	Recoger material desparramado	0.00%	17.02%	2.13%	0.00%	2.13%	0.00%	0.00%	3.04%
	Encender el vibrador	17.02%	0.00%	0.00%	0.00%	2.13%	0.00%	4.26%	3.34%
	Medir nivel de acabado	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Dirigir al proveedor de hormigón	2.13%	4.26%	0.00%	0.00%	2.13%	0.00%	0.00%	1.22%
	Limpieza	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.26%	12.77%	0.00%	2.43%
	Sub total	21.28%	44.68%	2.13%	0.00%	38.30%	12.77%	10.64%	18.54%
TNC	Nada	10.64%	14.89%	4.26%	48.94%	42.55%	53.19%	21.28%	27.96%
	Ausente	36.17%	36.17%	21.28%	8.51%	17.02%	34.04%	2.13%	22.19%
	Movilización al sitio	2.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.13%	0.61%
	Sub total	48.94%	51.06%	25.53%	57.45%	59.57%	87.23%	25.53%	50.76%
Total		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 32. Porcentaje de tiempo dedicado a cada categoría de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

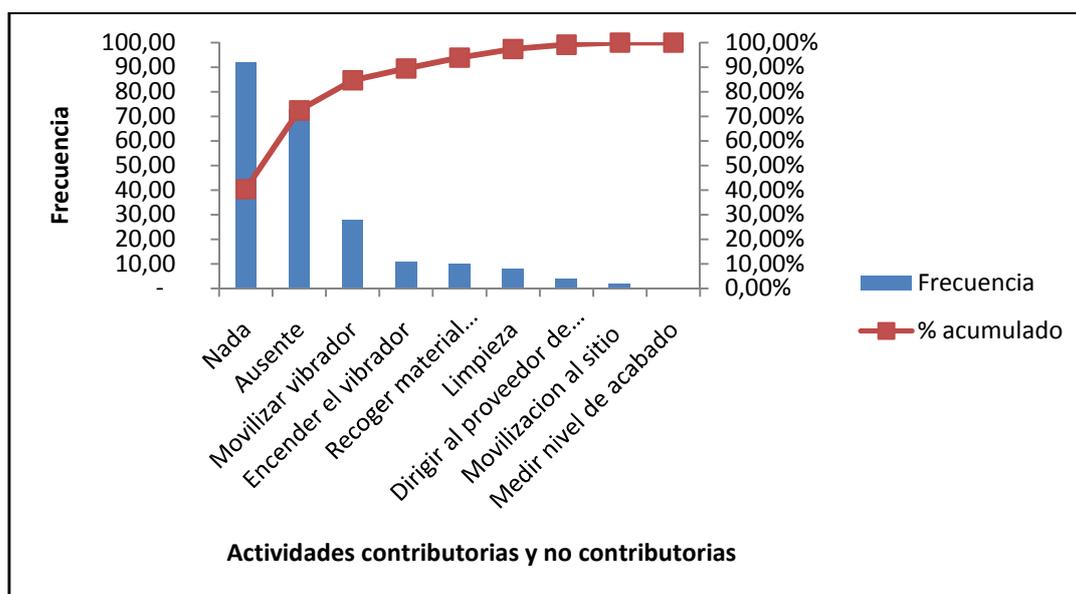


Figura 31. Diagrama de Pareto de actividades. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama de Pareto nos muestra que las actividades nada (esperando o haciendo algo no relacionado con el trabajo), ausente del sitio de trabajo y movilizar el vibrador son las que ocupan el 85% del tiempo dedicado a actividades no productivas.

RECURSO	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO
R1	83%	0.62	51%
R2	77%	0.64	49%
R3	95%	0.79	74%
R4	47%	0.91	43%
R5	49%	0.83	40%
R6	19%	0.66	13%
R7	78%	0.96	74%

Tabla 33. Niveles de actividad y participación de los recursos.

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración a continuación se muestran los niveles de actividad relativa de cada uno de los recursos de la cuadrilla de hormigonado de muros. Los recursos R3 y R7 muestran los mayores niveles de actividad (vibrado), el R6 tiene el menor nivel de actividad de la cuadrilla (limpieza).



Figura 32. Niveles de actividad real de los recursos. Fuente: Elaboración propia.

En la figura adjunta se observa que la actividad productiva de vibrado de hormigón ocupa el tiempo de 3 integrantes de la cuadrilla, entre ellos del capataz. Las siguientes actividades con importantes tiempos de dedicación son la ausencia del sitio de trabajo y hacer nada (observando o esperando).

Constructora Queylen Obra Cumbres de Chamisero segunda etapa Ubicación Chamisero								Codigo Muestreador: Eq. PUC		
Proceso Hormigonado de muros Recinto Casa # 26 Sector Encargado Max Ormazabal								Hoja 1 de 1 Fecha Hora Inicio 9h43 Hora fin 10h30 Intervalo 1 min		
Recurso	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7			
Hora										
09h43	ND	ND	VB	VH	ND	LM	VB	Trabajo Productivo	Categoría	Abrev.
09h44	VB	MV	VB	VH	ND	LM	VB		Vaciado de Hormigon	VH
09h45	VB	MV	VB	VH	ND	ND	VB		Vibrado	VB
09h46	VB	ND	VB	VH	DP	ND	VB			
09h47	VB	ND	VB	VH	ND	ND	VB			
09h48	VB	MV	VB	VH	ND	ND	VB			
09h49	VB	MV	VB	VH	ND	ND	VB			
09h50	VB	MV	VB	VH	MV	ND	VB			
09h51	VB	MV	VB	VH	MV	ND	VB			
09h52	VB	MV	VB	ND	ND	ND	VB		Trabajo Contributorio	Categoría
09h53	VB	MV	VB	VH	ND	ND	VB	Movilizar vibrador		MV
09h54	VB	MV	VB	VH	MV	LM	VB	Recoger material desparramado		RM
09h55	VB	MV	VB	ND	MV	ND	VB	Encender el vibrador		EV
09h56	AU	MV	VB	ND	MV	ND	VB	Medir nivel de acabado		MD
09h57	MS	AU	VB	AU	ND	LM	VB	Dirigir al proveedor de hormigon		DP
09h58	ND	ND	VB	ND	ND	LM	VB	Limpieza		LM
09h59	AU	ND	VB	ND	ND	LM	ND			
10h00	AU	ND	VB	ND	ND	AU	ND			
10h01	AU	AU	VB	ND	ND	AU	VB	Trabajo no contributorio	Categoría	Abrev.
10h02	AU	AU	VB	ND	AU	AU	ND		Nada	ND
10h03	EV	AU	VB	AU	ND	AU	ND		Ausente	AU
10h04	EV	AU	VB	ND	MV	AU	ND		Movilizacion al sitio	MS
10h05	EV	AU	VB	ND	ND	AU	VB			
10h06	EV	AU	VB	ND	ND	AU	ND			
10h07	EV	AU	VB	ND	MV	AU	ND			
10h08	EV	AU	VB	ND	MV	AU	ND			
10h09	DP	AU	VB	ND	ND	AU	ND			
10h10	EV	AU	VB	ND	ND	AU	EV			
10h11	ND	AU	VB	ND	ND	AU	EV			
10h12	ND	AU	VB	VH	MV	ND	VB			
10h13	ND	AU	VB	VH	ND	AU	VB			
10h14	MV	AU	VB	VH	MV	AU	VB			
10h15	EV	AU	ND	VH	ND	AU	VB			
10h16	VB	AU	ND	VH	ND	AU	MS			
10h17	VB	RM	AU	AU	ND	ND	VB			
10h18	AU	RM	AU	AU	ND	ND	VB			
10h19	AU	RM	RM	VH	RM	ND	VB			
10h20	AU	RM	AU	VH	EV	ND	VB			
10h21	AU	RM	VB	VH	RM	ND	VB			
10h22	AU	RM	AU	VH	MV	ND	VB			
10h23	AU	RM	AU	ND	MV	ND	VB			
10h24	AU	RM	AU	ND	AU	ND	VB			
10h25	AU	ND	AU	ND	AU	ND	VB			
10h26	AU	ND	AU	ND	AU	ND	VB			
10h27	AU	ND	AU	ND	AU	ND	ND			
10h28	AU	MV	AU	ND	AU	ND	MV			
10h29	AU	ND	AU	ND	AU	ND	ND			

Figura 33. Tiempos por actividad de cada recurso. Fuente: Elaboración propia

La otra actividad productiva es el vaciado de hormigón, guiando la manguera de descarga del mixer. Esta actividad la realiza un solo concretero. El tiempo dedicado a esperas de este trabajador es de 58%.

Si se juntan los tiempos de ausencia y espera son al menos el tiempo total de uno de los miembros de la cuadrilla.

Durante la observación efectuada la cuadrilla conformada por 1 capataz y seis concretos realizó el hormigonado de un muro ubicado en el eje 3 entre A y E,

en un tiempo de 11 minutos, sin embargo el trabajo de vibrado continuó durante 20 minutos más.

El equipo de bombeo de hormigón descarga material a una razón de 1,59 m³ en 12 minutos esto es 7,55 minutos/m³ de hormigón. La actividad de vaciado de hormigón durante el proceso se detuvo durante el ciclo y se reinició en 17 minutos.

Para hacer un análisis de rendimiento y productividad analizamos el caso del hormigonado del muro comprendido entre 3(A-E), A(3-4A),4A(A-borde). El volumen de hormigón colocado en el muro, según las dimensiones del plano verificadas en obra, es de:

Longitud: $2,87+1,07+0,95+0,51= 5,40$ m

Altura: 2.45 m

Espesor: 0,12 m

Volumen: $2,45*5,40*0,12 = 1,59$ m³

El tiempo empleado en el trabajo de vaciado de hormigón y vibrado fue de 32 minutos = 0.53 horas = 0.066 día

El personal dedicado a la labor fue de 3 concreteros, por lo que el rendimiento:

Rendimiento: $3/1,59 = 1,88$ Hombre/m³

1.88 Hombre/m³ por 0.066 día

Rendimiento:0.125 Hombre día/ m³

El rendimiento utilizado para los cálculos de presupuesto por la constructora es de:

Jornalero: 0,15 hombre día/ m³

Concretero: 0,40 hombre día/ m³

Por lo tanto el rendimiento real en obra es mayor que el presupuestado.

El cálculo de la productividad comparativo nos muestra lo siguiente:

Salarios del personal:

Capataz: \$ 600.000/mes = 20.000/ día

Concretero: \$ 350.000/mes = 11.666/día

Jornal: \$ 300.000/mes = 10.000/día

Productividad real:

$1,59 \text{ m}^3 / (0,0666 * \$11,666 * 2 + 0,0666 * 1 * \$20,000) = 0,000551 \text{ m}^3 / \$$

Productividad presupuestada.

Concretero: $0,40 * 11,666 = \$ 4,666,40$

Jornalero: $0.15 \cdot 10.000 = \$ 1.500,00$

Productividad presupuestada:

$$1/(4.666,40+1.500,00) = 0.000162 \text{ m}^3/\$$$

Encontramos que la productividad real es mayor a la presupuestada, esto explica que no sea visible el tiempo desperdiciado en la ejecución de esta actividad.

2.2.5 Conclusiones

- La cuadrilla observada está conformada por un grupo de concreteros que cuenta con las destrezas necesarias para ejecutar su trabajo, sin embargo la planificación de la operación se ve afectada por imprevistos, como el fallo de un equipo de vibrado, lo que retrasa el avance del bombeo del hormigón.
- Si el volumen total de hormigón en los muros de una casa es de 24.0 m³, a un ritmo de descarga de 7.55 minutos/m³, se debería poder ejecutar esta operación en aproximadamente 3 horas. Sin embargo la variabilidad de la demanda de hormigón por esperas de vibrado o impuesta por la cuadrilla lo impide.
- El vaciado y el vibrado del hormigón no se hace por capas, si no siguiendo una secuencia arbitraria de llenado en los moldajes, lo que hace que se continúe vibrando varios minutos después de haber terminado la descarga de hormigón.
- El proceso como está planteado no mantiene un flujo continuo, se observó que la descarga de hormigón se detuvo 17 minutos, a pedido de la cuadrilla de hormigonado.
- La cuadrilla dedica mucho tiempo al vibrado para lograr un buen acabado de las superficies visibles de los muros, sin embargo esto podría estar produciendo segregación de los componentes del hormigón.
- Las funciones de los miembros de la cuadrilla no están bien definidas, pues el capataz dedica mucho de su tiempo a vibrado del hormigón, y en este caso a tratar de remplazar un vibrador defectuoso, mientras el R6 tiene muy poca actividad durante el proceso.
- No se ha desarrollado una cultura de seguridad laboral, pues aunque todos usaban arneses y ropa de protección, nadie estaba asegurado con las cuerdas a sitio alguno, lo que hace inútil el sistema implementado.

2.2.6 Propuestas

Para la propuesta se ha realizado un análisis del principal problema detectado, que es el mucho tiempo dedicado a actividades no productivas y sus causas detectadas durante la observación. En el diagrama a continuación se muestran las relaciones de causa efecto, establecidas.

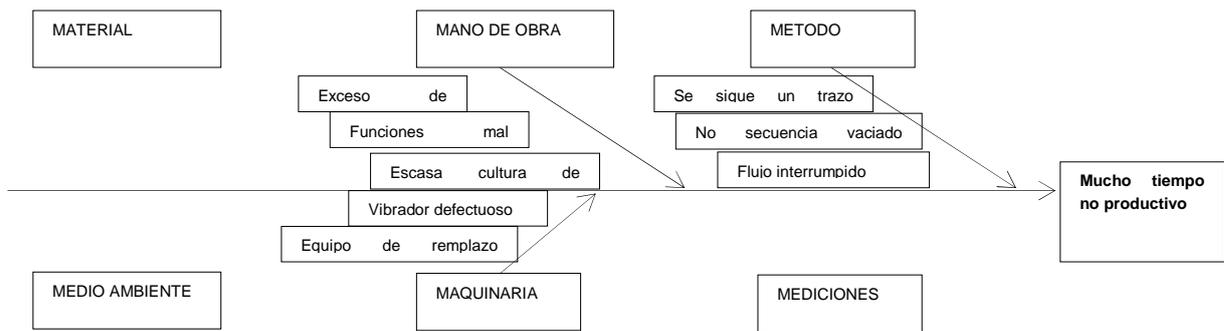


Figura 34. Diagrama causa-efecto para la operación de hormigonado de muros.

FUENTE: Elaboración propia.

La aplicación de Lean en este caso mejoraría el desempeño del proceso de hormigonado de muros, si se aplican al menos las dos de las herramientas que se detallan a continuación:

Aplicación de las 5S

Organizar el sitio de trabajo para mejorar la operación, se podrá aplicar después de un dialogo con los trabajadores para establecer como debería hacerse el trabajo. Cada trabajador necesita “apropiarse” de su zona de trabajo, contar en el sitio con todos los elementos necesarios para su labor (vibrador en buen estado, tablas para borde de moldajes, etc.) y mantenerla limpia y ordenada. Esto reducirá los tiempos de espera.

En el diagrama de tiempos por actividad de cada recurso se observa que el recurso R5 podría muy bien realizar las actividades del recurso 6, pues sus tiempos de hacer nada coinciden con los pocos de actividad de limpieza de R6 (ver ilustración 5). Se puede ajustar la cuadrilla al número de operadores mínimo necesario, 5 concreteros y 1 capataz, con la propuesta que se muestra.

Constructora	Queylen	Codigo	
Obra	Cumbres de Chamisero segunda etapa	Muestreador: Eq. PUC	
Ubicación	Chamisero		
Proceso	Hormigonado de muros	Hoja 1 de 1	
Recinto	Casa # 26	Fecha	
Sector		Hora Inicio	OH00
Encargado	Max Ormazabal	Hora fin	OH46
		Intervalo	1 min

Recurso	R1	R2	R3	R4	R5	R7
Hora						
OH00	ND	ND	VB	VH	LM	VB
OH01	VB	MV	VB	VH	LM	VB
OH02	VB	MV	VB	VH	ND	VB
OH03	VB	ND	VB	VH	DP	VB
OH04	VB	ND	VB	VH	ND	VB
OH05	VB	MV	VB	VH	ND	VB
OH06	VB	MV	VB	VH	ND	VB
OH07	VB	MV	VB	VH	MV	VB
OH08	VB	MV	VB	VH	MV	VB
OH09	VB	MV	VB	ND	ND	VB
OH10	VB	MV	VB	VH	LM	VB
OH11	VB	MV	VB	VH	MV	VB
OH12	VB	MV	VB	ND	MV	VB
OH13	AU	MV	VB	ND	MV	VB
OH14	MS	AU	VB	AU	LM	VB
OH15	ND	ND	VB	ND	LM	VB
OH16	AU	ND	VB	ND	LM	ND
OH17	AU	ND	VB	ND	ND	ND
OH18	AU	AU	VB	ND	ND	VB
OH19	AU	AU	VB	ND	AU	ND
OH20	EV	AU	VB	AU	ND	ND
OH21	EV	AU	VB	ND	MV	ND
OH22	EV	AU	VB	ND	ND	VB
OH23	EV	AU	VB	ND	ND	ND
OH24	EV	AU	VB	ND	MV	ND
OH25	EV	AU	VB	ND	MV	ND
OH26	DP	AU	VB	ND	ND	ND
OH27	EV	AU	VB	ND	ND	EV
OH28	ND	AU	VB	ND	ND	EV
OH29	ND	AU	VB	VH	MV	VB
OH30	ND	AU	VB	VH	ND	VB
OH31	MV	AU	VB	VH	MV	VB
OH32	EV	AU	ND	VH	ND	VB
OH33	VB	AU	ND	VH	ND	MS
OH34	VB	RM	AU	AU	ND	VB
OH35	AU	RM	AU	AU	ND	VB
OH36	AU	RM	RM	VH	RM	VB
OH37	AU	RM	AU	VH	EV	VB
OH38	AU	RM	VB	VH	RM	VB
OH39	AU	RM	AU	VH	MV	VB
OH40	AU	RM	AU	ND	MV	VB
OH41	AU	RM	AU	ND	AU	VB
OH42	AU	ND	AU	ND	AU	VB
OH43	AU	ND	AU	ND	AU	VB
OH44	AU	ND	AU	ND	AU	ND
OH45	AU	MV	AU	ND	AU	MV
OH46	AU	ND	AU	ND	AU	ND

Trabajo Productivo	Categoria	Abrev.
	Vaciado de Hormigon	VH
	Vibrado	VB

Trabajo Contributorio	Categoria	Abrev.
	Movilizar vibrador	MV
	Recoger material desparramado	RM
	Encender el vibrador	EV
	Medir nivel de acabado	MD
	Dirigir al proveedor de hormigon	DP
	Limpieza	LM

Trabajo no contributorio	Categoria	Abrev.
	Nada	ND
	Ausente	AU
	Movilizacion al sitio	MS

Figura 35. Diagrama de actividades propuestas. FUENTE: Elaboración propia.

Acciones:

1. Retirar antes de empezar la operación todos los elementos que no son necesarios para el hormigonado de muros: tablas, alambres, cables, etc.
2. Verificar que en el sitio de trabajo se cuente con las tablas para colocar en los bordes del moldaje, vibrador en buen estado y con combustible suficiente, mantener cerca del sitio de trabajo un vibrador funcional de reposición.

3 Mapeo de flujo de valor: proceso adquisiciones

3.1 Introducción mapeo flujo de valor

El Mapa del Flujo de Valor o Value Stream Mapping (VSM) por sus siglas en inglés es una herramienta utilizada en “*Lean Manufacturing*” que consiste en el conjunto de actividades (con o sin valor añadido) que son necesarias para hacer que un producto se mueva a través toda la organización, es decir desde el proceso de diseño y producción hasta la distribución y entrega al cliente (*Human Management Systems, 2012*).

El VSM se comenzó a utilizar por la empresa Toyota, y en la actualidad es la herramienta clave del recorrido de cualquier organización que desea poseer dentro de su modelo productivo el pensamiento “LEAN.”

En este mapa, se representan el flujo de materiales así como el flujo de información y sus relaciones. Es una herramienta sencilla que permite obtener una visión de toda la cadena de valor. En esta cadena también se representa el flujo de la información.

El VSM recoge también la línea de tiempos: Tiempos “VA” en los que se genera valor añadido y el resto de tiempos “NVA” o de “no valor añadido”. La comparación entre los tiempos totales de valor añadido y totales de no valor añadido es esclarecedora, siempre sorprendente y además un excelente indicador del potencial de mejora. (*Human Management Systems, 2012*).

El VSM está consiguiendo enorme aceptación y resultados tanto en empresas industriales como de servicios, e incluso en administraciones públicas, dónde se viene aplicando para reducir plazos y trámites burocráticos que no añaden valor. (Human Management Systems, 2012).

Símbolos para graficar el proceso

A continuación se presentan los símbolos más utilizados para representar el Value Stream Mapping de un proceso.

- Cliente: El símbolo a continuación grafica las necesidades del cliente, es decir la demanda que se necesita en el momento de estudiar el mapa. Bajo este símbolo se dibuja una caja con datos (requerimientos del cliente).

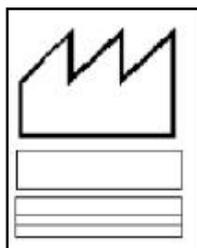


Figura 37: Símbolo del cliente. Fuente: Ruiz, 2011

- **Proceso 1:** Mediante una figura en forma de caja se indican los procesos de producción. Las cajas de procesos se dibujan una detrás de la otra. Cuando dos procesos no son consecutivos, estos se dibujan uno encima del otro.

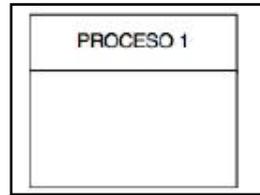


Figura 38. Símbolo de proceso. Fuente: Ruiz, 2011

- **Inventario:** Para simbolizar el almacenamiento de productos terminados o materias primas se utiliza el triángulo.

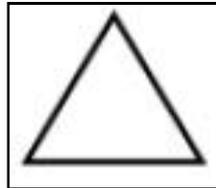


Figura 39. Símbolo de inventario. Fuente: Ruiz, 2011

- **Entrada y salida de material:** El símbolo que representa el flujo de materiales del almacén hasta el cliente dentro del mapa de valor es el que se presenta a continuación.

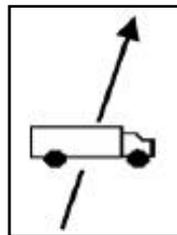


Figura 40. Símbolo de flujo del material. Fuente: Ruiz, 2011

- **Flujos de información:** Este se representa mediante flechas estrechas. Si la información fluye mediante medios electrónicos la flecha es en forma de zigzag. Para describir las diferentes flechas de información, se utilizan cajas de datos para especificar la frecuencia o vía donde se genera el flujo de información.

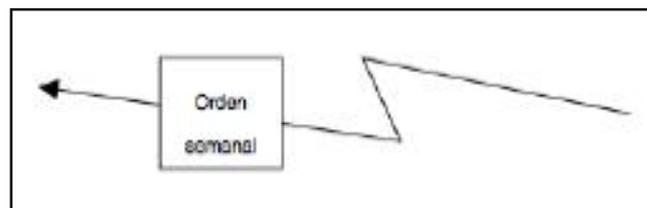


Figura 41. Símbolo de flujo de información. Fuente: Ruiz, 2011

- **Relación entre los procesos:** Esta se representa por medio de flechas blancas o ralladas en función de si se está trabajando en modo “pull” o “push”.

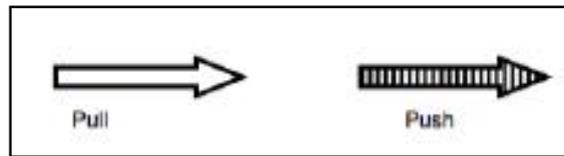


Figura 42. Representación de las flechas para los procesos. Fuente: Ruiz, 2011

- **Supermercado:** Se utiliza para controlar el inventario en términos de cuanto material es guardado a mano y cómo el reabastecimiento toma lugar. Para representar una bodega se puede utilizar un símbolo como el que se presenta a continuación:

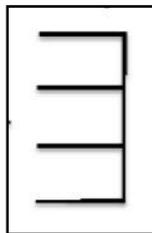


Figura 43. Representación de supermercado. Fuente: Ruiz, 2011

3.2 Aplicación práctica: Levantamiento del proceso de adquisiciones

La aplicación práctica que sigue es extraída del trabajo en equipo que realicé al cursar la asignatura Lean Construction en la PUC.

Para realizar este proceso, se realizaron entrevistas con el Ing. F.G. con quien se maneja el contacto con la empresa constructora, el Constructor Civil S.R. encargado de la parte técnica de la obra y con el Jefe de la Bodega.

Según lo observado en el sitio de las obras, existen dos formas de realizar el proceso de adquisiciones, las cuales se detallan a continuación.

3.2.1 Proceso adquisiciones 1: Stock mínimo

Existe un stock mínimo que se debe de mantener en la bodega de la obra siempre. Dentro de este stock se incluyen los materiales que son difíciles de cuantificar dentro del proceso constructivo y que incluyen: clavos, estacas, alambre negro entre otros.

Una vez que el inventario disminuye y se empieza a acercar al mínimo definido, el bodeguero realiza un pedido con la cantidad necesaria a través del software “Unysoft”. Posterior a realizar el pedido, el bodeguero debe enviar un correo electrónico al administrador de la obra, con el fin de que éste se entere del nuevo pedido ingresado al sistema y pueda validarlo. Seguidamente, una vez

recibido el correo electrónico, el administrador o su asistente, revisan que las cantidades solicitadas sean correctas y aprueban el pedido. En caso de que sean incongruentes, se rechaza el pedido y se debe de realizar nuevamente. Existe también la opción de aceptar parcialmente el pedido si existen unas cantidades incorrectas y otras correctas.

Una vez aprobado el pedido por parte del administrador, el pedido es enviado hacia el encargado de la oficina de adquisiciones, donde se realizan cotizaciones sobre los materiales pedidos. Una vez establecidos y aprobados los precios se genera una orden de compra.

La orden de compra es enviada hacia el proveedor mediante un correo electrónico y a partir de este momento se envía información hacia la obra con el fin de que ellos monitoreen la llegada del camión con los productos solicitados.

Tras la llegada del proveedor a la obra con los materiales solicitados, en obra se genera una orden de recepción que se realiza en el programa computación "Unysoft". Con esta orden, en el departamento contable podrán llevar el control de las facturas del proveedor. El diagrama del flujo de valor de esta actividad se presenta en la Figura 44.

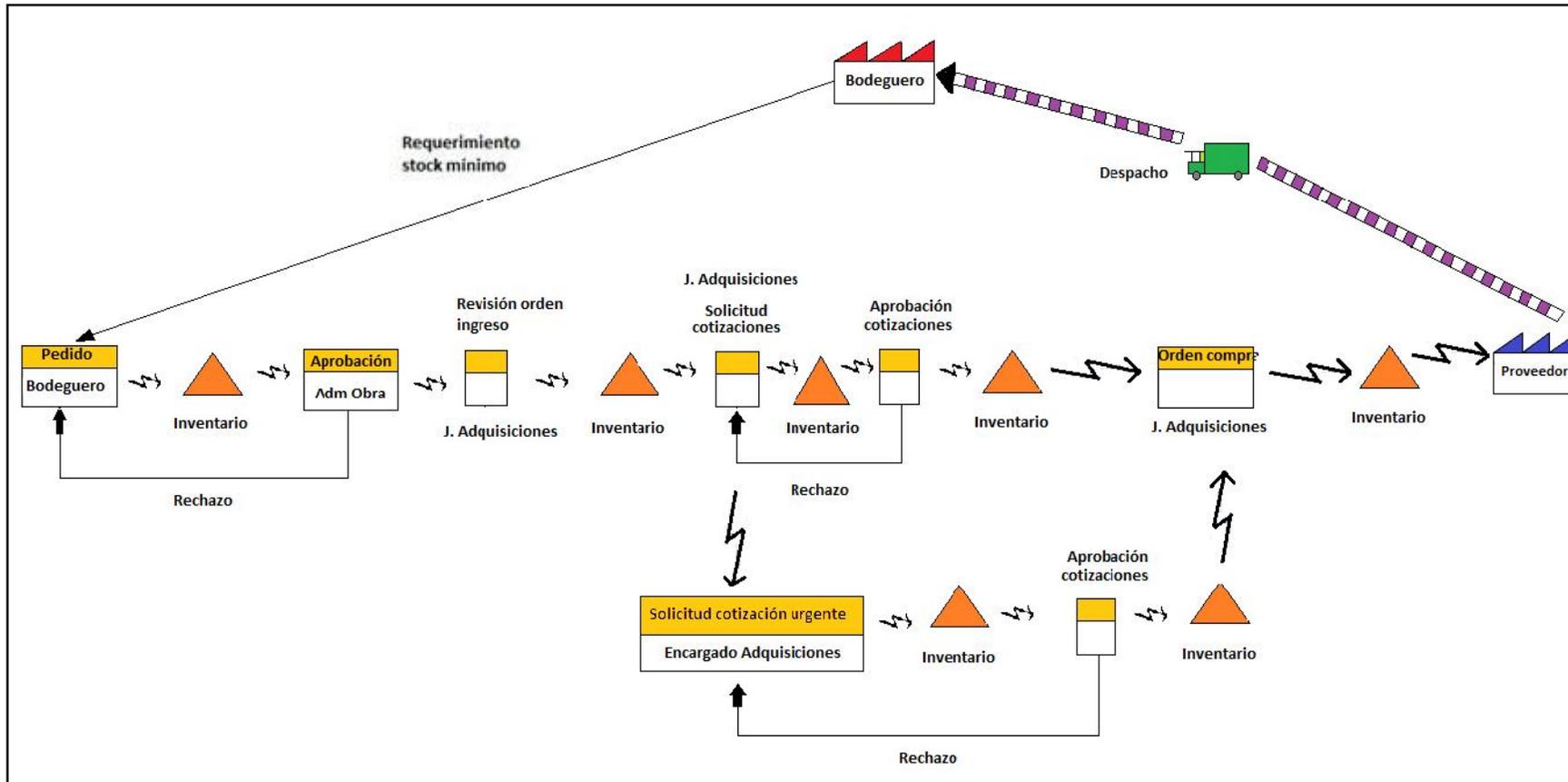


Figura 44. Diagrama de procesos, adquisiciones stock mínimo. Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Proceso adquisiciones 2: Pedido de terreno

Todas las semanas se realiza en la obra una reunión de Last Planner System con el fin de determinar cuáles serán las actividades a realizar, podrías esa semana y por lo tanto los materiales necesarios para su ejecución.

Así el administrador de la obra entrega al bodeguero una lista con las cantidades necesarias de los materiales que se deben de utilizar en la obra para la semana en curso.

El bodeguero, mediante el uso del software, crea una nueva solicitud de materiales. Posteriormente de realizar el pedido, envía un correo electrónico al administrador, para que él pueda revisar la lista generada y posteriormente sea aprobada y enviada a la oficina de adquisiciones. En caso de ser incorrecta, este pedido es rechazado o aprobado parcialmente.

Una vez aprobado el pedido por parte del administrador, este se envía hacia el encargado de la oficina de adquisiciones, donde se realizan cotizaciones sobre los materiales pedidos. Una vez que se aceptan los precios, se envía la orden de compra al proveedor mediante un correo electrónico y a partir de este momento se envía información hacia la obra con el fin de que ellos monitoreen la llegada del camión con los productos solicitados. Cuando el proveedor llega a la obra con los materiales solicitados, en obra se genera una orden de recepción que se realiza en el programa computación "Unysoft". Con esta orden, es posible generar la facturación que se le entregará al proveedor finalmente. El diagrama de procesos del pedido en terreno se presenta en la Figura 45.

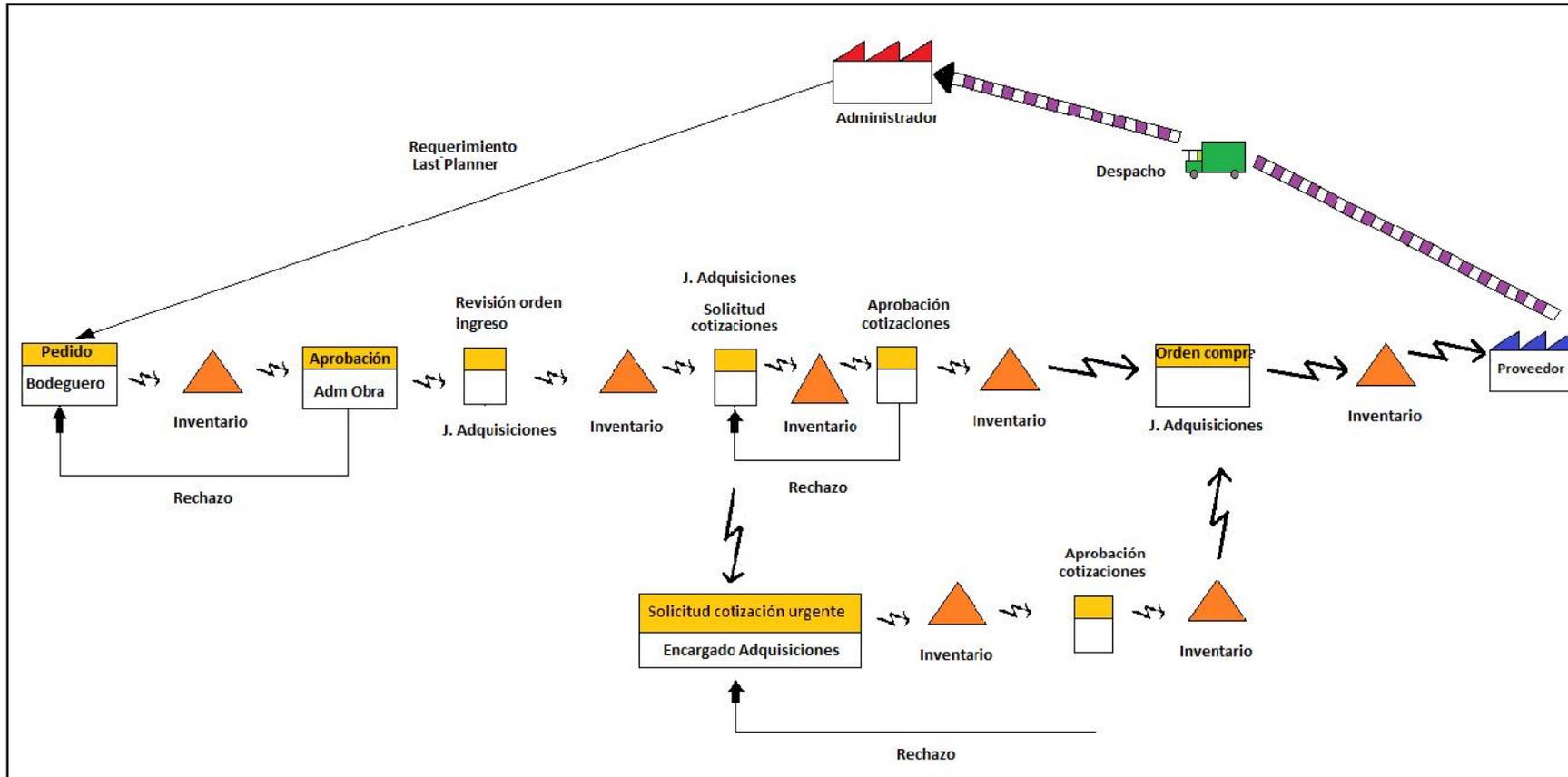


Figura 45. Diagrama de procesos, adquisiciones pedido de terreno. Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Análisis del estado actual

El monitoreo del proceso de adquisiciones se realizó en dos partes.

La primera parte consistió en el seguimiento de un proceso ya realizado mediante el estudio de los registros del software usado en la empresa. El proceso que se estudió en este caso fue el 32217.

Con base al seguimiento realizado, se obtuvieron los tiempos de espera y procesamiento para cada actividad del proceso de adquisiciones.

En la Tabla 34, se presenta un resumen de los datos tomados.

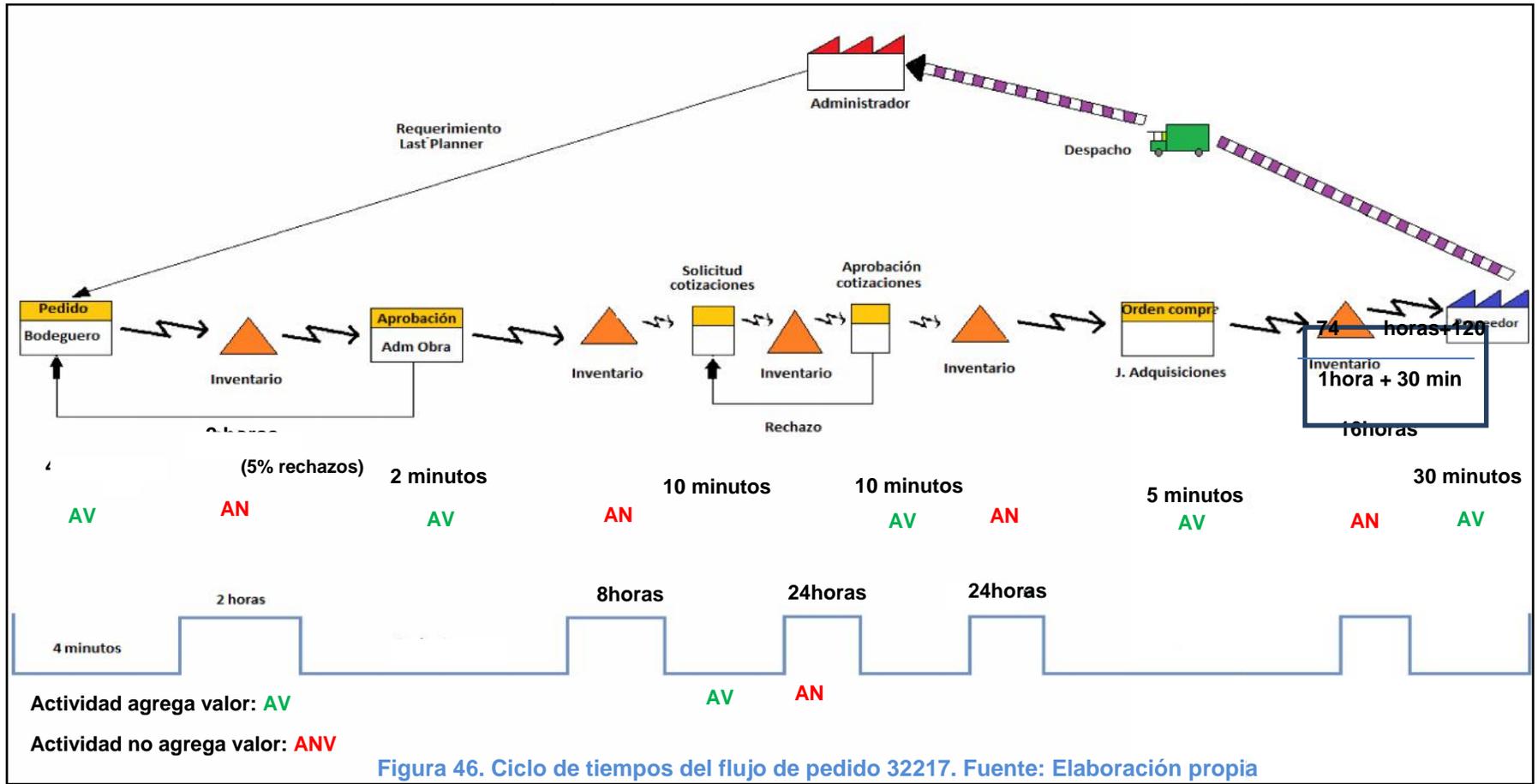
Actividad	Día	Hora registro
Elaboración de pedido (Bodeguero)	03-sep	10:05
Aprobación de pedido (Administrador Obra)	03-sep	12:05
Generación de Orden de Compra (Jefe encargado de Adquisiciones)	10-sep	Sin registro
Recepción Obra (Jefe Oficina Técnica): primera parte	12-sep	15:12
Recepción Obra (Jefe Oficina Técnica): segunda parte	27-sep	16:19

Tabla 34. Seguimiento del flujo del pedido 32217. Fuente: Elaboración propia

Este seguimiento, nos mostró una primera visualización de los tiempos tanto de espera como de trabajo que tiene el proceso de adquisiciones. Se puede observar en el cuadro anterior, que los mayores tiempos, es decir, el cuello de botella, se encuentra a la hora de generar la orden de compra por parte de la oficina de adquisiciones, ya que en terreno el proceso fluye más rápidamente.

Para obtener los tiempos de duración de elaboración de pedido, aprobación de pedido, generación de orden de compra fue necesario realizar una visita a terreno.

Esta constituye la segunda parte del monitoreo del proceso. En los diagramas de proceso no se incluye la sección urgente ya que este proceso siguió el flujo normal de pedidos. Asimismo, en este diagrama no se incluye el proceso de revisión de orden de ingreso debido a que no fue posible conseguir datos de duración.



Como se puede observar del proceso anterior el tiempo total que no agrega valor es de 74 horas más 120 horas. Se divide el tiempo debido a que la entrega se dividió en dos entregas. El tiempo de entrega pudo verse afectado debido a que la semana del 18 de setiembre fue festiva.

Al analizar el porcentaje de tiempo de por espera observamos tenemos que si no consideráramos la segunda entrega de pedido, este correspondería a:

$$\frac{74\text{horas}}{(1\text{hora} + 74\text{horas})} \cdot 100 = 98,7\%$$

El tiempo de trabajo contributivo o que genera valor es de:

$$\frac{1\text{hora}}{(1\text{horas} + 74\text{horas})} \cdot 100 = 1,3\%$$

Si consideráramos el tiempo adicional de 15 días de entrega de las estacas estos plazos cambiarían a:

$$\text{Trabajo no contributivo o espera: } \frac{194\text{horas}}{(75\text{horas} + 120\text{horas} + 0,5\text{horas})} \cdot 100 = 99\%$$

$$\text{Trabajo contributivo: } \frac{1,5\text{horas}}{(75\text{horas} + 120\text{horas} + 0,5\text{horas})} \cdot 100 = 1\%$$

Por lo que en este análisis, podemos entender claramente que los tiempos de espera, sobretodo en solicitar la cotización y esperar respuesta de los proveedores, hace que el proyecto sea muy ineficiente.

Para el caso del seguimiento en terreno, se monitoreó la orden 8712. Este monitoreo se inició en el sitio de las obras mediante un pedido de stock mínimo por parte del bodeguero. Él tardó 5 minutos en realizar el pedido y enviar un correo electrónico al administrador para que procediera a realizar la revisión del pedido.

Posteriormente a la realización del pedido, se continuó el monitoreo en la oficina del administrador del proyecto, donde éste procedió a revisar las cantidades y aprobar el pedido. El administrador tardó 2 minutos en aprobar el pedido. Si comparamos este pedido con el anterior, nos damos cuenta que debido a que estamos siguiendo el proceso la aprobación se dio de forma inmediata a diferencia del primer caso, donde tardaron dos horas en aprobar el pedido. Esto es una situación esperable ya que a monitorear se está afectando un poco el proceso real, sin embargo se toma que la variación no es tan significativa ya que según lo que se explicó en terreno, las aprobaciones se realizan el mismo día en un alto porcentaje del tiempo.

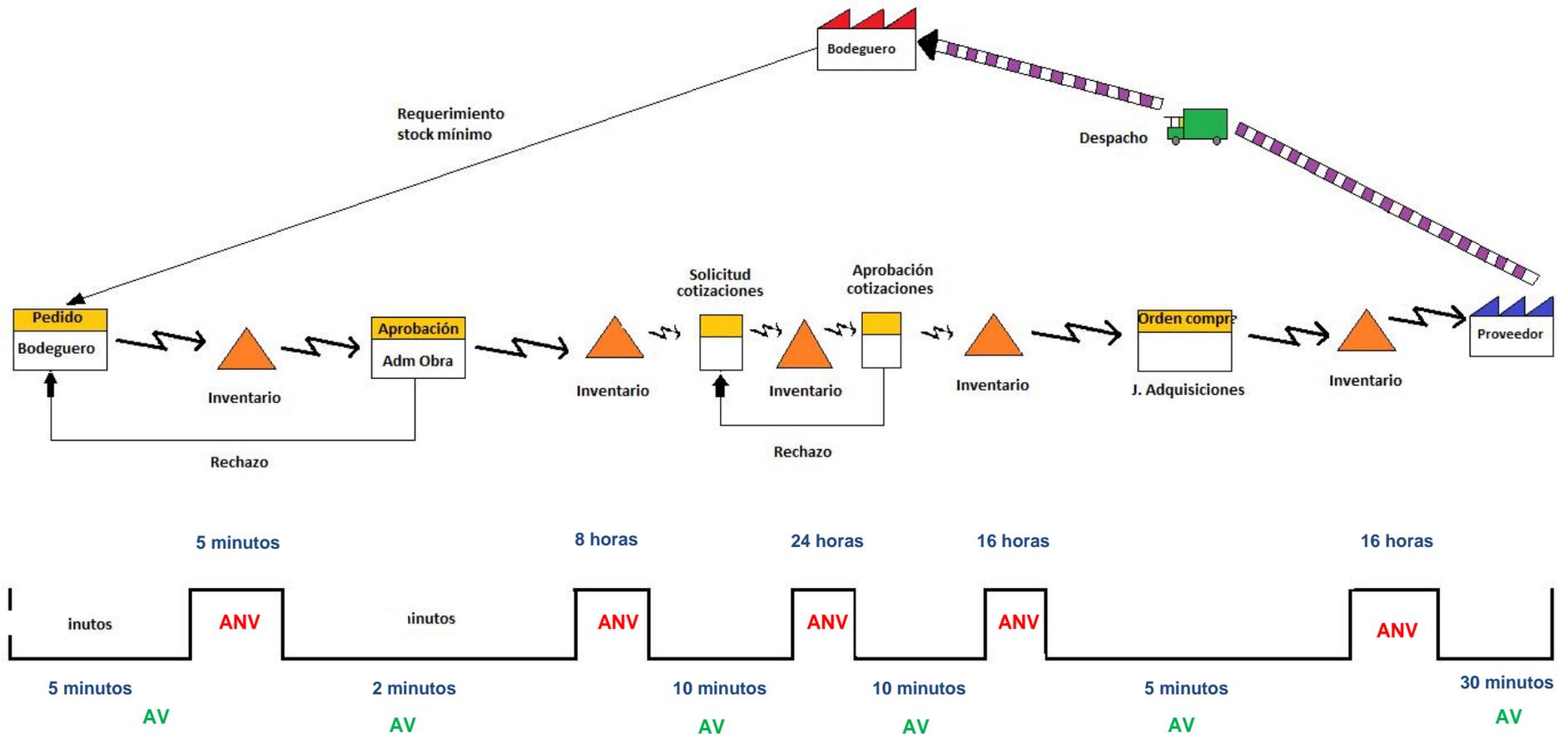
Posteriormente nos trasladamos a las oficinas centrales de la empresa con el fin de continuar el proceso, entrevistando al encargado del proceso de adquisiciones y obtener una comparación de los resultados con su experiencia personal.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 35, a continuación.

Actividad	Día	Hora inicio	Hora fin
Elaboración de pedido (Bodeguero) y envío de correo electrónico	04-oct	9:35	9:40
Aprobación de pedido (Administrador Obra)	04-oct	9:45	9:47
Realización de cotización de pedido (Jefe Adquisiciones)	05-oct	Sin registro	
Respuesta por parte de los proveedores	08-oct	Sin registro	
Generación de Orden de Compra (Jefe Adquisiciones)	10-oct	Sin registro	
Recepción en Obra (Jefe Oficina Técnica)	12-oct	Sin registro	

Tabla 35. Monitoreo de flujo de pedido 8712. Fuente: Elaboración propia

Figura 47. Ciclo de tiempos del flujo de pedido 8712



64 horas
1 hora y dos minutos

Actividad agrega valor: **AV**
Actividad no agrega valor: **ANV**

El porcentaje de tiempo de espera correspondería a:

$$\frac{64\text{horas}}{(1\text{hora} + 64\text{horas})} \cdot 100 = 98,4\%$$

El tiempo de trabajo contributivo o que genera valor es de:

$$\frac{1\text{hora}}{(1\text{horas} + 64\text{horas})} \cdot 100 = 1,5\%$$

3.2.4 Observaciones durante la toma de tiempo

Se supone una jornada laboral de 8 horas con el fin de tomar los tiempos de espera y de trabajo contributivo.

En este momento la empresa cuenta con 16 obras en marcha.

Durante la entrevista realizada en terreno al encargado de la Bodega, este indicó que el software “Unysoft” presenta el inconveniente que no envía notificaciones una vez realizada la entrada de un nuevo pedido.

Según su opinión, el programa computacional “I-Construye” es un software más amigable que el que se utiliza actualmente y su implementación puede traer más beneficios al proceso, ya que permite enviar una notificación al administrador del proyecto una vez que se genera la solicitud de pedido. Esto le ahorraría trabajo adicional.

Durante la primera visita realizada al proyecto, se fue la luz. Esto generó problemas debido a que no se tuvo acceso a internet hasta que esta regresó. Sin embargo según lo comentado por parte del asistente del administrador de la obra, no es un problema constante sino un problema casual.

Posteriormente, durante el seguimiento del proceso en oficinas centrales de la empresa, se realizó una entrevista al encargado de las adquisiciones Fernando Valenzuela.

Él indicó que diariamente entran una media de 150 órdenes de pedido más (desde los proyectos), salen como orden de compra 120 (a los proveedores). Existe actualmente, un inventario de 84 pedidos pendientes de atender por él (solicitar cotización a proveedores) Generalmente se maneja un inventario de 30 pedidos, sin embargo, debido a la gran cantidad de proyectos que se manejan actualmente este número creció a 84 pedidos.

Muchos de los atrasos que se dan para recibir las cotizaciones se deben a pedidos especiales de equipos lo que atrasa la respuesta del proveedor.

Otro atraso se da cuando en la cotización los precios son muy elevados y es necesario solicitar otras cotizaciones o rectificar los precios. Generalmente las cotizaciones se solicitan por teléfono o correo electrónico y se responden de la misma forma. Según se indica por parte del encargado del proceso de

adquisiciones los mayores tiempos de espera son debido a la respuesta del proveedor.

Como pedidos urgentes entran diariamente una media del 20%. Existen “urgencias ocultas vía teléfono”. Es decir, urgencias que no quedan marcadas en los pedidos, sino que los administradores de obra hacen a Fernando Valenzuela con el fin de que se apresure el pedido pero que no quede identificada la urgencia.

De esto, resulta interesante obtener un indicador de cuántos pedidos tiene urgentes semanal, quincenal o mensual existen al mes versus pedidos realizados, para determinar si se está abusando de esta herramienta. También se puede realizar un control de las llamadas telefónicas: tiempo perdido y urgencias ocultas. Este indicador es relevante, ya que si en la obra se realizan reuniones semanales con Last Planner System, no deberían existir pedidos urgentes por lo que puede que no se esté utilizando esta herramienta adecuadamente.

Todos los pedidos están centralizados por política de empresa. No existe la posibilidad de caja chica a proyecto porque los costos de comprar en pequeñas cantidades resultan más elevados y difíciles de controlar. Como posible solución se propone realizar pedidos totales con entrega parcial, pero de manera controlada para evitar un sobre-stock hacia las bodegas de los proveedores.

En cuanto al sistema informático que se utiliza, el encargado de adquisiciones indica que el programa computacional “I-Construye” presenta la ventaja de que presenta un recuadro con la comparativa entre proveedores cotizados. Asimismo, el programa que utilizan en la empresa “Unysoft” no genera documentos en formato “PDF” de las cotizaciones que se realizan, por lo que éstos deben convertirse a PDF y adjuntarse al correo que se desea enviar. Este proceso toma alrededor de dos minutos y un 5% de error en envíos para 150 órdenes diarias resulta en mucho tiempo.

Este programa fue adquirido por la empresa hace unos 5 años con un elevado precio de instalación por lo que no es factible realizar un cambio de este producto.

Actualmente un 10% de las cotizaciones se rechazan por altas. Éstas sólo se solicitan por una vez y no se pide una rebaja del precio.

Resulta interesante realizar un control de los pedidos que logran satisfacer el plazo deseado (si se quedan en obra sin trabajo por falta de materiales es indicador que no se está pidiendo con la anticipación necesaria).

La empresa a partir del lunes 5 de noviembre contratará a un ayudante para el encargado de las adquisiciones quién está sólo desde febrero. Se repartirían el trabajo entre ambos, aunque siempre quedaría un parte de supervisión por su parte (podríamos decir que le disminuye un 40% el trabajo).

3.2.5 Resultados de tiempos obtenidos

Una vez analizados los resultados de los tiempos obtenidos, se efectuó en la siguiente ilustración que muestra los tiempos de las actividades llevadas a cabo.



Figura 48. Tiempos de actividades desarrolladas para el pedido 32217. Fuente: Elaboración propia

No se grafica el pedido 8712, ya que los resultados obtenidos son muy similares a los del pedido 32217.

Según lo que se observó en la toma de datos del proceso 32217, el trabajo contributivo tiene una duración mucho menor que los trabajos encontrados en el inventario de espera. Por ejemplo se puede observar una duración de 4 minutos de un pedido de materiales contra una espera de 2 horas mientras el administrador atendía el pedido y 2 minutos para su aprobación. En este sentido tenemos que el trabajo contributivo es de 6 minutos en contraposición de 2 horas de espera.

El caso más claro es a la hora de solicitar los pedidos a los proveedores. Esto nos puede indicar que las mayores esperas se están orientando a la hora de realizar las cotizaciones y las órdenes de compra, ya que en terreno, no se están generando esperas tan largas.

Conviene por lo tanto idear una estrategia para atacar el cuello de botella de este proceso que claramente se encuentra en la sección que es manejada por el encargado del proceso de adquisiciones. Las mayores duraciones se encuentran desde que se realiza la cotización, se espera la respuesta de los proveedores y por último se efectúa la orden de compra. Por lo que, aunque se

debe de atacar el cuello de botella también en este caso de poder mejorar las otras etapas se harán recomendaciones donde se pueda encontrar una Mejora.

3.2.6 Oportunidades de Mejora en el proceso

Se elaboró como estrategia para encontrar los posibles puntos de mejora un análisis de las “5 por qué” para encontrar la causa de los atrasos que se generan en el proceso. Este análisis se observa en la ilustración 20.

A partir de los resultados obtenidos, se plantea como propuesta de Mejora las siguientes opciones:

- a) Limitar la duración de entrega de cotizaciones por parte de los proveedores a máximo 2 días (16 horas laborales) y controlar que la información se respete en este plazo establecido. Se puede establecer premios de selección a aquellos proveedores que cumplan con este criterio a pesar de no tener el menor precio pero si el cumplimiento de la especificación.
- b) Una vez que el bodeguero efectúa un pedido, este pueda ser enviado a los proveedores con el fin de que la cotización pueda llegar durante el tiempo de aprobación al encargado de la oficina de adquisiciones. En caso de error por cantidades que el proveedor corrija el error e entregue la cotización a la mayor brevedad. Es importante que esta propuesta esté acompañada de capacitación al trabajador con el fin de que pueda realizar la labor adecuadamente.
- c) Configuración del programa computacional para que se generen los archivos en formato “PDF” en la sección “Cotización”. Nos pusimos en contacto con la empresa creadora del software Unisoft y nos indican que sí existe la opción de enviar la Orden de compra por e-mail y en formato PDF. Si la versión es antigua deben actualizar y solicitar un servicio de capacitación en las nuevas funcionalidades del sistema. Si sólo se trata del módulo de adquisiciones el costo por el servicio global es de 22 UF más IVA. Se recomienda evaluar el costo de actualización del programa versus el tiempo dedicado al envío de la Orden de pedido por e-mail (120 minutos + 4 minutos pedidos incompletos, con lo que supone la devolución de un pedido en retrasos si no lleva adjunto el PDF)
- d) Eliminación gradual de los pedidos urgentes:
 - o Herramientas:
 - Empleo Lookahead detección necesidades futuras
 - Control riguroso stock mínimo
 - Medición del porcentaje de pedidos urgentes por obra y búsqueda de la disminución de los mismos.

Pedidos urgentes

Pedidos totales

- e) Detectar con anticipación los pedidos especiales (en reunión de Last Planner System) con el fin de solicitar cotizaciones de productos difíciles de conseguir o con proveedor único y de esta forma evitar atrasos debido a cotizaciones tardías.
- f) Es posible también generar una red de calidad de los proveedores con comunicación tanto vertical como horizontal con los otros proyectos de la empresa. Esto con el fin de establecer una verificación de la calidad de los productos que entrega el proveedor así como las duraciones con las que se está trabajando. Esta red puede efectuarse implementando una opción dentro del programa “Unysoft” para crear un “foro” y así que exista retroalimentación en los proyectos.
 - Oportunidades de Mejora que no fue posible emplear
Una propuesta que se estudió inicialmente fue que el administrador de la obra contase con una caja chica y pudiese realizar desde obra los pedidos de stock mínimo. De esta forma el asistente del administrador hubiera podido controlar desde cuando sale la cotización y monitorear los plazos y evitar retrasos. Los demás pedidos se hubieran realizado de la forma tradicional, lo que hubiera reducido los pedidos que efectuaba el encargado de la oficina de adquisiciones y hubiera evitado acumulación de pedidos. Sin embargo debido a la centralización de las acciones esta opción fue descartada.

ANÁLISIS IDENTIFICACIÓN CAUSA PROFUNDA

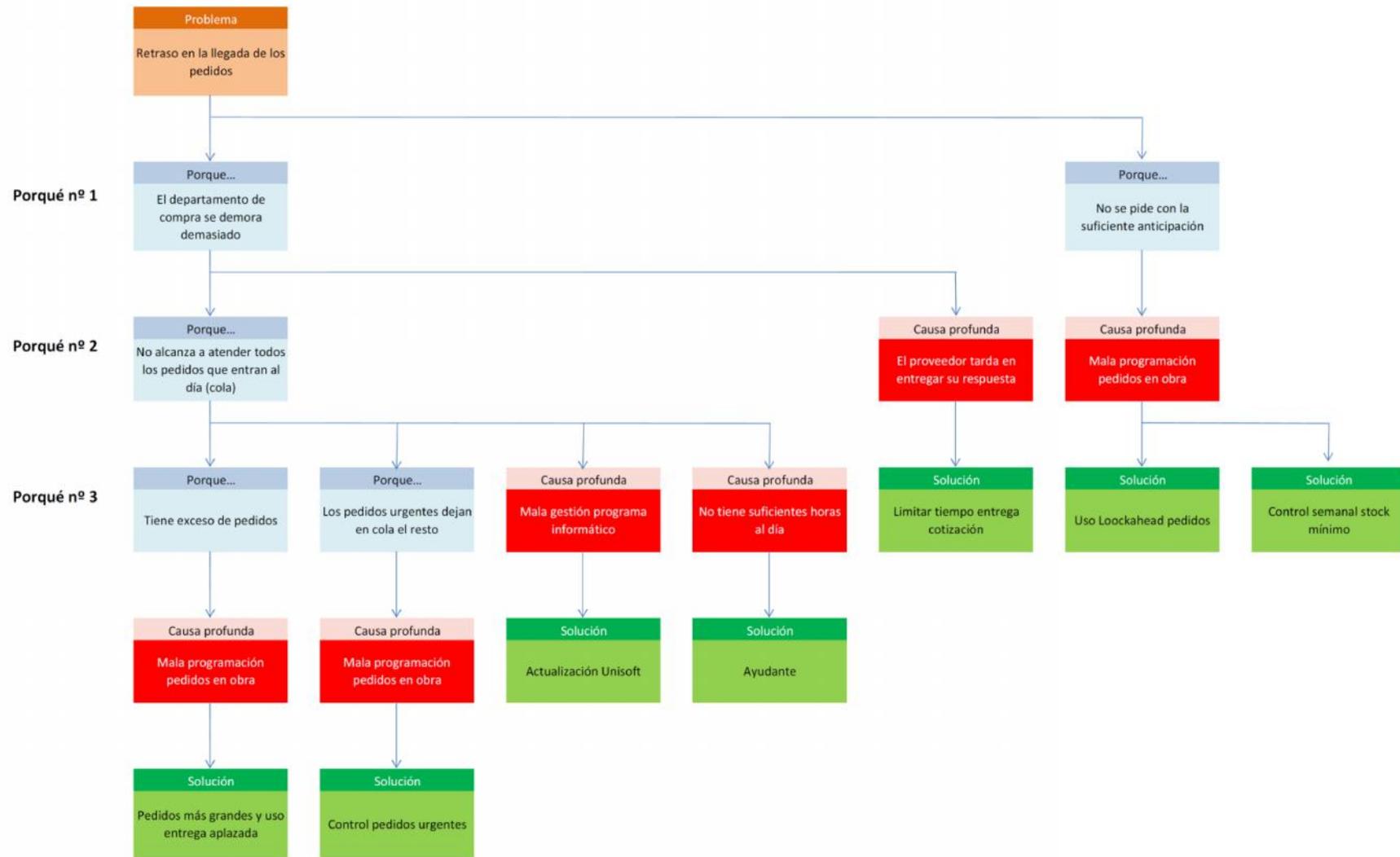


Figura 49. Análisis de las causas de espera por método “5 Por que”. Fuente: Elaboración propia

Para realizar el nuevo mapa de flujo del valor, se indicaron las zonas de Mejora del proceso.

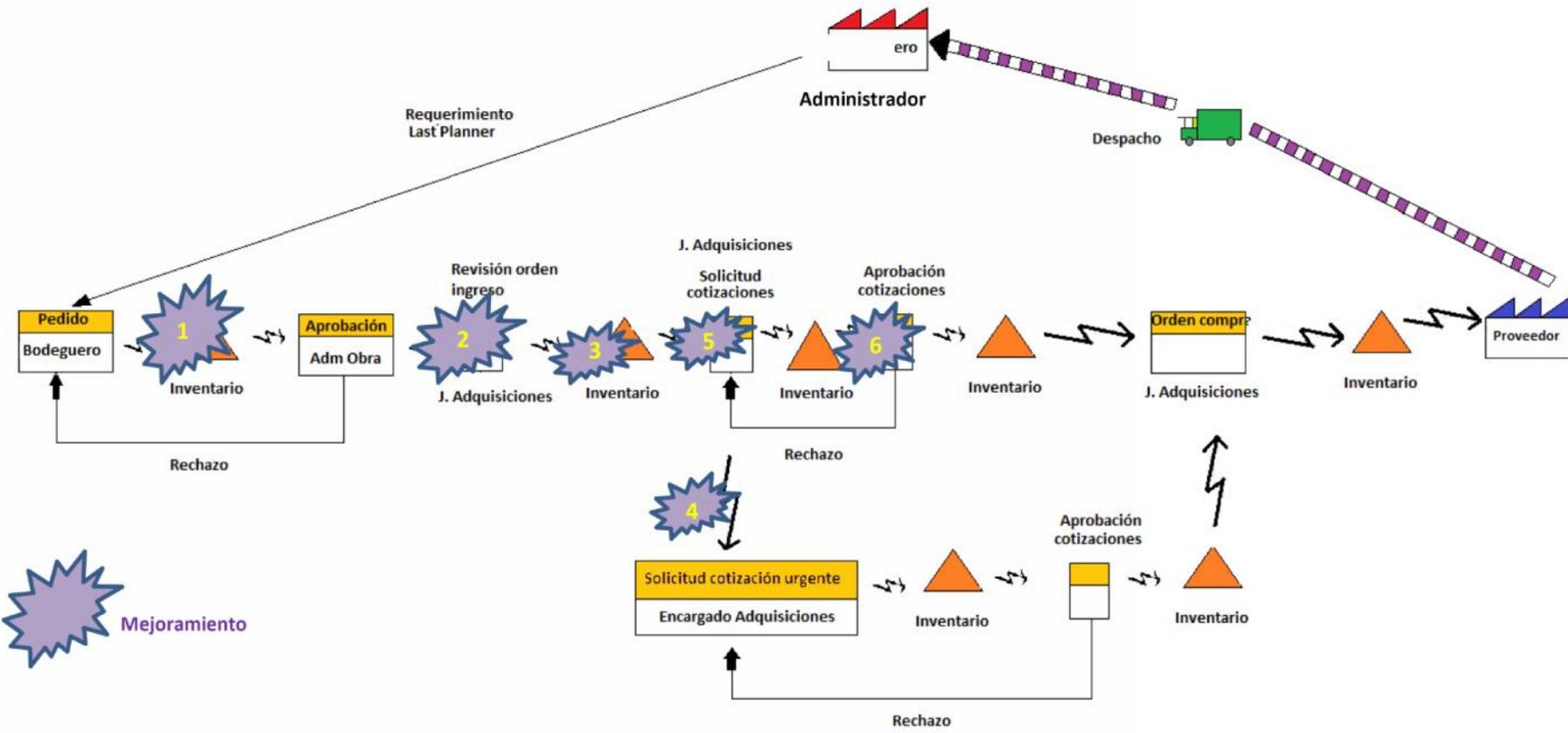


Figura 50. Zonas donde es posible realizar una mejora. Fuente: Elaboración propia

Las mejoras que se pueden efectuar en el proceso son:

Mejora 1:

En los pedidos generados por la reunión de Last Planner System, si se presenta el Administrador de la Obra no habrá una revisión por su parte del pedido del bodeguero, pues con la solicitud de Last Planner System el bodeguero tiene suficiente información para realizar el pedido. Por lo que, él deberá revisar que las cantidades propuestas sean las mismas que coloca en la orden de pedido.

Mejora 2:

Puede eliminarse la revisión de la orden de ingreso, una vez que entra el pedido se solicita la cotización.

Mejora 3:

Se disminuye el tiempo de espera a mínimo, de manera que no existan pedidos en cola y una vez entre una solicitud de bodega se cotea instantáneamente. En esta etapa, si se ha capacitado al bodeguero para realizar una cotización desde obra y enviada al proveedor, el tiempo de espera y realización de cotización por parte del encargado de adquisiciones se disminuye.

Mejora 4:

Control de los pedidos urgentes, de manera que los conformen aquellos inevitables (por cambio diseño, causas ajenas a la obra). El objetivo final de este Mejora es la eliminación de pedidos urgentes.

Mejora 5:

Llamamos rechazo de pedidos a aquellos que exceden el precio deseado de compra. Aunque éstos se pueden seguir dando porque no dependen de la empresa, se solicitará el suficiente número de ofertas para que un precio excesivo no retrase la cotización.

Mejora 6:

Se elimina el inventario entre aprobación de cotización y emisión de orden de compra. Será automático.

3.2.7 Nuevo estado del proceso propuesto

Al realizar los cambios propuestos, se presenta el nuevo flujo del proceso y los nuevos tiempos que se toman en el proceso.

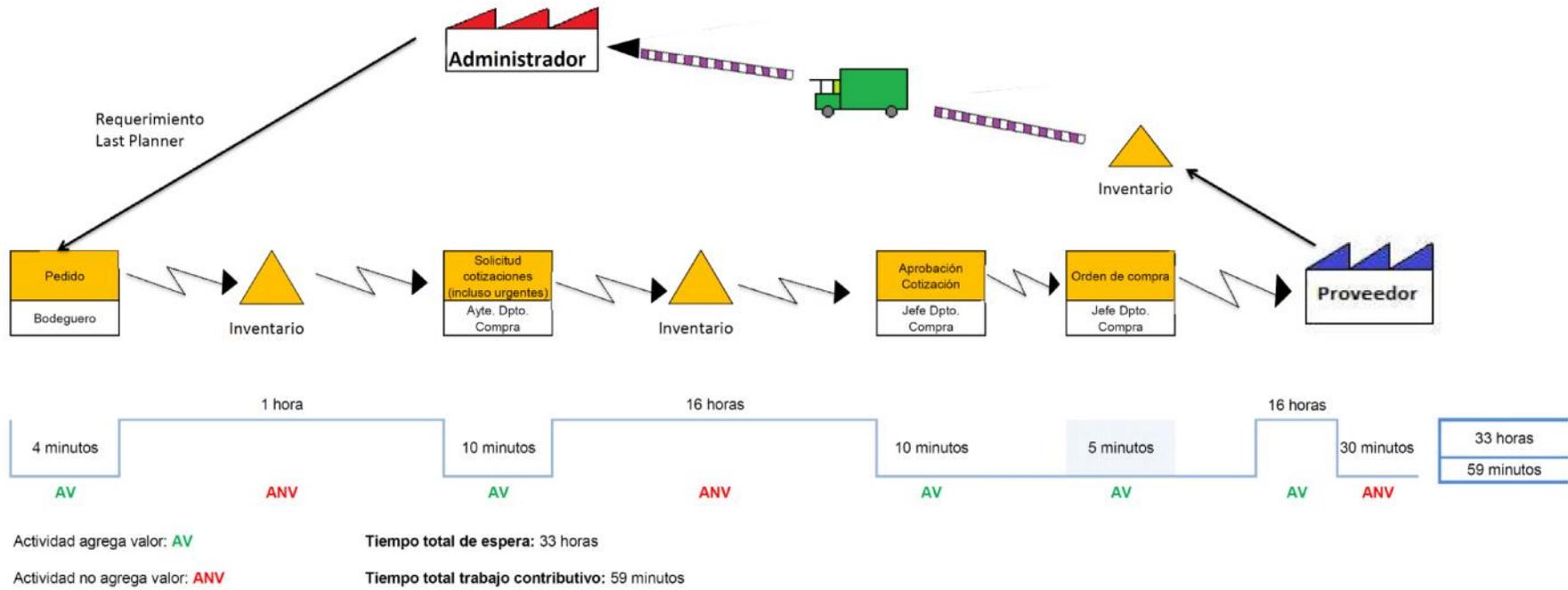


Figura 51. Nuevo estado futuro de proceso de adquisiciones: pedido en obra. Fuente: Elaboración propia

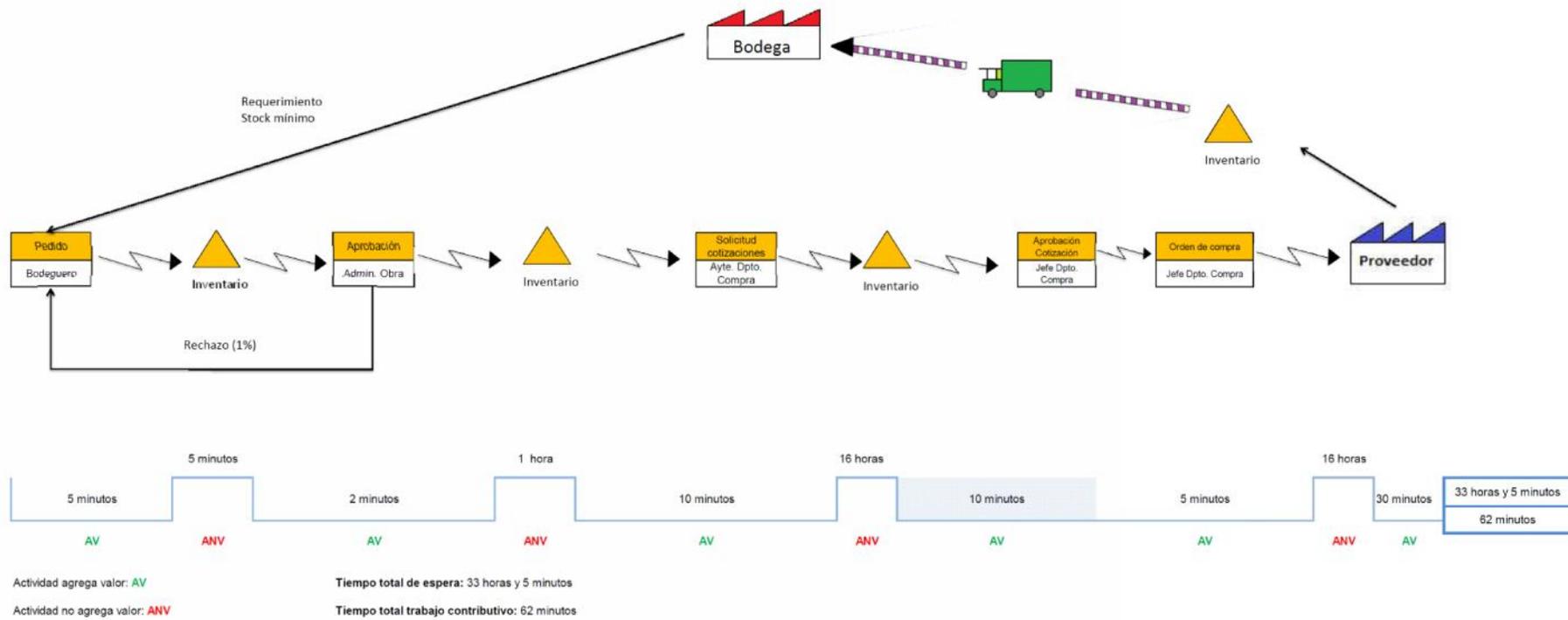


Figura 52. Nuevo estado futuro de proceso de adquisiciones: stock mínimo. Fuente: Elaboración propia

3.2.8 Conclusiones

Según el análisis efectuado al proceso de adquisiciones fue posible detectar cuellos de botella en las etapas de espera de recepción de cotizaciones por parte de los proveedores y espera para ejecución de órdenes de compra.

Un factor crítico en este proceso, fue que el encargado de las adquisiciones realizaba las órdenes de compra de 16 obras incluida la que estamos analizando, lo que significa mucha carga para una sola persona y de ahí surge la razón de encontrar esperas de hasta 3 días para realizar cotizaciones u órdenes de compra.

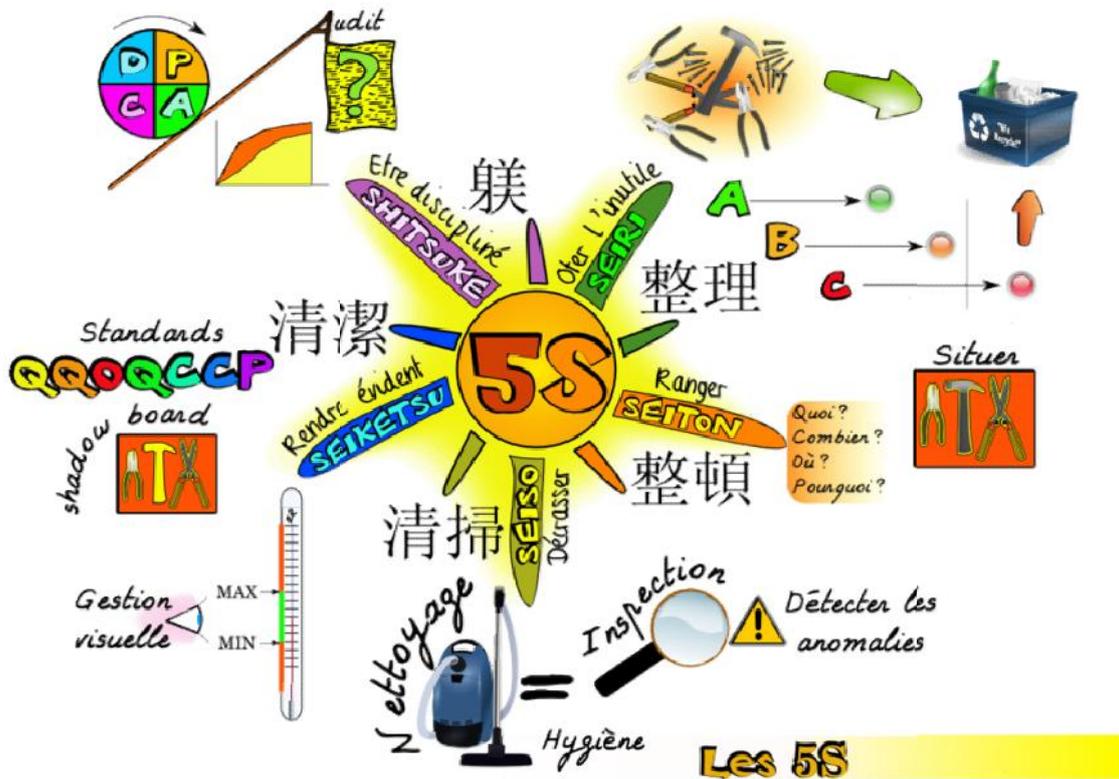
Como solución la empresa constructora contrató un ayudante para apoyar al encargado de adquisiciones. Como consecuencia, es muy probablemente que el cuello de botella baje una vez que el ayudante del encargado de adquisiciones entre a realizar labores colaborativas.

Se observó en el proceso un alto porcentaje de tiempo consumido en actividades de “inventario”, es decir esperas que no agregan valor al proceso. En contraposición las actividades que agregan valor toman poco tiempo para realizarse sin embargo están sujetas a los tiempos de espera entre ellas. Esto nos indica que se debe de reducir estos plazos de espera, con el fin de aumentar la eficiencia del proceso.

Se implementaron diferentes mejoras en el proceso como lo fueron: eliminar las inspecciones, eliminar el doble trabajo en realización de cotizaciones, mejorar el software que se utiliza actualmente, eliminar paulatinamente los pedidos urgentes, eliminar inventario.

Los resultados arrojaron que al implementar las mejoras propuestas se presenta una disminución en los plazos de espera totales del proceso. Por lo que, implementando las prácticas de la filosofía “Lean” es posible agilizar el proceso y hacerlo más efectivo.

4 5S



4.1 Introducción 5S

Las 5S es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. ([Massachusetts Institute of Technology 2012](#))

Las iniciales se refieren a:

Español	Japonés	Inglés	Concepto	Objetivo
Clasificación y descarte	整理, <i>Seiri</i>	Sort	Separar innecesarios	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil
Orden	整頓, <i>Seiton</i>	Straighten	Situar necesarios	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
Limpieza	清掃, <i>Seis</i>	Scrub	Suprimir suciedad	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
Normalización	清潔, <i>Seiketsu</i>	Standardize	Señalizar anomalías	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
Disciplina y compromiso	躰, <i>Shitsuke</i>	Sustainthe discipline	Seguir mejorando	Fomentar los esfuerzos en este sentido

Tabla 36. Pasos de las 5S

Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad.

Su aplicación mejora los niveles de:

- Calidad.
- Eliminación de Tiempos Muertos.
- Reducción de Costos.

La aplicación de esta Técnica requiere el compromiso personal y duradero para que la empresa sea un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene.

Los primeros que deben asumir este compromiso son los Gerentes y los Jefes y la aplicación de esta herramienta es el ejemplo más claro de resultados a corto plazo.

El empleo del método de las 5S aporta numerosos beneficios, entre ellos:

- La implantación de las 5S se basa en el trabajo en equipo.
- Los trabajadores se comprometen.
- Se valoran sus aportaciones y conocimiento.
- La mejora continua se hace una tarea de todos.

Conseguimos una mayor productividad que se traduce en:

- Menos productos defectuosos.
- Menos averías.
- Menor nivel de existencias o inventarios.
- Menos accidentes.
- Menos movimientos y traslados inútiles.
- Menor tiempo para el cambio de herramientas.

Lograr un mejor lugar de trabajo para todos, puesto que conseguimos:

- Más espacio.
- Orgullo del lugar en el que se trabaja.
- Mejor imagen ante nuestros clientes.
- Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.

Mayor conocimiento del puesto.

4.1.1 Seiri (Clasificación y Descarte)

Significa separar las cosas necesarias de las innecesarias y manteniendo las que lo son en un lugar conveniente y en un lugar adecuado.

Ventajas de Clasificación y Descarte

- Reducción de necesidades de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.
- Evita la compra de materiales no necesarios y su deterioro.

- Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.
- Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.

Para Poner en práctica la 1ra S debemos hacernos las siguientes preguntas:

- ¿Qué debemos tirar?
- ¿Qué debe ser guardado?
- ¿Qué puede ser útil para otra persona u otro departamento?
- ¿Qué deberíamos reparar?
- ¿Qué debemos vender?

Otra buena práctica sería, colocar en un lugar determinado todo aquello que va a ser descartado.

Y el último punto importante es el de la clasificación de residuos. Generamos residuos de muy diversa naturales: papel, plásticos, metales, etc. Aplicaremos la clasificación y el reciclaje.

4.1.2 *Seiton (Organización) La 2da S*

La organización es el estudio de la eficacia. Es una cuestión de cuán rápido uno puede conseguir lo que necesita, y cuán rápido puede devolverla a su sitio nuevo.

Cada cosa debe tener un único, y exclusivo lugar donde debe encontrarse antes de su uso, y después de utilizarlo debe volver a él. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso.

Tener lo que es necesario, en su justa cantidad, con la calidad requerida, y en el momento y lugar adecuado nos llevará a estas ventajas:

- Menor necesidad de controles de stock y producción.
- Facilita el transporte interno, el control de la producción y la ejecución del trabajo en el plazo previsto.
- Menor tiempo de búsqueda de aquello que nos hace falta.
- Evita la compra de materiales y componentes innecesarios y también de los daños a los materiales o productos almacenados.
- Aumenta el retorno de capital.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas.
- Provoca una mayor racionalización del trabajo, menor cansancio físico y mental, y mejor ambiente.

Para tener claros los criterios de colocación de cada cosa en su lugar adecuado, responderemos las siguientes preguntas:

- ¿Es posible reducir el stock de esta cosa?
- ¿Esto es necesario que esté a mano?
- ¿Todos llamaremos a esto con el mismo nombre?
- ¿Cuál es el mejor lugar para cada cosa?

Y por último hay que tener en claro que:

- Todas las cosas han de tener un nombre, y todos deben conocerlo.
- Todas las cosas deben tener espacio definido para su almacenamiento o colocación, indicado con exactitud y conocido también por todos.

4.1.3 *Seiso (Limpieza): La 3° S*

La limpieza la debemos hacer todos.

Es importante que cada uno tenga asignada una pequeña zona de su lugar de trabajo que deberá tener siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la empresa sin asignar. Si las personas no asumen este compromiso la limpieza nunca será real.

Toda persona deberá conocer la importancia de estar en un ambiente limpio. Cada trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirar cualquier tipo de suciedad generada.

Beneficios:

Un ambiente limpio proporciona calidad y seguridad, y además:

- Mayor productividad de personas, máquinas y materiales, evitando hacer cosas dos veces
- Facilita la venta del producto.
- Evita pérdidas y daños materiales y productos.
- Es fundamental para la imagen interna y externa de la empresa.

Para conseguir que la limpieza sea un hábito tener en cuenta los siguientes puntos:

- Todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlas y antes de guardarlos
- Las mesas, armarios y muebles deben estar limpios y en condiciones de uso.
- No debe tirarse nada al suelo
- No existe ninguna excepción cuando se trata de limpieza. El objetivo no es impresionar a las visitas sino tener el ambiente ideal para trabajar a gusto y obtener la Calidad Total

4.1.4 *Seiketsu (Normalización). La 4° S*

Esta S envuelve ambos significados: Higiene y visualización. La higiene es el mantenimiento de la limpieza, del orden. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. En un ambiente limpio siempre habrá seguridad.

Una técnica muy usada es el “visual management”, o gestión visual. Esta Técnica se ha mostrado como sumamente útil en el proceso de mejora continua. Se usa en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente.

Consiste en grupo de responsables que realiza periódicamente una serie de visitas a toda la empresa y detecta aquellos puntos que necesitan de mejora.

Una variación mejor y más moderna es el “color management” o gestión por colores. Ese mismo grupo en vez de tomar notas sobre la situación, coloca una serie de tarjetas, rojas en aquellas zonas que necesitan mejorar y verdes en zonas especialmente cuidadas.

Normalmente las empresas que aplican estos códigos de colores nunca tienen tarjetas rojas, porque en cuanto se coloca una, el trabajador responsable de esa área soluciona rápidamente el problema para poder quitarla.

Las ventajas de uso de la 4ta S

- Facilita la seguridad y el desempeño de los trabajadores.
- Evita daños de salud del trabajador y del consumidor.
- Mejora la imagen de la empresa interna y externamente.
- Eleva el nivel de satisfacción y motivación del personal hacia el trabajo.

Recursos visibles en el establecimiento de la 4ta. S:

- Avisos de peligro, advertencias, limitaciones de velocidad, etc.
- Informaciones e Instrucciones sobre equipamiento y máquinas.
- Avisos de mantenimiento preventivo.
- Recordatorios sobre requisitos de limpieza.
- Aviso que ayuden a las personas a evitar errores en las operaciones de sus lugares de trabajo.
- Instrucciones y procedimientos de trabajo.

Hay que recordar que estos avisos y recordatorios:

- Deben ser visibles a cierta distancia.
- Deben colocarse en los sitios adecuados.
- Deben ser claros, objetivos y de rápido entendimiento.
- Deben contribuir a la creación de un local de trabajo motivador y confortable.

4.1.5 Shitsuke (Compromiso y Disciplina): la 5° S

Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base de buenos hábitos.

Mediante el entrenamiento y la formación para y la puesta en práctica de estos conceptos, es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.

En suma se trata de la mejora alcanzada con las 4 S anteriores se convierta en una rutina, en una práctica más de nuestros quehaceres. Es el crecimiento a nivel humano y personal a nivel de autodisciplina y autosatisfacción.

4.2 Aplicación práctica

Se realiza la aplicación de 5S en la sala de planos, lugar que empleo como oficina.

El estado de la misma como se puede observar en las fotos es de desorden y suciedad.



Fotografía 16. Estado inicial. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 17. Estado inicial. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 18. Estado inicial. Fuente: Elaboración propia

Usamos Post-it de colores para indicar en qué zonas nos centraremos:

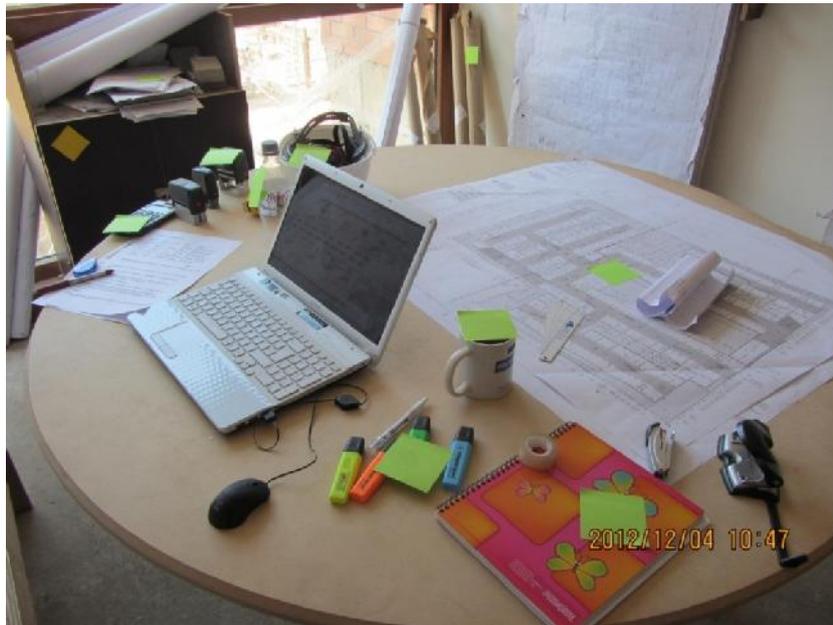
En color verde aquello que clasificaremos y ordenaremos en primer lugar y en amarillo zonas futuras de actuación.



Fotografía 19. Marcamos objetos a ordenar. Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Seiri (Clasificación y Descarte)

Nos centramos en primer lugar en la mesa:



Fotografía 20. Se inicia el orden por la zona principal de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

Realizamos tres montones:

- Cosas a conservar en el escritorio (color verde)
- Cosas que no pertenecen a la zona y deben ser guardadas o descartadas en el caso de no servir (color azul)
- Cosas que no se usan y deben ser almacenadas (color amarillo)



Fotografía 21. Montones según clasificación. Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Seiton (Organización) La 2da S

Siguiendo el criterio del punto anterior, ordenamos lo perteneciente al escritorio, almacenamos lo no usado, devolvemos a su origen lo que no pertenece a la zona y tiramos aquellas cosas que no sirven.



Fotografía 22. Estado una vez ordenado. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 23. Estado una vez ordenado. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 24. Estado una vez ordenado. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 25. Estado una vez ordenado. Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Seiso (Limpieza) : La 3° S

Se limpia la sala y el resto de elementos.



Fotografía 26. Limpieza. Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Seiketsu (Normalización) La 4° S

Revisiones periódicas nos permitirán detectar aquellos elementos que no están en su lugar de origen. Cada uno de los usuarios de la sala debe mantener el orden de la misma.



Fotografía 27. Revisión de elementos que no están el su lugar.

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Shitsuke (Compromiso y Disciplina) : la 5° S

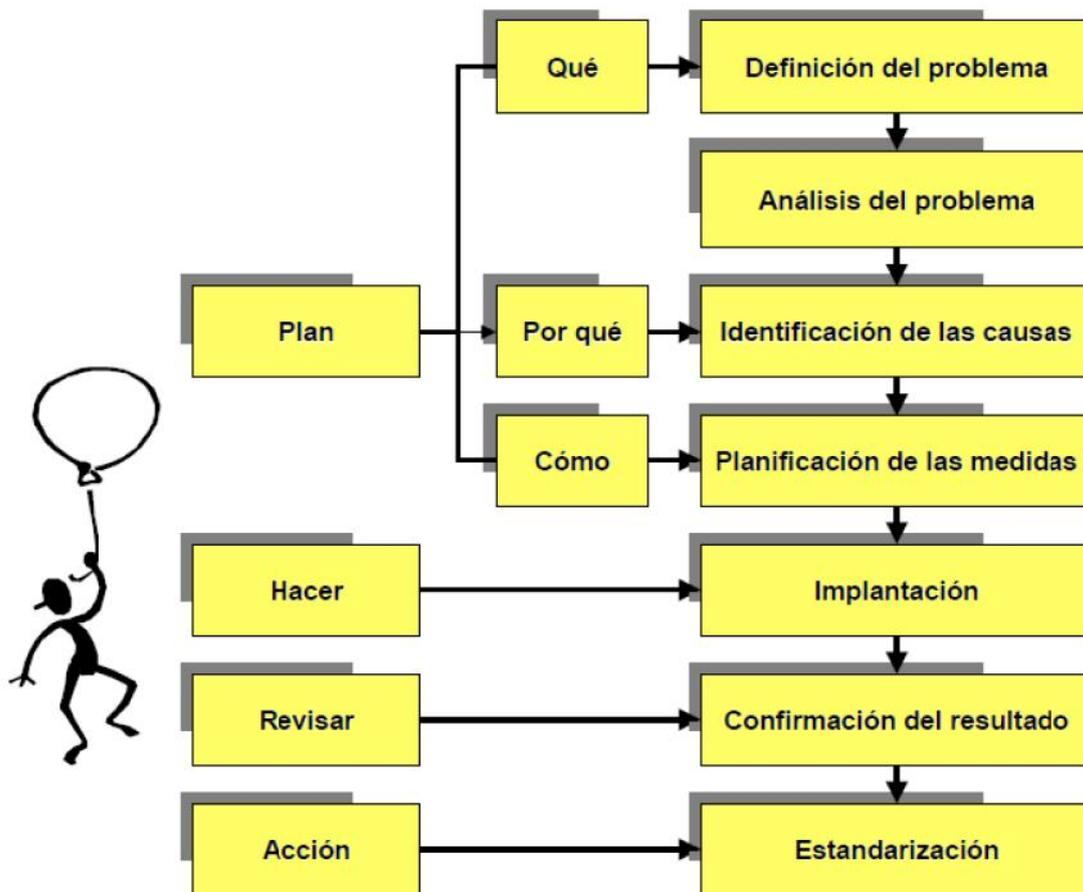
En este momento se ha explicado de la existencia de la herramienta a diferentes miembros del equipo de trabajo: Jefes de Terreno, Seguridad, Calidad...

En un futuro se podrían iniciar talleres con cada una de las secciones de la empresa donde se explique detenidamente la herramienta y se aplique a su sector (oficinas, tajos, bodega, zona de acopios, comedores....)

5 Kaizen (mejora continua) PDCA

5.1 Introducción Kaizen

KAIZEN: significa mejora continua que implica a todos por igual. En un proyecto o empresa no es suficiente con aplicar las herramientas LEAN y alcanzar unos mejores logros: es necesario día a día obtener mejoras y seguir pensando frente a un problema de qué manera solucionarlo pero además para el futuro cómo se puede aprovechar cada una de las restricciones.



En la Tabla 37 podemos ver la diferencia entre la innovación en occidente y el Kaizen Japonés:

	Kaizen	Innovación
1 Efecto	Largo plazo y larga duración, pero sin dramatismo.	Corto plazo, pero dramático.
2 Paso	Pasos pequeños.	Pasos grandes.
3 Itinerario	Continuo e incremental.	Intermitente y no incremental.
4 Cambio	Gradual y constante.	Abrupto y volátil.
5 Involucramiento	Todos.	Selección de unos pocos "campeones".
6 Enfoque	Colectivismo, esfuerzos de grupo, enfoque de sistemas.	Individualismo áspero, ideas y esfuerzos individuales.
7 Modo	Mantenimiento y mejoramiento.	Chatarra y reconstrucción.
8 Chispa	Conocimiento convencional y estado del arte.	Invasiones tecnológicas, nuevas invenciones, nuevas teorías.
9 Requisitos prácticos	Requiere poca inversión, pero gran esfuerzo para mantenerlo.	Requiere grande inversión y pequeño esfuerzo para mantenerlo.
10 Orientación al esfuerzo	Personas.	Tecnología.
11 Criterios de evaluación	Proceso y esfuerzo para mejores resultados.	Resultados para las utilidades.
12 Ventaja	Trabaja bien en economías de crecimiento lento.	Mejor adaptada para economías de crecimiento rápido.

Tabla 37. Diferencia entre Kaizen e Innovación. Fuente: Alarcón

Una de las **leyes de Parkinson** es que una organización, una vez que construye su estructura, inicia su declinación.

Todos los sistemas están destinados a deteriorarse una vez que han sido establecidos.

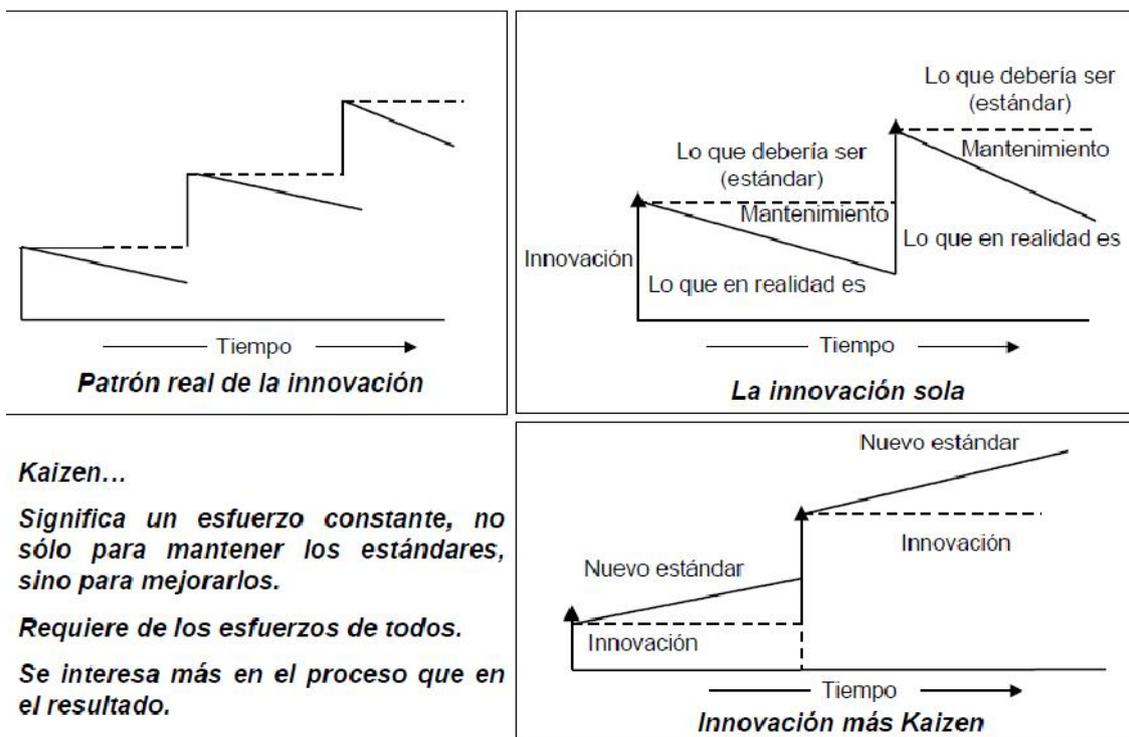


Figura 53. Gráfico evolución innovación. Fuente: Curso Avanzado de Lean". Fundación Universitat – Empresa Castellón. 19 de abril de 2012.

La utilización de Kaizen conduce a la calidad mejorada y a la mayor productividad.

Ayuda además a poner más atención a las necesidades del cliente, construyendo un sistema que tome en cuenta los requisitos de éste.

Tiene un enfoque humanista, porque espera que todos participen en él. Está basado en la creencia de que todo ser humano puede mejorar su lugar de trabajo, en donde pasa la tercera parte de su vida.

Su estrategia se esfuerza por dar atención íntegra tanto al proceso como al resultado. Es el esfuerzo lo que cuenta cuando se habla del mejoramiento del proceso y en consecuencia, la administración debe desarrollar un sistema que recompense los esfuerzos, tanto de los trabajadores como de la administración misma. No se debe, sin embargo, confundir el reconocimiento de los esfuerzos con el reconocimiento por los resultados.

La introducción de una estrategia Kaizen, requiere de enfoques “bi-direccionales” (tanto de arriba hacia abajo como de abajo hacia arriba): en los niveles inferiores con entrenamiento continuo en el uso de herramientas analíticas; en los niveles superiores el enfoque de diseño establecerá las metas y los medios para realizar su despliegue.

El enfoque “analítico” trata de aprender de las experiencias pasadas, mientras que el enfoque de “diseño” intenta construir un futuro mejor con metas predeterminadas.

Cuando ambos enfoques son combinados con las funciones de resolución de problemas y la toma de decisiones de los gerentes de cada nivel, se convierten en herramientas para la implementación del Kaizen.

La estrategia de Kaizen y la administración del Control Total de la Calidad, producen los siguientes efectos:

- 1) la gente entiende los asuntos críticos reales con mayor rapidez;
- 2) se pone más énfasis en la planificación;
- 3) se fomenta una forma de pensamiento orientada al proceso;
- 4) la gente se concentra en los asuntos de más importancia,
- 5) todos participan en la construcción de un nuevo sistema

Kaizen no reemplaza ni excluye la innovación: más bien, los dos son complementarios. Idealmente la innovación debe darse después que el Kaizen (mejoramiento) haya sido agotado; sin embargo, Kaizen deberá iniciar nuevamente de la mano con la innovación: ambos son ingredientes indispensables para el progreso.

“Kaizen mejora el status quo aportándole mayor valor agregado. Está destinado a rendir resultados positivos si los esfuerzos son continuos hacia una meta bien

definida... sin embargo, Kaizen está limitado porque no reemplaza o cambia de manera fundamental el status quo. Tan pronto como el valor marginal de Kaizen comienza a declinar, debe uno cambiar el reto de la innovación. El trabajo de la alta administración es mantener el equilibrio entre el Kaizen y la innovación, y nunca olvidar la búsqueda de oportunidades innovadoras.

5.2 Herramientas Básicas para la Mejora

5.2.1 Histograma

Los datos de frecuencia obtenidos por las mediciones muestran un pico alrededor de determinado valor. A la variación de las características de calidad se le denomina “distribución”, y la figura que muestra la frecuencia en forma de estaca se designa como “histograma”. Se utiliza principalmente para determinar los problemas revisando la forma de la dispersión, el valor central y la naturaleza de la dispersión

5.2.2 Gráfico de Pareto

Clasifica los problemas de acuerdo con la causa y fenómeno. Los problemas son diagramas de acuerdo a la prioridad, utilizando un formato de gráficas de barras, con el cien por ciento indicando la cantidad total del valor perdido.

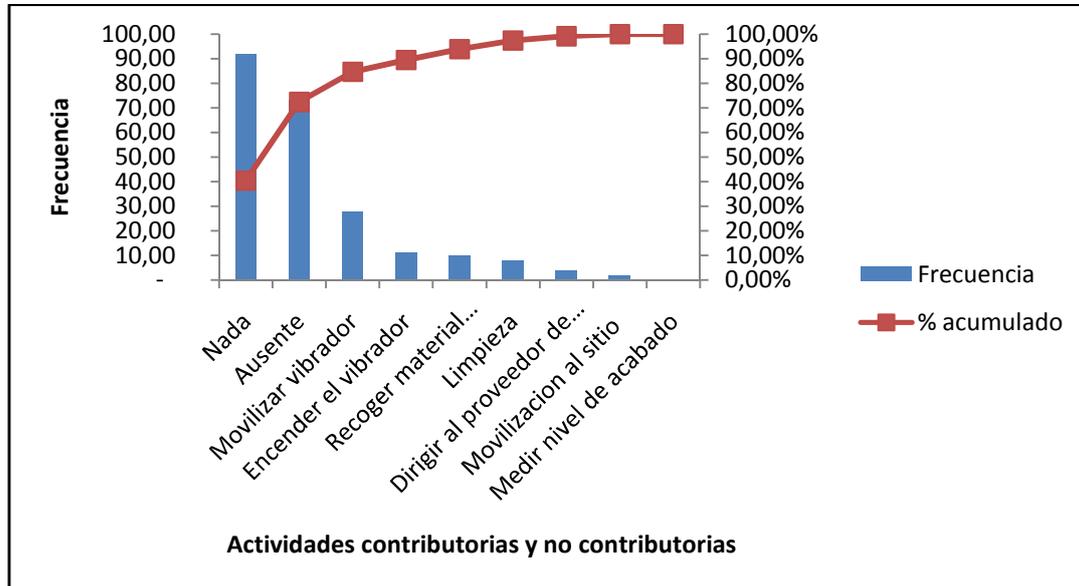


Figura 54. Diagrama de Pareto de actividades. Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Cartas de Control

Existen dos tipos de variaciones; las inevitables ocurridas bajo variaciones normales, y las anormales, que pueden llevar a una causa. Las cartas de control sirven para detectar tendencias anormales con la ayuda de gráficas lineales. Estas gráficas difieren de las gráficas lineales estándar en que tienen

líneas de límite de control en los niveles central, superior e inferior. Los datos de muestra se trazan en puntos sobre la gráfica para evaluar las situaciones y tendencias del proceso.

5.2.4 Búsqueda de la causa raíz: 5 por qué

Los 5 por qué es un método seguido para identificar y profundizar en las causas que originan problema y encontrar, en el mismo nivel de profundidad las soluciones correspondientes.

Este método consiste en preguntar ¿por qué? cinco veces.

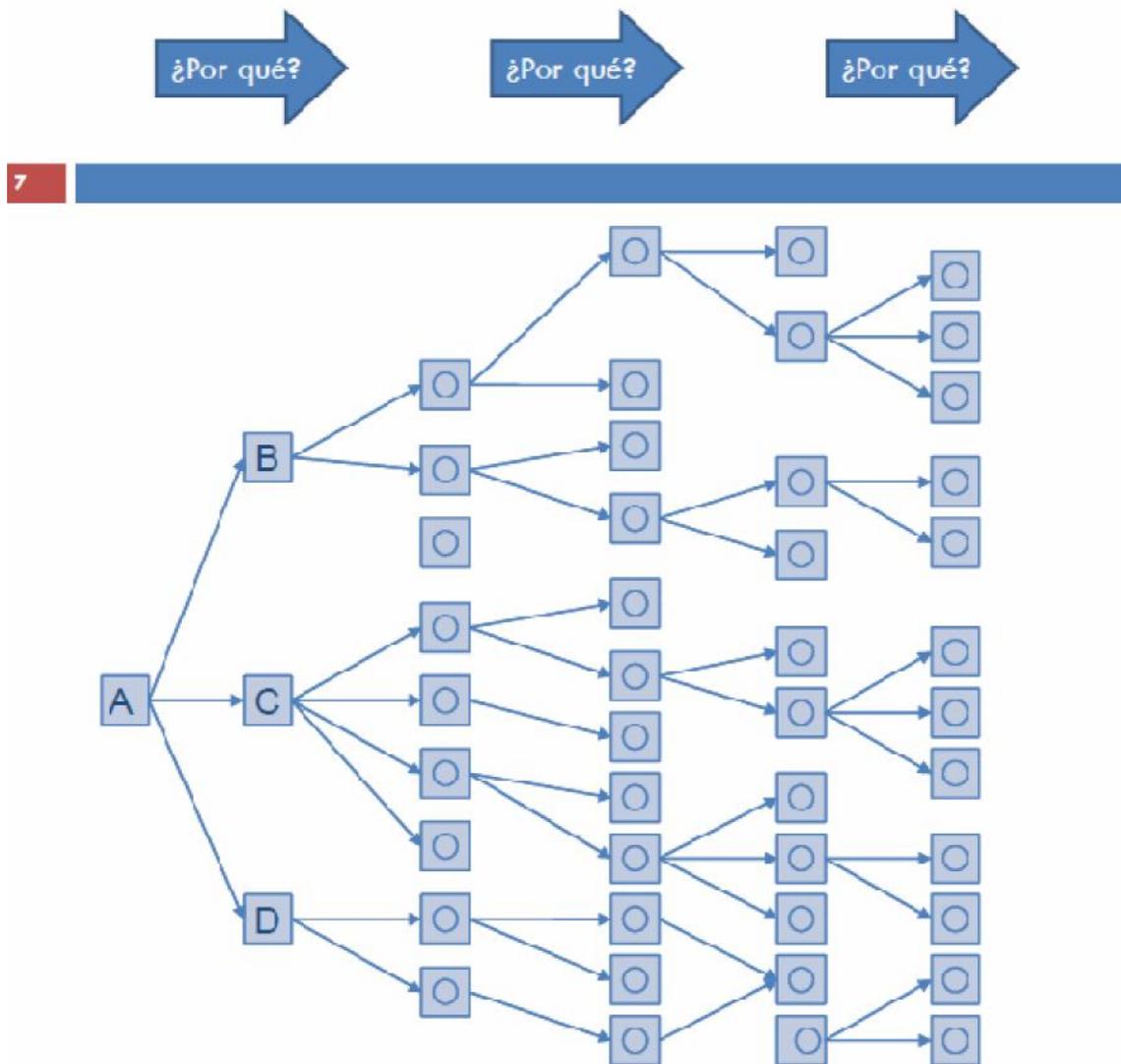


Figura 55. Uso herramienta 5 Por qué

Aplicación práctica

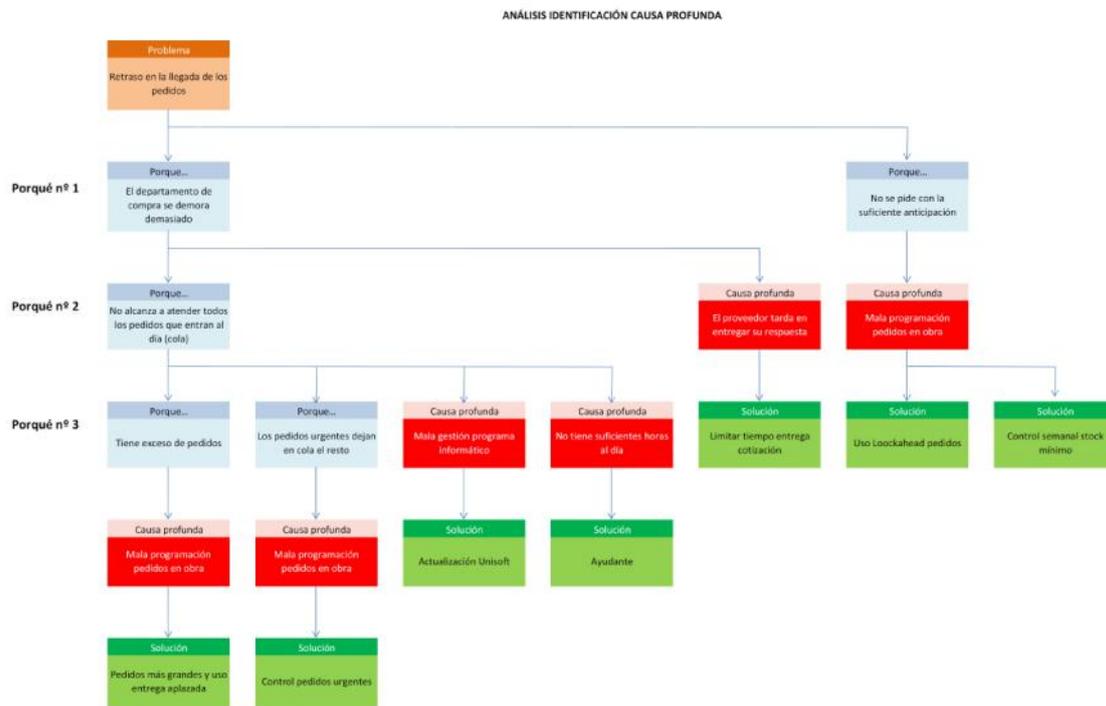


Figura 56. Uso 5 Por qué. Fuente: Elaboración propia

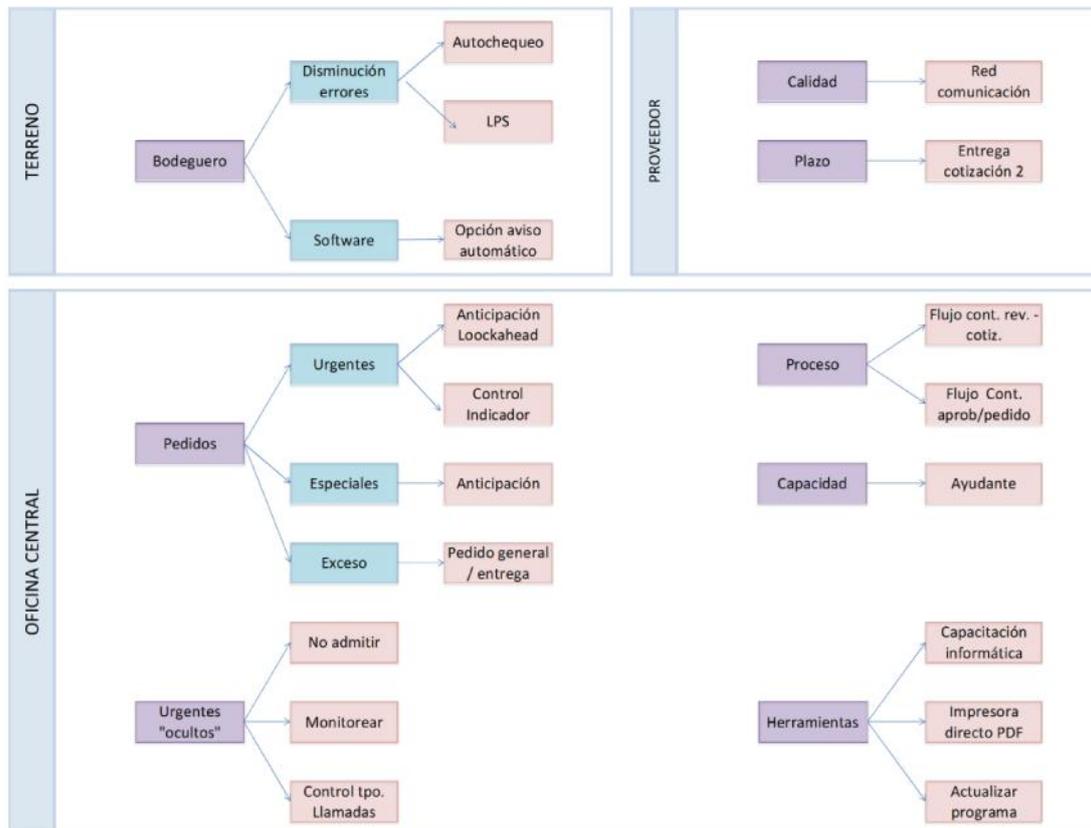


Figura 57. Análisis Causal. Fuente: Elaboración propia

6 Seguridad: rediseño de operaciones

6.1 Introducción Lean y seguridad

¿Cómo puede Lean Construction mejorar la Seguridad?

Hoy en día existen mejores programas de seguridad que tienen por objeto capacitar y motivar a los trabajadores a evitar peligros. Estos programas intentan contrarrestar la presión para mejorar la eficiencia y menor esfuerzo, pero son sólo un éxito parcial.

La presión organizacional para la productividad y el impulso individual para minimizar el esfuerzo, empuja a los trabajadores a trabajar cerca del límite de funcionamiento seguro (Howell et al 2001, Rasmussen 1997). Los programas de seguridad crean una contrapresión cuyo objetivo es minimizar la exposición a los peligros, y mantener a los trabajadores alejados de situaciones peligrosas. En el entrenamiento de los trabajadores de la construcción, y la motivación se supone que es la clave para prevenir accidentes. Las prácticas más comunes que las empresas constructoras utilizan para mejorar la seguridad incluyen:

- Capacitación en normas de seguridad, uso seguro de herramientas, operación de equipos, etc.
- Herramientas conversaciones revisar el uso de herramientas y los riesgos del proyecto.
- Pre-tarea peligro de planificación
- Las inspecciones realizadas por el personal de seguridad y gestión de proyectos.
- Incentivos por desempeño de seguridad que recompensa a los individuos o equipos de proyecto.
- Un programa de citación a reconocer el comportamiento bueno y malo.
- Control de drogas y alcohol
- El uso de equipo de protección para reducir las consecuencias de los incidentes.

Sin embargo, la eficacia de estas estrategias para la prevención de accidentes es limitado: el educativo y la presión de motivación para trabajar con seguridad está siempre en desacuerdo con el imperativo organizacional para aumentar la productividad y la urgencia de las personas a gastar menos esfuerzo. Como resultado, los trabajadores a menudo van a trabajar cerca del límite de la zona no segura, donde los errores o variaciones normales en el rendimiento pueden causarles la pérdida de control. Mientras que los errores siempre se producen en situaciones complejas y dinámicas, las consecuencias de los errores aumentarán a medida que los trabajadores se mueven más cerca del límite de realizarlo de forma segura. Las consecuencias nefastas siguen cuando los

trabajadores se acercan a la orilla, donde incluso un pequeño error puede conducir a la pérdida de control.

NUEVO ENFOQUE DE LA SEGURIDAD

Modelo de Rasmussen (1994, 1997), (*Rasmussen 1997*) reconoce las presiones que empujan a los trabajadores hacia un comportamiento de mayor riesgo.

Basado en el Modelo de Rasmussen, Howell, (*Howell 2001*) identificó tres zonas de operaciones, ilustrado en la **referencia**: zona de seguridad, zona de peligro, y zona de pérdida de control.

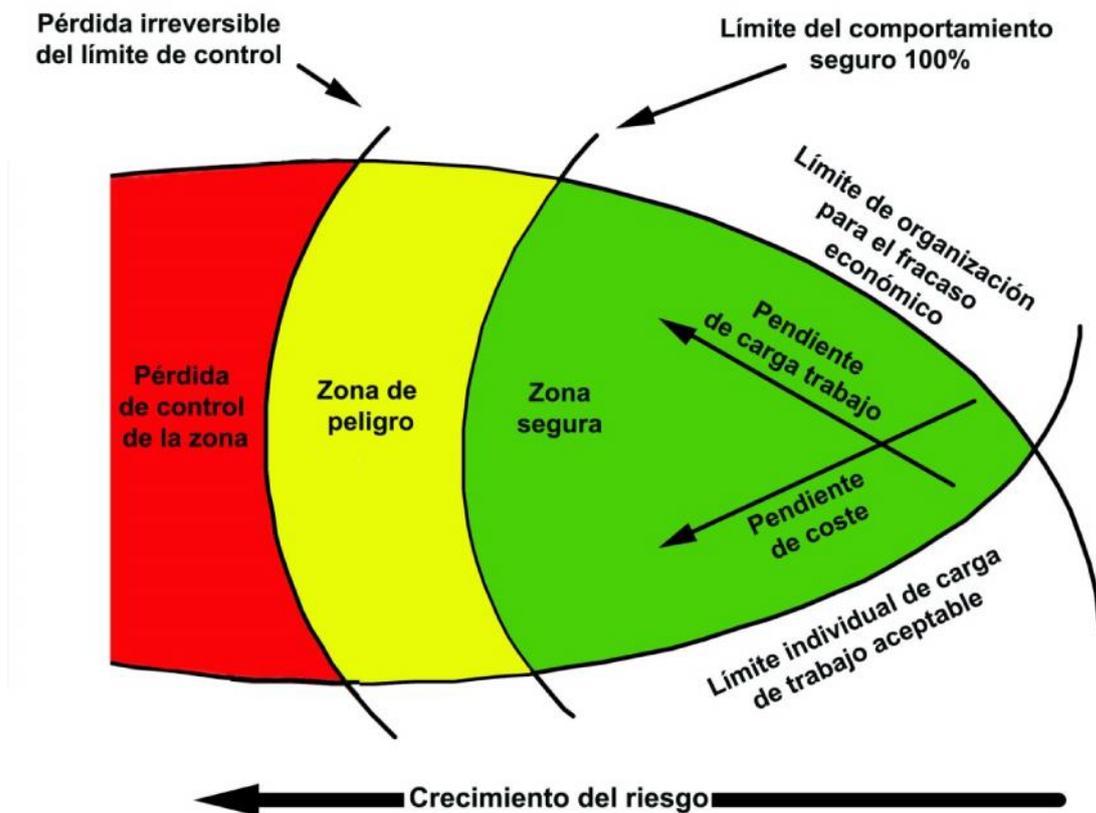


Figura 58. Tres zonas de riesgo. Fuente: Howell 2001

Los errores pueden ocurrir en cada zona. En un sentido, la distancia entre la ubicación del trabajador y el límite donde se pierde el control es el margen para el error. Los trabajadores de la zona de seguridad sólo están amenazados por errores grandes y poco frecuentes. Los pequeños errores no provocan una lesión o daño.

El trabajo es más sensible al error cuando los trabajadores se acercan a la orilla donde se pierde el control. En la zona de peligro, incluso los pequeños errores rápidamente pueden dar lugar a pérdida. Sobre la base de este modelo se proponen tres estrategias para mejorar la seguridad:

- EN LA ZONA SEGURA: Ampliar la zona de seguridad a través de la planificación de la operación utilizando estudios para eliminar la posibilidad de error y para protegerlo de los que no puede ser eliminado.
- EN LA ZONA DE PELIGRO: Hacer visible el límite más allá del cual el trabajo ya no es seguro porque un peligro puede ser dado incluso por pequeño error. Es necesario enseñar a la gente a reconocer los límites y la forma de detectar y recuperarse de los errores en la zona de peligro.
- FUERA DE LA ZONA DE CONTROL: Diseñar formas para limitar el efecto de la amenaza una vez que el control se ha perdido.

El modelo analiza los pasos del proceso de accidente e identifica los factores del sistema de producción que influyen en el tipo y la frecuencia de peligros durante una actividad. El modelo es más descriptivo que prescriptivo y tiene en cuenta los comportamientos reales de producción frente a los comportamientos normativos que los trabajadores "deberían" seguir. *(Mitropoulos, Howell, & Reiser)*

VISTA GENERAL DEL MODELO

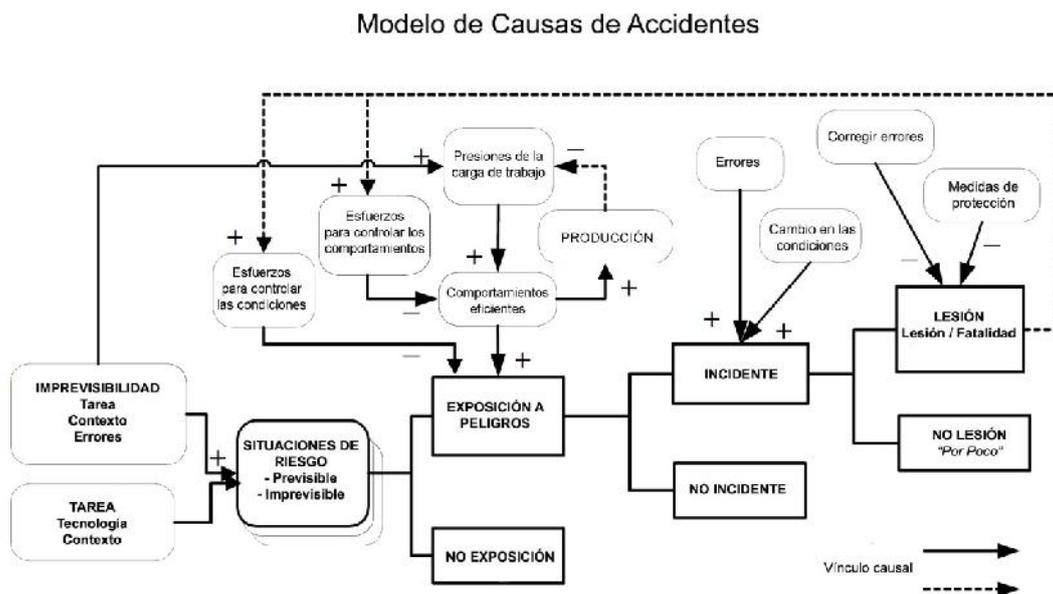


Figura 59. Modelo de causas de accidente. Fuente: Mitropoulos, Howell & Abdelhamid

La Figura 59 muestra las etapas del proceso de accidente y los principales factores que influyen en el proceso y por consiguiente la probabilidad de accidentes durante una actividad de construcción. Las flechas indican relaciones causa-efecto. Los signos positivos y negativos indican la dirección de la relación entre los factores; un signo positivo indica que cuando la causa aumenta se incrementa el efecto. Un signo negativo indica que cuando la causa aumenta, el efecto disminuye.

Las características de la tarea y el contexto de trabajo, y la imprevisibilidad de la tarea generan riesgos. Los trabajadores pueden o no pueden estar

expuestos a situaciones peligrosas. La seguridad se esfuerza por controlar las condiciones de prevenir la exposición. Las presiones de producción eficiente llevan a comportamientos de trabajo (trabajo rápido, tomar atajos, etc.) que aumentan la producción, así como la exposición a los riesgos.

Los esfuerzos de seguridad deben ir dirigidos al control de los comportamientos expuestos a riesgo. La exposición a los riesgos crea el potencial para que se produzcan accidentes, pero no necesariamente conducen a ellos accidentes. Errores y cambios en las condiciones (Por ejemplo, fallos mecánicos) en condiciones de exposición desatan el peligro y generar incidentes. La liberación de un peligro (incidente) puede resultar en un accidente (o lesión muerte) o en un No accidente “por poco”. *(Mitropolulos, 2010)*

Las medidas (tales como equipo de protección personal) mitigan las consecuencias de un incidente.

Modelo general de Demanda y Capacidad

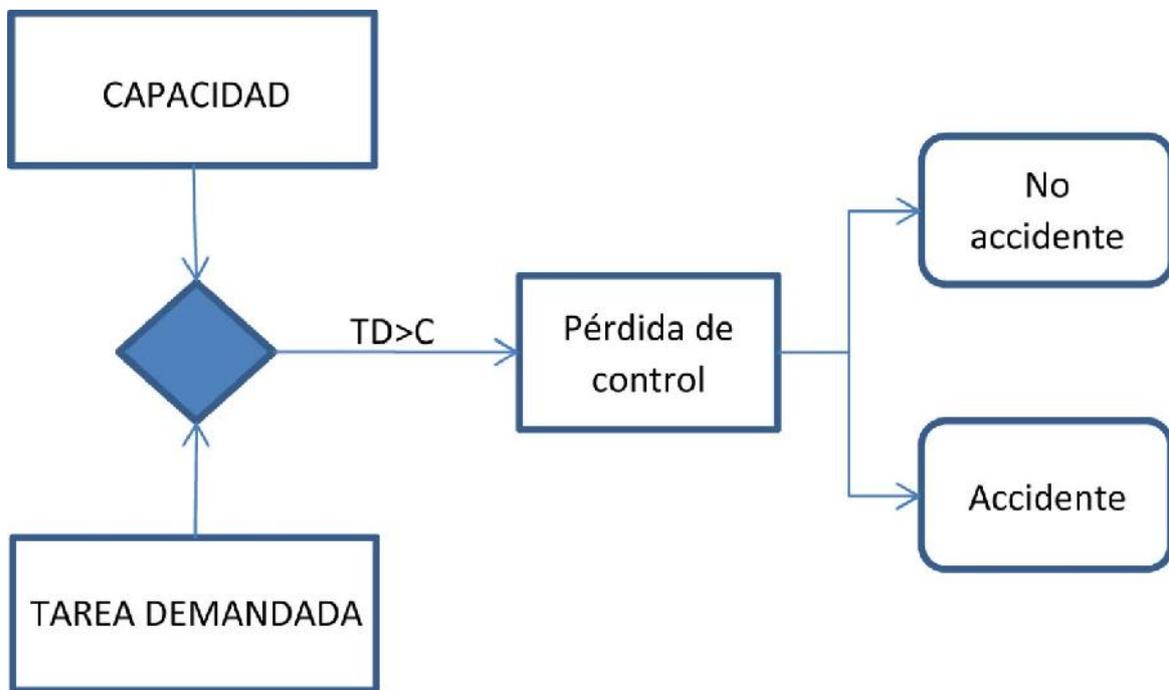


Figura 60. Modelo general de Demanda y Capacidad. Fuente: Mitropolus 2010

Task Demand-Capability Modelo of Construction Safety

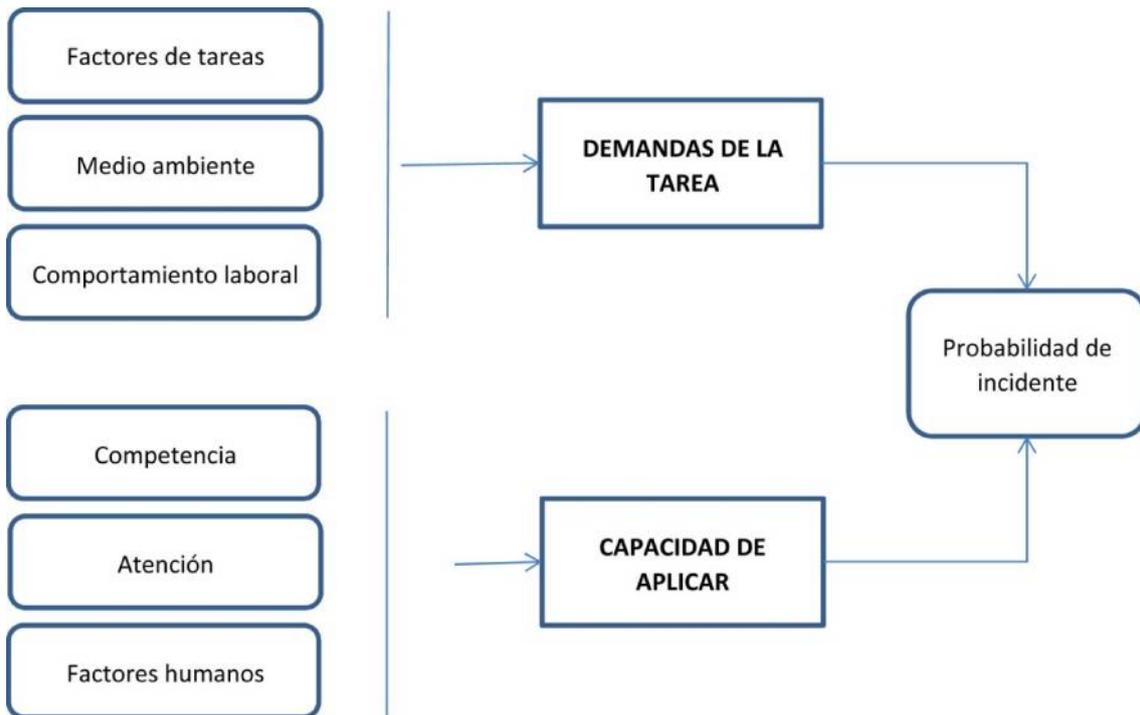


Figura 61. Task Demand-Capability Modelo of Construction Safety.

Fuente: Mitropolus 2010

Task Demands vs Capability



Figura 62. Task Demands vs Capability. Fuente: Mitropolus 2010



Instrucciones de investigación para la prevención de accidentes:

Las prácticas actuales de seguridad se centran en la prevención de la exposición de los trabajadores a los riesgos con los esfuerzos para condiciones de control y comportamientos.

Se pueden identificar tres estrategias para la prevención de accidentes:

1. Reducir el número de situaciones de riesgo al reducir la imprevisibilidad de trabajo.

Enfoque actual de la seguridad (cumplimiento) establece las defensas específicas para cada situación peligrosa, pero no influye en el número de situaciones peligrosas generadas.

Esta estrategia se centra en reducir el número de situaciones peligrosas debido a imprevisibilidad. El modelo propone que las situaciones impredecibles son más propensas a resultar en exposiciones y accidentes debido a que (a) las defensas no son planeadas con anticipación, (b) crear altas presiones que aumentan la producción de exposiciones, y aumentar (c) la probabilidad de errores.

Los medios principales para reducir la imprevisibilidad están aumentando la fiabilidad de la planificación. Ballard y Howell (1998) propusieron la utilización del Sistema de último planificador para control de la producción que requiere el desarrollo de las tareas de alta calidad de trabajo. Esta asegura que los recursos necesarios (incluidos los recursos humanos con los conocimientos adecuados), directivas y requisitos previos para una actividad están disponibles y el trabajo se puede completar como estaba previsto.

Reducir el riesgo para la seguridad de los comportamientos eficientes. En lugar de limitar los comportamientos productivos con un conjunto de reglas, esta estrategia se centra en abordar los factores que hacen que los comportamientos eficientes inseguro.

2. Reducir el riesgo de seguridad de comportamientos eficaces

Los esfuerzos actuales de seguridad para el control de las conductas están en conflicto con las conductas laborales eficientes.

En lugar de preguntar cómo podemos mantener a los trabajadores de actuar de manera más eficiente (porque, incrementan la exposición a los riesgos), este enfoque se centra en "cómo podemos hacerla segura a los trabajadores a trabajar más eficientemente? ", por lo que los comportamientos eficientes no aumentan exposición a los riesgos.

3. Desarrollar prácticas de manejo de errores y habilidades. Las exposiciones y los errores son inevitables. Tenemos que aumentar la capacidad de los trabajadores para evitar, retener y recuperar de errores bajo condiciones de exposición.

Este enfoque acepta que las exposiciones y los errores son inevitables.

Gestión de errores es un conjunto de estrategias que permiten a los trabajadores de detectar y corregir errores antes de la aparición de consecuencias. Gestión de errores proporciona un conjunto de error contramedidas con tres líneas de defensa: (1) evitar errores. (2) Error atrapando a evitar que se propaguen. (3) Error de mitigación para reducir las consecuencias de los los errores que se producen y no están atrapados.

6.2 Propuesta práctica

Mediante la siguiente herramienta conseguimos detectar en una actividad cualquiera cuál es el momento de mayor peligro, evaluando por separado los distintos riesgos a los que se está expuesto y seguidamente realizando el sumatorio de todos ellos.

Pasos para la evaluación de la demanda de una actividad en una operación de construcción: [\(Mitropolulos, 2010\)](#)

1. Identificar riesgos principales
2. Identificar factores de la demanda de la actividad
3. Calcular el potencial de accidente

Caso: Colocación de moldaje para la ejecución de un muro de hormigón armado de 2,5 metros de altura.

Recursos: un operario

Tiempo deCiclo:1:10minutos por sección

Pasos:

Actividad	Tiempo	
Coger paipa	15	seg.
Subir por encofrado	10	seg.
Estabilizarse para trabajar	5	seg.
Pasar la aguja	10	seg.
Golpear la paipa	10	seg.
Bajar por el encofrado	15	seg.
	65	seg.

1. Identificación de los riesgos principales:

- Caída en altura
- Golpes por uso herramienta manual

2. Identificar factores de la demanda de la actividad

TAREA FACTOR DE DEMANDA

	Sin influencia (valor=0)	Bajo (valor=1)	Moderado (valor = 3)	Alto (valor= 9)
Tipo de movimiento	-	Quieto en lo alto/suelo	Subir por encofrado	Bajar por encofrado
Altura	Abajo		Subiendo/ bajando	Arriba del encofrado
Uso herramientas	Sin uso	Golpeando aguja	-	-

Tabla 38. Tarea factor demanda. Fuente: Elaboración propia

Actividad	Tipo movimiento	Altura	Uso herramienta
Coger paipa	1	0	0
Subir por encofrado	3	3	0
Estabilizarse para trabajar	1	9	0
Pasar la aguja	3	9	0
Golpear la paipa	9	9	1
Bajar por el encofrado	9	3	0

Tabla 39. Determinación riesgos por tarea. Fuente: Elaboración propia

3. Calcular el potencial de accidente:

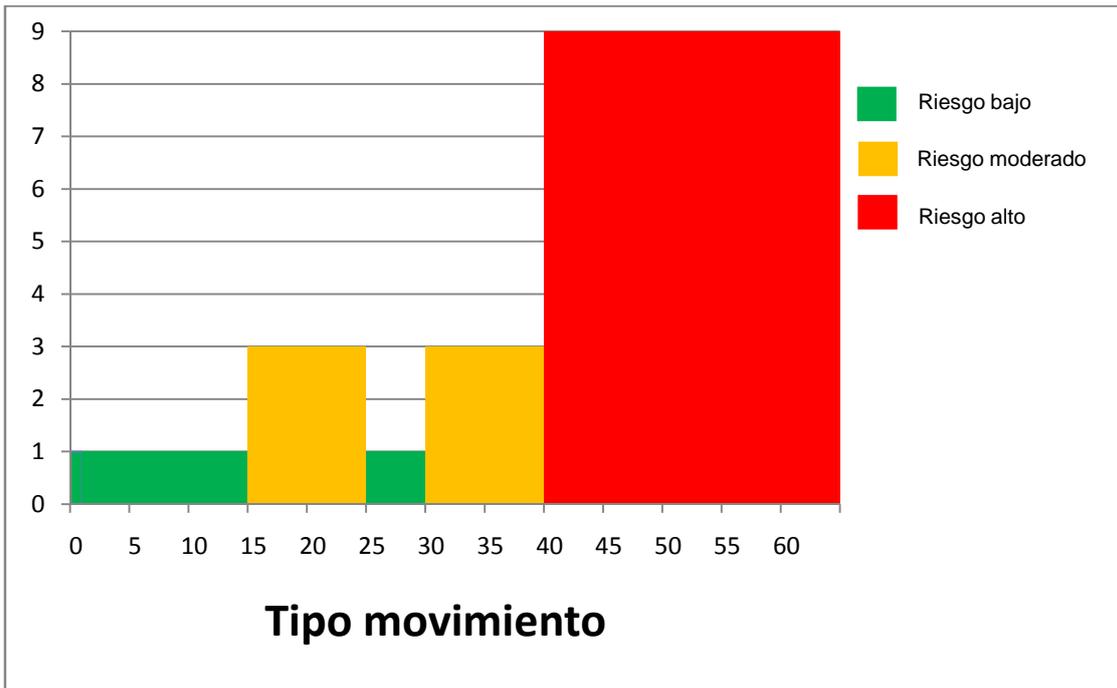


Gráfico 1. Riesgo por tipo de movimiento. Fuente: Elaboración propia

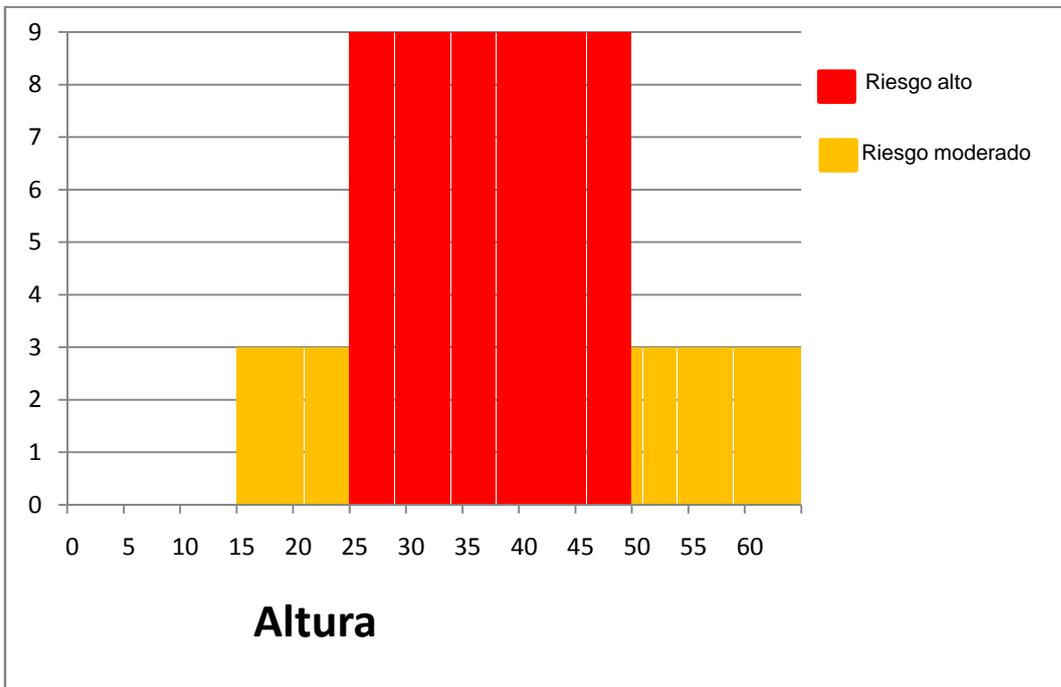


Gráfico 2. Riesgo por altura. Fuente: Elaboración propia

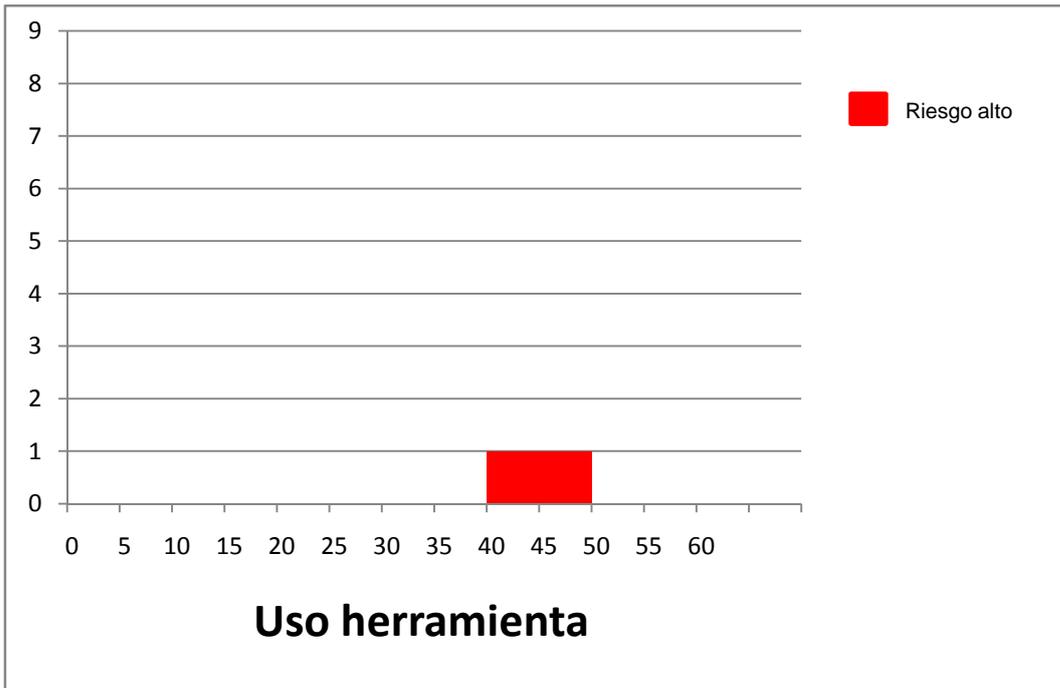


Gráfico 3. Riesgo por uso de herramienta. Fuente: Elaboración propia

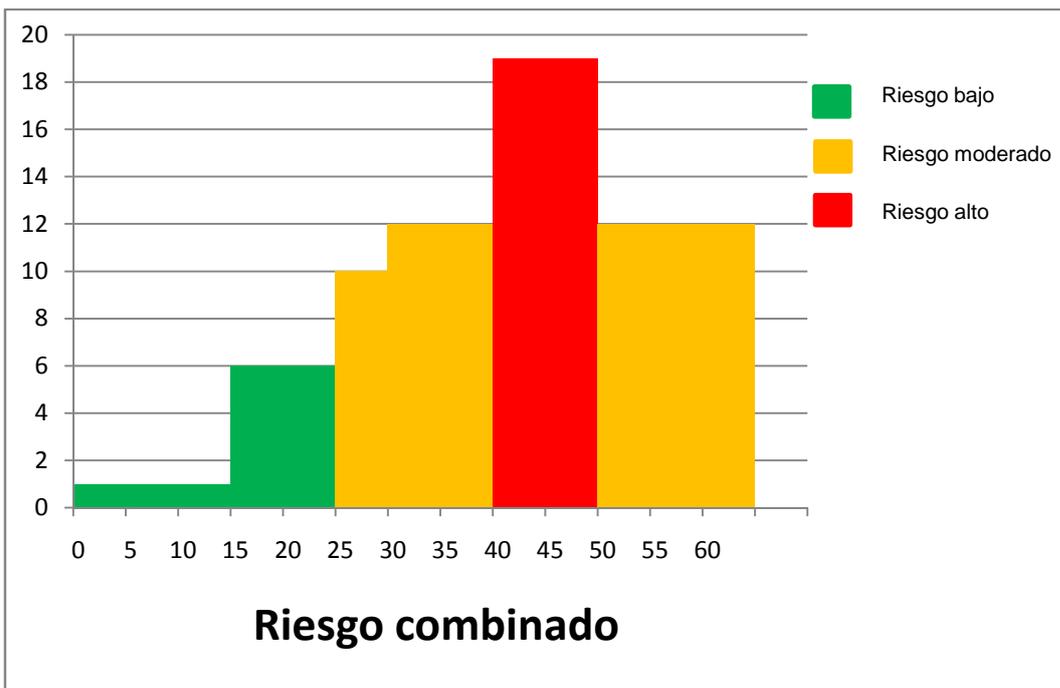


Gráfico 4. Riesgo combinado. Fuente: Elaboración propia

Como vemos en la gráfica de riesgo combinado, la actividad con mayor riesgo se desarrolla entre los segundos 40 y 50, que corresponde a la actividad de golpear la aguja. Sabiendo cuál es el momento de mayor riesgo estamos en disposición de centrarnos en ese punto para rediseñar la operación para que sea más segura.

Si observamos las imágenes siguientes, observamos que los operarios ascienden y descienden al moldaje trepando por él y el tipo de arnés es de dos

ganchos, que si bien impide la caída dificulta las labores dado que deben sujetarse con una mano y trabajar con la otra para no caer.

La manera de obtener una mayor seguridad en esta actividad sería siguiendo los siguientes pasos:

- Trabajar sobre una superficie limpia y ordenada, de modo que en caso de caída el riesgo de lesión sea la menor
- Uso de escaleras para el ascenso y descenso
- Uso de arnés con gancho delantero dado que con este tipo de arnés quedan sujetos y pueden trabajar con ambas manos.



Fotografía 28. Arnés con gancho delantero



Fotografía 29. Fijación de moldaje. Fuente: elaboración propia



Fotografía 30 Fijación de moldaje. Fuente: elaboración propia



Fotografía 31 Fijación de moldaje. Fuente: elaboración propia



Fotografía 32. Fijación de moldaje. Fuente: elaboración propia

7 Calidad

7.1 Introducción Lean y calidad. Poka Yoke

La inspección no le agrega valor al cliente, sencillamente busca o detecta (la mayoría de las veces) productos defectuosos e impide que salgan de la fábrica.

La inspección está sujeta a errores como la habilidad y atención del inspector, la capacidad de medición y entorno (factores humanos). Poka Yoke surge como la necesidad de calidad en el origen.

Shingo (1986), una mente maestra del Sistema de Producción Toyota, introdujo el concepto de “Poka Yoke” en japonés, traducido como “a prueba de error” Este concepto va de la mano con el concepto de “Jidoka” en japonés, traducido como “autonomation” en Inglés, ya que juntos forman uno de los pilares del Sistema de Producción Toyota.

Pensando a prueba de errores los fabricantes pueden diseñar sus productos de manera que no se puede construir defectuosamente, los arquitectos y los ingenieros pueden concebir diseños de sistemas que son menos propensos a fallar durante construcción o en el ciclo de vida de un producto, y en ejecución pueden aplicarse sistemas que impidan equivocarse.

Usando Poka Yoke se eliminarán las variaciones en los procesos, haciendo que el trabajo sea más estándar. Facilita el entrenamiento, la identificación de oportunidades de mejora, reduce los tiempos de proceso, mejora la confiabilidad de la calidad y los hace más confiable, evita el trabajo re-hecho y mejora los índices de seguridad. (**Grout & College, 2007**)

7.2 Propuesta práctica

Chapulín

El chapulín es un instrumento usado en obra gruesa que sirve para medir el espesor de hormigón fresco que se va extendiendo en la losa.

Desde el extremo hasta la barra que cruza mide exactamente lo mismo que el espesor de la losa. Los operarios van introduciendo el chapulín en el hormigón y haciéndolo girar pueden corroborar si la cantidad es la necesaria, más o menos, por la marca que deja en el hormigón. Ajustan la cantidad con la llana y van dejando unas marcas en el hormigón en aquellas zonas que tienen el espesor correcto, de manera que al pasar el operario de la cercha se vaya guiando con estas marcas para dejar el espesor correcto.



Fotografía 33. Operario sosteniendo chapulín. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 34. Operario midiendo espesor losa. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 35. Operario ajustando espesor de hormigón. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 36. Operario ajustando espesor de hormigón. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 37. Operario pasando la cercha para obtener espesor adecuado.

Fuente: Elaboración propia

Manual de ejecución de actividades: propuesta práctica

Una manera de exigir calidad desde el inicio es especificando exactamente cómo queremos que se ejecute una actividad y cuáles son los criterios que vamos a seguir para su rechazo o aceptación.

Muchas son las empresas que cuentan con departamento de calidad, se siguen normas ISO, UNE etc., pero quizá se olvida lo más importante: dar unas instrucciones sencillas y claras para que los propios maestros sean los que se “auto inspeccionen”, midan la calidad de su trabajo conforme lo están ejecutando.

Para ello podemos elaborar unos sencillos manuales que podrían tener el siguiente formato:

Actividad

<i>Descripción actividad:</i>
<i>Tolerancias máximas:</i>
<i>Equipos de protección:</i>
<i>Tiempo ejecución (rendimiento):</i>
<i>Materiales empleados (reutilizables):</i>
<i>Croquis:</i>

Figura 63. Propuesta manual de ejecución. Fuente: Elaboración propia

Actividades para las que se podría elaborar este Manual de ejecución son por ejemplo:

Colocación de cerámica, enchape, tabiques de ladrillo (huelco y caravista), impermeabilización, colocación de moldajes, enfierradura... Y en general en

todas aquellas actividades que por su criticidad, formar parte del acabado, o características especiales son sometidas a inspecciones a posteriori, son causas de rechazos por parte del cliente o simplemente la existencia de un Manual de Ejecución ayudaría a disminuir pérdidas y obtener calidad desde el inicio.

Bibliografía

- Ballard. (2000). Phase Scheduling. *LCI White Paper-7*, (pág. 3).
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System Production Control*.
- Howel, G., & Ballard, G. (1997). Shielding Production: An Essential Step in Production.
- Howell, G. B. (2003). *An Update on Last Planner*.
- James M. Morgan, J. K. (2006). *The Toyota Product Development System: Integrating People, Process And Technology*. Taylor & Francis.
- Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. *VTT Building Technology* , 296.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford: Stanford University.
- Koskela, L., Ballard, G., & Tanhuanpaa, V.-P. (1997). Towards Lean Design Management. *Proceedings of de 5th annual conference of the International Group for Lean Construction*. Australia: Gold Coast.
- Mitropolulos, P. &. (2010). *A New Method of Measuring the Safety Risk of Construction Activities: the Task Demand Assessment*. Journal of Construction Engineering and Management, posted ahead of print.
- Pellicer, F. y. (2009). *Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas*.
- Roos, D. P., Womack, J. P., & Jones, D. T. (1990). *The machine that Changed the World*. Massachussets: Harper Perennial.
- Steve Knapp, R. C. (2006). *Phase Plannig Today*.

Índice de tablas

Tabla 1. Producción convencional y producción LEAN.	13
Tabla 2. Listado restricciones. Fuente: GEPUC	18
Tabla 3. Motivos para la elección del Proyecto Parque Espoz.....	37
Tabla 4. Comparativa aplicación LPS en los tres proyectos	38
Tabla 5. Hitos entrega. Fuente: Elaboración propia	43
Tabla 6. Planificación por fases. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 7. Resumen Pull Session. Fuente: Elaboración propia	48
Tabla 8. Lookahead. Fuente: Elaboración propia.....	49
Tabla 9. Programa semanal revisado. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 10. Porcentaje de Programa Cumplido. Fuente: Elaboración propia.....	55
Tabla 11. Gráficos cumplimientos semanal. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 12. Programa Semanal. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 13. Listado de restricciones. Fuente: Elaboración propia	59
Tabla 14. Evolución de Liberación de Restricciones.	59
Tabla 15. Programa semanal Torre 3 por ejes. Fuente: Elaboración propia	62
Tabla 16. Revisión programación semanal cubierta.....	75
Tabla 17. Revisión programación semanal departamentos zona norte.....	76
Tabla 18. Revisión programación semanal departamentos zona sur.....	77
Tabla 19. Revisión programación semanal exteriores.....	78
Tabla 20. Planilla entregada por el GEPUC. Fuente: GEPUC	82
Tabla 21. Planilla empleada Torre 2. Fuente: Pérez, A.....	83
Tabla 22. Planilla programación Torre 1. Fuente: Elaboración propia.....	84
Tabla 23. Planilla programa semanal Torre 3. Fuente: Elaboración propia.....	85
Tabla 24. Secuencia actividades. Fuente: elaboración propia	89
Tabla 25. Trabajo a realizar. Fuente: elaboración propia	90
Tabla 26. Rendimientos por tarea. Fuente: elaboración propia.....	91
Tabla 27. Ruta crítica. Fuente: Elaboración propia	92
Tabla 28. Relación final entre tareas. Fuente: Elaboración propia	95
Tabla 29. Diagrama SIPOC de la actividad hormigonado muros.	98
Tabla 30. Identificación de los recursos observados.....	99
Tabla 31. Tiempo en minutos dedicado a cada categoría de trabajo.	101
Tabla 32. Porcentaje de tiempo dedicado a cada categoría de trabajo.....	102
Tabla 33. Niveles de actividad y participación de los recursos.....	103
Tabla 34. Seguimiento del flujo del pedido 32217.	117
Tabla 35. Monitoreo de flujo de pedido 8712. Fuente: Elaboración propia	120
Tabla 36. Pasos de las 5S.....	133
Tabla 37. Diferencia entre Kaizen e Innovación. Fuente: Alarcón.....	146
Tabla 38. Tarea factor demanda. Fuente: Elaboración propia	158
Tabla 39. Determinación riesgos por tarea. Fuente: Elaboración propia.....	158

Índice de figuras

Figura 1. Triángulo Lean.	7
Figura 2. Transformación del proceso.	9
Figura 3. Inspecciones durante el proceso.	10
Figura 4. Sistema tradicional (Push)	14
Figura 5. Last Planner System.	14
Figura 6. Interacción de actividades planificadas	15
Figura 7. Interrelación actividades planificadas.	15
Figura 8. Interrelación entre los programas.	16
Figura 9. Interrelación entre actividades aplicando Last Planner System.	16
Figura 10. Funcionamiento básico LPSystem.	17
Figura 11. Interrelación entre los programas.	19
Figura 12. Interrelación entre programas y actividades.	19
Figura 13. Work structuring.	20
Figura 14. Muestra post-it.	23
Figura 15. Muestra post-it.	23
Figura 16. Revisión de actividades antes Lookahead.	25
Figura 17. Ejemplo programación semanal de actividades.	28
Figura 18. Porcentaje Programa Cumplido.	29
Figura 19. Porcentaje de Programa Completado.	29
Figura 20. Levantamiento digital edificio.	35
Figura 21. Pasos implementación semanal Last Planner System.	50
Figura 22. Programa semanal Torre 3 por planos.	63
Figura 24. Registro PPC Semanal Torre 1.	80
Figura 25. Registro PPC Semanal Torre 3.	80
Figura 26. Registro PPC Semanal Ideal.	81
Figura 27. Rel. estructura de trabajo, paquetes de trabajo y Handoffs.	87
Figura 28. Relación entre los trabajos.	93
Figura 29. Diagrama de flujo del proceso de vibrado hormigón.	98
Figura 30. Distribución del tiempo de trabajo.	101
Figura 31. Diagrama de Pareto de actividades.	102
Figura 32. Niveles de actividad real de los recursos.	103
Figura 33. Tiempos por actividad de cada recurso.	104
Figura 34. Diagrama causa-efecto hormigonado de muros.	107
Figura 35. Diagrama de actividades propuestas.	108
Figura 36. Propuesta de ruta a seguir para el hormigonado de muros	109
Figura 37: Símbolo del cliente.	110
Figura 38. Símbolo de proceso.	111
Figura 39. Símbolo de inventario.	111
Figura 40. Símbolo de flujo del material.	111
Figura 41. Símbolo de flujo de información.	111
Figura 42. Representación de las flechas para los procesos.	112

Figura 43. Representación de supermercado.	112
Figura 44. Diagrama de procesos, adquisiciones stock mínimo.....	114
Figura 45. Diagrama de procesos, adquisiciones pedido de terreno.	116
Figura 46. Ciclo de tiempos del flujo de pedido 32217.	118
Figura 47. Ciclo de tiempos del flujo de pedido 8712.....	121
Figura 48. Tiempos de actividades desarrolladas para el pedido 32217.....	124
Figura 23. Análisis de las causas de espera por método “5 Por que”.	127
Figura 50. Zonas donde es posible realizar un mejora.....	128
Figura 51. Nuevo estado futuro de proceso de adquisiciones.....	130
Figura 52. Nuevo estado futuro de proceso de adquisiciones.....	131
Figura 53. Gráfico evolución innovación.	146
Figura 54. Diagrama de Pareto de actividades.	148
Figura 55. Uso herramienta 5 Por qué	149
Figura 56. Uso 5 Por qué.....	150
Figura 57. Análisis Causal.....	150
Figura 58. Tres zonas de riesgo.....	152
Figura 59. Modelo de causas de accidente.....	153
Figura 60. Modelo general de Demanda y Capacidad	154
Figura 61. Task Demand-Capability Modelo of ConstructionSafety.	155
Figura 62. Task Demands vs Capability.....	155
Figura 63. Propuesta manual de ejecución.....	168

Índice de gráficos

Gráfico 1. Riesgo por tipo de movimiento. Fuente: Elaboración propia.....	159
Gráfico 2. Riesgo por altura. Fuente: Elaboración propia.....	159
Gráfico 3. Riesgo por uso de herramienta. Fuente: Elaboración propia	160
Gráfico 4. Riesgo combinado. Fuente: Elaboración propia	160