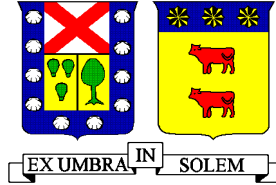


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO - CHILE



**Implementación y Evaluación del Sistema Last Planner para el Mejoramiento
de la Productividad del Proyecto Habitacional Pascual Baburizza en el marco del
Programa de Integración Social y Territorial D.S. 19**

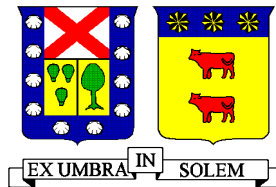
SAMUEL ELÍAS PEÑALOZA VALDIVIA

Memoria para optar al Título de
Constructor Civil

Profesor Guía
Claudio Gálvez Quezada

DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE



**Implementación y Evaluación del Sistema Last Planner para el Mejoramiento
de la Productividad del Proyecto Habitacional Pascual Baburizza en el marco del
Programa de Integración Social y Territorial D.S. 19**

Memoria de titulación presentada por
SAMUEL ELÍAS PEÑALOZA VALDIVIA

Como requisito parcial para optar al título de
Constructor Civil

Profesor Guía
Claudio Gálvez Quezada

DICIEMBRE 2019

Con especial dedicación para Claudio y Soledad por su amor, paciencia y esfuerzo incondicional apoyo hacia sus tres hijos.

Para todos los amigos que estuvieron en este camino, los buenos momentos nunca faltaron.

A Monserrat y Renata, que son el motor de mí día a día...

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad la construcción se encuentra en un ambiente extremadamente competitivo, en este contexto surge la metodología Lean Construction enfocada en la gestión de los proyectos de la industria, que busca maximizar el valor del producto y minimizar las pérdidas mediante la aplicación de técnicas que incrementen la productividad, cumpliendo con los plazos entregando mayor calidad y satisfacción al futuro cliente.

Entre las herramientas y técnicas desarrolladas consolidadas dentro del marco de Lean Construction se destaca el Sistema Last Planner mecanismo que se basa en la planificación y control que mejora el cumplimiento de las actividades de construcción y la correcta utilización de los recursos de los proyectos.

En esta memoria se implementará el sistema Last Planner en el proyecto habitacional construido bajo el Programa de Integración Social y Territorial D.S. 19 “Condominio Pascual Baburizza” ubicado en la comuna de Limache. Dicho proyecto a la fecha de enero de 2018 presentaba un atraso de 94 días.

Se estudiará el impacto del sistema Last Planner en la productividad demostrando cualitativamente mediante el uso de indicadores los beneficios de realizar una planificación respecto a reaccionar ante los problemas in situ, junto con evaluar el compromiso del equipo de trabajo durante la implementación por medio del desempeño en el cumplimiento de las actividades programadas.

Palabras Claves: Construcción, Lean Construction. Sistema Last Planner, Productividad, Rendimientos, Programa de integración social DS19

ABSTRACT

Currently, the construction is in an extremely competitive environment, in this context the Lean Construction methodology focused on the management of industry projects, which seeks to maximize the value of the product and minimize losses through the application of techniques that increase productivity, meeting the deadlines delivering greater quality and satisfaction to the future customer.

Among the tools and techniques developed consolidated within the framework of Lean Construction is the Last Planner System mechanism based on planning and control that improves compliance with construction activities and the correct use of project resources.

In this report, the Last Planner system will be implemented in the housing project built under the Social and Territorial Integration Program D.S. 19 “Pascual Baburizza Condominium” located in the commune of Limache. This project as of January 2018 presented a delay of 94 days.

The impact of the Last Planner system on productivity will be studied, qualitatively demonstrating through the use of indicators the benefits of planning to react to problems in situ, together with evaluating the commitment of the work team during implementation through performance in Compliance with scheduled activities.

Keywords: Construction, Lean Construction. Last Planner System, Productivity, Performance, Social Integration Program DS19

GLOSARIO

DS19: Decreto supremo número 19, del Programa de Integración Social y Territorial

CChC: Cámara Chilena de la Construcción.

PAC: Porcentaje actividades completadas

CNC: Causa de No Cumplimiento.

PCR: Porcentaje de cumplimiento de restricciones.

Imacon: Índice Mensual de la actividad de la construcción.

PIB: Producto Interno Bruto.

GEPUC: Centro de excelencia en Gestión de la Producción UC.

TPS: Toyota Production System (Sistema de producción Toyota)

JIT: Justo a Tiempo (Just inTime).

LPS: Last Planner System.

SUP: Sistema del ultimo planificador

LC: Lean Construction (construcción sin perdidas).

ITE: Inventario de Trabajo Ejecutable.

PCP: Periodo de Corto Plazo o Plan Semanal.

CDT: Corporación de Desarrollo Tecnológico de la CChc

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	4
ABSTRACT	5
GLOSARIO	6
INDICE	7
1.- INTRODUCCIÓN	9
1.1.- MOTIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.2.- OBJETIVOS.....	11
1.2.1.- Objetivo General	11
1.2.2.- Objetivos Específicos.....	11
1.3.- METODOLOGIA DE ESTUDIO.....	11
2.- MARCO TEÓRICO	12
2.1.- Situación Macroeconómico País.....	12
2.1.1.- Mercado inmobiliario nacional	13
2.2.- Programas de Integración Social y Territorial DS 19	14
2.3.- Productividad de la Construcción	15
2.4.- Sistema de Planificación Tradicional.....	18
2.5.- Sistema Lean Production	20
2.5.1.- El sistema de producción Toyota (TPS).....	21
2.5.2.- Principios Lean Production	24
2.6.- Lean Construction (LC)	26
2.6.1.- ¿Es la construcción una industria diferente?	27
2.6.2.- Implementar Lean Construction requiere romper paradigmas.....	28
2.6.3.- Beneficios que aporta la implantación de Lean Construction.....	29
2.6.4.- ¿Qué cambios necesitamos hacer para implantar Lean Construction?	30
2.7.- Sistema Last Planner.....	31
2.7.1.- Metodología Last Planner	34
2.7.1.1.- Plan Maestro	34
2.7.1.2.- Plan Intermedio	34
2.7.1.3.- Plan de Corto Plazo o Plan Semanal	36
2.7.2.- Cuadro resumen Metodología Last Planner.....	37
2.8.- Indicadores Last Planner	37
2.8.1.- Porcentaje de Actividades Completadas (PAC).....	37
2.8.2.- Causa de No Cumplimiento (CNC)	38
2.8.3.- Porcentaje Cumplimiento Bitácora Diaria	38
2.8.4.- Registro y Liberación de Restricciones.....	39
2.9.- Acciones Correctivas	39
2.10.- Velocidad de avance relativa.	39
3.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	41
3.1.- La Cruz Inmobiliaria y Constructora.	41

3.2.- Antecedentes proyecto por analizar	41
3.2.1.- Etapas y Fases de trabajo	43
3.2.2.- Atraso Físico	45
4.- MARCO METODOLÓGICO.....	47
4.1 Recopilación de Información	47
4.2.- Reuniones Coordinación	48
4.2.1.- Reuniones programaciones semanales	48
4.2.2.- Reuniones Bitácora Diaria	49
4.2.3.- Reunión Coordinación Subcontratos.....	50
4.3.- Etapas de Implementación Last Planner	50
4.3.1.- Plan Maestro	50
4.3.2.- Plan intermedio	51
4.3.3.- Plan Semanal.....	53
4.4.- Indicadores por medir	55
5.- RESULTADOS IMPLEMENTACIÓN SISTEMA LAST PLANNER.....	56
5.1.- Porcentaje Actividades Completado (PAC).....	56
5.2.- Causas No Cumplimiento (CNC).....	59
5.3.- Porcentaje Cumplimiento Bitácora Diaria	60
5.4.- Registro y Liberación de Restricciones.....	62
5.5.- Curva de Avance acumulado	65
5.6.- Días de atraso	66
5.7.- Velocidad de avance relativa	68
5.8.- Curva Económica	69
6.-ANÁLISIS RESULTADOS OBTENIDOS	73
6.1- Plan Corto Plazo.....	73
6.1.1.- Porcentaje Actividades Completadas	73
6.1.2.- Causas de no cumplimiento	74
6.1.3.- Porcentaje Cumplimiento Bitácora	76
6.2.- Plan Intermedio	78
6.2.1.- Registro y Liberación de Restricciones.....	78
6.3.- Plan Maestro	79
6.3.1.- Curva avance físico acumulado	79
6.3.2.- Velocidad de avance relativa	81
6.3.3.- Curva avance económico	82
7.- EVALUACIÓN GENERAL.....	84
8.- CONCLUSIONES.....	88
9.- BIBLIOGRAFÍA.....	91

1.- INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción durante el transcurso del año 2018 pudo confirmar su repunte económico, dejando atrás los últimos años en que se mantuvo en un régimen de recesión; Durante dicho año se presentó un crecimiento anual del 4%, cifra positiva respecto al promedio observado de los cuatro años anteriores que correspondió a un -1.28%. Cifra no menor pues para la economía chilena la industria de la construcción es uno de los más importantes, ya que realiza un aporte del 7% al PIB nacional.

A partir de aquello en la construcción, al igual que las demás industrias, se propone constantemente en maximizar la productividad y eficiencia en las actividades realizadas. Pero a diferencias de las demás industrias la construcción a menudo ha sido asociada a ser un sector de bajo desempeño productivo, con una alta tasa de accidentabilidad y un alto promedio de días perdidos por accidentes.

La gran mayoría de estos problemas se generan a partir de una falta de planificación en las obras donde los inconvenientes e imprevistos se solucionan a medida que estos van ocurriendo, los comúnmente llamados incendios, causados principalmente por actividades que resultan ser predecibles.

Durante la década de los 90 surgió un nuevo enfoque que apunta a mejorar la gestión basado en la metodología Lean Construction, modelo que busca minimizar las perdidas implicando una mayor productividad y menores costos en la construcción.

Una de las herramientas que representa los principios del Lean Construction es el Sistema Last Planner, un sistema de control de la producción que apunta a incrementar la fiabilidad en la planificación, controlando las incertidumbres y restricciones, optimizando los recursos y aumentando la productividad.

1.1.- MOTIVO DE LA INVESTIGACIÓN

La optimización de los costos, calidad y plazos es uno de los principales objetivos de la construcción; Sin embargo, la industria frecuentemente presenta incumplimientos provocados por diversos factores que afectan el presupuesto y los tiempos de ejecución de los proyectos.

En el proyecto Pascual Baburizza, la planificación descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo, focalizando los recursos en la gestión del corto plazo, descuidando el mediano y largo plazo. Además de presentar dificultades en la comunicación entre los profesionales partícipes del proyecto, donde el intercambio de información es poco claro traduciéndose en un paupérrimo desempeño productivo y reflejando un bajo compromiso por parte del equipo.

Bajo estas circunstancias surge la necesidad de llevar a cabo un cambio en el sistema de planificación y control, siendo la metodología brindada por el Sistema Last Planner una alternativa para mejorar la productividad además de aumentar el grado de compromiso por parte del equipo de trabajo y poder evaluar la evolución del proyecto física y económicamente.

1.2.- OBJETIVOS

1.2.1.- Objetivo General

Implementar el Sistema “Last Planner” en el proyecto habitacional construido bajo el Programa de Integración Social y Territorial D.S. 19 en la comuna de Limache, objeto de mejorar la planificación y productividad con tal cumplir con el plazo otorgado.

1.2.2.- Objetivos Específicos

- Demostrar la importancia de la planificación respecto a reaccionar ante los problemas in situ.
- Analizar, evaluar y mejorar el cumplimiento de actividades programadas y presupuesto del proyecto.
- Evaluar el nivel alcanzado y el grado de compromiso del equipo de trabajo durante la implementación del sistema Last-Planner

1.3.- METODOLOGIA DE ESTUDIO

1. Recopilación bibliográfica sobre Lean Construction y su herramienta de planificación “Last Planner”, junto a información macroeconómica de la construcción, para situar el contexto de la industria en el país.
2. Recopilar información respectiva del proyecto “Condominio Pascual Baburriza”; ubicación, planos de especialidades, presupuesto, especificaciones técnicas, características especiales del proyecto.
3. Implementación del sistema “Last Planner” durante la etapa de urbanización y terminaciones, mediante reuniones semanales con los participantes del proyecto, además de llevar el control en el avance y cumplimiento de los compromisos, a través de una bitácora diaria de las tareas de cada trabajador.
4. Analizar y evaluar los indicadores utilizados durante la implementación del sistema “Last Planner”.

2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Situación Macroeconómico País

El sector construcción durante el año 2018 consolidó su recuperación económica dejando atrás el régimen recesivo por la cual se transitó en los últimos cuatro años. Destacando el hecho de que la mayoría de los indicadores parciales del Índice Mensual de Actividad de la Construcción (IMACON) no sólo mejoraron su ritmo de crecimiento interanual a partir de la segunda mitad de 2017, sino que además experimentaron una cierta sincronía en su andar. Por otra parte, el Índice Mensual de Confianza Empresarial (IMCE), experimenta una considerable recuperación desde fines de 2017. En este contexto, se estima que la inversión en construcción promedió un crecimiento de 4% anual en el 2018, cifra que contrasta positivamente con el promedio de sus pares observados en los últimos años (-1,28%).

El IMACON mantuvo un crecimiento relativamente estable acumulando un alza de 3,2% anual en septiembre 2018. Así, la dinámica del IMACON es coherente con la recuperación del empleo asalariado, el crecimiento de los despachos físicos industriales, el aporte positivo de la actividad de contratistas generales y la mayor superficie acumulada para la edificación en 2018 respecto de 2017. A su vez, el dinamismo de estos indicadores parciales se debe a la recuperación de la actividad en obras de infraestructura de menor tamaño y a un mercado inmobiliario que en promedio mantiene su crecimiento.

Formación bruta de capital fijo del sector construcción (*)
Variación anual, en %

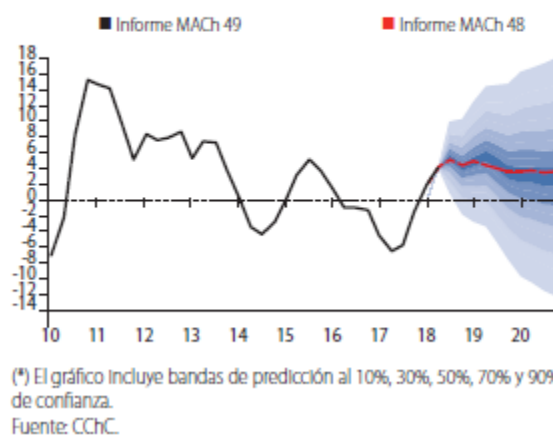


Figura 2.1.- Formación bruta de capital fijo del sector construcción (*)
Variación anual, en %. Fuente: Mach 49, CChC.

2.1.1.- Mercado inmobiliario nacional

Tras dos años consecutivos con magros resultados, durante el 2018 se registró una significativa mejora en la demanda por viviendas nuevas. Logrando un aumento del 6,1% respecto del año anterior, donde el mercado de los departamentos concentra los principales avances, con una demanda 10,2% superior a su símil de 2017. Por el contrario, el mercado de casas mantiene su senda decreciente, acumulando un rezago de 7,4% en su comercialización. De esta manera, el peso relativo de los departamentos en la demanda total en 2018 alcanzó un porcentaje máximo de 80% frente a 65% registrado cinco años atrás, comportamiento que es posible identificar en figura 2.2.-



Figura 2.2.- Cantidad de viviendas vendidas estimadas al tercer trimestre 2018. Fuente: MACH 49, CChC.

En términos monetarios, similar al caso según número de unidades, el valor de las viviendas comercializadas exhibe un avance anual de 9%, identificado en figura 2.3.- Estimando que el monto total transado en los nueve primeros meses del 2018 alcanzo a 156 millones de UF. A diferencia del caso anterior, tanto departamentos como casas han exhibido un mayor monto transado respecto de 2017, con avances de 10,1% y 5,7%, respectivamente. Estas cifras evidencian un significativo efecto precio en el mercado de casas; es decir, el precio unitario promedio se ha incrementado en torno a 13% en el último año. Por el contrario, en el mercado de departamentos el efecto precio es nulo, toda vez que el valor comercializado y las unidades vendidas han aumentado a un ritmo idéntico.



Figura 2.3.- Valor de viviendas vendidas al tercer trimestre 2018. Fuente: Mach 49 CChC.

2.2.- Programas de Integración Social y Territorial DS 19

Este Programa de Integración Social y Territorial busca financiar la adquisición de una vivienda económica a familias de diferentes realidades socioeconómicas que buscan adquirir su primera vivienda con apoyo del Estado, accediendo a proyectos habitacionales en barrios bien localizados y cercanos a servicios, con estándares de calidad en diseño, equipamiento y áreas verdes.

Las familias que poseen un subsidio para comprar una vivienda lo pueden aplicar en estos proyectos habitacionales, en la medida que existan viviendas por el valor correspondiente a su beneficio. De igual forma, las personas que no tienen un subsidio habitacional también pueden acceder a viviendas de estos proyectos.

Desde la partida del programa en el año 2016 existen 205 proyectos vigentes equivalentes a 32.648 viviendas, mientras en el año 2017 abarco un total de 28.810 viviendas abarcadas en 170 proyectos a nivel nacional.

Tal lo expuesto en figura 2.4.- se logra identificar que para el primer llamado del año 2016 las regiones con mayor número de cupos fueron la Región del Bío Bío con un total de 6.554 cupos equivalente al 20,1%, seguido de la región metropolitana con un total de 5.846 viviendas; 17.9%, En tercer lugar, la región de Valparaíso con un total 4.227 cupos que equivalen al 12,9% nacional.

Al siguiente año nuevamente se repiten las regiones con mayores subsidios captados, siendo la región de Valparaíso la que predomina con un total de 5.305 subsidios otorgados, equivalentes al 18,4%, seguida por las regiones Metropolitana y del Bío Bio con un 15,2 y 13,6% de presencia Nacional respectivamente.

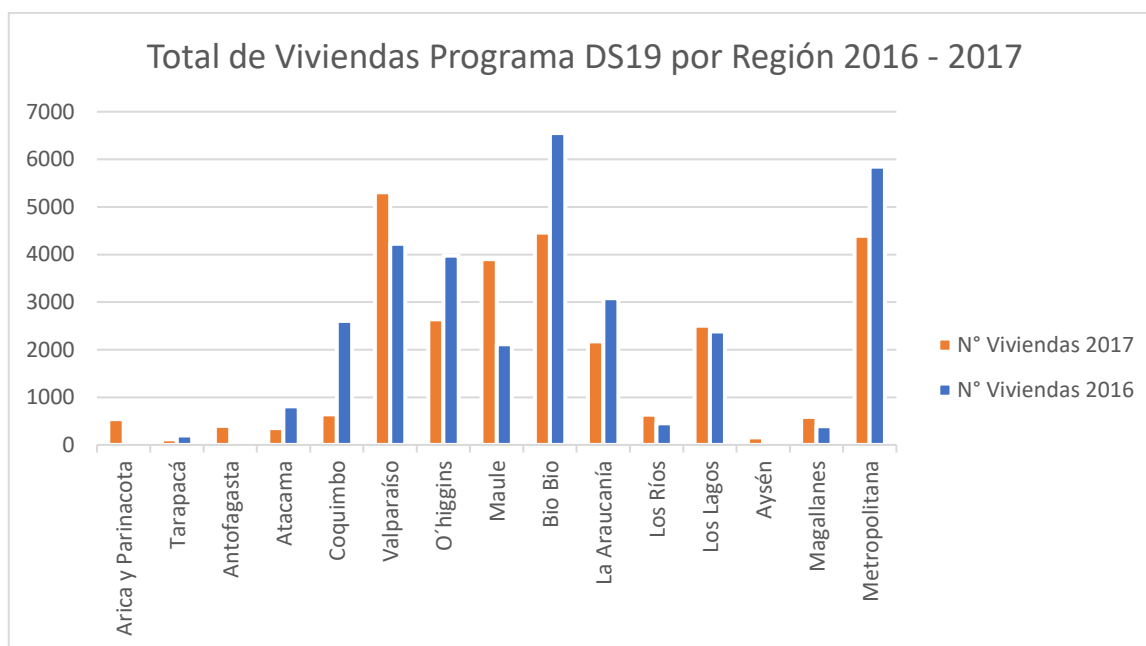


Figura 2.4.- Distribución de cupos por región año 2016-2017. Elaboración Propia

2.3.- Productividad de la Construcción

En el actual escenario del país, la construcción se encuentra fuertemente marcada por la demanda de la mano de obra desde la minería y la edificación, por esa razón que resulta necesario optimizar el uso de este recurso, además de convivir con mano de obra menos capacitada y especializada. Desde el subsector de la edificación en altura, el efecto señalado está claramente marcado cobrando relevancia el desempeño de la productividad junto con el aprovechamiento de los recursos humanos.

Durante el año 2004 el Lean Construction Institute en conjunto del Construction Industry Institute a raíz de un estudio realizado indica que hasta un 57% del tiempo, esfuerzo y el material de la inversión en los proyectos de construcción, no añaden valor al producto final mientras que en la industria de la fabricación la cifra es menor, llegando a tan solo del 26%.

En tanto estudio realizado por la Oficina de Estadísticas del Trabajo del Departamento Americano de Comercio sobre la productividad laboral para la industria de la construcción de Estados Unidos y todas las demás industrias no agrícolas, revela que durante el período de tiempo comprendido entre 1964 y 2003 el índice de productividad de la construcción descendió casi un 25%, mientras que la productividad en el resto de la industria no agrícola se incrementó en casi un 200%.

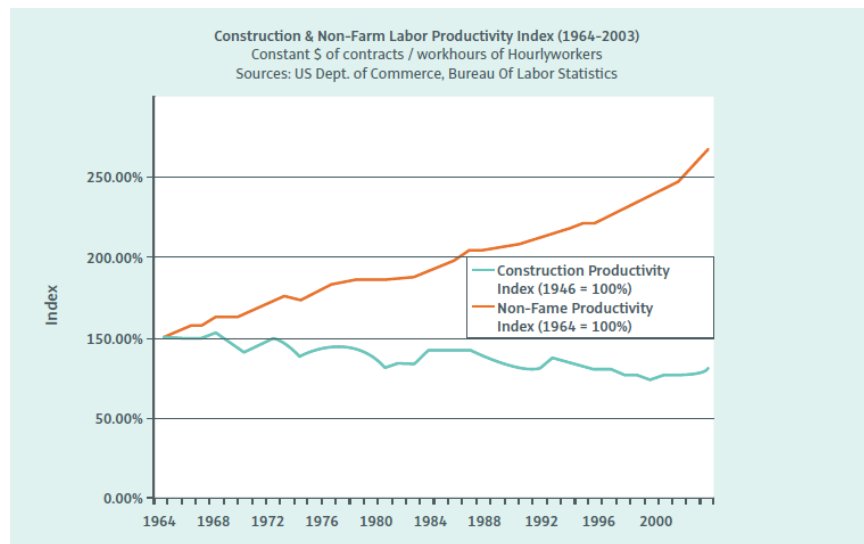


Figura 2.5.- Productividad en la construcción comparada con otras industrias en Estados Unidos, fuente: Introducción a Lean Construction (2014).

El “aprovechamiento del tiempo” es un factor clave para aumentar la productividad de los proyectos, determinando a la distribución del tiempo de las actividades productivas a nivel de proyecto, partida, e incluso de cuadrillas. En este sentido según lo establecido por el CDT, Corporación de Desarrollo Tecnológico, en su Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile del año 2013, determina que las principales causas de estas pérdidas están agrupadas en problemas de coordinación, supervisión y metodologías de trabajo eficientes. Sin embargo, estas pérdidas de tiempo en más de un 80% corresponden a causas o problemas evitables a través de medidas mayoritariamente de gestión.

En figura 2.6.- al comparar los niveles de actividad del subsector de edificación en altura versus los otros sectores (Montaje Pesado, Ed. Extensión, Obras Especiales, Minería) muestran que este subsector es el que ostenta mejores niveles de actividad en toda la industria, destacando los niveles de actividad global del sector de la construcción muestra

una reducción progresiva del tiempo perdido, que se había estabilizado a partir del 2008 pero que sufre un repunte entre el 2011 y el 2012 asociado al déficit actual de mano de obra calificada.

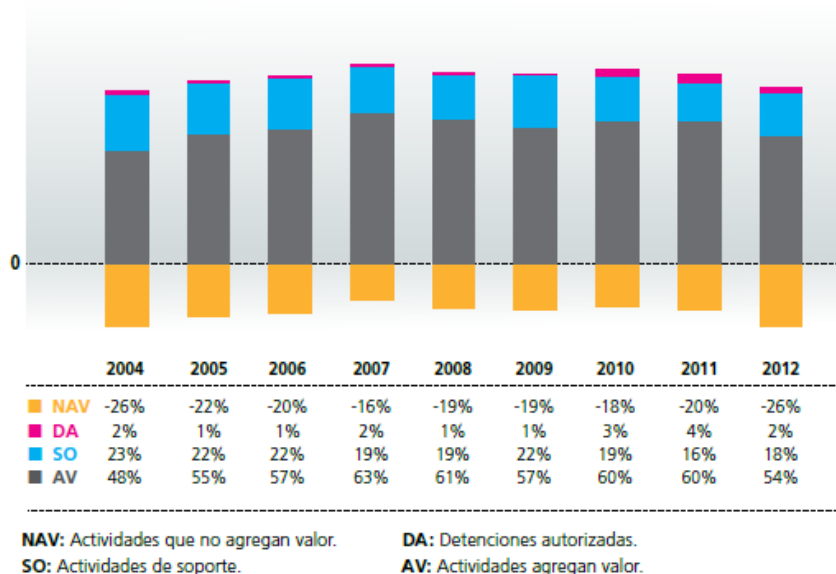


Figura 2.6.- Niveles de actividad global edificación en altura 2004-2012, fuente: Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile (2013)

Gracias a figura 2.7.- es posible distinguir los problemas de coordinación interna son los que generan la mayor cantidad de las pérdidas de tiempo, las cuales están asociadas a Faltas de Cancha, Trabajos Rehechos, Cambios de Frente, Falta de Asignación de Tareas. En segunda instancia se encuentran los problemas de supervisión asociados a descanso y detenciones de los trabajadores y problemas de conformación de cuadrillas. Destacando también las pérdidas por Metodología de Trabajo, asociadas a procesos de trabajo ineficientes, que pueden ser perfectibles, pero cuyo cambio en ocasiones requiere la incorporación de equipos o maquinaria. Los problemas de abastecimiento de materiales se deben principalmente a fallas en la distribución interna de los mismos, y en menor medida, por falta de disponibilidad de materiales en terreno o atraso en la llegada de ellos.

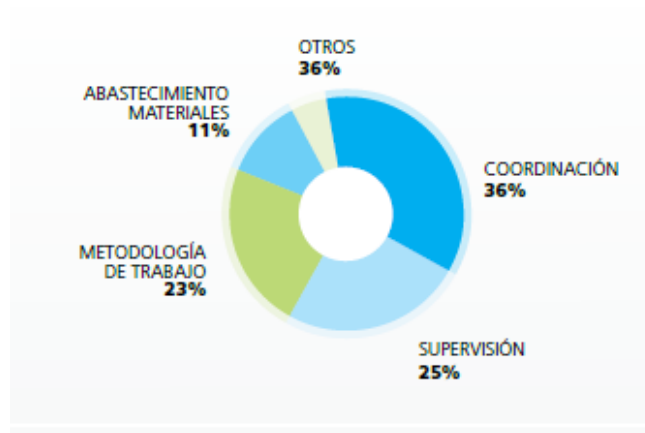


Figura 2.7.- Causas de pérdidas de tiempo edificación en altura 2003-2012,
fuente: Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile
(2013)

Lo positivo para la industria es que más del 80% de las causas de pérdidas de tiempo son “evitables”, que pueden ser gestionadas y controladas lo que entrega un potencial de mejora de productividad significativo.

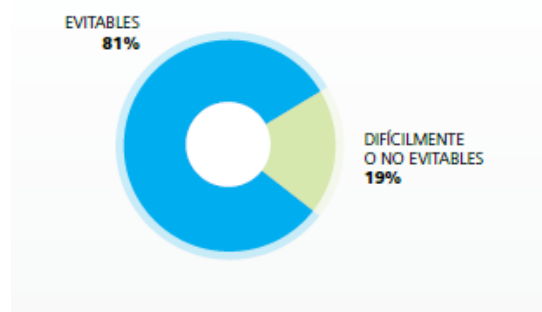


Figura 2.8.- Naturaleza de tiempos que no agregan valor.
Fuente: Análisis de la Productividad en Obras de Edificación
en Chile (2013)

2.4.- Sistema de Planificación Tradicional

La planificación en la industria de la construcción, durante años se ha realizado principalmente a partir del manejo de los plazos y presupuestos de los proyectos. A partir de estos elementos básicos se realiza un programa, tradicionalmente basado en la experiencia del administrador, pensando en primordialmente en lo que debe hacer, asumiendo que los recursos se encuentran disponibles al momento de ser ejecutado el trabajo, y que son los suficientes para poder realizar la tarea sin contratiempo, sin considerar lo que se puede hacer efectivamente.

Según este modelo, para la producción solo se requiere conocer el programa, para ingresar los recursos al sistema. No obstante, en la realidad no ocurre pues al realizar el proceso de esta forma no se puede distinguir las actividades que efectivamente se pueden realizar, ya que la planificación se basa netamente en las actividades que exige el programa para cumplir los plazos estipulados, sin considerar las actividades de flujo, con actividades que poseen restricciones al momento de ejecutar, traduciéndose en un flujo de trabajo incontinuo e ineficaz.

Según la teoría de conjuntos el modelo tradicional, expuesto en figura 2.9.- una vez generado el programa nos dice lo que DEBE hacerse para cumplir con los objetivos del proyecto. Sin embargo, el administrador decide lo que SE HARÁ dependiendo de las condiciones o problemáticas que se presenten para que luego en terreno se ejecute lo que efectivamente PUEDE hacerse.

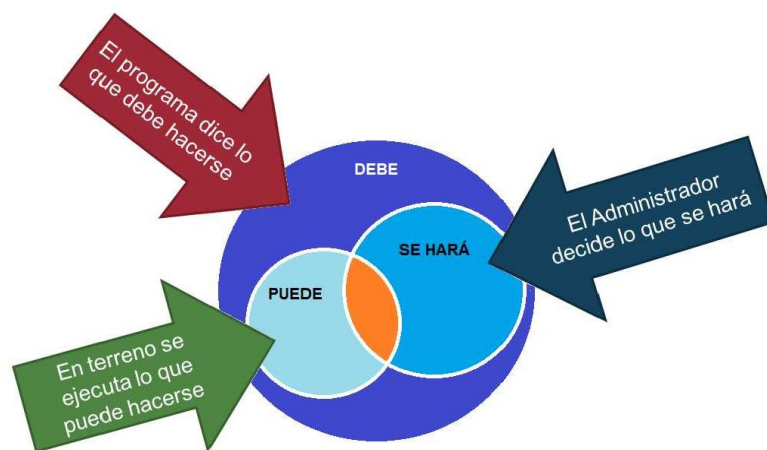


Figura 2.9.- Teoría de Conjuntos del Sistema Tradicional
Fuente: Capacitaciones GEPUC 2010

En general existen varias causas que no permiten optimizar la planificación, donde los problemas típicos que destacan en el modelo tradicional incluyen:

- La Planificación normalmente está basada en la experiencia de los administradores, sin existir una instancia en donde todos los involucrados puedan tomar decisiones.
- El control se basa cubriendo aspectos de corto plazo y solucionando problemáticas del momento (apagando incendios).

- La planificación a largo plazo se mira como una pérdida de tiempo, dada la incertidumbre del sector.
- Falta de coordinación entre los actores intervinientes sin alinear los intereses y mucho menos tomar decisiones que integren a los demás participantes.
- La planificación está orientada sólo al control de las actividades, midiendo únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos, sin preocuparse de las unidades productivas. ejemplo: las dificultades que se presentan en las cuadrillas de reparto de material.
- Falta de interés en la formación y capacitación de los trabajadores.
- Falta de compromiso de los miembros del equipo para cumplir con sus responsabilidades
- Política de “Culpables” más que de responsables
- Programa poco realista y muy optimista.
- Falta de transparencia y comunicación entre las partes interesadas, y
- Baja productividad comparada con otras industrias.

Las principales consecuencias de todo ello son bien conocidas: ejecución de obras fuera de plazo, sobrecostos, incertidumbre y variabilidad con respecto a las condiciones iniciales del contrato. Las razones históricas de esta disfuncionalidad son muchas, una cultura organizacional incompatible entre los miembros del equipo de proyecto y el acceso limitado a la información oportuna, en el momento preciso. Así pues, el objetivo en la industria de la construcción debería ser una mejor gestión del proyecto, más rápida y más eficaz formada a partir de equipos totalmente integrados y colaborativos, determinando lo que se hará en un cierto período de tiempo, a partir de lo que realmente se puede hacer.

2.5.- Sistema Lean Production

El termino Lean production o producción ajustada, es definido como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de las operaciones, las relaciones con clientes y proveedores de un producto. Enfocado en utilizar una menor cantidad de recursos en

comparación a la producción en masa: utilizando la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de las horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo.

2.5.1.- El sistema de producción Toyota (TPS)

Se define el Toyota Production System, TPS, como el sistema de producción desarrollado por Toyota Motors Company para proporcionar mejor calidad, a un menor costo y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor).

Sakichi Toyoda, fundador del grupo empresarial Toyota, inventó el concepto de Jidoka a comienzos del siglo XX mediante la incorporación de un dispositivo en su telar automático, permitiendo grandes mejoras a la hora de garantizar la calidad, permitiendo liberar a los trabajadores para que pudieran dedicar más tiempo a tareas que realmente añadían valor en lugar de simplemente estar controlando las máquinas y la calidad. Eventualmente, este simple concepto encontró su camino en cada línea de producción y cada operación de Toyota. Este concepto japonés, Jidoka, que significa proveer a las máquinas y a los trabajadores la habilidad de detectar cuándo ocurre una condición fuera de lo normal e inmediatamente parar el trabajo para identificar la causa raíz.

El TPS está compuesto por: el Just-in-Time (JIT), el Jidoka; que se sustenta y perfecciona a través de iteraciones de trabajo estandarizado y el Kaizen o mejora continua, seguido de un plan de acción a través de un PDCA, siglas en inglés de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, que corresponde a un ciclo de mejora continua basado en el método científico de proponer un cambio de mejora en un proceso, implementar el cambio, medir y controlar los resultados, y llevar a cabo las acciones correctoras.

El Just-in-Time (JIT) es un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita, cuándo se necesita y en la cantidad que se necesita. Concepto desarrollado en la década de los 30 por Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi Toyoda, quien decretó que las operaciones de Toyota no deberían tener exceso de inventario y se debería esforzarse en trabajar en colaboración con los proveedores para nivelar la producción.

El desarrollo del TPS se le atribuye a Taiichi Ohno, jefe de producción de Toyota en el período posterior a la Segunda Guerra Mundial. A partir de operaciones en las máquinas

y extendiéndose desde allí, Ohno dirigió el desarrollo del TPS en Toyota a lo largo de las décadas de los 50 y 60, y la difusión hacia la cadena de suministro a lo largo de las décadas de los 60 y 70. El TPS nació a partir de una necesidad: producción de pequeñas cantidades, de muchas variedades y en condiciones de escasa demanda, comparado con el sistema de producción en masa, que en ese momento estaba triunfando en EE. UU.

A la crisis del petróleo producida en 1973, le siguió una importante recesión afectando a los gobiernos y negocios en todo el mundo. Aunque en Toyota se redujeron sus beneficios, consiguió mantener sus ingresos siendo superiores a las demás empresas, donde la economía llegó a colapsarse hasta un estado de crecimiento cero

En 1985 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), se desarrolló el Programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) con el fin de comprender las fuerzas fundamentales del cambio industrial y mejorar el proceso de decisión política relativo al cambio.

Los resultados de dicho estudio revelaron que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo propio superior, capaz de fabricar con mayor calidad, a un menor costo y con plazos de entrega más cortos, tanto a nivel de diseño como a nivel de fabricación.

La filosofía Lean, se enfoca en crear valor junto con satisfacer al cliente además de eliminar desperdicio, definido como todo lo que no es valor para el cliente es *muda* o desperdicio que puede ser eliminado o minimizado. *Muda* es una palabra japonesa, que representa el desperdicio que se genera en toda actividad humana que absorbe recursos, que no crea valor: producción de artículos que nadie desea, el amontonamiento de existencias y productos sobrantes, grupos de personas en una actividad aguas abajo en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, junto a bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente.

Taiichi Ohno descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que realizamos no añaden valor neto al producto o servicio final que entregamos al cliente y por lo tanto son susceptibles de mejorar o eliminar. Ohno clasificó los 7 desperdicios que causaban la mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de la cadena o flujo de valor.

- Sobreproducción
- Esperas o tiempo de inactividad
- Transporte innecesario
- Sobre procesamiento
- Exceso de inventario
- Movimientos innecesarios
- Defectos de calidad

La lógica y el sentido común nos sugieren que estos desperdicios se deben eliminar, pero en la realidad resulta difícil identificarlos y eliminarlos en las empresas y organizaciones. Principalmente los motivos son:

- Normalmente la improductividad está oculta y se asumen como productivas las tareas que no lo son, por ejemplo, el transporte interno que realiza un carretillero en una obra aun cuando gran parte de ese trabajo sea transportar material de un lugar a otro por la falta de espacio.
- Muchas organizaciones terminan habituándose a convivir con el desperdicio, encontrando maneras de trabajar alrededor del problema y aceptando como mejoras, medidas provisionales o parches, sin atacar la causa raíz.
- En general se utiliza un sistema productivo basado en el modelo de conversión o transformación, focalizado en la mejora del rendimiento de tareas individuales.
- Casi nadie sabe cómo afecta o influye el trabajo que ellos hacen sobre los demás y normalmente no hay un responsable claro de todo el flujo de valor.

Como consecuencia de lo anterior la improductividad se termina arraigando en las organizaciones. Por otra parte, las empresas que mejor se han adaptado y han superado las crisis. Este tipo de empresas han desarrollado las habilidades de aprender a ver los problemas cuando ocurren y hacerlos visibles, atacar y solucionar los problemas inmediatamente dónde y cuándo ocurren.

2.5.2.- Principios Lean Production

El pensamiento Lean tiene cinco principios básicos que fueron definidos por Womack y Jones (1996). A continuación, se describen los principios básicos del pensamiento Lean, junto a la transparencia y la capacitación:

1. Valor

Lean es crear valor para el cliente. Esto implica entender qué quiere el cliente. Se puede definir como el aprecio que un cliente o consumidor le da a un producto o servicio para satisfacer sus necesidades a un precio concreto, en un momento determinado.

2. Value Stream (Traducido como cadena de valor o flujo de valor)

Una empresa Lean se gestiona a través de flujos de valor, se pueden identificar flujos de valor amplios que abarquen a toda nuestra cadena de proveedores y clientes, o flujos de valor más reducidos, incluso a nivel de células de trabajo. No obstante, el flujo de valor de una empresa normalmente abarca desde que entra el pedido de un cliente hasta que se hace efectivo el cobro y desde que se realiza el pedido de la materia prima hasta que sale transformada hacia el cliente.

Las empresas Lean se focalizan en los flujos de valor porque es donde se genera el dinero y resulta más fácil identificar el desperdicio y desarrollar un plan de acción para eliminarlo.

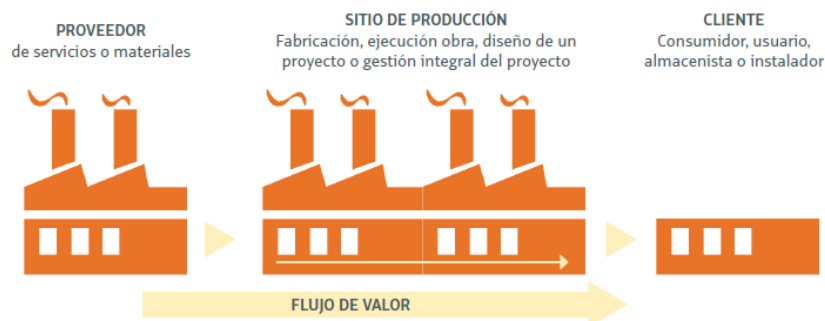


Figura 2.10.- Representación de la cadena o de flujo de valor según la filosofía Lean, fuente: Introducción a Lean Construction (2014).

3. Flujo

Lean trabaja en la identificación y eliminación del mayor número posible de actividades que no añaden valor para mejorar la productividad y entregar más valor al cliente. Eliminar desperdicio es también una forma de crear flujo continuo en toda la cadena de valor.

4. Sistema Pull

Es un sistema de control de la producción en el que las actividades aguas abajo (tanto las que están en las mismas instalaciones como en instalaciones separadas) dan la señal de sus necesidades a las actividades aguas arriba de la cadena de valor, Es decir, que el proceso del proveedor aguas arriba no produce nada hasta que el proceso del cliente aguas abajo lo señala. Es el cliente (interno o externo) quien tira de la demanda y no el fabricante o productor quién empuja los productos hacia el cliente.

El sistema Pull es un componente fundamental del Just-in-Time y se esfuerza por eliminar el exceso de inventario y la sobreproducción, Sistema opuesto al sistema de producción tradicional o Push, que está basado en el sistema de grandes lotes de artículos producidos a gran escala y a la máxima velocidad, según la demanda prevista, moviéndolos o empujándolos hacia el siguiente proceso aguas abajo o bien hacia el almacén de productos terminados, sin tener en cuenta el ritmo actual de trabajo del siguiente proceso o la demanda real del cliente.

5. Perfección

Se define como perfección al proceso que proporciona valor puro, tal y como ha sido definido por el cliente, sin ninguna muda o desperdicio de ninguna clase. Para lograr esto son fundamentales tres herramientas de la cultura Lean: el Kaizen o mejora continua, la estandarización de procesos y un plan de acción o PDCA.

A medida que las organizaciones empiezan a especificar el valor de modo preciso, identifican toda la cadena de valor, hacen que las etapas creadoras de valor para los productos específicos fluyan constantemente. Las personas involucradas caen en la cuenta de que no hay límite para la mejora continua, mientras ofrecen un producto o servicio cada vez más cerca de lo que el cliente verdaderamente desea.

6. Transparencia

La transparencia es un estímulo muy importante para todos los actores del proceso de producción (subcontratistas, proveedores de primer nivel, ensambladores, distribuidores, consumidores y empleados). Al tener acceso a más información resulta más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor. Produciéndose un feedback casi instantáneo y altamente positivo para los empleados que hacen mejoras, un rasgo clave del trabajo Lean y un estímulo poderoso para seguir haciendo esfuerzos por mejora.

7. Capacitación

Lean exige por parte de todos los empleados de la cadena o flujo de valor que haya una atención continua para mantener el flujo y eliminar el desperdicio. Para lograr este objetivo debemos entregar a los empleados la información correcta de manera puntual y darles la autoridad para solucionar los problemas y trabajar en la mejora continua. La búsqueda de la perfección no puede lograrse solo a través del trabajo de los gerentes; todos los empleados deben estar comprometidos y capacitados para atender las demandas de los clientes.

2.6.- Lean Construction (LC)

En el año 1992 el investigador finlandés Lauri Koskela, durante su estancia en la Universidad de Stanford, California, escribió un reporte titulado: “Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción”, en el cual estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción aplicado a la construcción, la publicación fue un hito clave en el desarrollo de una corriente de investigación sobre la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía Lean a la industria de la construcción. Ya que un año más tarde un grupo de especialistas en construcción da origen Grupo Internacional de Lean Construction, IGLC, acuñando el término Lean Construction.

Se conoce como Lean Construction o construcción sin pérdidas a la aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. El propósito del Lean Construction es desarrollar un proceso de construcción de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor por medio de la optimización de recursos y la maximización en la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor costo, con

mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno.

Para lograr este objetivo es necesario optimizar las transformaciones, minimizando los flujos que los materiales deben seguir hacia los lugares de ejecución de los trabajos para obtener más valor en los productos finales. El error con la planificación tradicional radica en concentrarse en las actividades de conversión y no tener en cuenta el flujo de los recursos para lograr la transformación. Por ello se enfoca en crear herramientas para obtener un proceso de producción que minimice los desperdicios.

2.6.1.- ¿Es la construcción una industria diferente?

La construcción se ha visto a menudo como una clase propia, diferente de la fabricación, y tradicionalmente se han rechazado muchas de las ideas del sector industrial de la fabricación o se han incorporado tarde debido a la creencia de que la construcción era un sector diferente. Estas ideas han estado presentes desde el origen de Lean Construction y todavía permanece en el pensamiento de gran parte de empresarios y profesionales de la construcción. Lauri Koskela durante el año 2000 clasificó y definió las tres principales peculiaridades que presenta la construcción con respecto al sector de la fabricación:

- **Un proyecto de edificación tiene naturaleza única o prototípica.**
- **Es algo único que cada vez se ejecuta en un lugar diferente.**
- **Se llevará a cabo por una multi-organización de carácter temporal, que en cada lugar necesitará medios y recursos diferentes y propios de cada zona.**

Estas peculiaridades han sido utilizadas por gerentes y profesionales de empresas de la industria de la construcción como los motivos cuando no han sido capaces de alcanzar los mismos niveles de productividad, calidad, seguridad y plazos de entrega que en el sector industrial de la fabricación. Sin embargo, estas excusas fueron discutidas por el propio Koskela (2000) y han ido perdiendo fuerza a medida que los beneficios de Lean Construction se han hecho evidentes. Por un lado, la tecnología junto con la industrialización y por otro lado la prefabricación de la construcción nos ayudan a comprender mejor la construcción de un edificio o infraestructura como la suma de diferentes flujos de valor que pueden repetirse

en diferentes obras y proyectos, resultando más fácil identificar los desperdicios y aplicar ciclos encadenados de mejora continua y estandarización de procesos para eliminar la improductividad.

Las diferencias entre la industria de la construcción y el sector de la fabricación existen y son admitidas, pero no como una razón que justifique la dificultad para implantar el sistema Lean, sino como un desafío que debe abordar de manera definitiva la industria de la construcción.

2.6.2.- Implementar Lean Construction requiere romper paradigmas

La implantación de LC en la industria de la construcción causó resistencia y exclusión. Inicialmente fue malinterpretado en la aplicación en las diferentes fases de un proyecto junto con el papel que debía asumir cada actor o agente social interviniente en el proceso constructivo no fue bien entendido. La tendencia empezó a cambiar según se iban demostrando las ventajas competitivas que suponía para las empresas pioneras que comenzaron su implementación y conforme surgían nuevos documentos técnicos y casos de estudio que facilitaban su comprensión.

El cambio de modelo productivo o de sistema de trabajo en una empresa siempre requiere de un gran esfuerzo por parte de todos al principio, aunque las ventajas competitivas que se obtienen merecen el esfuerzo. El cambio puede costar más en personas que llevan muchos años operando con el mismo sistema, pues se requiere romper paradigmas. Al estar tanto tiempo haciendo las cosas de la misma manera, que se asumen como buenas, pero están lejos de ser eficientes según los estándares actuales de competitividad de clase mundial

Algunas frases típicas que se escuchan como excusas para no implantar Lean son:

- “Aquí siempre hemos trabajado así”.
- “Esa no es mi responsabilidad”.
- “No tengo tiempo para eso”.
- “De todas formas no cambiaría nada”.
- “Hay problemas más importantes”.
- “Eso no es posible hacerlo aquí”.
- “Ya tenemos bastante trabajo”.

- “Ya lo probamos una vez y no funcionó”.

2.6.3.- Beneficios que aporta la implantación de Lean Construction

Un informe en 2012 sobre la aplicación de Lean en la Construcción en proyectos de edificación en EE. UU, revelan que en aquellas empresas que ya han utilizado prácticas Lean han alcanzado un nivel alto o medio sobre una amplia variedad de beneficios, entre los que se incluyen:

- Mejor cumplimiento del presupuesto
- Rendimiento más alto de entregas a tiempo
- Menor número de accidentes
- Mayor grado de colaboración

En tanto otro reporte por McGraw Hill Construction durante el 2013, indica que entre los beneficios otorgados por la práctica del Lean Construction en las empresas constructoras, se encuentran:

- Mayor calidad en la construcción
- Mayor satisfacción del cliente.
- Mayor productividad.
- Mejora de la seguridad.
- Reducción de plazos de entrega.
- Mayor beneficio y reducción de costos.

El estudio de la Fundación Escuela de Organización Industrial (EOI), realizado sobre la situación de Lean Manufacturing en España durante el 2013, confirma el hecho de que la implantación del sistema Lean proporciona numerosas mejoras y beneficios en un amplio número de aspectos de la empresa y al mismo tiempo pone de manifiesto la utilidad de Lean como apuesta clave para la competitividad de las empresas. Según este estudio, alrededor del 90% de las empresas consultadas valoraron como mucho o bastante las mejoras obtenidas relativas a reducción de costos, mayor flexibilidad, participación del personal,

aprovechamiento de los recursos y aumento de la productividad, como principales beneficios de la implantación Lean, expuesto según figura 2.11.-

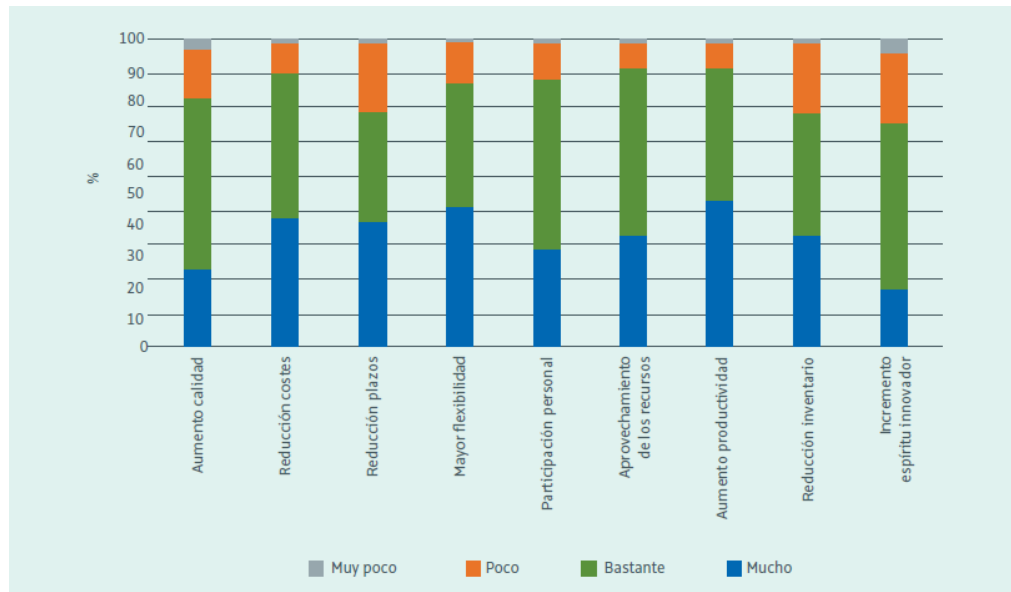


Figura 2.11 Beneficios obtenidos con la implementación de Lean en España. Fundación EOI (2013).

2.6.4.- ¿Qué cambios necesitamos hacer para implantar Lean Construction?

Lean no está basado en inversiones caras de tecnología ni software. Las primeras etapas de implantación de Lean Construction se pueden llevar a cabo con los recursos propios que dispone actualmente la empresa, ya que las oportunidades de mejora al comienzo de la implantación son por regla general muy altas.

Por otra parte, el sector de la construcción necesita también un cambio de actitud, sobre todo a nivel de cultura, ya que históricamente ha sido un sector muy tradicional. Saber adaptarse a los cambios rápidamente y ser flexible es uno de los aspectos que marcan la diferencia.

El estudio antes citado de McGraw Hill Construction (2013) propone las siguientes recomendaciones generales y específicas para los constructores, para la implantación de Lean Construction.

Recomendaciones generales

- Proporcionar educación sobre la necesidad de una mayor eficiencia.

Recomendaciones para el constructor

- Adoptar un enfoque de colaboración hacia Lean para maximizar las ganancias.
- Promover y planificar el cambio cultural necesario para una adopción plena de Lean.
- Seguir y compartir datos hasta el nivel más bajo posible de la organización

Aunque no hay un orden o un conjunto de reglas fijas para implementar Lean Construction, su aplicación se puede adaptar a las necesidades y objetivos de cada proyecto, Existiendo diversos conjuntos de herramientas y técnicas que se encuentran consolidadas dentro del marco de Lean Construction. En las cuales se destacan: Lean Project Delivery System (LPDS), Target Costing o costo objetivo, Integrated Project Delivery (IPD), BIM, Last Planner System (LPS) o Sistema del Último Planificador.

2.7.- Sistema Last Planner

El Last Planner System fue desarrollado por Glenn Ballard y Gregory A. Howell basándose en los principios de la filosofía Lean y en la metodología Lean Construcción. Es un sistema de control de la producción que ayuda a rediseñar los sistemas de planificación tradicional enfocada principalmente a mejorar el control de la incertidumbre incrementando la fiabilidad de la planificación y con esto a mejorar el desempeño. Este sistema es una disciplina rigurosa y formal que funciona con éxito sólo cuando todos sus elementos son implementados como corresponde.

El Last Planner – Último Planificador, se define como la última persona capaz en la cadena de jerarquía en asegurar un flujo de trabajo predecible aguas abajo. Es quien prepara las asignaciones de trabajo y quien se encarga de controlar que el trabajo hecho por las unidades de producción sea de calidad. Se trata de un sistema Pull en lugar de un sistema Push porque es la actividad aguas abajo en la cadena o flujo de valor la que marca el ritmo y tira de la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema tradicional.

El impacto que genera el Último Planificador se ve reflejado en el desempeño de todo un proyecto y no sólo en su unidad de producción o cuadrilla. Esto es debido a que todas las actividades de un proyecto se encuentran relacionadas. Un mal desempeño de una cuadrilla afecta al flujo de trabajo, repercutiendo en las cuadrillas que efectúan trabajos posteriores o que trabajan en paralelo, que cuentan con el trabajo para poder ejecutar el propio.

Cuando el flujo de trabajo se hace más previsible las obras se organizan mejor, las reuniones son más cortas, las disputas son menores y las interrupciones en el flujo de trabajo se hacen más evidentes. Las decisiones se toman por consenso y los miembros del equipo deben ponerse de acuerdo en la relación existente entre las actividades, su secuencia y el tiempo de ejecución. Además, los miembros del equipo han de asegurarse de que tienen los recursos y el tiempo suficiente para completar los trabajos.

El LPS a diferencia del sistema tradicional, puede entenderse como un mecanismo para la transformación de “lo que será hecho” en “lo que se puede hacer”, formando así un inventario de trabajo realizable, que puede ser incluido en los planes de trabajo semanal. La inclusión de asignaciones en los planes de trabajos semanal es un compromiso de los últimos planificadores (supervisores, jefes de obra, etc.) de “lo que en realidad se hará”.

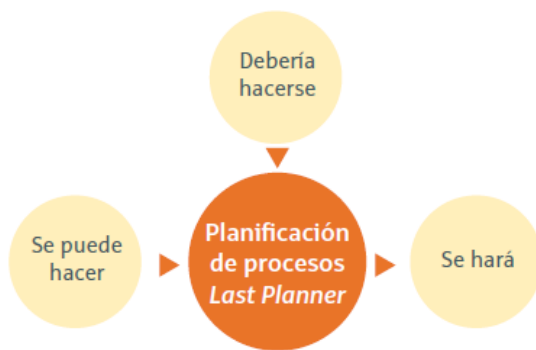


Figura 2.13.- La formación de las tareas en el proceso de Last Planner System (Ballard 2000). Fuente: Introducción a Lean Construction (2014)

No todo lo que se debe hacer efectivamente puede ser hecho por limitación de recursos y coordinación. Entonces es fundamental que antes de decidir lo que se hará, se tenga conocimiento adecuado de lo que se puede hacer. Así el LPS puede definirse como un método de control de producción diseñado para integrar “lo que debería hacerse” – “lo que se puede hacer” – “lo que se hará” – “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas de un proyecto. Su objetivo es entregar flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido.



Figura 2.14.- Teoría de Conjuntos Sistema Último Planificador Fuente: Guía para la Implementación, Alarcón 2008

El Last Planner System es un sistema colaborativo basado en el compromiso al contar con un enfoque sobre el conjunto general del proyecto, crea un sistema que garantiza que cada semana la gente está cumpliendo sus compromisos. Esta consistencia permite la eliminación del programa de relleno, planes de contingencia, exceso de inventarios y otras actividades que no añaden valor.

De modo que cuando los flujos de trabajo se vuelven predecibles, los subcontratistas pueden tomar ventaja del montaje. Esto generalmente lleva a la estabilidad de que los proyectos terminen a tiempo al no extenderse, logrando ahorrar en el costo de equipos, maquinaria y mano de obra.

2.7.1.- Metodología Last Planner

El sistema del último planificador además de la planificación general de la obra o Plan maestro se adicionan las planificaciones intermedias y de corto plazo. Los cuales se describen a continuación

2.7.1.1.- Plan Maestro

El Plan maestro nos indica la viabilidad del presupuesto y de los plazos del proyecto. Cumple la función de coordinar las actividades involucradas en función de los recursos disponibles. En esta planificación general el proyecto es representado y dividido en base a hitos y actividades, lo que es esencialmente el sistema de producción a llevar a cabo.

Las actividades del plan maestro deben ser puestas en un programa de mediano plazo también denominado lookahead que contiene un mayor nivel de detalle. Esta división debe ser hecha durante la planificación inicial y en conjunto con todas las personas que administran el proyecto. Las tareas de cada fase serán analizadas en la planificación intermedia de la misma manera que son analizadas las tareas del programa maestro.

2.7.1.2.- Plan Intermedio

Una vez que el plan general está completo, se deja a un lado y se desarrolla el segundo nivel de implementación del Sistema Ultimo Planificador, correspondiente a la planificación por fases de todo el proyecto. Ese plan conduce a la generación de un Lookahead Plan (LAP) o planificación intermedia. Permitiendo al equipo anticipar y obtener todo lo que necesita para completar y conseguir que el trabajo esté listo para empezar cuando lo requiera la planificación.

El LAP es una programación de asignaciones potenciales para un determinado intervalo de tiempo que generalmente abarca un plazo de entre cuatro a seis semanas. No tiene sentido proyectarse a tan largo plazo ya que existe una alta probabilidad de que las condiciones cambien.

El objetivo principal de esta etapa de planificación es controlar los flujos de trabajo, tales como la coordinación de proveedores, diseño, recurso humano, información y

prerrequisitos necesarios para lograr que la producción se realice sin inconvenientes, es decir, la liberación de restricciones para asegurar el desarrollo normal de una tarea.

Algunas de las funciones principales de esta etapa se mencionan a continuación:

- **Determinar velocidades de flujos de trabajo:**

Es muy importante poder determinar el tiempo necesario que se necesita para gestionar los requerimientos de materiales, prerrequisitos, información, etc. que requiere cada actividad para que se ejecute según el programa.

- **Balancear Carga de Trabajo y Capacidad:**

Una buena planificación consiste en igualar la carga de trabajo y su capacidad para lograr una óptima utilización de este recurso. La cual se analiza con mayor detalle en la planificación de corto plazo.

- **Revisar y actualizar niveles de programación**

Debido a que esta etapa posee un mayor nivel de detalle que el plan maestro, conviene actualizar las secuencias de actividades previamente ordenadas en el plan maestro para hacer los cambios que sean necesarios

- **Mantener un Inventario de Trabajo ejecutable (ITE):**

El ITE son todas las actividades que fueron analizadas en el Plan Intermedio que han liberado todas sus restricciones, en este estado existe una alta probabilidad de ser ejecutadas sin problemas. Se entiende como restricción a toda circunstancia que impida el correcto desarrollo de la actividad.

El análisis de restricciones consiste en identificarlas y diseñar una estrategia para levantar o liberar esta restricción. Esta estrategia debe ser llevada a cabo por una persona que tenga la capacidad de hacer la gestión necesaria para poder liberar la restricción en el tiempo requerido.

Algunos de las restricciones más comunes en la industria de la construcción se mencionan a continuación:

- **Diseño:** Relacionada a la falta de planos y detalles que son necesarios para realizar la actividad
- **Materiales:** Relacionada a la falta de materiales en terreno

- **Falta de Cancha:** Relacionada al despeje del área de trabajo que impide empezar o continuar con la tarea.
- **Mano de Obra:** Relacionada a la falta de recurso humano que impide alcanzar los rendimientos establecidos según la planificación.
- **Equipos:** La falta de equipos necesarios para realizar la tarea.
- **Prerrequisitos:** Corresponden a las tareas necesarias antes de ejecutar la tarea.

Luego de liberar las restricciones de una determinada actividad, esta pasa a formar parte del inventario de trabajo ejecutable, posteriormente se seleccionan las tareas que se ejecutarán en el plan de corto plazo.

2.7.1.3- Plan de Corto Plazo o Plan Semanal

El plan de corto plazo o plan semanal es la última etapa del Last Planner System, la cual presenta el mayor nivel de detalle de las actividades antes de su ejecución. Consiste principalmente en materializar en el corto plazo las actividades que se encuentran libres de restricciones pues estas entregan un flujo de trabajo permanente y confiable asegurando que las actividades pueden ser desarrolladas sin problemas.

El Último Planificador debe comprometerse a realizar la ejecución de las actividades según la programación, asegurándose de que su trabajo puede ser ejecutado. Resulta importante mantener a los integrantes involucrados en los procesos de producción para que logren comprometerse de manera responsable y entregando el máximo avance posible de alcanzar.

Según estudios realizados por GEPUC, se considera un plan de corto plazo eficiente si cumple con los siguientes criterios (Capacitaciones GEPUC 2010):

- La actividad debe ser lo suficientemente clara para identificar sus restricciones.
- El Último Planificador debe tener claro lo que se requiere o necesita para completar la actividad.
- La selección de actividades debe ser hecha en base a la prioridad que cada

actividad tiene y según el orden de ejecución verificando si estas variables afectan a actividades posteriores.

- Deben existir instancias de análisis para las causas de no cumplimiento de actividades que no cumplieron el avance comprometido.

2.7.2.- Cuadro resumen Metodología Last Planner



Figura 2.15.- Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS. Fuente: Introducción a Lean Construction 2014.

2.8.- Indicadores Last Planner

El Sistema Last Planner mide el desempeño del equipo de obra mediante indicadores del plan semanal y plan intermedio. Controlando el cumplimiento de cada compromiso y los motivos por no realizarlos, identificando el origen de las causas, los responsables y las acciones correctivas para generar el mejoramiento del proceso.

2.8.1.- Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

El desempeño del plan de corto plazo del sistema Last Planner se mide con un indicador llamado Porcentaje de Actividades Completadas (PAC). Este indicador refleja cuantas actividades realmente se ejecutaron en relación con el avance comprometido por los Últimos Planificadores durante cada semana. Este índice se mide la confiabilidad de las actividades programadas.

Se debe tener en cuenta que un alto porcentaje no es necesario que sea proporcional al avance general, ya que, si la cantidad de actividades programadas son menores a la cantidad requerida, el atraso general aumentara.

2.8.2.- Causa de No Cumplimiento (CNC)

Las causas de no cumplimiento son la razón que no permiten el cumplimiento de una actividad que se esperaba realizar. Son los Últimos planificadores quienes alimentan esta información, la que debe ser lo más clara y detalladas posible, indagando hasta encontrar la causa raíz del problema.

Con esta información se evita volver a cometer los mismos errores en planificaciones futuras, mejorando los procesos y descubriendo restricciones no detectadas.

Algunos ejemplos de Causas de No Cumplimiento:

- Falta de Materiales
- Falta de mano de obra
- Planificación
- Falla del Subcontrato
- Materiales
- Ingeniería y diseño
- Clima
- Equipo

2.8.3.- Porcentaje Cumplimiento Bitácora Diaria

Adicionalmente para el desarrollo de este trabajo, se implementó el uso de una bitácora diaria, este elemento nació a partir de la necesidad de llevar un control de la productividad de las cuadrillas de forma periódica. Para lo cual se llevó el registro de las actividades a realizar cada trabajador del proyecto, excluyendo a los subcontratos.

Dado que la base general de la bitácora corresponde al programa semanal, su cumplimiento contribuyo tanto al desarrollo de dicho programa, como a la liberación de restricciones al ir preparando cancha para los subcontratos de forma periódica.

2.8.4.- Registro y Liberación de Restricciones

Para lograr un sistema continuo de producción se debe necesariamente controlar las restricciones asociadas a cada actividad. Cada restricción posee un responsable y tiempo máximo de liberación.

Con esta información se logra mantener un inventario de trabajo ejecutable para poseer un stock de actividades listas para comenzar en caso de que las cuadrillas terminen sus actividades programadas antes de tiempo o si por alguna razón no se puedan ejecutar.

2.9.- Acciones Correctivas

Una vez identificada la causa raíz del incumplimiento se debe incurrir en acciones que permitan corregir estos incumplimientos de manera de que no se repitan en el futuro. Estas acciones se les designan un responsable y fecha para implementar esta acción correctiva

2.10.- Velocidad de avance relativa.

Para identificar la eficiencia en los períodos de corto plazo que posee un proyecto, se utiliza la velocidad de avance relativa del proyecto, por medio de la comparación de los volúmenes avance de obra del plan programado y avance real.

La identificación de periodos de velocidad de avance relativa deficiente y eficiente se determina utilizando la razón entre la pendiente real con la pendiente programada para cada periodo. Esta relación propuesta por Sabbatino en 2011. indicara si el proyecto disminuye o aumenta su atraso.

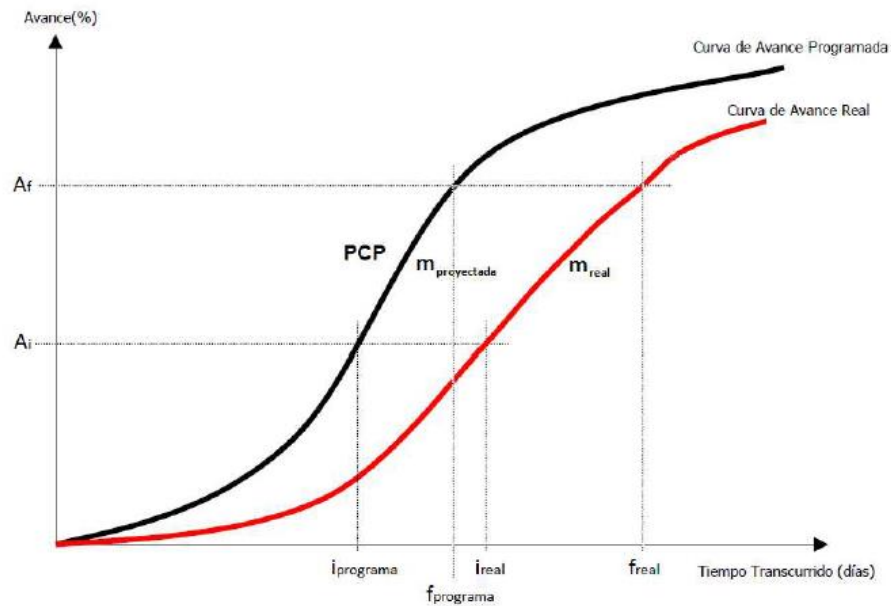


Figura 2.16.- Curva de Avance en real y Curva de Avance programada. Fuente: Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación en Chile, Sabbatino, 2011).

Donde:

A_i = Porcentaje avance inicial

A_f = Porcentaje avance final

$i_{programa}$ = fecha inicio programa corto plazo

$f_{programa}$ = fecha termino programa corto plazo

i_{real} = fecha inicio real

f_{real} = fecha termino real

Si la razón entre ambas pendientes es mayor o igual a 1, quiere decir que el proyecto avanza a una velocidad igual o mayor a la programada, por ende, se busca siempre este tipo de resultados para poder cumplir con los plazos establecidos. En contraste si el atraso aumenta se debe a que el porcentaje de avance parcial fue menor a 1, de modo que genera un periodo de avance deficiente.

3.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1.- La Cruz Inmobiliaria y Constructora.

La Cruz Inmobiliaria y Constructora S.A. comenzó sus operaciones en 2013, con el objetivo principal de desarrollar proyectos inmobiliarios de calidad y accesibles, en la zona central del país. A la fecha ha construido y comercializado viviendas y se encuentra desarrollando otras, en las regiones de Valparaíso y de O'Higgins.

La mayoría de estos proyectos están insertos en el Programa de Integración Social y Territorial D.S. 19, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que busca incorporar a familias de diferentes realidades socioeconómicas, en barrios bien localizados y cercanos a servicios de salud, educación, transporte y otros, con estándares de calidad en diseño, equipamiento y áreas verdes.

3.2.- Antecedentes proyecto por analizar

El proyecto “Condominio Pascual Baburizza” corresponde a un conjunto habitacional construido bajo el Programa de Integración Social y Territorial D.S. 19, el cual se encuentra ubicado en la zona urbana de la comuna de Limache, cuya fotografía referencial corresponde a la mostrada en imagen 3.1.-



Imagen 3.1.- Fotografía referencial Pascual Baburizza. Fuente.
www.lacruz inmobiliaria.cl

Tal lo expuesto en figura 3.2.- El proyecto en su primera etapa consta de la construcción de cuatro torres de cinco pisos con 76 departamentos de 4 tipologías diferentes (20 Tipo 1: $60,08 \text{ m}^2$; 16 Tipo 2: $60,08 \text{ m}^2$; 20 Tipo 3: $62,68 \text{ m}^2$; 20 Tipo4: $66,70 \text{ m}^2$), además de 36 bodegas y 148 estacionamientos, sala multiuso, portería y equipamiento tales como juegos infantiles de alto estándar, ciclovía, cancha de rayuela y quinchó, sumando en total una superficie de $5.431,25 \text{ m}^2$ construidos.



Figura 3.2.- Planta de Loteo Condominio Pascual Baburizza I.

El presupuesto para la realización del proyecto Pascual Baburizza corresponde al siguiente:

CONDOMINIO PASCUAL BABURIZZA I	Presupuesto Original
OBRAS PREVIAS	\$ 2.505.219
OBRA GRUESA	\$ 522.528.839
INSTALACIONES DOMICILIARIAS	\$ 250.442.484
TERMINACIONES DPTOS	\$ 416.530.193
TERMINACIONES BODEGA	\$ 14.489.362
TERMINACIONES BLOCK	\$ 129.138.012
PAVIMENTACION INT. CONDOMINIO	\$ 48.182.988
AGUA POTABLE CONDOMINIO	\$ 29.940.000
ALCANTARILLADO CONDOMINIO	\$ 13.590.000
ELECTRIFICACION CONDOMINIO	\$ 33.356.146
AREAS VERDES Y PAISAJISMO	\$ 12.451.000
OBRAS EXTERIORES COMPL.	\$ 107.862.476
GASTOS GENERALES	\$ 453.640.100
INSTALACION DE FAENA	\$ 29.160.000
	\$ 2.063.816.819

Tabla 1.- Presupuesto original proyecto Pascual Baburizza I.

3.2.1.- Etapas y Fases de trabajo

Para la construcción del proyecto Pascual Baburizza, se establecieron las etapas de Obras Previas, Obra Gruesa, Urbanización y Terminaciones, la cual esta última se subdividió en Fase I, Fase II y Fase III.

Siendo la etapa de Obras Previas destinada para la limpieza del terreno, junto con la confección de la instalación y confección de plataformas de las cuatro edificaciones. Posteriormente para la ejecución de la Obra Gruesa se establecieron ciclos para los muros y losas repartidos en ocho ciclos de trabajo, dos ciclos por edificio.

Mientras tanto la etapa de Urbanización contempla las instalaciones Sanitarias, Gas, Electricidad, Pavimentación, Sala Multiuso, Quincho, Portería, Paisajismo y Juegos

En tanto para la etapa de Terminaciones se definieron tres fases, según el orden constructivo, siendo el detalle de cada fase el siguiente:

- **Fase I**
 - PASO BARCO
 - DESCARACHADO Y PULIDO DE LOSA Y MUROS
 - QUEMADO MUROS
 - BARANDAS METALICAS
 - TRAZADO
 - ALINEACION TUBERIAS Y CENTROS
 - TABIQUERIA 1 CARA
 - VOLCAPOL PERIMETRAL
 - INSTALACIONES ELÉCTRICAS
 - INSTALACIONES SANITARIAS
 - TABIQUERIA 2 CARA
 - IMPERMEABILIZACIÓN DE BAÑOS
 - VIGONES, SOCALOS Y DINTELES
 - HUINCHAS MUROS CIELOS Y TABIQUES
 - ALFEIZAR Y RASGOS DE VENTANAS
 - NIVELACION PISO

- **Fase II**
 - COLOCACIÓN CORNISAS
 - PASTA MURO CIELOS Y TABIQUES
 - PINTURAS 1° MANO CIELOS Y TABIQUES
 - CERAMICA MURO Y PISO
 - FRAGUE. 100%
 - INSTALACIÓN TINA
 - CERAMICA FALDON DE TINA
 - INSTALACIÓN MARCOS Y PUERTAS
 - INSTALACIÓN VENTANAS
 - INSTALACION GUARDAPOLVO Y PILASTRAS
 - PINTURAS PUERTA 1° MANO
 - CERRADURA DE PUERTAS
 - REMATES DE YESO
 - ALAMBRADO Y ARTEFACTOS ELÉCTRICO
 - PINTURAS CIELOS TERMINADOS

- **FASE III**
 - MUEBLES DE COCINA Y CLOSET
 - INSTALACION ARTEFACTOS SANITARIOS
 - INSTALACION ARTEFACTOS COCINA
 - GRIFERIA
 - INSTALACION ESPEJO

- ACCESORIOS DE BAÑO
- SELLOS
- REMATE DE PINTURAS
- INSTALACION DE ALFOMBRA
- TOPES Y CUBREJUNTAS
- ASEO
- INSTALACION TAPAS ELECTRICA

3.2.2.- Atraso Físico

El inicio del proyecto corresponde al 2 de mayo del año 2017, con un plazo de 420 días de realización, traduciéndose a una fecha de término el 30 de junio del año 2018. Al ingresar al proyecto durante enero del 2018 el plazo transcurrido corresponde al 74.3% del total, donde el avance físico real correspondería al 36,85% en contraste al 59.6% programado, significando 94 días de retraso.

Dicho retraso resulto ser producto de varios factores que se presentaron durante los meses previos, entre los motivos entregados por parte de la gerencia de construcción se encuentra la incorrecta planificación de obra gruesa por parte del equipo encargado, el administrador de obra junto al encargado de oficina técnica, definieron el uso de dos grúas torres de forma simultánea para ejecutar las cuatro edificaciones, dicha estrategia no logro ser llevada a cabo por no lograr un flujo de trabajo constante, como consecuencia de la baja productividad por parte del subcontrato encargado del moldaje, quien no logro poseer los recursos necesarios para abarcar los dos frentes de trabajo planificados.

Otro de los factores mencionados por parte del Gerente de Construcción de la empresa que causo el atraso de la obra, corresponde al poco estudio y la inexperiencia para la construcción del muro de tierra armada cuya ejecución corresponde a una de las mayores características constructivas de Pascual Baburizza, puesto que es el primero de la empresa Constructora que ejecuta en la ladera de un cerro, con una significativa cantidad de movimiento de tierra, sumando más de $4.750 m^3$.

El proyecto de contención de tierra armada contempló dos tramos de 139 m y 171 m de largo cada uno, sumando en total $765m^2$ de muro y $2700m^3$ de relleno. La ejecución requirió una gran cantidad de tiempo, desde su comenzó en octubre de 2017 hasta su finalización transcurrió seis meses, terminando el segundo tramo en mayo 2018.

Además de los problemas mencionados por parte de la Gerencia de Construcción, se ocasionaron otros factores durante obra gruesa que perjudicaron la correcta ejecución de la obra, tal como: las deficientes planificaciones realizadas por parte del Encargado de Oficina Técnica, principalmente en los pedidos del hormigón, pues frecuentemente solicito menos metros cúbicos de hormigón o solicitando un hormigón correspondiente a otros elementos, causado por programar los hormigones sin consultar al equipo de terreno, por esto al momento de hormigonar los tiempos de ejecución se alargaban. Como consecuencia para el mes de noviembre de 2017, se reemplazó al Encargado de Oficina Técnica

Días posteriores al cambio de Oficina Técnica se produce un accidente grave en donde un trabajador al momento de estar desarmando los andamios del quinto piso sufre una caída, que gracias a las medidas de seguridad correspondientes al estar ocupando su arnés de seguridad no causo su muerte. A pesar de la gravedad del accidente, el Administrador no realizo los procedimientos establecidos por la empresa y opto por acudir con el trabajador a una clínica para atenderse de forma particular en desmedro de informar a la mutual. Dicha negligencia conllevó una demanda del trabajador y una multa a la empresa, a partir de aquello se despidió al Administrador de obra.

Con la llegada del nuevo administrador se efectuó una renovación en el equipo de jefatura en terreno, reemplazando a dos supervisores y manteniéndose el jefe de obra junto a otros dos supervisores. Lamentablemente para el avance de la obra desde el mes de Diciembre 2017 hasta julio 2018, se produjo una alta rotación en el personal de jefatura llegando a presentar 15 supervisores distintos, con los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, los más críticos en donde los supervisores renunciaban al mes de haber sido contratados, esta alta rotación del personal afectó al ritmo de avance físico, situación que se contrarrestó a partir del mes de Abril cuando se logró estabilizar el equipo de supervisores.

4.- MARCO METODOLÓGICO

Luego de ingresar al proyecto se aprecian los inconvenientes que surgían para el cumplimiento de las actividades programadas, a causa del desconocimiento del estado físico sumado a un bajo control de dichas actividades. Además de una desorganización por parte de los jefes de oficina técnica, bodega y terreno, ya que cada uno actuaba sin cooperar entre sí, responsabilizando a otro en lugar de coordinar y actuar por el bien común.

Ante lo cual surge la idea de implementar el Sistema Last Planner, con la meta de aumentar la productividad asimismo de disminuir el atraso del proyecto. Sugerencia planteada y aceptada por el administrador durante una breve reunión, junto con entregar la responsabilidad de realizar la programación y control las actividades semanales, comenzando desde la segunda semana de febrero 2018.

La implementación del sistema, abarco un periodo total de 22 semanas comenzando el lunes 12 de febrero de 2018 hasta el viernes 13 de julio de 2018.

4.1 Recopilación de Información

Para la recopilación de la información necesaria durante la implementación del sistema se utilizaron planillas Microsoft Excel, según formato indicado en figura 4.1.- las cuales ya eran utilizadas con anterioridad por parte del encargado de oficina técnica.

FASE 1 INTERIOR DEPARTAMENTOS																								
DEPTOS	LIMPIEZA PARA TRAZO	TRAZADO DE TABIQUE Y VANOS	DESCARGA PARA SHAFT Y VIGONES	SACAR CHICOTES DE AGUA	DESCARACHADO Y PULIDO MUROS Y LOSAS	ENTREGA PRUEBA ALCANTARILLADO Y AGUA	INSTALACION BARANDA TERRAZA	PISO BARCO	RECTIFICACION Y LIMPIEZA CAJAS CHICOTES ELECTRICOS AGUA	RAMATE PASOS	TRASLADO MATERIAL TABIQUE	TRASLADO MATERIAL VOLCAPOL	TABIQUE VOLCANITAZDA CARA	INSTALACION VOLCAPOL MUROS	VIGON Y ZOCALO BAÑO	SHAFT BAÑO	SHAFT COCINA	TRASLADO YESO, MASILLA	LIMPIEZA DESPUES DE TABIQUE	PIERNAS DE ACCESO	FAJAS YESO Y HUINCHAS	LIMPIEZA DESPUES DE YESO	PROYECCION SEMANA	TOTAL AVANCE CASA
bodega B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
12 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
13 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
14 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
21 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
22 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
23 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
24 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
31 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
32 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
33 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
34 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
41 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	83%	
42 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	83%	
43 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	83%	
44 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	83%	
51 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	85%	
52 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	81%	
53 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	85%	
54 B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	85%	

Figura 4.1.- Planilla control de avance Fase I Torre B revisión 14 febrero 2018, Fuente Elaboración Propia

Para realizar análisis de la productividad de la obra Pascual Baburizza, nos basaremos en el avance programado y real de las partidas en ejecución de urbanización y terminaciones, mediante un control semanal del estado de la obra.

Resulta fundamental poseer el estado real de la totalidad de las partidas del proyecto, siendo necesario realizar un levantamiento de información comenzando desde el 5 de febrero de 2018.

Semanalmente se realizó el levantamiento todos los jueves, con el fin poseer el panorama real de la obra para luego el viernes programar las actividades de la siguiente semana.

4.2.- Reuniones Coordinación

Durante la ejecución del proyecto, con la finalidad de mejorar la coordinación entre los distintos actores presentes en la obra, se realizaron de forma constante diversas reuniones, como fueron las reuniones semanales de programación, bitácora diaria, y coordinación de subcontratos.

4.2.1.- Reuniones programaciones semanales

Entre las instancias de coordinación mencionadas la más importante para el control y planificación corresponde a las reuniones de programación semanal. En ellas participaban todo el equipo de jefatura: administrador de obra, encargado de oficina técnica, ayudante oficina técnica, jefe de obra, jefe de bodega y los supervisores de terreno. Las reuniones se encuentran fijadas para los viernes idealmente para las 11:00 hrs, o en su defecto a las 14:00 hrs.

Las reuniones de coordinación comienzan con la revisión y el balance del cumplimiento de las actividades por parte de cada supervisor, realizando un análisis y balance de la semana en comparación a lo programado, de manera simultánea se registran las causas de no cumplimiento para cada actividad.

Finalmente se desarrolla el programa de la siguiente semana quedando conformado por las actividades pendientes de la semana anterior junto con los compromisos adquiridos.

4.2.2.- Reuniones Bitácora Diaria

Esta iniciativa del registro de las actividades diarias de cada trabajador fue sugerida por parte del Visitador de Obra de la Constructora, con la finalidad de saber concretamente que actividad realizaba cada trabajador y si realmente cumplían con lo esperado.

La bitácora diaria, tiene como objetivo ser una herramienta para ayudar al cumplimiento de las actividades semanales programadas, por ende, las tareas diarias deben ser congruentes con lo requerido por el programa semanal de la obra.

Al existir actividades que no agregan valor al producto, el uso de la bitácora contribuye a la ejecución de estas tareas, colaborando con la liberación de restricciones al ir preparando cancha de forma periódica, especialmente para los subcontratos.

Al finalizar la jornada laboral, diariamente se realiza la reunión con el fin de evaluar la bitácora del día, registrando el porcentaje de cumplimiento de la tarea asignada, para luego designar las tareas a efectuar para la siguiente jornada, según formato indicado en figura 4.2.-

N°	NOMBRE	EDIFICIO	JUEVES 29 MARZO 2018	
			MAÑANA	TARDE
CARLOS NAVARRO				
	JUAN DIAZ ORMEÑO	TRASLADO	COMPLETAR TRASLADO PEGAMENTO BEKRON MURO Y PISO TORRE D PISO 4 42-43D	COMPLETAR TRASLADO PEGAMENTO BEKRON MURO Y PISO TORRE D PISO 4 42-43D
	FLORES CISTERNAS LUIS	TRASLADO	COMPLETAR TRASLADO PEGAMENTO BEKRON MURO Y PISO TORRE D PISO 4 42-43D	COMPLETAR TRASLADO PEGAMENTO BEKRON MURO Y PISO TORRE D PISO 4 42-43D
	MORA VILLARDEL DAVID	TRASLADO	TRASLADO CERAMICA PISO Y MURO TORRE D PISO 4 42-43D	TRASLADO CERAMICA PISO Y MURO TORRE D PISO 4 42-43D
	VALDIVIESO VALENCIA FABIAN	TRASLADO	TRASLADO CERAMICA PISO Y MURO TORRE D PISO 4 42-43D	TRASLADO CERAMICA PISO Y MURO TORRE D PISO 4 42-43D
	VICUÑA SAN MARTIN SEBASTIAN	TRASLADO	TRASLADAR MASILLA Y YESO TORRE B PISO 3	COMPLETAR PUERTAS TORRE B Y C INCLUYE BODEGA
	ALVARADO URZUA DARKO	TRASLADO	TRASLADAR MASILLA Y YESO TORRE B PISO 3	COMPLETAR PUERTAS TORRE B Y C INCLUYE BODEGA
CRISTIAN GONZALEZ				
	PEREZ VALENCIA IVAN	C	CUBRIR PISO FOTOLAMINADO TORRE C PISO 3	CUBRIR PISO FOTOLAMINADO TORRE C PISO 3
	BRAVO RODRIGUEZ FABIAN	D	CANALES TERRAZA TORRE D PISO 5 51-52	CANALES TERRAZA TORRE D PISO 5 51-52
	TAPIA SANHUEZA MARCO	C	PICAR DETALLE VENTANAL TORRE C PISO 3 31	PICAR RASGOS VENTANA Y ASEO TORRE D
	DIAZ BASAEZ JULIO	C	PICADO PARA GUARDAPOLVO TORRE C PISO 3-4-5	PICADO PARA GUARDAPOLVO TORRE C PISO 3-4-5
	LAURIANO CANDO	C	REMATES YESO TORRE C PISO 5 51-52	REMATES YESO TORRE C PISO 5 51-52
DIEGO RUBIÑO				
	PLUJOL SAAVEDRA GUILLERMO	B	ASEO GENERA TORRE B PISO 2 21-22	ASEO GENERA TORRE B PISO 2 23-24
	GONZALEZ CALDERON MAURO	B	PICADO TINA TORRE A PISO 1	PICAR TORRE B DPTO 31 DORMITORIO 1 LOSA PARA RETAPE
	SUAREZ LEON GUILLERMO	B	REALIZAR GRADAS DE ACCESO TORRE B	REALIZAR GRADAS DE ACCESO TORRE B
	TORRES OJEDA FERNANDO	B	COMPLETAR RETAPE 24B	RETAPE 31B
DIEGO-CRISTIAN-FELIPE				
	VARGAS M. SANTIAGO		NIVELES AREAS COMUNES TORRE C	
MARCELO CISTERNA				
	DONOSO PACHECO JUAN		RELLENO MAICILLO 2 CAPA MURO TEIJOJAR Y COMPACTAR MURO TEIJOJAR PLACA 1a LINEA M2B RELLENO TRAS CARA MURO 3	
	ORMAZABAL FRUGONE JOSE		RELLENO MAICILLO 2 CAPA MURO TEIJOJAR Y COMPACTAR MURO TEIJOJAR PLACA 1a LINEA M2B RELLENO TRAS CARA MURO 3	
	SANCHEZ RODRIGUEZ LUIS		RELLENO MAICILLO 2 CAPA MURO TEIJOJAR Y COMPACTAR MURO TEIJOJAR PLACA 1a LINEA M2B RELLENO TRAS CARA MURO 3	
	GARAY ZUÑIGA RICARDO		RELLENO MAICILLO 2 CAPA MURO TEIJOJAR Y COMPACTAR MURO TEIJOJAR PLACA 1a LINEA M2B RELLENO TRAS CARA MURO 3	
	CERPA RIVERO EMANUEL		RELLENO MAICILLO 2 CAPA MURO TEIJOJAR Y COMPACTAR MURO TEIJOJAR PLACA 1a LINEA M2B RELLENO TRAS CARA MURO 3	
FELIPE ARANDA				
	PEREZ FUENTES HERNAN	A	ASEO TORRE A + REMATES FRAGUE	ASEO TORRE A + REMATES FRAGUE
	VICTOR SEPULVEDA	A	REMATES CARPINTERIA TORRE A PISO 51-52A	REMATES CARPINTERIA TORRE A PISO 51-52A
	SOTO CHOQUE PABLO	A	REMATES CERAMICA Y FRAGUE TORRE A PISO 51	REMATES CERAMICA Y FRAGUE TORRE A PISO 52
	JOSE URZUA	A	ASEO TORRE A + REMATES FRAGUE	ASEO TORRE A + REMATES FRAGUE
	NATHALY GALLARDO	A	ASEO GENERAL TORRE A	ASEO GENERAL TORRE A

Figura 4.2.- Planilla bitácora diaria para el jueves 29 de marzo 2018, Fuente Elaboración Propia.

Una de las características fundamentales de estas reuniones consiste en no superar los 15 a 20 minutos de duración, con el objetivo de no volverse una instancia de coordinación

tediosa, sumado al hecho de ser realizada post horario de trabajo. En estas reuniones asisten jefe de obra, supervisores y ayudante de oficina técnica, este último para registrar la bitácora para posteriormente informar al administrador de obra.

4.2.3.- Reunión Coordinación Subcontratos

Finalmente, la coordinación con los distintos subcontratos presentes en la obra se realiza de forma mensual, en las cuales asisten solamente administrador de obra, jefe de obra, y representantes de los subcontratos. En esta instancia se les presenta a los subcontratos la planificación mensual junto con los rendimientos de trabajo requerido por el programa.

4.3.- Etapas de Implementación Last Planner

4.3.1.- Plan Maestro

Dado que el proyecto ya se encuentra en curso al momento de integrarse al equipo de trabajo, para el desarrollo de este trabajo no se modificó el plan maestro respecto a la planificación oficial dispuesta en obra, siendo la curva de la figura 4.3.- la representación de la programación original.

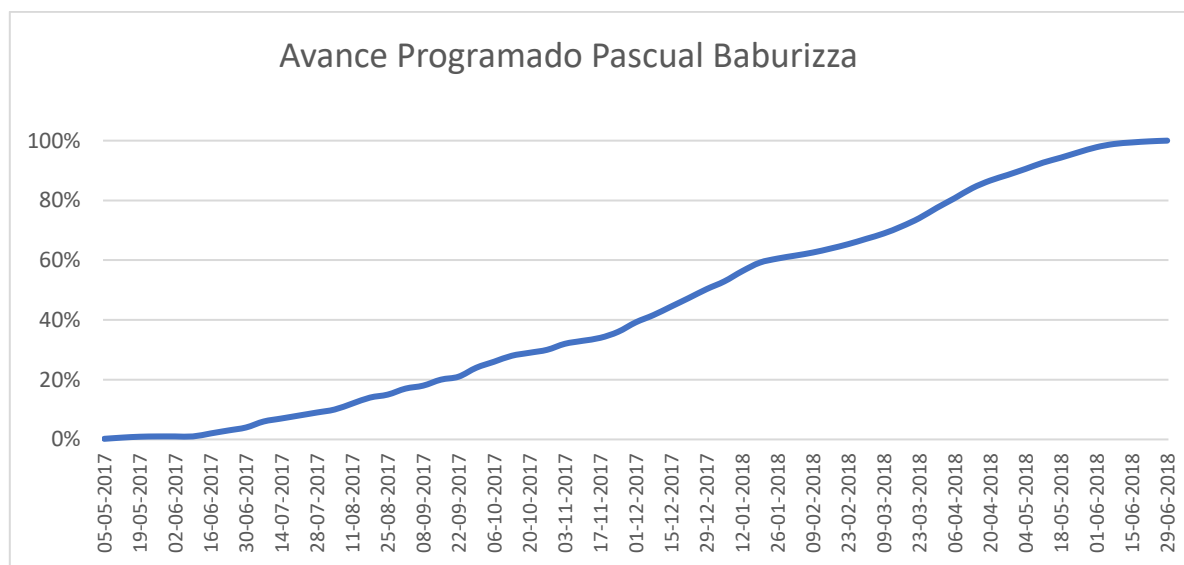


Figura 4.3.- Curva avance físico programado Pascual Baburizza.Elaboración Propia.

Sin embargo, al ser un proyecto bajo el programa de integración social y territorial D.S 19, existen plazos comprometidos con SERVIU, a petición de la inmobiliaria para el mes de abril fue aprobada una extensión en el plazo por dicha entidad.

Ante este aumento de plazo se define que la nueva fecha de término del proyecto, para el ingreso del equipo de post venta sea para al día 15 de agosto de 2018.

De esta manera el plan maestro del proyecto Pascual Baburriza para finalizar la obra según la figura 4.4.- queda representado por la curva de color amarilla, mientras que la programación original se encuentra de color azul.

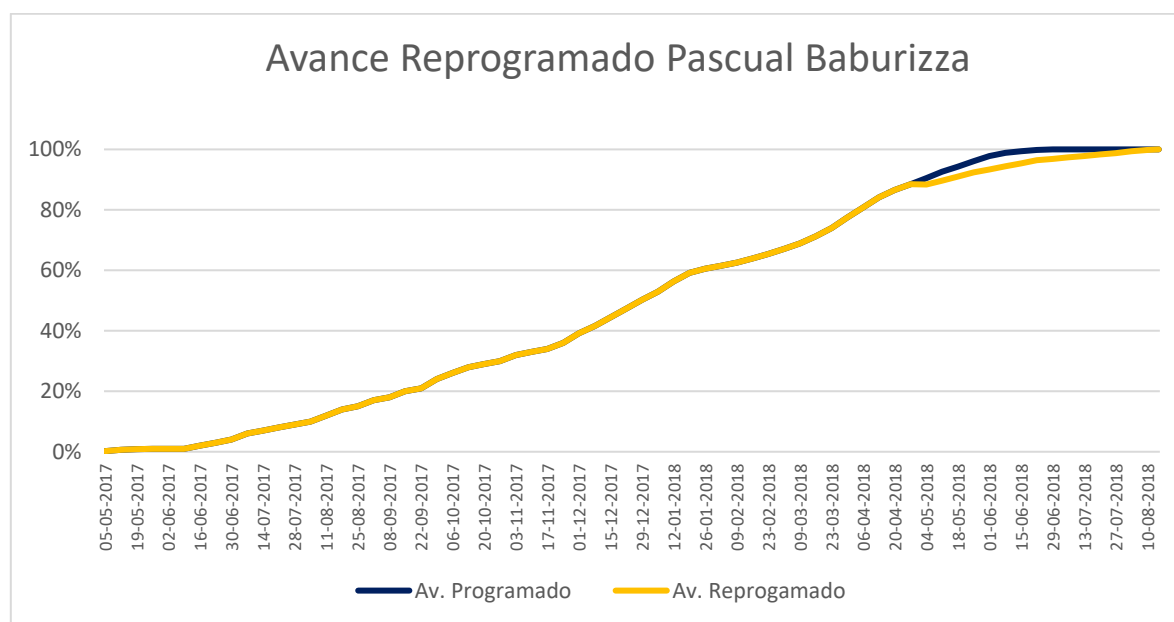


Figura 4.4.- Comparación de curvas de avance físico programado y reprogramación abril 2018. Elaboración Propia

4.3.2.- Plan intermedio

Tal como se ha mencionado anteriormente el siguiente nivel para la implementación del sistema del último planificador, corresponde a la generación del LAP, que consiste en las asignaciones de las actividades para un determinado intervalo de tiempo, a causa de la alta rotación de supervisores de terreno, para el desarrollo de la implementación del LPS en el proyecto se opta por un plazo de cuatro semanas, al existir una alta probabilidad de que las condiciones de trabajo cambien.

De este modo la planificación intermedia queda definida como la programación mensual para la obra generando un esquema de las partidas a realizar en el mes, según torre

y fase de terminaciones tal como se puede apreciar en figura 4.5.- la cual corresponde al Lookahead Plan del mes de mayo correspondiente a la Fase III de la Torre B.

Posteriormente se presentan dichos objetivos al resto del equipo, diferenciando las actividades que poseen restricciones frente a las que ya forman parte del inventario de trabajo ejecutable. De forma de coordinar las tareas a realizar con tal de liberar las restricciones garantizando un flujo de trabajo constante, entre las restricciones a coordinar destacan la cantidad de mano de obra requerida, contratación de algún subcontrato, cubriciones de materiales, generación de orden de compra, despacho y traslados de materiales y preparación de cancha.

	MUEBLES COCINAS	MUEBLES CLOSET	LIMPIEZA PARA AFINADO PISO.	AFINADO PISO	REVESTIMIENTO ALFOMBRA PISO FLOTANTE	JUNQUILLO.	INSTALACIÓN LAVAPLATOS	INST. W/C Y VANITORIO	INST. LAVADERO LOGIA	INSTALACIÓN CALEFONT.	CONEXIÓN Y PRUEBA CALEFONT.	SELLO INTERIOR VENTANAS.	INSTALACION EXTRACTORES.	TOPE PUERTAS.	CUBREJUNTA.	CELOSIAS Y TAPA REGISTRO.
12 B	S-2	S-1	S-2	S-2												
13 B	S-2	S-1	S-2	S-2			S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5
14 B	S-2	S-1	S-2	S-2			S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5
21 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
22 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
23 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
24 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
31 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
32 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
33 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
34 B	S-1						S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
41 B	S-2	S-1					S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
42 B	S-2	S-1					S-2	S-3	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-5	S-5
43 B	S-2	S-1					S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5
44 B	S-2	S-1					S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5
51 B	S-2	S-2	S-1	S-1	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5
52 B	S-2	S-2	S-1	S-1	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5
53 B	S-2	S-2	S-1	S-1	S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5
54 B	S-2	S-2			S-3	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-5	S-4	S-4	S-5	S-5

Figura 4.5.- Lookahead Plan Fase III Torre B para el mes de mayo 2018.

4.3.3.- Plan Semanal

El último nivel de implementación del SUP, corresponde a la planificación de corto plazo o semanal, se realizará en conjunto del administrador de obra encargado de oficina técnica, jefe de obra y supervisores.

Para cada programación semanal es esencial contar con el levantamiento físico actualizado, el cual es revisado en conjunto con el resto del equipo de trabajo durante las reuniones semanales, oportunidad en donde se ingresa la información del cumplimiento del programa anterior en el formato indicado en figura 4.6.- para ello se utiliza un sistema binario compuesto de 1 y 0, donde las actividades cumplidas al 100% se registran con un 1, y por el contrario si la actividad se encuentra incompleta se informa con un 0. Si el cumplimiento de las tareas programadas es erróneo, el estado real del proyecto no se evaluará correctamente.

De forma simultánea se ingresa la información de las actividades que no lograron ser ejecutadas en su totalidad detallando la causa y origen del no cumplimiento, de modo de indicar las acciones correctivas en caso de ser necesario.

Luego se prosigue por la elaboración del programa de la siguiente semana, comenzando por las tareas pendientes no ejecutadas de la programación anterior, procurando comprometerse a liberar las restricciones que impidieron su ejecución.

De forma previa a cada reunión se realiza una propuesta de programa semanal, que contempla todas las actividades que **se deben hacer** para aumentar el avance, de modo que el programa propuesto está conformado solamente con las actividades que agregan valor al producto.

Durante cada reunión los supervisores de terreno junto al jefe de obra se comprometen con las actividades que reales que **se pueden hacer**, indicando los responsables de su ejecución ya sea por parte del subcontrato o personal de la casa. Es importante considerar compromisos realistas, que sean los suficientes con tal de cumplir los avances exigidos.

REGISTRO DE PLANIFICACION SEMANAL (v2.0)

CENTRO COSTO : 10PAG_BAS1				Ingreso fecha inicio de semana: jun 07-05-2018		PAC SIN REGISTRAR		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO													
OBRA : CONDOMINIO PASCUAL BASURICZA				SEMANA : 18		AÑO : 2018															
CIUDAD : LIMACHE				FECHA INICIO : jun 07-05-2018		FECHA TERMINO : dom 13-05-2018															
ADMINISTRADOR OBRA : Eduardo Torrealba																					
AREA	NIVEL	ID ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	LUN 07	MAR 08	MIÉ 09	JUE 10	VIE 11	SAB 12	DOM 13	CUMPLIMIENTO	MANO DE OBRA	PLANIFICACION	SUBCONTRATADO	MATERIALES	INSTRUMENTOS Y OBRERO	CLIMA	CUADRELLA	CLIENTE	EQUIPO
INTERIOR DEPTO. FASE 2 (A-B)																					
	A		REMIOS YESO	PE	18							1									
	A		REMIOS CARPINTERIA	PE	18							1									
	A		CONSTRUCCION PUERTA ACCESO	PE		01-028						1									
	A		INSTALACION PUERTAS	PE			028					1									
	A		INSTALACION GUARDAPISO	PE		03-028	03-148					1									
	A		REPARACION BELLO VENTANAS	PE		08-28	08-48	08				0			1						
	A		INSTALACION ANGULO QUEBRANTE	PE					2-08	4-08		1									
INTERIOR DEPTO. FASE 2 (C-D)																					
	C		INSTALACION ANGULO QUEBRANTE	PA	4C	8C						1									
	C		INSTALACION QUEBRANTE	PA	4C	8C						1									
	C		REMIOS YESO	PA	08C	14C						1									
	D		FRANJE	PE			01-028	03-048				1									
	D		INSTALACION CORNER	PE						03-048		0			1						
	D		COLOCACION ANGULO VENTANA	PE	30	30	40	40				0			1						
	D		COLOCACION CERMICA PISO	PE		030	140					1									
	D		COLOCACION CERMICA MURO	PE		030	140					0					1				
	D		REMIOS YESO CUADRO DE CAJAS	PE	05	20	30	40	80			1									
	D		REMIOS YESO PERNAS DE ACERO	PE	20	20						1									
	D		EXTRACTOR ELECTRICOS	PE			21-028	23-048	31-028			1									
	D		INSTALACION PUERTAS	PE				01-028	03-048			0			1						
INTERIOR DEPTO. FASE 3 (A-B-C-D)																					
	A		PINTURA CORNER	PA	4A	4A	4A					1									
	A		PINTURA SEGUNDA MANO DE LOS	PA	4A	4A	4A					1									
	A		SEGUNDA MANO MUROS	PA	4A	4A	4A					1									
	A		PINTURA PUERTAS INTERIORES	PA	4A	4A	4A					1									
	A		PINTURA MUEBLES	PA	4A	4A	4A					1									
	A		PINTURA PUERTAS DE ACERO	PA	4A	4A	4A					1									
	B		INSTALACION PERNAS DE CLOSET	PE	01-028	03-048						1									
	B		INSTALACION BARRILAS CLOSET	PE		21-028	23-048	31-028	33-048			0				1					
	C		CONEXION VANTORIO	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		REPERA VANTORIO	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		CONEXION LAVABOS	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		INSTALACION LAVAPLATOR	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		REPERA LAVAPLATOR	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		INSTALACION WC	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		INSTALACION LAVAMANOS	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		REPERA LAVAMANOS	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		REPERA TUBO	PA	3C	3C	3C-3C	3C	3C			1									
	C		PINTURA CORNER	PA	02C	34C	44C	31C				1									
	C		PINTURA SEGUNDA MANO DE LOS	PA	02C	34C	44C	31C				1									
	C		SEGUNDA MANO MUROS	PA	02C	34C	44C	31C				1									
	C		PINTURA PUERTAS INTERIORES	PA	02C	34C	44C	31C				1									
	C		PINTURA MUEBLES	PA	02C	34C	44C	31C				1									
	C		PINTURA PUERTAS DE ACERO	PA	02C	34C	44C	31C				1									
	D		LIMPIEZA PARA AFINADO PISO	PE	31C	32C	33C	34C	41C			1									
	D		REPADE DE PISO ALFOMBRAS Y PISO FOTOLAMINADO	PE	31C	32C	33C	34C	41C			1									
ÁREAS COMUNES																					
	A		DAÑOS BODEGA	PA	100%	100%	100%					1									
	A		REMIOS YESO	PA	01	01	01	01	01			1									
	A		RECAMBIOS ESCALAS	PA				01	01			1									
	A		CARPINTERIA SALA BAÑOS	PA						100%	100%	0					1				
	A		BODONDO SALA BAÑOS	PA						100%	100%	0									
	A		PLASTIAS BODEGA	PA						100%	100%	1									
	B		PINTURA BODEGA	PE		100%	100%	100%				1									
MURO TIERRA ARMADA																					
			HORMIGON CADERNA CONCRECIÓN ZONA 1	MC	100%		100%					1									
			BELLERIO PERILADO TRAMPOLINO ZONA 1	MC				100%	100%			1									
			CADERNA CONCRECIÓN ZONA 2	MC				100%	100%			1									
			VERA FUNDACION ZONA 2	MC				100%	100%			1									
			MONTARIE MUEL 1 ZONA 2	MC					100%			0			1						
			BELLERIO CAP. 1 ZONA 2	MC						100%		0			1						
URBANDIZACION																					
			EXCAVACION CADERNA SAS ZONA 1	MC				100%				1									
			COLOCACION CADERNA C/POTECION ZONA 1	MC				100%	100%			1									
			EXCAVACION CADERNA SAS ZONA 2	MC					100%			1									
			COLOCACION CADERNA C/POTECION ZONA 2	MC						100%		1									
			Armado tubo dren	MC	100	100	100	100	100			1									
SALA MULTIUSO 1																					
			CUBIERTA MEMBRANA	MC			100	100	100			1									
			FILTRO - MALLA HEXAGONAL	MC				100	100			1									
			DINAMICO PISO	MC					100	100		1									
			HUNCHAS	MC				100	100	100		1									
ESTANQUE DE AGUA																					
			MARQUILLAS - BODONDO	MC					100	100		1									

Total de Actividades	67	0	3	4	2	1	0	0	0	0
Actividades Cumplidas	67	Total de Causas de no cumplimiento								
% Cumplimiento de Actividades (PAC)	95,07%	10								

Figura 4.6.- Planificación semana 19 desde 07/5/18 a 13/5/18. Elaboración propia.

4.4.- Indicadores por medir

Los indicadores son buenas herramientas para ver el efecto de la implementación del sistema del último planificador sobre la evolución de la obra, en el caso del proyecto Pascual Baburizza los indicadores a controlar de forma periódica son los siguientes:

- **PAC:** indicador que refleja la efectividad de la planificación semanal, además de identificar las actividades que no fueron completadas.
- **CNC:** registro de las causas más frecuentes de incumplimientos de las actividades programadas, permitiendo identificarlas y tomar acciones correctivas.
- **Porcentaje cumplimiento bitácora diaria:** índice sobre el cumplimiento de las tareas diarias por parte de los trabajadores, junto con reflejar el compromiso por parte del equipo.
- **Registro y Porcentaje liberación de Restricciones:** Registro de la frecuencia de las restricciones y el porcentaje que mide el nivel de liberación en el proyecto.
- **Velocidad de avance relativa del proyecto:** razón entre los porcentajes de avances programados y reales de manera semanal.
- **Curva avance físico acumulado:** control del avance físico acumulado del proyecto, representando el avance programado y avance real.
- **Índice de atraso en la obra:** indicador de los días de atraso del proyecto, calculado a partir del avance programado, real y plazo del proyecto.
- **Curva económica:** comportamiento económico del proyecto, respecto a la evolución del presupuesto original y el presupuesto de trabajo, basado en los datos entregados en los estados de resultados y proyección a término de la obra.

5.- RESULTADOS IMPLEMENTACIÓN SISTEMA LAST PLANNER

Junto con la presentar los resultados obtenidos durante la implementación del Sistema Last Planner en el proyecto Pascual Baburizza, se presentarán el estado de la obra al momento de integrarse el equipo de trabajo. Existiendo información respecto a curva de avance físico acumulado, días de atraso, velocidad de avance relativa, curva económica, junto del cumplimiento de los programas semanales.

5.1.- Porcentaje Actividades Completado (PAC)

Para analizar el desempeño del plan de corto plazo se utilizó el indicador de porcentaje de actividades completadas, indicador que evidencia la importancia de programar tareas que si se puede realizar, en caso de no alcanzar el cumplimiento del programa aumentarían las interferencias y retrasos del avance general de proyecto, por lo que se deben considerar las reales capacidades del equipo de trabajo.

Tal lo mencionado anteriormente el proyecto constaba de un programa semanal el cual era realizado de manera ineficiente reflejado su promedio de cumplimiento y al atraso presente en la obra.

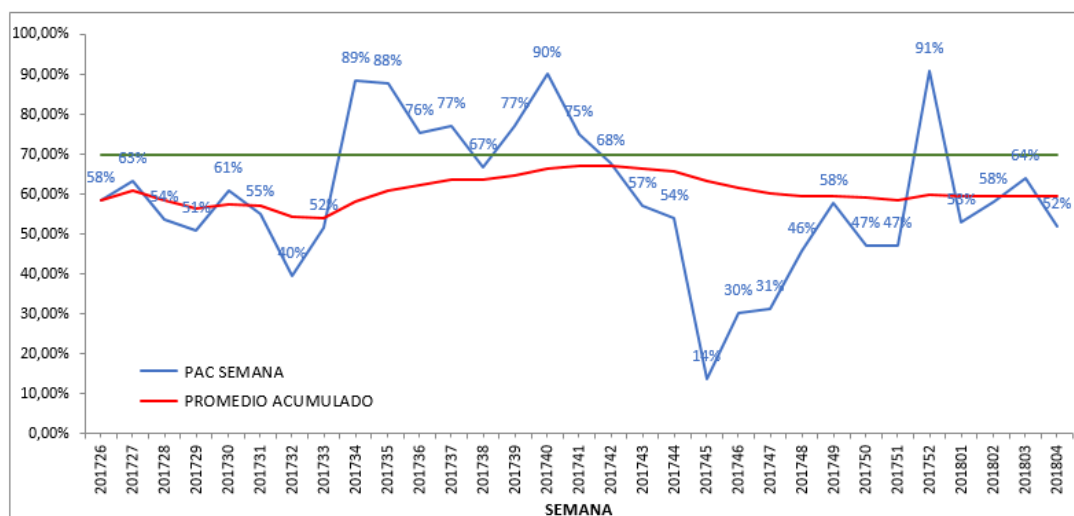


Figura 5.1.- Curva de avance de PAC hasta 26 enero 2018. Elaboración Propia

Al de ingreso al proyecto el promedio de cumplimiento no superaba el 59,49% tal lo expuesto en la figura 5.1.- la cual considera todas las semanas anteriores a la implementación comenzada durante el mes de febrero. En ella se aprecia que a pesar de presentar un periodo de ocho semanas con un cumplimiento mayor al 67%, resultados que pueden ser tomados como positivos, no afectaron positivamente al avance físico, puesto que dichos programas no cumplían con la exigencia del programa.

En cambio, durante las semanas en que se realizó la implementación del sistema, el promedio alcanzado fue un 76,05% tal lo indicado en figura 5.2. la cual considera los porcentajes de cumplimiento de las actividades durante las semanas de implementación. Que en comparación a lo presentado anteriormente en figura 5.1.- el indicador es mayor al promedio que se tenía al comienzo del estudio.

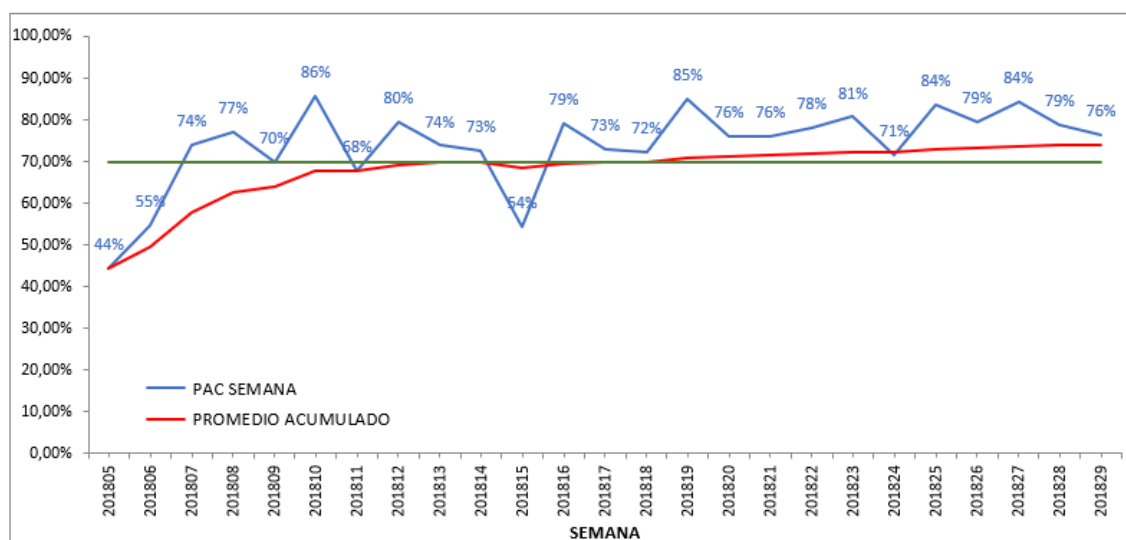


Figura 5.2.- Curva de avance de PAC desde 22 enero 2018 hasta 20 julio 2018.
Elaboración Propia

Desde la semana del 12 de febrero 2018, registrada como semana 201807, se distingue que el porcentaje alcanzado en cada semana supera el 70% de cumplimiento, salvo en dos oportunidades, siendo en la semana 201815 donde se registró el menor porcentaje de cumplimiento, un 54,39%, causada por ser la primera semana programada luego de renovación de personal de supervisores y mano de obra directa.

Es posible analizar desde Tabla2.- que los meses que se alcanzaron los mayores cumplimientos corresponden a los meses de mayo, junio y julio, con un promedio PAC de 77,47%, 78,83% y 79,88% respectivamente.

FECHA SEMANA	SEMANA	PAC SEMANA	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO ACUMULADO
12-02-2018	201807	74,07%	73,67%	74,07%
19-02-2018	201808	76,92%		75,50%
26-02-2018	201809	70,00%		73,67%
05-03-2018	201810	85,71%	76,69%	76,68%
12-03-2018	201811	67,65%		74,87%
19-03-2018	201812	79,59%		75,66%
26-03-2018	201813	73,81%		75,39%
02-04-2018	201814	72,73%	69,77%	75,06%
09-04-2018	201815	54,39%		72,76%
16-04-2018	201816	79,03%		73,39%
23-04-2018	201817	72,92%		73,35%
30-04-2018	201818	72,09%	77,47%	73,24%
07-05-2018	201819	85,07%		74,15%
14-05-2018	201820	76,00%		74,28%
21-05-2018	201821	76,00%		74,40%
28-05-2018	201822	78,18%		74,64%
04-06-2018	201823	80,70%	78,83%	74,99%
11-06-2018	201824	71,43%		74,79%
18-06-2018	201825	83,78%		75,27%
25-06-2018	201826	79,41%		75,47%
02-07-2018	201827	84,21%	79,88%	75,89%
09-07-2018	201828	78,95%		76,03%
16-07-2018	201829	76,47%		76,05%

Tabla 2.- Registro semanal porcentaje actividades completadas durante implementación. Elaboración Propia

Analizando los cumplimientos semanales entre las dos etapas, se obtiene la figura 5.3.- en ella se unifican en una sola curva los porcentaje de cumplimientos previos y posteriores a la implementación del SLP en donde se obtuvo un promedio de 66,03% cumplimiento, significando que el PAC acumulado durante la implementación obtuvo un alza del 6,98%.

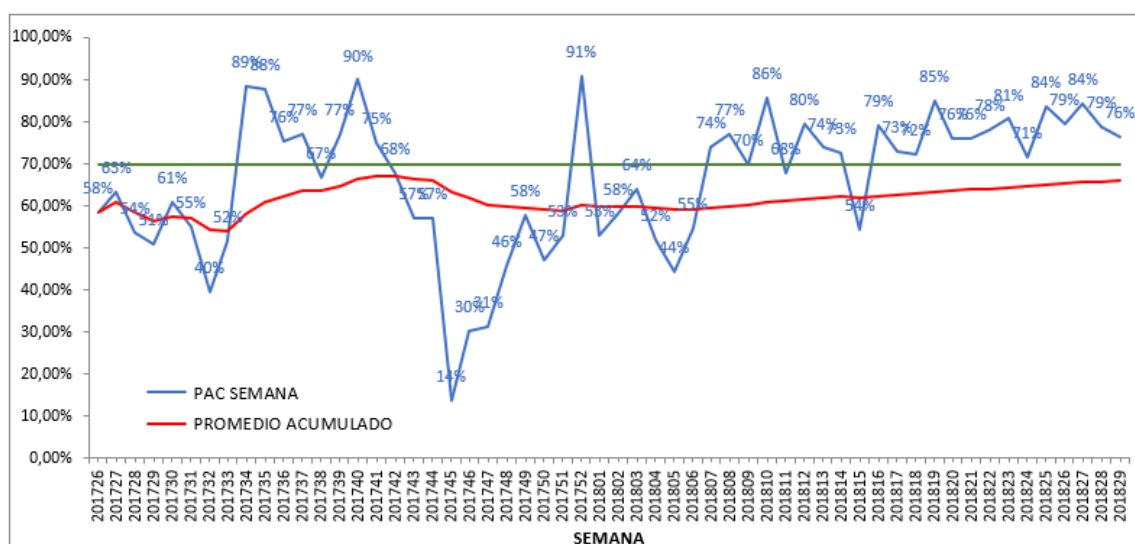


Figura 5.3.- Evolución curva de avance de PAC acumulado hasta 13 julio 2018.
Elaboración Propia

5.2.- Causas No Cumplimiento (CNC)

De forma simultánea al control de actividades completadas, se registraron las causas más frecuentes de incumplimientos de las actividades programadas, de modo de lograr identificar las problemáticas y tomar acciones correctivas con tal de evitar volver a cometer los mismos errores.

Durante los meses de implementación se registraron en totalidad 266 CNC representadas en la figura 5.4.- donde la mayor de las frecuencias de los incumplimientos corresponden por parte de los Subcontratos alcanzando un 44,74 % del total, seguido por el 24,44% por fallas en la planificación del plan a corto plazo y 12,78% por problemas con los materiales.

CONTROL DE CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

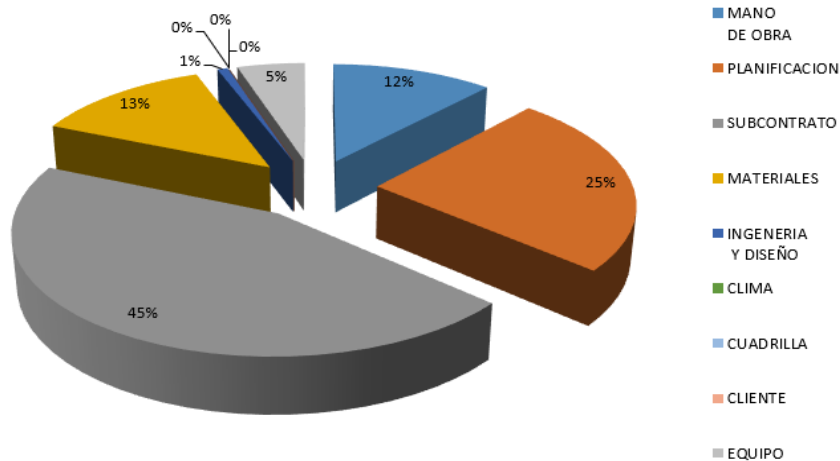


Figura 5.4.- Frecuencias de Causas de No Cumplimiento. Elaboración Propia

Al comparar la distribución semanal de la totalidad de las causas de no cumplimiento para con el cumplimiento del programa semanal, se destaca que las semanas que presentaron mayores incumplimientos coinciden con las semanas con menor cumplimiento de la planificación.

5.3.- Porcentaje Cumplimiento Bitácora Diaria

Uno de los elementos complementarios incorporados para el control y cumplimiento de las planificaciones de corto plazo fue el uso de la bitácora diaria, registrando las tareas de cada trabajador. Según figura 5.5- desde el comienzo del uso hasta el final de la implementación se alcanzó un promedio de cumplimiento diaria del 81,27%, con una varianza del 0,4%. Durante los meses de marzo, mayo y junio los meses con mejor rendimiento diaria, promediando 84,06%, 83,19% y 83,25% respectivamente.

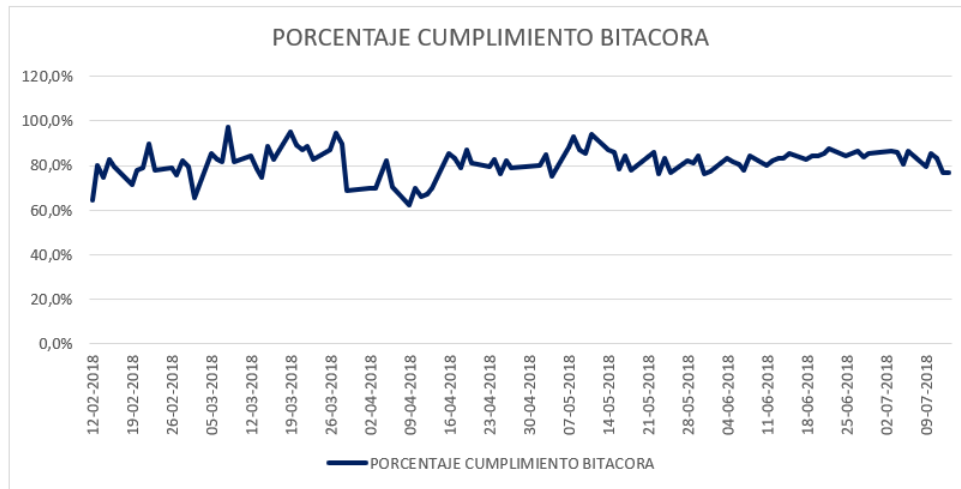


Figura 5.5.- Porcentaje de cumplimiento de bitacora diaria proyecto Pascual Baburizza. Elaboración Propia

Otro elemento que se puede rescatar a partir del uso de la bitácora diaria es el rendimiento de los equipos de cada supervisor, la cual se observa en la gráfica de la figura 5.6.- donde expone el porcentaje de las tareas diarias de cada supervisor y su equipo. Al existir una alta rotación de los supervisores de terreno que trabajaron en el proyecto, se dividen en dos equipos, según el tiempo en que coincidieron en la obra.

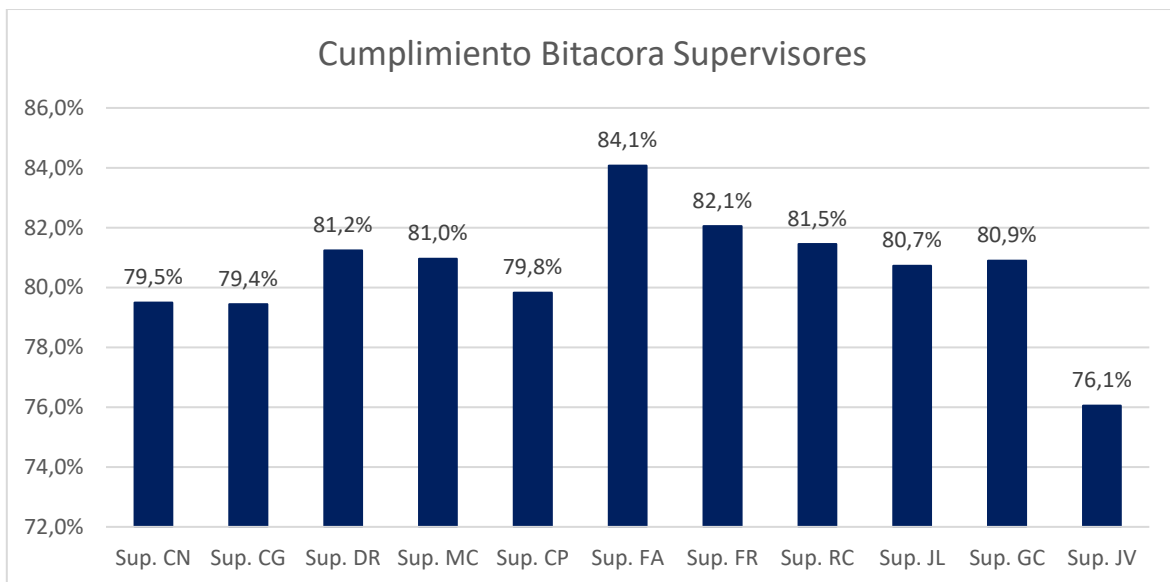


Figura 5.6.- Cumplimiento bitácora diaria de supervisores. Elaboración propia

Según figura 5.7, se observa que el primer equipo se encuentra compuesto por los supervisores de los meses de febrero y marzo, promediaron un 80,23% de rendimiento. En tanto el segundo equipo de supervisores entre los meses de abril y julio obtuvo un cumplimiento del 82,11%.

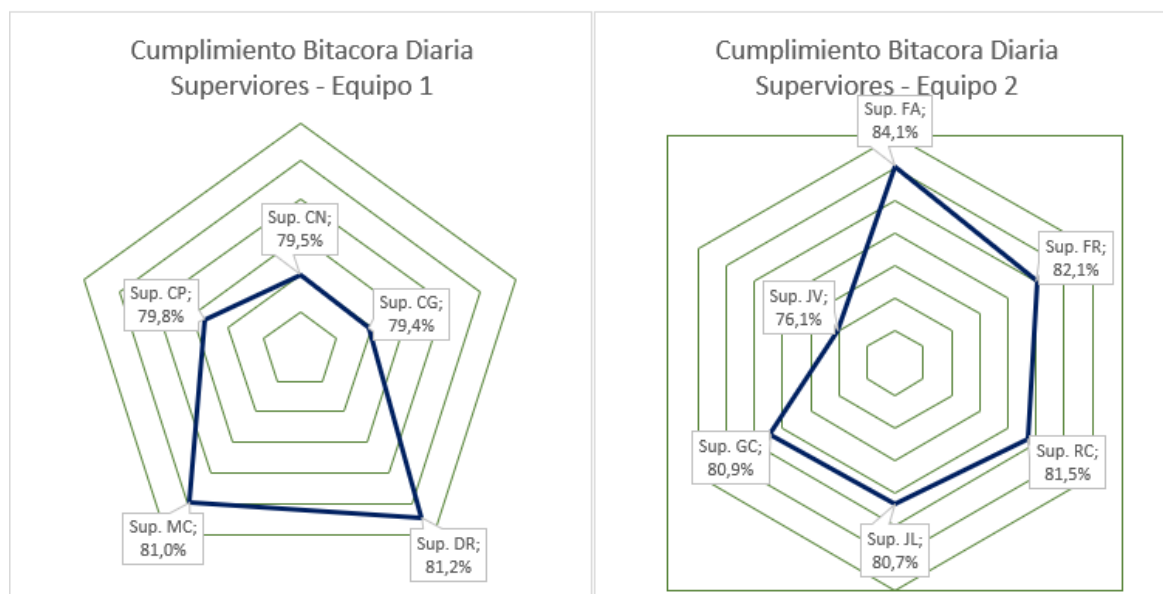


Figura 5.7.- Comparación del cumplimiento bitácora diaria entre equipo de trabajo.
Elaboración propia

5.4.- Registro y Liberación de Restricciones

Con el objetivo de garantizar un flujo de trabajo continuo, se detectaron y liberaron todas las problemáticas que impiden la ejecución de cada actividad. Realizando el registro de las restricciones para las tareas consideradas en la Planificación Intermedia, registrando la totalidad de restricciones detectadas y de cuantas lograron ser liberadas. Permitiendo añadir las actividades liberadas al inventario de trabajo ejecutable, para luego ser programadas durante los programas de corto plazo. El comportamiento bimensual del registro de las restricciones durante los meses de febrero a julio es el siguiente.

Según figura 5.8.- respecto a las cantidades de restricciones encontradas y liberadas de manera bisemanal, se observa que en los meses de abril y mayo son los meses con mayor número de restricciones liberadas.

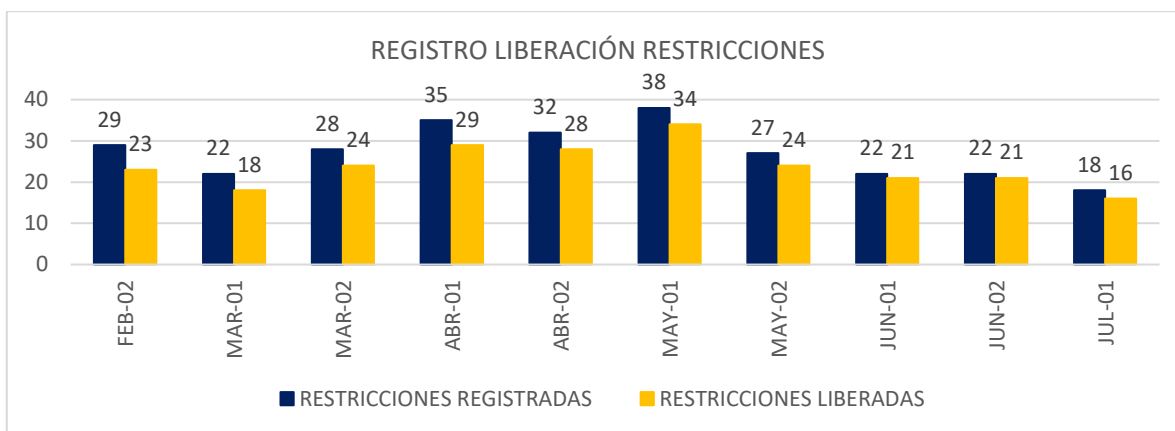


Figura 5.8.- Registro de restricciones y liberación de restricciones Pascual Baburriza.
Elaboración Propia

Con tal de definir la estrategia adecuada para la liberación de restricciones se clasificaron según la naturaleza del requerimiento, ya sea por diseño, mano de obra subcontrato, orden de compra, material o cancha. En particular la restricción con mayor frecuencia según lo expuesto en figura 5.9. del registro de restricciones corresponde a las del tipo de Subcontrato con un 34%, seguido por los requerimientos por falta de cancha con un 27%.



Figura 5.9.- Registro de Restricciones según naturaleza de requerimiento Pascual Baburriza, Elaboración Propia

El promedio de liberación de restricciones durante los meses del estudio fue un 89,41%, reflejado en curva de la figura 5.10, destacando que desde el mes de mayo se presenta un alza respecto a los meses anteriores llegando hasta tener un cumplimiento del 97,67% durante el mes de junio.

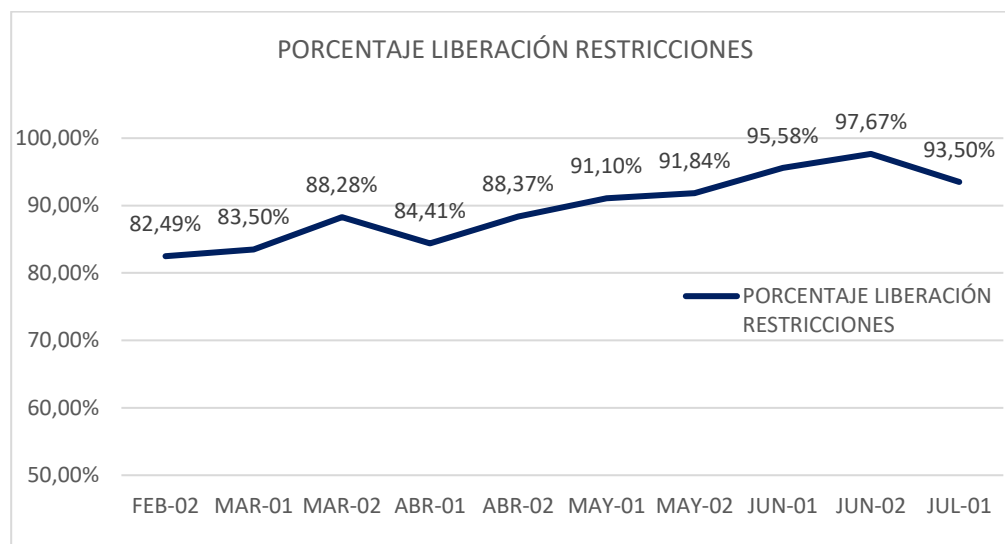


Figura 5.10.- Liberación de Restricciones Pascual Baburriza. Elaboración Propia

En el transcurso del estudio y tal como muestra la gráfica de la figura 5.11, se lograron liberar en su totalidad las restricciones de naturaleza de Orden de Compra y Diseño, mientras que las del tipo de Mano de Obra y de preparación de Cancha se liberaron en un 95% y 93%, respectivamente. Siendo las restricciones por falta de Material y de entrega por parte de los Subcontratos los requerimientos con un menor cumplimiento, un 82% y 80%.

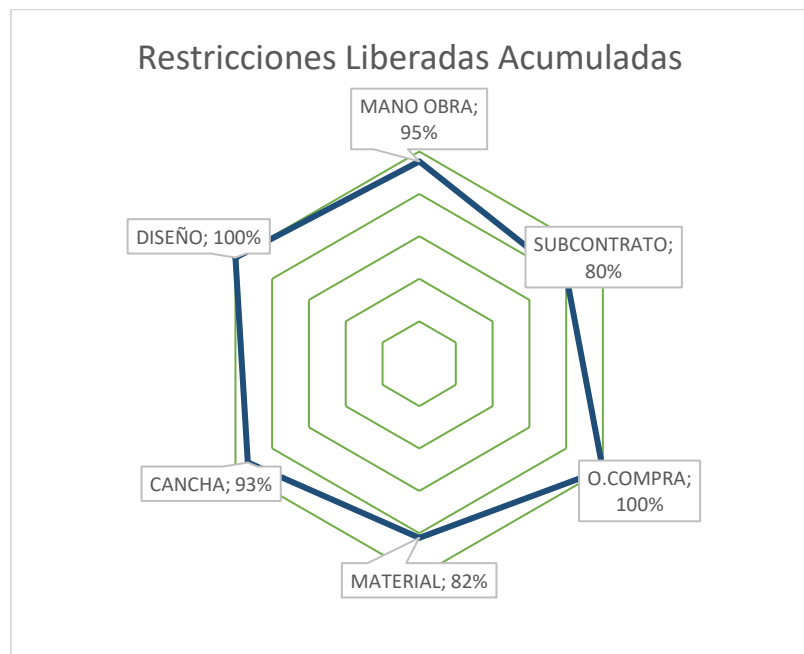


Figura 5.11.- Restricciones liberadas por naturaleza de requerimiento. Elaboración Propia

5.5.- Curva de Avance acumulado

No solamente se controló el porcentaje de actividades programadas semanales completadas, sino además se llevó el registro del avance físico acumulado de la obra. Al integrarse al equipo de trabajo tal lo indicado en figura 5.12 en el desarrollo de la obra se llevaba un 36.85% avance, siendo inferior al programado del 59,16%, traducándose en atraso del 22.31%, Mientras tanto para el comienzo de la implementación, contaba con un avance del 41.82% versus al 62.56%, con un atraso del 20,73%

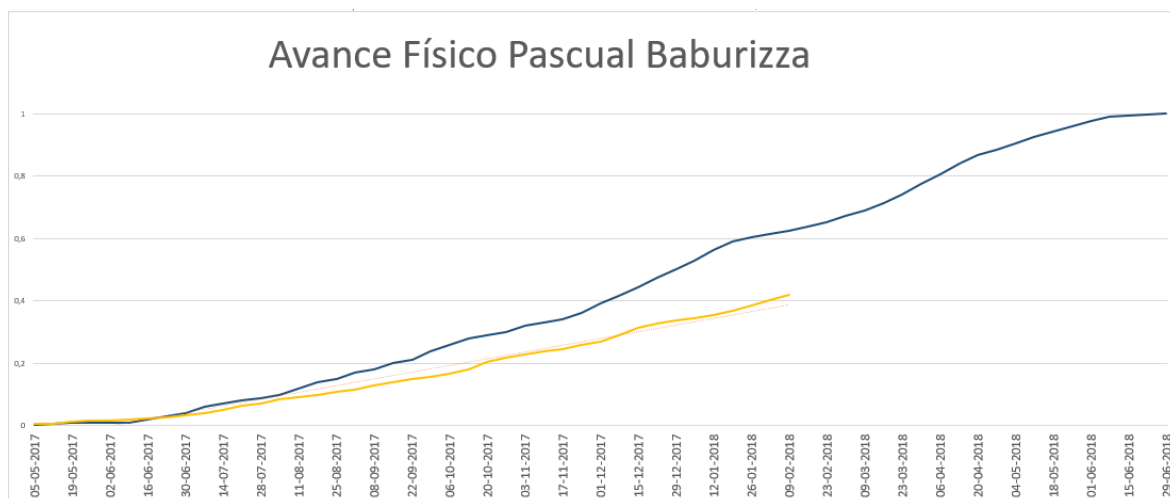


Figura 5.12.- Avance físico acumulado al 12 de febrero 2018. Elaboración Propia

Finalizando el estudio con un avance real del 95,62% versus al 97,87% de avance programado tal lo expuesto en las curvas de avance programado y avance real informadas en la figura 5.13, no olvidando que este avance corresponde al presentado a partir de la reprogramación que se realizó en la obra durante el mes de mayo.

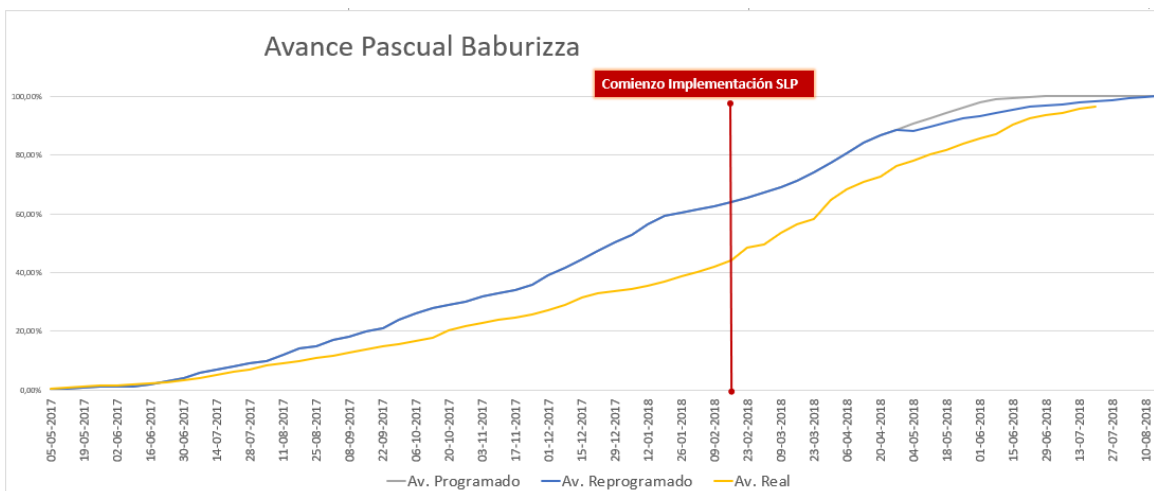


Figura 5.13.- Curva avance físico acumulado al 13 de julio 2018. Elaboración Propia

5.6.- Días de atraso

Es posible transformar la diferencia porcentual entre ambos avances acumulados en una determinada cantidad de días de atraso que se presenta en el proyecto. Los días de atraso se calculan en función del plazo del proyecto y los avances reales y programados, mediante la siguiente relación.

$$días_{atraso} = (\%Avance_{programado} - \%Avance_{real}) * Plazo_{días}$$

En base a lo anterior es posible evidenciar en la figura 5.14 que para la fecha de integración y del comienzo de la implementación del sistema los días de atraso que presenta la obra es de 94 y 88 días, respectivamente.

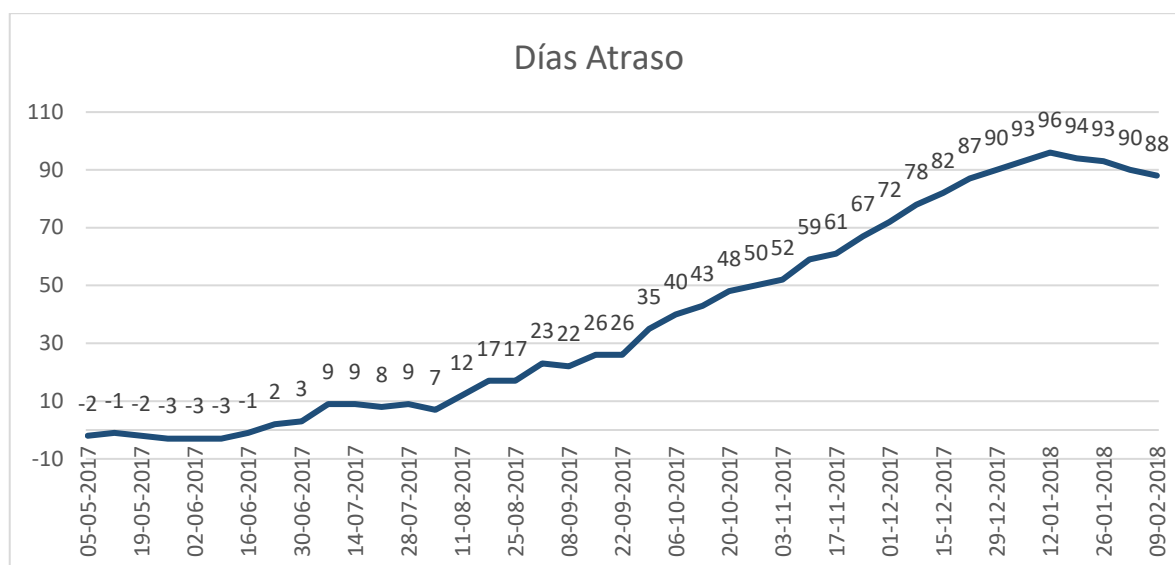


Figura 5.14.- Evolución días de atraso Pascual Baburizza al 12 de febrero 2018.
Elaboración Propia

Mientras tanto, para el final del estudio, al observar la figura 5.15, se aprecia que la reducción en la diferencia entre ambos avances acumulados, significó una disminución en los días de atraso de la obra, para la finalización del estudio en Pascual Baburiza se presentaban 11 días de atraso, una cantidad menor en comparación a los días de atraso en los comienzos de la implementación.

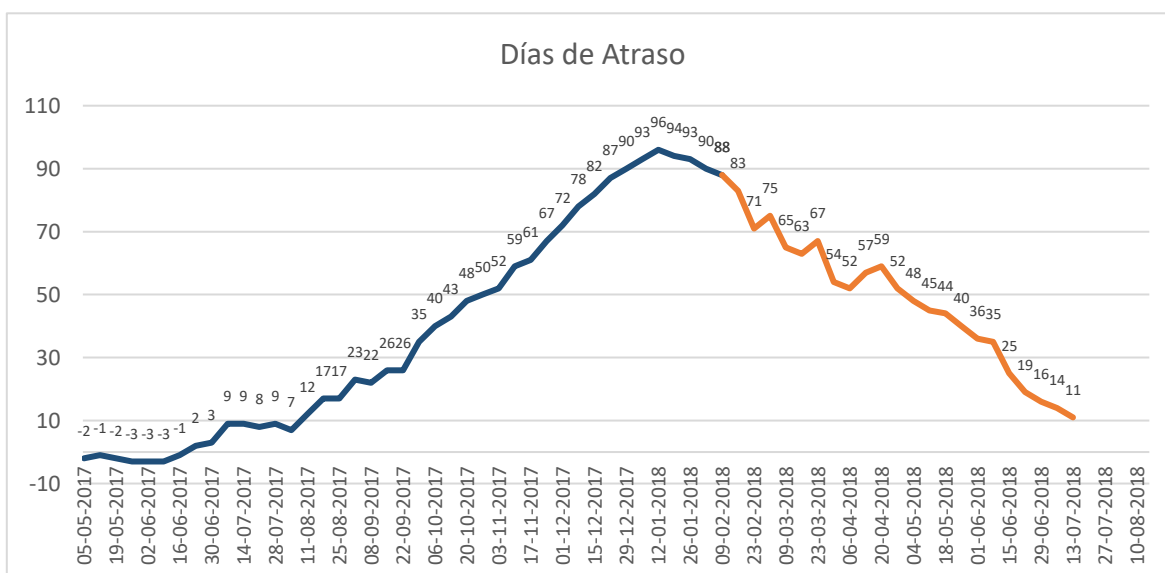


Figura 5.15.- Evolución de los días de atraso Pascual Baburizza hasta el 13 julio 2018. Elaboración Propia

5.7.- Velocidad de avance relativa

La velocidad de avance relativa histórico presente al momento de comenzar el estudio y expuesto en figura 5.16, el indicador promediaba 0,91 de velocidad relativa y por lo establecido con anterioridad, al ser una velocidad menor a 1 equivale a una velocidad de avance deficiente, pese a que durante las primeras semanas siete semanas se obtuvieron velocidades positivas promediando el 1,53. La evolución de las velocidades de avances de los periodos relativos hasta febrero 2018 es la siguiente

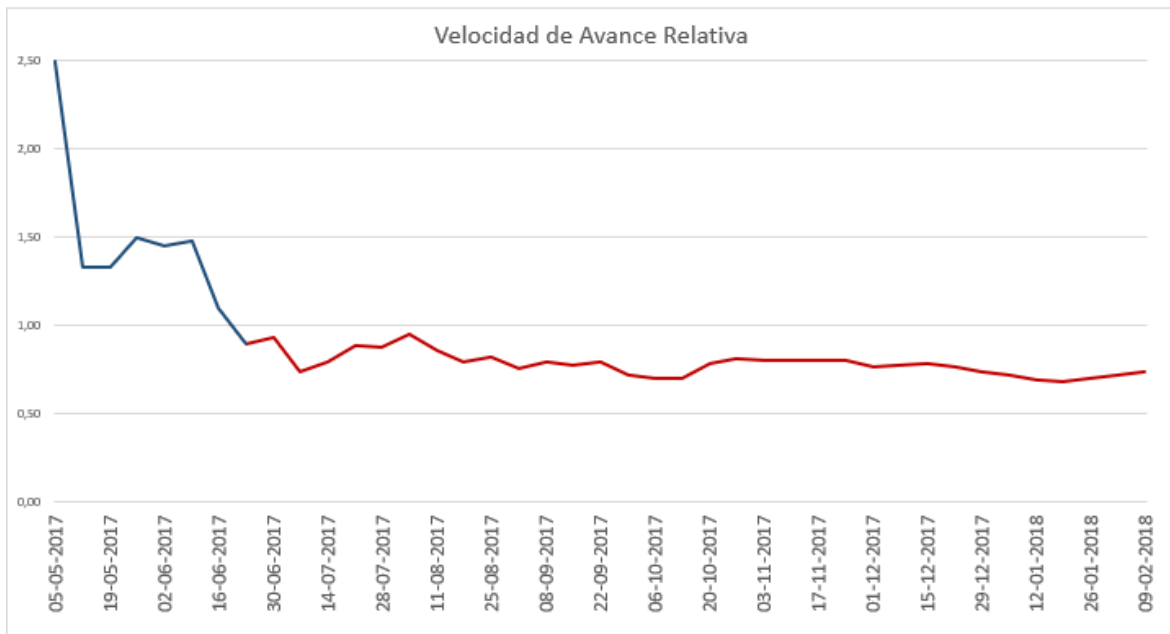


Figura 5.16.- Velocidad de avance relativa Pascual Baburizza al 12 de febrero 2018.
Elaboración Propia

La velocidad de avance relativa al igual que el resto de los indicadores en estudio reflejan un alza posteriormente al inicio a la implementación del sistema alcanzando periodos eficientes, tal lo indicado en figura 2.17, promediando una velocidad relativa de 1,03 desde febrero a julio de 2018, finalizando el estudio con un valor de 1,24.

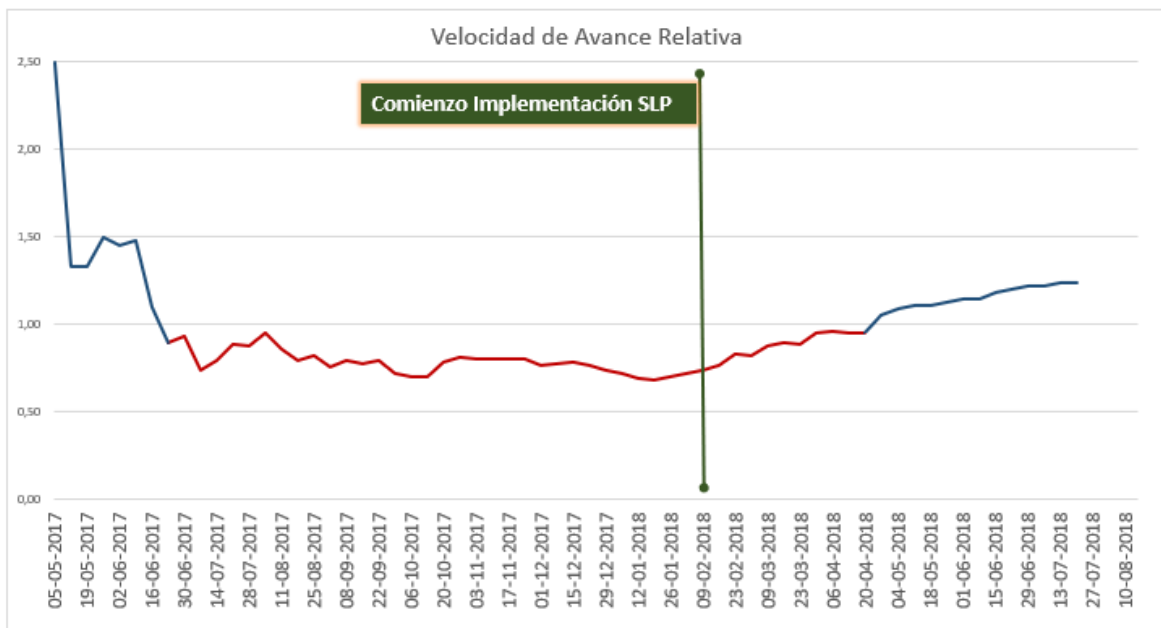


Figura 5.17.- Velocidad de avance relativa Pascual Baburizza. Elaboración Propia.

La grafica de las velocidades relativas de cada periodo de corto plazo, nos refleja que el avance real parcial entre los meses de Febrero y Abril son periodos deficientes, al no ser superior al programado, sin embargo logran ser valores de mejor eficiencia respecto a la tendencia de los meses anteriores al producirse un cambio positivo en la pendiente de la curva de velocidad relativa, desde el mes de Mayo los periodos presentan un avance real mayor al programado, conllevando a obtener periodos de eficiencia.

5.8.- Curva Económica

El ultimo parámetro base para analizar durante la implementación del SLP en Pascual Baburizza es su evolución económica basado en los estados de resultados entregados a la gerencia de la empresa, Según figura 5.18. Para fines del mes de febrero de 2018 el presupuesto final esperado presentaba una variación de \$-206.946.887, es decir un 10.03% del presupuesto original

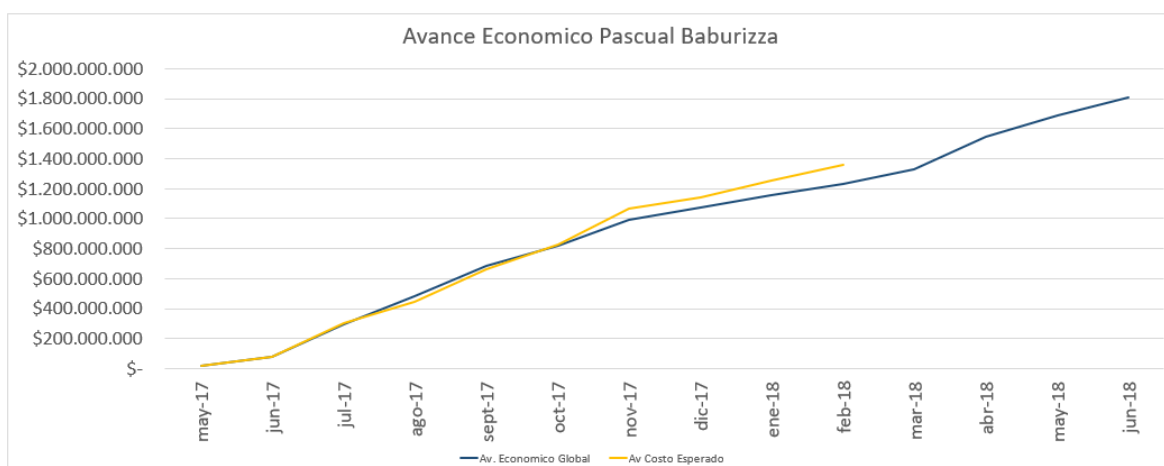


Figura 5.18- Avance mensual curva económica mensual febrero 2018. Fuente Elaboración Propia

Siendo las obras complementarias (construcción del muro de tierra armada entre ellas), las terminaciones, los gastos comunes (sueldo empleados) e Instalación de Faena los ítems del presupuesto que mayores pérdidas respecto al presupuesto original, sumando entre los cuatro puntos un 84,19% del total

Actividad	Presupuesto Original	Presupuesto Trabajo	DIFERENCIA
OBRAS PREVIAS	\$ 2.505.219	\$ 4.892.920	\$ -2.387.702
OBRA GRUESA	\$ 522.528.839	\$ 524.403.629	\$ -1.874.790
INSTALACIONES DOMICILIARIAS	\$ 250.442.484	\$ 253.670.964	\$ -3.228.480
TERMINACIONES DPTOS	\$ 416.530.193	\$ 451.527.540	\$ -34.997.348
TERMINACIONES BODEGA	\$ 14.489.362	\$ 13.571.897	\$ 917.465
TERMINACIONES BLOCK	\$ 129.138.012	\$ 139.631.312	\$ -10.493.300
PAVIMENTACION INT. CONDOMINIO	\$ 48.182.988	\$ 48.416.277	\$ -233.289
AGUA POTABLE CONDOMINIO	\$ 29.940.000	\$ 42.310.218	\$ -12.370.218
ALCANTARILLADO CONDOMINIO	\$ 13.590.000	\$ 15.303.660	\$ -1.713.660
ELECTRIFICACION CONDOMINIO	\$ 33.356.146	\$ 44.528.322	\$ -11.172.176
AREAS VERDES Y PAISAJISMO	\$ 12.451.000	\$ 12.176.000	\$ 275.000
OBRAS EXTERIORES COMPL.	\$ 107.862.476	\$ 174.616.321	\$ -66.753.845
GASTOS GENERALES	\$ 453.640.100	\$ 488.855.786	\$ -35.215.686
INSTALACION DE FAENA	\$ 29.160.000	\$ 56.858.860	\$ -27.698.860
	\$ 2.063.816.819	\$ 2.270.763.706	\$ -206.946.887

Tabla 3.- Comparación Presupuesto final esperado versus Presupuesto Original febrero 2018. Elaboración propia

La evolución económica del presupuesto en Pascual Baburizza durante la implementación según la figura 5.19 que representa los estados de resultados de la obra para el mes de junio 2018 presenta una variación de \$ -305.741.986, es decir el costo esperado del proyecto es un 14,81% mayor que el presupuesto original.

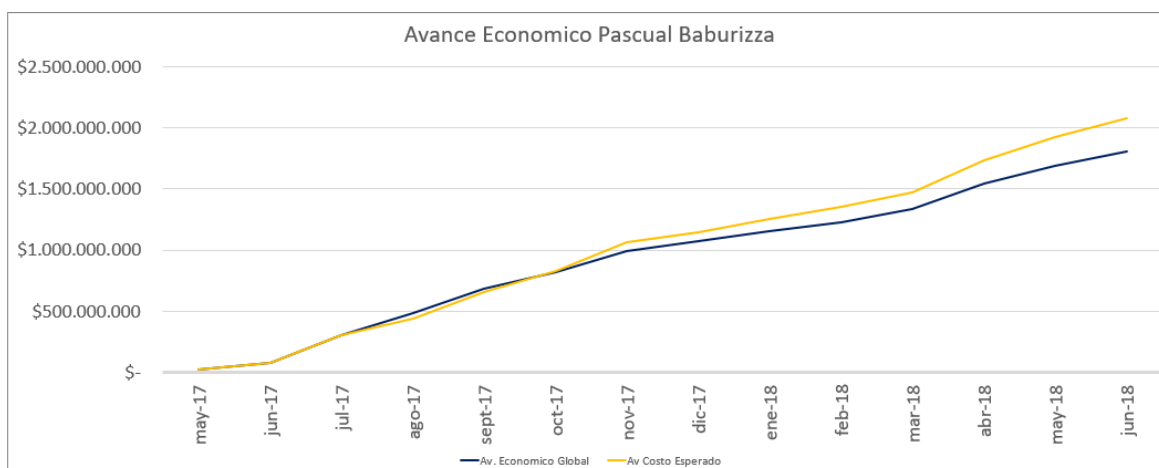


Figura 5.19.- Avance mensual curva económica mensual junio 2018. Fuente Elaboración Propia

Entre los ítems con mayor incidencia según tabla 4.- En los presupuestos se encuentran los Gastos Generales, producto de los sueldos del personal, las obras complementarias a causa en las diferencias en la construcción del muro de tierra armada y sala multiuso, el proyecto de aguas lluvias el cual no se encontraba contemplado en el presupuesto original, entre ellas suman una pérdida de \$ -264.067.754, un 86,55% del total de la diferencia entre presupuestos.

Actividad	Presupuesto Original	Presupuesto Trabajo	DIFERENCIA
OBRAS PREVIAS	\$ 2.505.219	\$ 4.892.920	\$ -2.387.702
OBRA GRUESA	\$ 522.528.839	\$ 502.177.151	\$ 20.351.689
INSTALACIONES DOMICILIARIAS	\$ 250.442.484	\$ 225.805.653	\$ 24.636.831
TERMINACIONES DPTOS	\$ 416.530.193	\$ 434.096.252	\$ -17.566.059
TERMINACIONES BODEGA	\$ 14.489.362	\$ 13.269.456	\$ 1.219.906
TERMINACIONES BLOCK	\$ 129.138.012	\$ 133.221.196	\$ -4.083.184
PAVIMENTACION INT. CONDOMINIO	\$ 48.182.988	\$ 65.921.180	\$ -17.738.192
AGUA POTABLE CONDOMINIO	\$ 29.940.000	\$ 43.385.599	\$ -13.445.599
ALCANTARILLADO CONDOMINIO	\$ 13.590.000	\$ 17.027.425	\$ -3.437.425
ELECTRIFICACION CONDOMINIO	\$ 33.356.146	\$ 40.555.906	\$ -7.199.760
AREAS VERDES Y PAISAJISMO	\$ 12.451.000	\$ 9.004.600	\$ 3.446.400
OBRAS EXTERIORES COMPL.	\$ 107.862.476	\$ 180.957.775	\$ -73.095.299
GASTOS GENERALES	\$ 453.640.100	\$ 613.473.995	\$ -159.833.895
INSTALACION DE FAENA	\$ 29.160.000	\$ 54.091.136	\$ -24.931.136
AGUAS LLUVIAS	\$ -	\$ 31.678.560	\$ -31.678.560
	\$ 2.063.816.819	\$ 2.369.558.805	\$ -305.741.986

Tabla 4.- Comparación Presupuesto final esperado versus Presupuesto Original Junio.
Elaboración propia

6.-ANÁLISIS RESULTADOS OBTENIDOS

Para evaluar los resultados obtenidos al implementar el sistema Último Planificador en el proyecto Pascual Baburizza, se analizarán el desempeño e impacto de cada indicador en el desarrollo de la obra, además de medir el grado alcanzado en cada nivel del Sistema Last Planner.

6.1- Plan Corto Plazo

Los indicadores del plan de corto plazo corresponden a los nos entregan los antecedentes del desempeño que se obtienen en la obra de manera semanal, en nuestro caso se utilizaron porcentaje de actividades completadas, las causas de no cumplimiento y adicionalmente los porcentajes cumplimiento bitácora diaria.

6.1.1.- Porcentaje Actividades Completadas

El registro del cumplimiento del programa semana, corresponde a la única herramienta que utilizaba el equipo de trabajo anterior para registrar las actividades semanales, sin embargo, estos programas no fueron desarrollados según los principios y herramientas que nos brinda metodología Lean Construction y el sistema Last Planner. Con actividades programadas bajo el concepto del “se debe hacer”, sin tomar en cuenta los ritmos y situación en que se encontraba el proyecto.

Además, el PAC es un indicador altamente dependiente del grado de compromiso que tengan los encargados de terreno y es muy fácil de manipular. Pues para aumentar el porcentaje de actividades completadas, se pueden incorporar en el programa semanal sólo actividades que sean fáciles y altamente probables de ejecutar, dejando fuera las tareas que agregan valor al programa general, por ello a pesar de presentar buen desempeño en los PAC al no cumplir con los avances mínimos requeridos por proyecto, el atraso aumenta constantemente, tal como se evidencio en los meses previos al comienzo de la implementación.

Desde febrero 2018 este indicador presento un alza alcanzado un cumplimiento acumulado del 66,03%, experimentando variaciones semanales similares al 0,33%, considerando que valor del PAC a comienzos de febrero era del 59,49%.

No obstante, considerando solo el periodo en que se realizaron las programaciones bajo los principios del Last Planner, desde 12 de febrero hasta 13 de julio 2018, el promedio del PAC es mayor respecto al promedio acumulado, pues se alcanzó un cumplimiento del 76,05%.

Al analizar el mes a mes del cumplimiento del PAC se refleja que los meses con mejor rendimiento corresponden a mayo, junio y julio, coincidiendo con los meses en que el nuevo equipo de trabajo ya se encontraba conformado.

La renovación del personal se comenzó a realizar entre las quincenas de Marzo y Abril, semanas en que se obtuvieron los cumplimientos más bajos dentro de la implementación promediando un 69,63%, en estas semanas el desempeño del programa semanal se vio influenciado por los cambios del personal.

Con el correr de las semanas y posterior a la renovación del personal, el PAC presento una la evolución favorable alcanzando los valores más altos desde la implementación, lo que nos indica que el sistema comenzó a interiorizarse dentro del grupo de trabajo. Logrando planificar bajo el principio del “Se puede hacer” generando programas semanales confiables y transparentes al poseer los rendimientos reales.

6.1.2.- Causas de no cumplimiento

El registro de las CNC de los programas semanales, tal como se indicó anteriormente se realizó de manera paralela a la revisión de dichos programas, cuyo resultado nos indica que la causa con mayor reincidencia durante toda la etapa de implementación del Last Planner corresponde a los incumplimientos por parte de los Subcontrato con un 44,74%, seguido por fallas en la planificación con un 24,44% , para encontrar los incumplimientos causados por la falta de la disponibilidad de los materiales y falta de mano de obra con un 12,78% y 12,41% respectivamente. Siendo estos cuatro ítems el 94,37% de los motivos de no cumplimiento del programa semanal.

Al analizar la relación entre los comportamientos entre los cumplimientos de los programas y la distribución semanales de las causas de no cumplimiento, según figura 6.1 destaca que las semanas con menor cumplimiento del PAC, la cantidad de CNC registradas son mayores, no así caso contrario. Reflejando que ambos indicadores no son dependientes entre sí, pues todo depende de la cantidad de actividades a programar, existiendo la posibilidad de presentar semanas con una baja cantidad de CNC, pero no así con un alto porcentaje de cumplimiento.

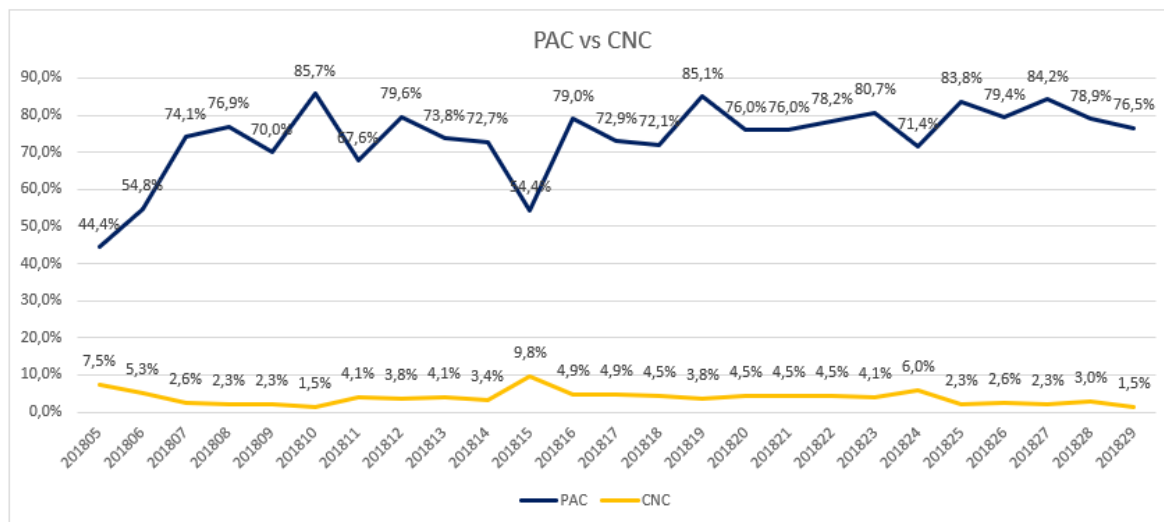


Figura 6.1.- Comparación entre PAC y cantidad de CNC de manera semanal.
Elaboración Propia

En tanto al analizar el efecto de la renovación del equipo de supervisores en la evolución de cada tipo de incumplimiento, se encuentra que en una primera instancia hasta el mes de Abril la mayor CNC corresponden a faltas en la planificación y mano de obra, presentaron varios factores que imposibilitaron el correcto flujo de trabajo, entre ellos poseer una baja dotación carpinteros cuyos rendimientos no coincidieron con lo programado para las tareas de carpintería, junto con programar actividades que poseían restricciones, de las cuales no fueron informadas a tiempo, dándolas recién a conocer al momento de la revisión del programa semanal.

En tanto desde mayo, con el cambio de equipo de supervisores, el nuevo jefe de terreno, entre sus metas se encontraron con no reincidir en las CNC del tipo internas tomando las acciones correctivas necesarias, con el objetivo de poder exigirles a los subcontratos sin tener que recibir una contraargumentación de que los incumplimientos son gatillados por

falencias en los trabajos por parte de la casa. Siendo los subcontratos de aluminio, sanitario, eléctrico y pintura, los subcontratos con mayores restricciones. Razón por la que a partir de mayo la causa con la mayor frecuencia de incumplimiento son de responsabilidad de los subcontratos, siendo el SC de aluminios el cual fue más reincidencias presenta, al no cumplir con los compromisos de rendimiento de mano de obra en el proyecto, tal como indica la siguiente figura 6.2. sobre Causas de no Cumplimiento con mayor reincidencia semanalmente

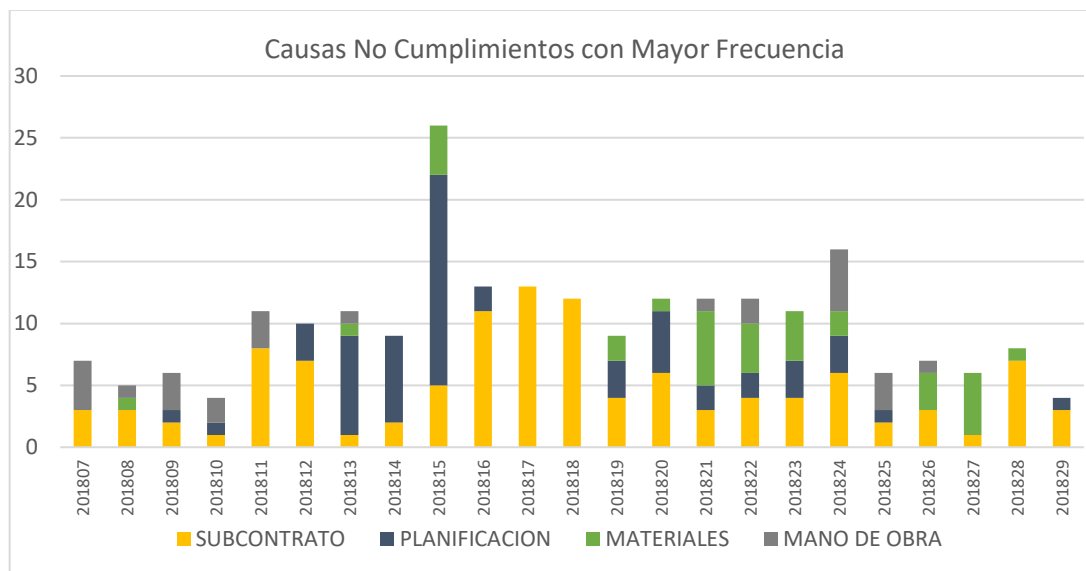


Figura 6.2.- Causas de no Cumplimiento con mayor reincidencia semanalmente.
Elaboración propia

Por ende, necesario controlar de forma continuo los rendimientos de los subcontratos, con tal de que cumplan los compromisos y rendimientos requeridos por la obra, en caso contrario lograr tomar acciones correctivas con tal de revertir los contratiempos.

6.1.3.- Porcentaje Cumplimiento Bitácora

Al estudiar la evolución del cumplimiento de la bitácora, expuesta en la figura 6.3.- prácticamente se puede decir que esta se comporta de forma constante con una baja variación entre los datos registrados, promediando un cumplimiento del 81,27% y una variación del 0,44%. Registrando los valores más bajos durante los primeros días del uso de este indicador, junto con los días en que se conformó el nuevo equipo de supervisores.

Al comparar el cumplimiento semanal de las bitácoras con el programa semanal, ambas curvas se comportan de manera similar, siendo en promedio la bitácora un 5,03% mayor que el PAC. El motivo, se debe al hecho que en la bitácora diaria se incluyen todas las activadas a realizar, tanto las que agregan valor al programa maestro y las que no, tales como son traslados de materiales, tareas de aseo general, la preparación de cancha y reparación de trabajos mal ejecutados, entre otras.

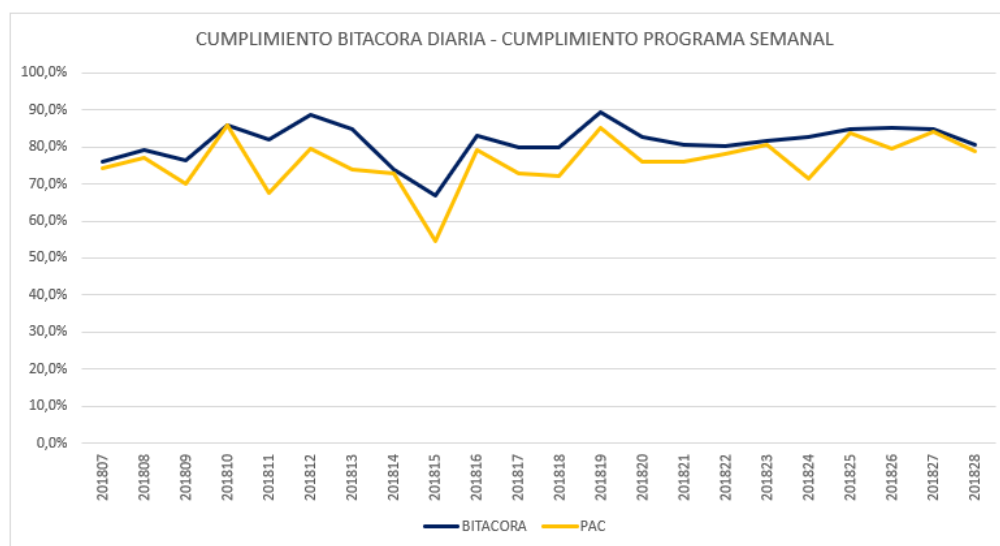


Figura 6.3.- Comparación cumplimiento de bitácora diaria y programa semanal.
Elaboración Propia

Ambas curvas al tener prácticamente el mismo comportamiento nos indica que el uso de la bitácora, significa una herramienta complementaria para el control de las programaciones en el corto plazo.

Mientras tanto al analizar el desempeño los supervisores según el cumplimiento de sus equipos de trabajo, se refleja que luego del cambio de personal la bitácora presenta una pequeña alza en su cumplimiento, esto se puede interpretar como un grado mayor de compromiso por parte de los últimos supervisores ante la planificación de corto plazo. Coincidiendo además el desempeño la bitácora de cada supervisor con la disposición y participación de cada uno en las distintas reuniones que se realizaron en obra.

6.2.- Plan Intermedio

Para analizar el desempeño del segundo nivel dentro de Last Planner System, correspondiente a la planificación intermedia, El indicador a utilizar corresponde al registros y liberación de restricciones que impiden una producción continua y fluida.

6.2.1.- Registro y Liberación de Restricciones

Al estudiar este indicador nos muestra la efectividad en la gestión de identificar y liberar las restricciones. La clase con mayor frecuencia de restricciones identificadas corresponden a las del tipo de Subcontrato, principalmente por falta de subcontratos contratados; Recambio de los contratistas por no cumplir con las exigencias del proyecto o no entregar de trabajos terminados a tiempo. Este tipo de restricciones corresponden al 34% de la totalidad, seguido por la falta de cancha con un 27% y disponibilidad de materiales en obra con un 20%

Por lo general la liberación de restricciones presento un alto nivel de desempeño promediando 89,41% de efectividad, además de evolucionar positivamente durante el transcurso de las semanas, pues en un comienzo solo se lograron la liberación del 82,49 % de las restricciones y en julio se alcanzó la liberación del 93,5%.

Un factor importante en la liberación de restricciones corresponde al uso de la bitácora, pues tal como se señaló anteriormente en ella se programaron todas las actividades de la obra, lo que contribuyó a la liberación de las restricciones. Aunque además se debe considerar que al finalizar la obra el rango de actividades a ejecutar se reduce en cantidad, de modo que las restricciones se verán disminuidas. Al identificar una cantidad inferior de restricciones, facilita la concentración de los esfuerzos y optimiza la gestión de los recursos disponibles con tal de garantizar la liberación de las restricciones.

Al descomponer por la naturaleza de restricción, se distingue que las restricciones de responsabilidad Interna lograron un alto nivel de desempeño donde las del tipo Orden de Compra y falta de Diseño lograron ser liberadas al 100%, mientras que las del tipo de Mano de Obra y preparación de Cancha se cumplieron en un 95% y 93%, respectivamente. En tanto las de responsabilidad externa, las restricciones por falta de Material y de Subcontratos los desempeños son de menor cumplimiento un 82% y 80%, respectivamente.

6.3.- Plan Maestro

Los indicadores correspondientes al plan maestro son los que nos entregan los antecedentes del desempeño que se obtienen en la obra de manera global, tal como son el caso de la curva de avance física acumulada, los días de atraso y la velocidad de avance relativo.

Conjuntamente al control del estado físico de la obra se analiza el efecto de la implementación del Sistema Last Planner sobre el presupuesto del proyecto, por medio de su avance mensual, y las diferencias respecto al presupuesto original entregado por la Inmobiliaria.

6.3.1.- Curva avance físico acumulado

De manera de controlar el estado de la obra su generalidad, al momento de integrarse al proyecto a Fines de enero de 2018, presentaba un atraso en el avance del 22,31%, pues el avance real acumulado correspondía al 36,85% y el programado a un 59,16%. Mientras que para comienzos de la implementación del Last Planner la obra presentaba un avance real del 41,82% contra un 62,56% programado. Según la tendencia que se produjo con el cambio de administrado de obra, el avance físico tiene un aumento semanal del orden al 1,48%, avance insuficiente respecto a lo requerido por la programación general.

Para el mes de julio el avance físico real acumulado que se alcanzó corresponde al 96,46% versus a un 98,32% del avance reprogramado. Observando que la curva de avance presenta varios cambios de pendiente durante la implementación del sistema.

Siendo los meses de febrero y marzo los meses donde percibe un aumento en el avance físico reflejado en el cambio la pendiente de la curva de avance. Posteriormente a partir de abril se presenta un ritmo de avance menor en comparación a los dos anteriores, no obstante, la velocidad de avance es mayor a la registraba previo a la implementación del Last Planner.

Al comparar las curvas de avance físico con el indicador PAC, figura 6.4.- Se logra desprender que desde la implementación del sistema los cambios en la pendiente de la curva S, coinciden con los cambios de los cumplimientos de la programación semanal. Donde en

cada semana que se obtuvo un PAC superior al 70% se logra un cambio positivo en la curva de avance, asimismo en la semana del 13 de abril donde se registró el PAC más bajo del 54%, coincide con la disminución en el ritmo de avance.

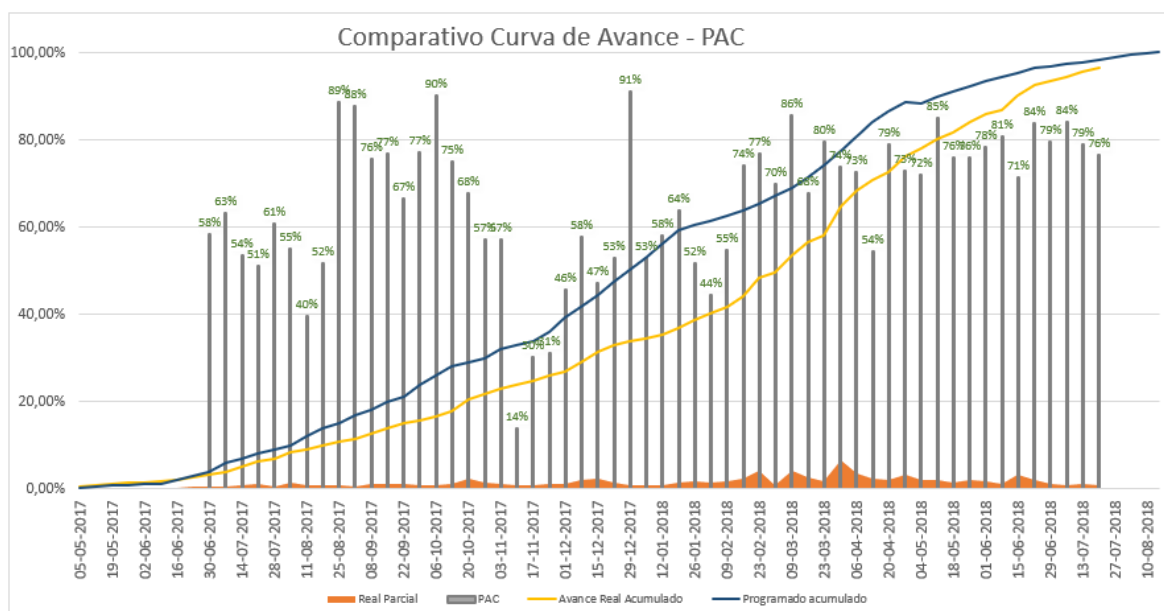


Figura 6.4.- Comparativo Porcentaje de actividades completadas y Curvas de avances.
Elaboración Propia

En resumen, desde que se implementó el sistema Last Planner se obtuvieron cumplimientos del PAC de promedio 76%, la brecha entre las curvas del avance programado y real disminuye al punto de pasar de un 20,73% de diferencia a un 2,22%. Reflejando que las programaciones semanales realizadas cumplieron con los rendimientos requeridos para cumplir con el programa general.

Al disminuir la diferencia entre los avances programados y reales también significó una disminución en los días de atraso del proyecto, pasando a presentar 88 días de retraso al comienzo del estudio para finalizar con 11 días de atraso respecto al avance esperado para el 13 de julio de 2018.

6.3.2.- Velocidad de avance relativa

El nivel de PAC no necesariamente puede estar relacionado con el nivel de avance relativo del proyecto, pues si las programaciones no se realizan en función a lo requerido por el proyecto, el avance real del proyecto no va a ser igual al programado a pesar de haber obtenido un buen desempeño en el PAC, por consecuente el atraso aumentara.

En nuestro estudio se desprende que de las velocidades relativas entre los meses de febrero y abril son periodos deficientes, al poseer un avance real no ser superior respecto programado, sin embargo, estos valores son de mayor eficiencia respecto a la tendencia de los meses previos a la implementación, instante en el cual se produce un cambio en la pendiente de la curva de velocidad relativa, donde a partir de mayo se presentan periodos de eficiencia.

El comportamiento de las velocidades relativas incide de forma directa en la curva S de avance real, tal lo apreciado en figura 6.5.- los cambios de pendiente de la curva de avance real son productos de los cambios en la velocidad de avance del proyecto tal como se observa en la siguiente gráfica. Coincidiendo que en los periodos de mayor deficiencia se produce la mayor diferencia entre ambas curvas de avance.

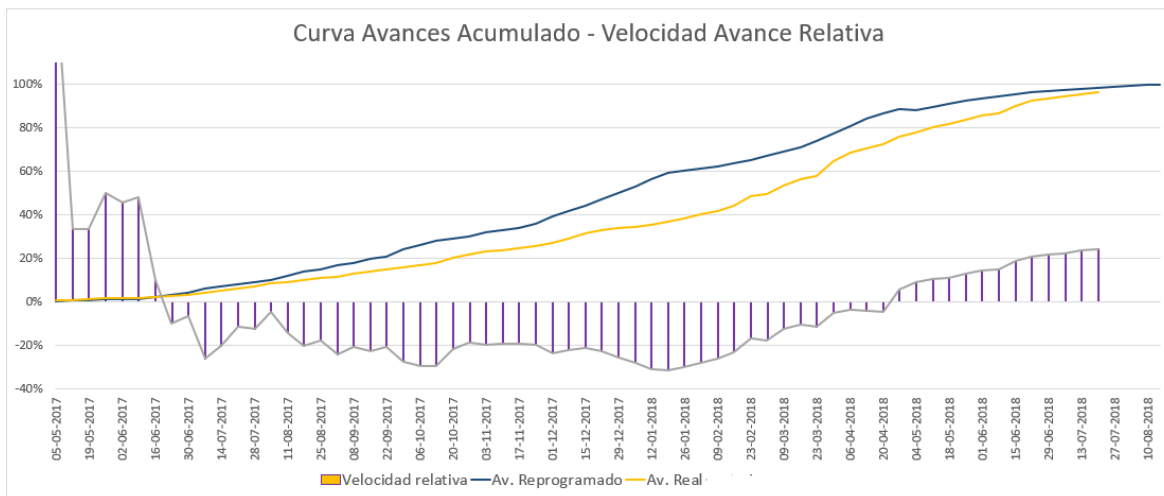


Figura 6.5.- Relación Velocidad de avance relativa y Avances Acumulados Pascual Baburizza. Elaboración Propia.

6.3.3.- Curva avance económico

Mientras tanto según la figura 6.6.- respecto a la evolución del presupuesto en Pascual Baburizza durante la implementación según los estados de resultados entregados a la gerencia de la Constructora, donde en junio 2018 el costo esperado del proyecto presenta una variación de \$ -305.741.986, es decir un 14,81% mayor que el presupuesto original.

Entre los ítems del presupuesto que incidieron de mayor manera son los Gastos Generales, producto a la prolongación del plazo y por ende en los sueldos del personal, las obras complementarias a causa en las diferencias en la construcción del muro de tierra armada y sala multiuso, el proyecto de aguas lluvias el cual no se encontraba contemplado en el presupuesto original.

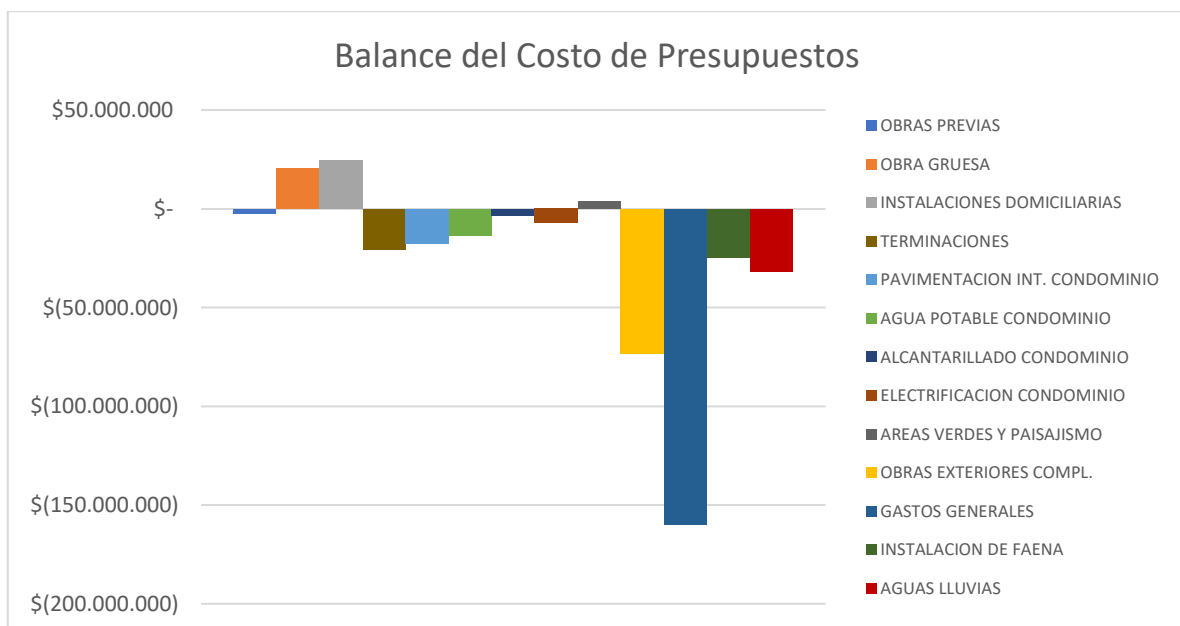


Figura 6.6.- Balance del costo de partidas del Proyecto Pascual Baburizza. Elaboración Propia.

Al analizar el comportamiento mensual de las curvas económicas se observa que, desde noviembre 2017 hasta febrero 2018, el presupuesto esperado y al proyectado mantienen una diferencia negativa cercana al 10,21%. Sin embargo, desde marzo se aumenta la brecha generándose diferencias negativas de hasta el 14,5%.

Al analizar las partidas que se ejecutaron durante la implementación, siendo las de urbanizaciones y terminaciones, se desprende que a pesar de presentar perdidas de \$62.250.314 para junio 2018, es menor a la perdida esperada durante el mes de febrero, presentándose en dicho mes una pérdida de \$70.062.525 entre las partidas de urbanización y terminaciones.

Al relacionar el comportamiento físico con el comportamiento económico es posible distinguir que, a partir del mes de marzo, coincide el alza del avance físico con la inflexión del presupuesto de trabajo de la obra. Esto se produce por la inyección de recursos que debió realizar la Empresa con tal de generar los cambios necesarios. Sobresaliendo los cambios en los recursos humanos del proyecto al renovar el equipo de trabajo prácticamente en su totalidad contratando mano de obra a un costo más elevado, pero significando tener garantías en calidad, eficacia y eficiencia, que a la postre resultaron ser determinante para la disminución en las diferencias en las curvas de avance físico. Otro factor que implicó un aumento en los gastos generales corresponde al ingreso de supervisores de mayor experiencia con mejores habilidades para la resolución de problemas que se presentaban durante el día a día.

7.- EVALUACIÓN GENERAL

El proyecto Pascual Baburizza presento un atraso a raíz de varios factores ya antes mencionados, por lo cual uno de los objetivos principales por parte del equipo encargado correspondía el poder cumplir con los plazos establecidos en la programación base del proyecto. Los profesionales a cargo se focalizaron en ejecutar una gran cantidad de volumen de trabajo en la menor cantidad de tiempo posible. Donde una de las falencias encontradas al momento de integrarse al proyecto fue encontrar varias partidas en estado de terminadas a pesar de que en terreno se encontraban incompletas o con una calidad lamentable, situación que se dio reitera mente en las partidas la instalación de puertas, cornisas y guardapolvos de responsabilidad del primer subcontrato de carpintería. Provocando que varios trabajos fueran rehechos.

También se debe considerar que en los meses de enero y febrero los jornales destinados al traslado de materiales frecuentemente se ocultaban en los pisos en donde no se realizaban trabajos, con consecuencia la distribución de los materiales y el rendimiento de las cuadrillas eran deficiente. Situación que se logró contrarrestar al introducir la bitácora diaria, al tener el registro del lugar físico donde debería estar cada trabajador para evitar estas desapariciones.

El plan maestro para este proyecto no fue un elemento de difícil implementación, pues este se encontraba conformado con anterioridad, razón por la cual al realizar el estudio no se realizaron grandes modificaciones, salvo en la ocasión que se debió realizar la reprogramación de la obra, donde los nuevos plazos se definieron en conjunto de los rendimientos presentados y los plazos exigidos por la Inmobiliaria.

Durante la confección de la reprogramación del programa maestro el equipo de encargado mostro un gran compromiso con el fin de lograr terminar el proyecto, con un programa que no se escapaba de la realidad constructiva. Sin embargo, sin el seguimiento y control del plan maestro por parte de todos los integrantes, nunca se podrá llevar correctamente.

En la evaluación del plan intermedio la obra mantuvo en general una buena gestión para este nivel del sistema en cuanto a la identificación de restricciones y sus liberaciones. La mayoría de las restricciones son causada por las demoras en la ejecución de los trabajos

de los subcontratos, por falta de cancha para las cuadrillas de trabajo y la disponibilidad de materiales. Con el tiempo la identificación de las restricciones y su liberación se realizaron de forma más ágil que en los comienzos de la implementación.

A pesar de mantener un inventario de trabajo ejecutable en la obra identificando las partidas aptas para ejecutarse y libres de restricciones, este registro fue uno de los elementos de la planificación intermedia que menor grado de implementación se alcanzó, pues se actualizaba con menor frecuencia.

En cuanto a la planificación de corto plazo es el nivel del sistema con mayor grado de implementación, al involucrar a todo el equipo de trabajo en la planificación semanal, existiendo compromiso de todos en revisar el cumplimiento de las actividades, detentando las causas de no cumplimiento de manera que se puedan buscar las soluciones y tomar las acciones correctivas y/o medidas para solucionar los problemas detectados.

La única causa de no cumplimiento que fue imposible de gestionar fue la falta de personal por parte de Subcontrato y el bajo rendimiento, específicamente con el subcontrato de aluminio encargado de las ventanas, solicitando en varias ocasiones que presentaran una dotación mayor de mano de obra para cumplir con la planificación semanal, demostrando un bajo interés en aumentar su mano de obra, provocando una desacelerando la producción.

Las distintas instancias de reuniones en el proyecto se caracterizaron por desarrollarse de forma ordenada, generando una instancia de conversación muy productiva, pues se planteaban los inconvenientes surgidos durante la semana y entre todos se comentaban las soluciones aplicadas. Además, los participantes al revisar la programación tentativa y proponer los cambios según lo que creen que pueden hacer durante la semana, generan un compromiso y se sienten más incorporados a todo el proceso. Al evaluarlas cualitativamente el grado alcanzado para cada reunión sería la siguiente

- Reuniones programación Semanal: Muy Bueno
- Reuniones Subcontratos: Intermedio
- Reuniones Semanales: Bueno

La reunión con mayor compromiso por parte del equipo son las reuniones de programación semanal, en ellas el grupo de trabajo se mostró más comprometido y disponible para compartir la información requerida no así las reuniones de bitácora en donde

en un principio la catalogaron como una pérdida de tiempo al desarrollarlas al final de la jornada, situación que cambio luego de experimentar cambios positivos en los rendimientos. En tanto las reuniones con los subcontratos resultaron ser más difícil de asimilar por parte de los contratistas, pues en pocas ocasiones se logró la asistencia de la totalidad de los subcontratos, siendo el subcontrato de las ventanas el menos comprometido con las reuniones y de paso con los cumplimientos, caso contrario el subcontrato de pintura quien su capataz participo en la totalidad de reuniones y además presento el mayor rendimiento semanal.

Respecto a la productividad generada en la obra podemos comentar que en los primeros meses del estudio son los subcontratos los que generan más producción respecto a los trabajadores de la casa, debido a que estos son remunerados en función a lo generado durante el mes, no obstante, se corre el riesgo de dejar de lado la calidad si se focalizan en realizar la mayor cantidad de trabajo.

En el caso del proyecto, los subcontratos en un principio no eran controlados adecuadamente, debido a que el encargado de oficina técnica generaba los estados pagos en función a lo informado por los mismos contratistas sin corroborar con la jefatura de terreno. Al tener partidas mal ejecutadas por parte de los SC y ya pagadas finalmente se debían rehacer con los trabajadores de la casa, destinando material, mano de obra y tiempo para reparar los trabajos, provocando una baja en la productividad y producción al destinar personal de la casa para dichos trabajos.

Como efecto de la implementación del LSP al incrementarse los controles de avance físico de la obra se erradico el generar estados de pago a los subcontratos que no entregaran los trabajos según la calidad establecida por la empresa. Aumentando la producción de las cuadrillas de los trabajadores de la casa al poder destinarlas a tareas que agregaban valor al programa.

En resumen, gracias a las acciones correctivas que se generaron por el control y el análisis de la información con el transcurso del tiempo en la obra se logró aumentar la producción y productividad de los equipos de trabajo, cambios provocados principalmente con la llegada del nuevo jefe de terreno al generar la renovación del personal al contratar trabajadores de confianza, con quienes ya había trabajado anteriormente.

Lograr interiorizar al equipo no fue una tarea fácil, en un inicio no se tiene la idea de que implementar el sistema puede ser beneficioso para todos, al justificarse con que en la administración anterior lo habían intentado, sin buenos resultados, siendo los supervisores con mayor tiempo en la obra a quienes más costo involucrar. Esto se ve reflejado en los cumplimientos de cada uno durante la implementación. Eso si con el correr de las semanas se logró que se involucraran con el sistema, sin embargo, la jefatura de la obra ya había tomado la decisión de renovar el personal. Con la incorporación del nuevo equipo a la obra el compromiso resulta ser mayor, identificando rápidamente que se está realizando mal o que no se está ejecutando.

A pesar que tras el cambio en la metodología de programación se presenta un cambio en la productividad de los trabajos, disminuyendo la brecha existente entre el avance programado y el real, el factor más importante para esta mejora corresponde al cambio en el compromiso que evidenció las personas de terreno, causado fundamentalmente tras la renovación del equipo de supervisores, quienes supieron transmitir las necesidades y los beneficios de este sistema contagiando al resto de trabajadores el compromiso por terminar el proyecto de la mejor manera, logrando una proyección de termino más favorable que la prevista inicialmente.

8.- CONCLUSIONES

El sistema Last Planner es una herramienta destinada a mejorar la confiabilidad y rebajar la incertidumbre en la planificación de actividades, basadas en la metodología Lean Construction. Contribuyendo enormemente en la ejecución de las partidas, obteniendo un flujo continuo de trabajo, mejorando los plazos, mejorando la calidad, disminuyendo los costos, aumentando la seguridad de los trabajadores y finalmente la correcta utilización de los recursos disponibles, optimizando la inversión económica de los proyectos.

A pesar de que el sistema LPS cuenta con los instrumentos y herramientas necesarias para llevar a cabo una planificación y análisis de las tareas queda evidenciado que la correcta implementación del sistema se ve dificultada por la manera de pensar en la mayoría de los trabajadores, quienes acostumbrados a producir basados en el enfoque tradicional optimizando los costos y el tiempo mediante la ejecución de las tareas lo antes posible y de manera aislada sin considerar el contexto global de la obra. Por desgracia estas medidas generalmente hacen impredecible el flujo de trabajo: incrementando los costos, extendiéndose la duración y la calidad disminuye.

En las primeras semanas se pudo constatar que la implementación de los elementos del Ultimo Planificador resulto ser complicada, pues se generaron repetitivamente frases tales como “una vez lo usamos y no sirvió”, “llevo muchos años trabajando así y siempre ha funcionado” incluso en alguna oportunidad se recibió la respuesta “yo no sé hacer eso, tengo trabajo más importante, hazlo tú”. Demostrando la resistencia por parte de los encargados en utilizar herramientas relativamente nuevas para ellos.

Considerando que la metodología del Lean Construction, considera que el aporte del factor humano es fundamental para una exitosa producción, son las personas quienes pueden mejorar o perjudicar un proceso de trabajo. En el caso del proyecto la mayoría de los problemas son causado por la falta de compromiso del equipo, quienes priorizan las actividades de fácil ejecución o por las tareas puntuales por las que serán evaluados, pese a tener las capacidades para realizar algo más.

El verdadero compromiso es un concepto esencial en el sistema de planificación estudiado. Todos los involucrados, desde los supervisores hasta el administrador, deben tener una real convicción de los beneficios que se pueden alcanzar al implementar el sistema Last Planner. Por ello para lograr una buena implementación, es necesario que haya un encargado que lidere al grupo. En el caso del proyecto Pascual Baburizza con quien se pudo alinear los objetivos de lograr la correcta implementación del sistema fue el jefe de terreno integrado a la obra en el mes de marzo, quien supo transmitir los beneficios del sistema al resto de los supervisores y ellos a los trabajadores de la obra.

Para desarrollar programas semanales es fundamental que antes de decidir lo que se hará, se tenga en conocimiento de lo que se puede hacer. El desconocimiento conlleva a emplear programas pocos confiables que entregan un bajo desempeño. Por ende, el proceso de planificación se debe centrar en gestionar los recursos con tal de aumentar el rango de las actividades que se puedan realizar, para ello es importante planificar con semanas de anticipación, con tal de disponer de los materiales y la mano de obra en el momento que sean necesarios. Al aumentar el conjunto de actividades que se pueden realizar los programas semanales que se elaboran abarcaran más partidas otorgando un mayor avance parcial.

Con la generación de programas fiables se logró disminuir la variabilidad en el desempeño semanal asimismo de aumentar la productividad, reduciendo las diferencias entre los avances programados y lo ejecutado durante el periodo de implementación. Gracias al control de la programación y el análisis de las partidas se refleja que el uso de los instrumentos brindados por el sistema influyen positivamente en ejecución de las actividades beneficiando enormemente la productividad, donde la revisión de las CNC genera una mejora continua dentro del proyecto logrando detectar las prácticas que se están fallando, logrando llegar al origen de las problemáticas para tomar las acciones correctivas para establecer un flujo de trabajo continuo, con tal de reducir los recursos que son destinados a actividades que no agregan valor a la producción. Si la obra no es capaz de tomar medidas correctivas que puedan revertir la situación oportunamente, será evidente el atraso de la obra.

Es posible concluir que los resultados de la implementación generaron un cambio positivo dentro del proyecto, donde los cambios impuestos desde la gerencia hasta la supervisión influyeron positivamente en la obra lo cual se refleja en los aumentos de los indicadores y la disminución del atraso del proyecto. Siendo determinante el ingreso de un equipo comprometido, capacitado y dispuesto para llevar a cabo la metodología Last Planner. Sin embargo, existe la sensación que se pudo mejorar en distintos factores, principalmente en la coordinación entre los subcontratos, ya que estos trabajaron como empresas independientes entre ellas, sin comprender que todos formaban parte del mismo proyecto y el éxito de cada uno será el éxito de todos.

9.- BIBLIOGRAFÍA

- Pons Achell, Juan Felipe (2014). Introducción a Lean Construction, Madrid, Fundación Laboral de la Construcción.
- Alarcón, Luis Fernando (2008). Guía para la implementación del sistema del último planificador, GEPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Orellana, Ariel (2016). Evaluación de la implementación y mejoras del sistema Last planner aplicado proyectos de edificación en altura, Memoria para optar al título de Constructor Civil, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso
- Díaz, Daniela (2007). Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile.
- Sabbatino Daniel (2011). Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación en Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago.
- Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile (2013), Corporación de Desarrollo Tecnológico CChC, Santiago, Chile.
- Ballard, Herman Glenn (2000), The Last Planner System of Production Control, The University of Birmingham, Estados Unidos.
- Informe de Macroeconomía y construcción, Edición 49, 2018. Santiago, Chile.
- <https://www.minvu.cl/beneficio/vivienda/subsidio-de-integracion-social-y-territorial-ds19/>