



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES

ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD EN BASE A LOS SERVICIOS DE LA EMPRESA IPSUM EN EDIFICACIONES EN ALTURA

Memoria de titulación presentada por:

Bastían Alonso Ramírez Abarca

Como requisito para optar al título de:

Constructor Civil

Profesor guía:

Marisol Isabel Meza Guzmán

Profesor correferente:

Sergio Carmona Malatesta

VALPARAÍSO, CHILE, 2018

A toda mi familia, en especial a mis padres, que cada sacrificio haya valido la pena.

A los amigos que he conocido en este proceso, que fueron parte importante ayudando a amenizar el viaje.

1. Resumen.

Tras la fuerte caída en la demanda por vivienda observada durante 2016 (-35% con relación a 2015), se espera que la comercialización de nuevas unidades se mantenga en un nivel similar en los próximos años. No obstante, la inversión inmobiliaria proyectado para este 2018, advierte un aumento en la oferta en el mercado nacional.

En consecuencia, en lo expuesto anteriormente la industria de la construcción en el sector inmobiliario cuenta con la misión de reducir sus gastos en la producción, optimizar sus costos y de esta manera lograr sus metas sin dejar de perfeccionar la calidad de sus proyectos. Estas son alcanzables mediante la utilización de ideologías Lean, que reduce todas las actividades humanas que no agregan valor al producto final.

Para implantar el sistema Lean en construcción, existen herramientas y técnicas ya desarrolladas que cumplen con los objetivos del sistema. Una de estas es Last Planner System, mecanismo para la transformación de “lo que debería hacerse” en “lo que se puede hacer”, formando así un inventario de trabajo realizable, que puede ser incluido en los planes de trabajo semanal. La empresa IPSUM, entrega un servicio de capacitación, monitoreo y apoyo en la utilización de la metodología Last Planner System.

El alcance de esta investigación es inferir mediante mediciones objetivas la productividad obtenida al utilizar los servicios de IPSUM, así discernir los beneficios y contratiempos que estos generan en obra y de esta manera, realizar una mejora continua de la metodología.

2. Abstract.

After the sharp fall in the demand for housing observed during 2016 (-35% in relation to 2015), it is expected that the commercialization of new units will remain at a similar level in the coming years. However, the real estate investment projected for this 2018, warns an increase in the supply in the national market.

Consequently, in the above, the construction industry in the real estate sector has the mission to reduce their production expenses, optimize their costs and thus achieve their goals while continuing to improve the quality of their projects. These are achievable through the use of Lean ideologies, which reduce all human activities that do not add value to the final product.

To implement the Lean system under construction, there are already developed tools and techniques that meet the objectives of the system. One of these is the Last Planner System, a mechanism for transforming "what should be done" into "what can be done", thus forming a workable inventory that can be included in the weekly work plans. The company IPSUM, provides a training, monitoring and support service in the use of the Last Planner System methodology.

The scope of this research is to infer through objective measurements the productivity obtained by using the IPSUM services, thus discerning the benefits and setbacks that these generate in the work and, in this way, making a continuous improvement of the methodology.

Índice de contenido.

1. Resumen.	4
2. Abstract.	5
3. Glosario.	10
4. Introducción.	12
4.1. Antecedentes generales.	12
4.2.1. Situación actual del país.	12
4.2.2. Situación actual del área de la construcción.	13
4.2.3. Motivo de la investigación.	15
4.3. Descripción del proyecto.	17
4.3.1. Ingevec Empresas.	17
4.3.2. Antecedentes del proyecto a analizar.	19
4.3.3. Equipo de trabajo.	22
4.3.4. Descripción de cargos.	23
4.4. Empresa IPSUM.	25
4.4.1. Descripción de servicios.	25
4.4.2. Antecedentes de servicios.	29
5. Objetivos.	30
5.1. Objetivos Generales.	30
5.2. Objetivos Específicos	30
6. Marco Teórico.	31
6.1. Modelo de Procesos y Productividad en Obras de Construcción.	31
6.2. Introducción a Lean Production.	35
6.2.1. Conceptos básicos del pensamiento Lean.	35
6.2.3. Los principios Lean.	37
6.2.3.1. Valor.	37
6.2.3.2. Value Stream.	37
6.2.3.3. Flujo.	38
6.2.3.4. Sistema Pull.	39
6.2.3.5. Perfección.	39
6.2.3.6. Transparencia.	40

6.2.3.7.	Capacitación.	40
6.2.4.	Lean Construction.	40
6.2.5.	Implementación de Lean Construction.	43
6.2.5.1.	Last Planner System.	44
7.	Marco Metodológico.	50
7.1.	Programación línea base.	50
7.2.	Partidas a analizar.	51
7.2.1.	Tabiquería.	51
7.2.2.	Impermeabilización.	54
7.2.3.	Nivelación de pisos	56
7.3.	Levantamiento de información.	58
7.4.	Curvas de avance.	59
7.5.	Reuniones Last Planner.	62
7.6.	Plataforma Proplanner.	63
7.6.1.	Gantt.	64
7.6.2.	Kanban.	66
7.6.3.	Asignación masiva.	68
7.6.4.	Planificación rítmica avanzada.	69
7.6.5.	Analíticas.	71
7.6.5.1.	Causas de no cumplimiento y Restricciones.	71
7.6.5.2.	Progreso del proyecto.	72
7.6.5.3.	Velocidad del proyecto.	73
7.6.5.4.	Porcentaje de plan completado.	74
8.	Desarrollo del Estudio.	75
8.1.	Implementación IPSUM.	75
8.2.	Análisis de Partidas.	77
8.2.1.	Análisis Tabiquería.	77
8.2.2.	Análisis Impermeabilización.	78
8.2.3.	Análisis Nivelación de pisos.	80
8.3.	Análisis General.	82
9.	Conclusión.	85
10.	Bibliografía.	88

Índice de gráficas.

Gráfica 1 Organigrama proyecto Marina Sporting, Fuente: Administración Ingevec proyecto Marina Sporting (2018).	22
Gráfica 2 Modelo de Conversión, fuente: Productividad en obras de construcción (2001).	31
Gráfica 3 Flujo de procesos, fuente: Productividad en obras de construcción (2001).	32
Gráfica 4 Productividad en la construcción comparada con otras industrias en Estados Unidos, fuente: Introducción a Lean Construction (2014).	33
Gráfica 5 Distribución de causas de pérdida de tiempo en la construcción, fuente: CDT productividad en edificación (2013).	34
Gráfica 6 Distribución de naturalezas de tiempos que no agregan valor, fuente: CDT productividad en edificación (2013).	34
Gráfica 7 Beneficios obtenidos con la implementación de Lean en España. Fundación EOI (2013).	43
Gráfica 8 Formación de las tareas en el proceso Last Planner System (Ballard 2000).	45
Gráfica 9 Modelo general de planificación del proyecto usando LPS (Ballard 2000)	46
Gráfica 10 Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles jerárquicos primario del sistema de programación, fuente: Introducción a Lean Construction 2014.	48
Gráfica 11 Partidas sucesoras a la tabiquería, fuente: elaboración propia.	53
Gráfica 12 Partidas sucesoras a la impermeabilización, fuente: elaboración propia.	55
Gráfica 13 Partida sucesora a la nivelación de pisos, fuente: elaboración propia.	57
Gráfica 14 Ejemplo de gráficos utilizados para la visualización de la información obtenida, fuente: elaboración propia.	60
Gráfica 15 Curvas de avance físico en tareas de tabiquería, fuente: elaboración propia	77
Gráfica 16 Curvas de avance físico en tareas de impermeabilización, fuente: elaboración propia.	79
Gráfica 17 Curvas de avance físico en tareas de nivelación de piso, fuente: elaboración propia.	81
Gráfica 18 Avance físico general proyecto Marina Sporting, fuente: Administración Ingevec proyecto Marina Sporting	83

Índice de imágenes.

Imagen 1 Flujo de trabajo Proplanner, fuente: www.ipsu.cl.	27
Imagen 3 Plataforma Proplanner-Kanban, fuente: www.ipsu.cl.	28
Imagen 4 Logotipo de empresas que han contratado los servicios de IPSUM, fuente: www.ispsu.cl. ..	29
Imagen 5 Planilla de programación del equipo de Ingevec en el proyecto Marina Sporting, fuente: Administración Ingevec proyecto Marina Sporting (2018).	50
Imagen 6 Planilla utilizada para el levantamiento de información del avance físico de las partidas por medio de inspección visual, fuente: elaboración propia.	58
Imagen 7 Página de inicio plataforma Proplanner, fuente: www.proplaner.cl.	63
Imagen 8 Selección de proyectos y sector de trabajo, fuente: www.proplanner.cl.	63
Imagen 9 Plataforma Gantt, fuente: www.proplanner.cl.	64
Imagen 10 Tarjeta informativa de tareas, fuente: www.proplanner.cl.	65

Imagen 11 Iconos de enviar tarea a ITE y enviar tarea a Kanban, fuente: www.proplanner.cl	66
Imagen 12 Plataforma Kanban, fuente: www.proplanner.cl	67
Imagen 13 Plataforma de asignación masiva, fuente: www.proplanner.cl	68
Imagen 14 Plataforma de planificación rítmica avanzada, fuente: www.proplanner.cl	69
Imagen 15 Matriz de planificación rítmica avanzada, fuente: www.proplanner.cl	70
Imagen 16 Gráficos de CNC y Restricciones, fuente: www.proplanner.cl	72
Imagen 17 Curvas de progreso del proyecto (programada y real), fuente: www.proplanner.cl	73
Imagen 18 Curva de velocidad del proyecto, fuente: www.proplanner.cl	73
Imagen 19 Gráficos de porcentaje de plan completado, fuente: www.proplanner.cl	74

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1 Logotipo Ingevec Empresas, fuente: www.ingevect.cl	17
Ilustración 2 Proyecto Marina Sporting, fuente: www.miramar.cl/portfolio/marina-sporting/	20
Ilustración 3 Representación del flujo de valor según la filosofía Lean, fuente: Introducción a Lean Construction (2014).	38
Ilustración 4 Esquema de tabique volcometal, fuente: elaboración propia.	52
Ilustración 5 Instalación de flexo membrana en sector de baño, fuente: elaboración propia.	54
Ilustración 6 Esquema losa, mortero de nivelación y pavimento de piso, fuente: elaboración propia.	56

Índice de tablas.

Tabla 1 Beneficios de Lean Construction, fuente: Introducción a Lean Construction (2014).	42
Tabla 2 Cuadro resumen de Last Planner System, fuente: Introducción a Lean Construction 2014.	49
Tabla 3 Cuadro resumen de avances programados y reales medido en pisos a una fecha determinada, fuente: elaboración propia.	60

3. Glosario.

- **Proyecto:** Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. A efectos de este texto, básicamente nos referimos a: desarrollar un nuevo producto o servicio o construir un edificio, instalación o una infraestructura.
- **Avance Físico:** Reporte que permite conocer en una fecha determinada el grado de cumplimiento en términos de metas que van teniendo cada uno de los programas o partidas de un proyecto y que posibilita a los responsables de estos conocer la situación que se lleva durante su ejecución.
- **Lookahead:** Lookahead (Expresión inglesa que significa mirar hacia el futuro) es el segundo nivel en la jerarquía de Last Planner System, en él se resaltan las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recursos humanos, información y requisitos previos, que son necesarios para cumplir las tareas asignadas.
- **Kanban:** Un *kanban* (palabra japonesa que significa etiqueta o tarjeta) es un mecanismo para gestionar y asegurar la producción justo a tiempo, que autoriza y da instrucciones para la producción o para la retirada de artículos o partes elaboradas o semi-elaboradas dentro de un sistema *pull*. En la mayoría de los casos, un *kanban* es un pedazo pequeño de papel plastificado o dentro de una funda de plástico, que tiene toda la información necesaria para la retirada de material o montaje. Cada tarjeta contiene información sobre el proveedor externo o el proceso de suministro interno, cantidad que se necesita (a suministrar o a pedir), ubicación o proceso donde se requiere o donde se ha de realizar el pedido.
- **Material Soplado:** Que un material este soplado significa que este no se ha adherido o afianzado completamente al elemento al cual ha sido colocado, por lo general ocurre por deterioros de los puentes adherentes a lo largo de la vida útil del elemento, o por

una mala colocación de este al momento de su ejecución. Es habitual encontrarlo en partidas de estucos y revestimientos.

- **Platachado:** Se llama Platachado a la acción de dar una terminación fina a un revestimiento, sobre losa, o estuco de características húmedas como lo son el grano, morteros o yeso. Esto se realiza con un platacho que consiste en una herramienta de madera la cual es pasada por la superficie a la que se requiera dar la terminación.
- **Puntereo:** Se llama Puntereo a la acción de producir pequeños agujeros en superficies de hormigón, por medio de punzonamiento de herramientas como picotas, chuzos o rotomartillos. Se realiza con el fin de asegurar una correcta adherencia entre el elemento y su revestimiento.

4. Introducción.

4.1. Antecedentes generales.

4.2.1. Situación actual del país.

Las expectativas en torno al escenario externo relevante para la economía chilena continúan siendo favorables, ya que las mejores proyecciones de crecimiento mundial para 2018 respecto de 2017 siguen afianzándose. En este ámbito, la volatilidad en los mercados financieros internacionales evoluciona sin mayores disrupciones, manteniéndose la propensión del flujo de capitales hacia las economías emergentes y en desarrollo, con primas de riesgo soberano relativamente acotadas desde una perspectiva global. Así, el escenario base de proyección supone que el PIB mundial crecerá en torno a 3,6% y 3,7% anual durante los años 2017 y 2018, respectivamente, superando en cinco y seis décimas a su par observado en 2016.

Ello va de la mano con alzas esperadas en la valoración de los principales commodities. Particularmente, el precio del cobre promediará US\$ 2,8 la libra durante este y el próximo año, mientras que el precio del petróleo bordeará US\$ 50 el barril en el mismo horizonte de proyección. Sin embargo, el desenlace de las recientes tensiones geopolíticas internacionales, las dudas sobre el efecto económico del programa de gobierno de Trump, la incertidumbre en torno a la contención del crecimiento económico de China en los próximos años y su impacto en los mercados financieros internacionales, constituyen una de las principales fuentes de riesgo para las proyecciones.

De acuerdo con lo reportado por el Banco Central al segundo trimestre del año, la economía interna evidencia un comportamiento dispar entre el consumo y la inversión agregada. El consumo, aunque con altibajos, ha continuado creciendo a tasas similares al promedio observado en los últimos dos años (en torno a 2,5% anual), mientras que por el contrario la inversión siguió retrocediendo en términos anuales, hasta promediar una caída de 2,2% durante los primeros seis meses del presente año –coherente con la menor inversión en construcción y otras obras. Con esto, la demanda interna acumuló un alza de 3,5% anual durante el primer semestre de 2017, mejorando su desempeño respecto del observado un año atrás –período en el cual aumentó 1,1% anual. En lo más reciente, los

indicadores mensuales relacionados con el consumo (masa salarial, tasa de desempleo y remuneraciones reales) anticipan la mantención de su dinamismo en lo que resta del año. Por su parte, los indicadores adelantados de la inversión (importaciones de bienes de capital, índice de ingeniería de consulta y el indicador de confianza empresarial) auguran un mejor desempeño hacia 2018.

Con todo, se estima que el crecimiento del PIB para 2017 promediará 1,5% anual, cifra contenida en el rango de variación previsto seis meses atrás. Esta estimación tiene implícito un mejor desempeño de la actividad económica durante la segunda mitad del 2017, debido, en gran parte, al efecto de menores bases de comparación. Para 2018 se proyecta que la tasa de crecimiento del PIB oscilará en un intervalo de 2,5% a 3,5% anual, explicado por factores de carácter económico y estadístico. En lo económico, destaca el mejor escenario externo relevante para Chile –lo cual debiese reflejarse en un balance positivo de los indicadores del comercio exterior. A esto se suma el efecto rezagado de la política monetaria expansiva. En lo estadístico, el efecto de bases de comparación menos exigente contribuirá positivamente en el crecimiento de la economía para el próximo año. Esta proyección, considera una gradual convergencia del PIB a su nivel potencial, con brechas de capacidad que –en el escenario más probable de estimación– se cerrarán durante la segunda mitad de 2018. Así, la inflación del IPC promediará cerca de 2% en 2017, para luego converger a la meta de 3% anual durante la primera mitad de 2019. Esto último, considera un moderado efecto de la inflación importada en el IPC y una tasa de política monetaria que evolucionará en línea con lo anticipado por el mercado en las encuestas de expectativas económicas y de operadores financieros.

4.2.2. Situación actual del área de la construcción.

A partir del tercer trimestre de 2017, la mayoría de los indicadores parciales de la construcción moderaron sus caídas respecto de lo observado hasta el segundo cuarto del mismo año, debido, entre otros factores, al efecto estadístico de bases de comparación menos exigentes y a los primeros indicios del efecto económico rezagado de la política monetaria expansiva. Con todo, estimamos que la inversión sectorial cerraría este año con un retroceso de 1,8% anual –cifra que corresponde a la cota inferior del rango previsto seis

meses atrás. Este resultado es coherente con el significativo deterioro de la formación bruta de capital fijo de la construcción a principios de año –en donde la menor inversión productiva privada no fue lo suficientemente compensada por el componente de gasto público.

En 2018 las expectativas de mercado anticipan un mejor desempeño de la inversión sectorial respecto de lo estimado para 2017, según la última encuesta de percepción de negocios, la encuesta de expectativas para la construcción de la CChC, y la tendiente postura menos pesimista de la confianza empresarial (IMCE) en todos los sectores de la economía. No obstante, uno de los riesgos para la proyección de la inversión sectorial gira en torno a que el escenario de relativo optimismo prevaleciente en lo más reciente por el mercado, todavía no se ha traspasado a la fase de toma de decisiones por parte de las empresas, tal como se evidencia en los registros de la inversión esperada en construcción de la última versión del Catastro de Proyectos de la Corporación de Bienes de Capital (CBC). En este sentido, la evolución futura de la inversión en construcción podría dar sorpresas tanto al alza como a la baja, según se fortalezca o no el escenario económico y sectorial implícito en las expectativas del mercado –que, por ahora, parecen estar fuertemente condicionadas al desenlace de las elecciones presidenciales.

Con todo, se proyecta que en 2018 la inversión evolucionará de menos a más, coherente con el alza esperada tanto en la inversión en infraestructura –mayormente explicada por las mejoras en el rubro de infraestructura productiva– como en su componente habitacional –impulsado parcialmente por la mayor inversión inmobiliaria asociada a proyectos en desarrollo, es decir, aquellos que se encuentran en su etapa de obra gruesa y terminaciones. Por lo que, en el consolidado, se espera que la inversión agregada del sector aumente 2,4% anual en 2018, con un intervalo de 1,4% a 3,4% anual.

En el rubro habitacional, se proyecta que la inversión real total en vivienda oscile en torno a 1,8% anual en 2018, cifra que supera en una décima a su par estimado para 2017. Este resultado se condice con la caída del gasto real presupuestado en vivienda pública y el moderado crecimiento de la inversión en vivienda privada –en vista del relativo

dinamismo que aún preserva la oferta de viviendas nuevas respecto de lo observado en el Informe anterior. No obstante, los riesgos para las perspectivas de inversión de este rubro están sujetos a las condiciones de acceso al mercado financiero por parte de las familias que, al tercer cuarto del 2017, se mantienen restrictivas. Esta situación resulta de especial atención si además se considera el hecho de que la razón deuda-ingreso de los hogares ha venido incrementándose sustancialmente desde 2013.

En cuanto a la inversión agregada en infraestructura, se espera aumente en promedio 2,7% en 2018 respecto de 2017, lo que representa un punto de inflexión positivo, luego de tres años consecutivos de variaciones negativas. Ello es coherente con los mayores montos de inversión provenientes del ingreso de nuevos proyectos tanto en el sector minero como energético, según se desprende del último catastro de la CBC. Además, es de destacar que –como escenario base de predicción– se espera que la relativa recuperación de la confianza empresarial se transmita de manera más inmediata en la entrada de diversos proyectos de inversión productiva privada de menor tamaño (inferiores a US\$ 5 millones). Ello, en el corto plazo, compensará la disminución de la inversión correspondiente a proyectos privados de mayor envergadura registrados en la CBC. Esta dinámica permitirá compensar el retroceso de 1% anual en el gasto real de infraestructura pública implícito en el proyecto de Ley de Presupuesto Público para el próximo año –en el que resalta el efecto de la mayor base de comparación, ante el alza del presupuesto vigente de 2017 respecto de 2016.

4.2.3. Motivo de la investigación.

Debido al aumento de la inversión inmobiliaria proyectado para este 2018, se genera un aumento en la oferta en el mercado nacional, que a su vez entrega una alta gama en la oportunidad de gestar proyectos de este tipo, por lo cual, la optimización de su desarrollo enfocado en los factores económicos, de calidad y plazo, imperan la implementación de sistemas de control, con el fin de que las empresas inmobiliarias y constructoras puedan ofrecer un producto en miras a la competencia exigida por el mercado inmobiliario privado.

Estos sistemas que cada vez se han introducido con mayor fuerza en las políticas empresariales del rubro, a partir de la ideología Lean Production, de la cual se han

desarrollado sistemas como: Lean Bim, o Last Planner, los cuales, si bien tienen un origen en común, presentan visiones que apuntan a distintos métodos obtener un objetivo común.

La popularización de estos sistemas ha creado un mercado de capacitaciones para los profesionales de la construcción, de manera de interiorizar y poder desarrollar ideas de aspiración en la ejecución de proyectos del estilo Lean, por lo cual, se han formado un gran número de empresas y asociaciones que ofrecen los servicios de este estilo de sistemas, tratando de abarcar la gran demanda que las constructoras solicitan para sus profesionales.

Una de las empresas encargadas en ofrecer este tipo de servicios es IPSUM, la que además de capacitar a los equipos de trabajo en la utilización del sistema Last Planner System, ofrece un servicio de plataformas Online que, junto con crear una planificación del proyecto, genera un seguimiento en tiempo real del avance de los proyectos, curvas analíticas de restricciones, causas de no cumplimiento, análisis del comportamiento de los subcontratos en las distintas áreas de construcción, la coordinación de avances y modelaciones creando proyecciones 4D (Lean-BIM) y hasta la utilización de una app para el seguimiento de las partidas, entre otros servicios.

Si bien, el servicio que entrega la empresa IPSUM es completo en todos sus sentidos, existe un proceso de adaptación por parte de los profesionales del área, que en conjunto con otras variables crean un estancamiento en el desarrollo de todas las ventajas que provee la utilización del servicio, que sumado al costo de contratación y el ritmo de trabajo que exige el sector de la construcción, puede ser contraproducente optar por este.

Es por esto, que tomando los datos de un proyecto en particular que ha contratado estos servicios, se busca evidenciar la variación de producción que se han percibido desde la implementación de este, además de las variables que contribuyen o menguan los objetivos a cumplir, y de esta manera, concluir si es productiva la utilización de esta metodología, y la proyección para la utilización de proyectos futuros.

4.3. Descripción del proyecto.

4.3.1. Ingevec Empresas.

Ingevec es una compañía líder en el país en materia de edificación habitacional, con el récord de haber construido alrededor de 10.000 viviendas en los últimos 5 años.

En sus más de 30 años de trayectoria, Ingevec ha contribuido en la construcción de viviendas tanto públicas como privadas a lo largo de todo el país. Adicionalmente, ha participado en la construcción de grandes obras comerciales, tal como el Boulevard del Parque Arauco y el Mall Paseo Quilín, y conocida infraestructura pública y privada, como los Centros Culturales Gabriela Mistral y CorpArtes.

La Oficina Central de la empresa Ingevec, está ubicada en Cerro el Plomo #5680, Las Condes, Santiago de Chile.

La empresa tiene 10 proyectos en carpeta, para los próximos 12 meses, en la Región Metropolitana. La inversión total llegaría a US\$ 160 millones. Se trata de edificios en altura, donde se pretende comercializar 1.700 departamentos aproximadamente.

Los nuevos desarrollos se ubican principalmente en comunas consolidadas de Santiago, en torno al eje Metro en Santiago Centro, Maipú, La Florida, Ñuñoa, San Miguel, Macul y San Joaquín, ya que la empresa se quiere orientar a segmentos medios.



Ilustración 1 Logotipo Ingevec Empresas, fuente: www.ingevec.cl.

Adicionalmente, la constructora se encuentra desarrollando 1.000 viviendas dentro y fuera de la Región Metropolitana.

Ya el año pasado dos importantes fondos de inversión creyeron en Ingevec. Uno de ellos fue “Chile Fondo de Inversión Small Cap” de Banchile que logró el 7,3% de participación, luego de comprar 64 millones de acciones. Por su parte, el fondo "Compass Small Cap Chile" que ya tenía inversiones en Ingevec, siguió apostando por la constructora y aumentó en 4,8% su número de acciones. El fondo alcanzó el 9,32% de participación en la compañía.

La acción también estuvo en el ojo de los fondos mutuos. En el segundo semestre del año pasado compraron acciones por \$216 millones. Si bien es poco dinero para el nivel de inversiones de los institucionales, representan la mitad de todas las acciones que tienen en la compañía.

Durante el año 2017 se transaron más de 100 millones de acciones a un precio promedio de \$51,13 por acción.

Gracias a la experiencia adquirida por Ingevec en la edificación de diversos tipos de construcción, como son edificios de oficinas, centros comerciales y hoteles, la compañía ha tomado una gran oportunidad en el desarrollo de proyectos comerciales para el negocio de rentas.

En esta área de negocios, creada en el año 2010, Ingevec participa de tres formas:

- Como accionista, en asociación con operadores y/o inversionistas financieros.
- Como gestor y desarrollador inmobiliario.
- Como constructor a través del área de Ingeniería y Construcción.

La diversidad de proyectos en estudio genera una gran fuente de conocimiento para la compañía, otorgando un gran potencial de aumentar y desarrollar esta área de negocios.

Inmobiliaria Ingevec, filial directa de la compañía, está a cargo del área inmobiliaria habitacional, donde se lleva a cabo el desarrollo y la gestión de proyectos habitacionales de forma directa o en asociación con otras compañías del rubro. Inmobiliaria Ingevec, participa activamente en la inversión, gestión y desarrollo de proyectos inmobiliarios.

La gestión inmobiliaria involucra coordinar y contratar a proyectistas de especialidades (arquitectos, calculistas, etc.), adquirir terrenos, realizar gestiones legales con las municipalidades y organismos públicos a través de la obtención de permisos, llevar un control del proceso de ventas, alzamientos y postventa, entre otros.

4.3.2. Antecedentes del proyecto a analizar.

El proyecto “Edificio Marina Sporting”, tiene como Propietario “Inmobiliaria Las Terrazas SAC”. Está ubicado en Calle 6 1/2 Oriente N° 151, Viña del Mar, el inicio de la obra se dio el 07-11-2016, teniendo un plazo total de 22 meses para su realización. Cuenta con 18 pisos más 2 subterráneos, y una cantidad de 98 departamentos, lo que nos da como total 12.800 m² construidos, cada piso cuenta con 6 departamentos tipos, a excepción del piso 18 que cuenta con solo 2. La variedad de estos va desde una habitación con un baño, dos habitaciones dos baños y tres habitaciones con dos baños, alcanzando dimensiones desde los 51,37 m² hasta los 97,44 m².

UBICACIÓN DE LA OBRA: Calle 6 ½ Oriente 151

PROPIETARIO: Inmobiliaria y Constructora las Terrazas S.A.C.

Rut: 76.008.833-1

Representante Legal: Alberto Esquer Zúñiga

Rol Único Tributario: Rut 6.930.510-5

Dirección: Juan Antonio Ríos 2889



*Ilustración 2 Proyecto Marina Sporting, fuente:
www.miramar.cl/portfolio/marina-sporting/.*

PROFESIONALES

Arquitectos: Carlos Aguirre Mandiola

Carlos Aguirre Baeza

Álvaro Páez Rivera

William Obregón

Fono: 22076100

Aia.arq@gmail.com

Ingenieros: Rene Lagos y Asociados

Fono:2-22464401

Pavimentación:

Mecánica de Suelos: Ruz, Vukasovic y Cía Ltda.

Fono:2-22453362

Proyectos

Electricidad: CV Ingeniería Eléctrica

Fono:032-2484093-2739098

Agua Potable: Roberto Parker

Fono:032-2976470

Gas: Christian Magaña I.

Basura: Dante Ribotta

Fono: 032-2697155

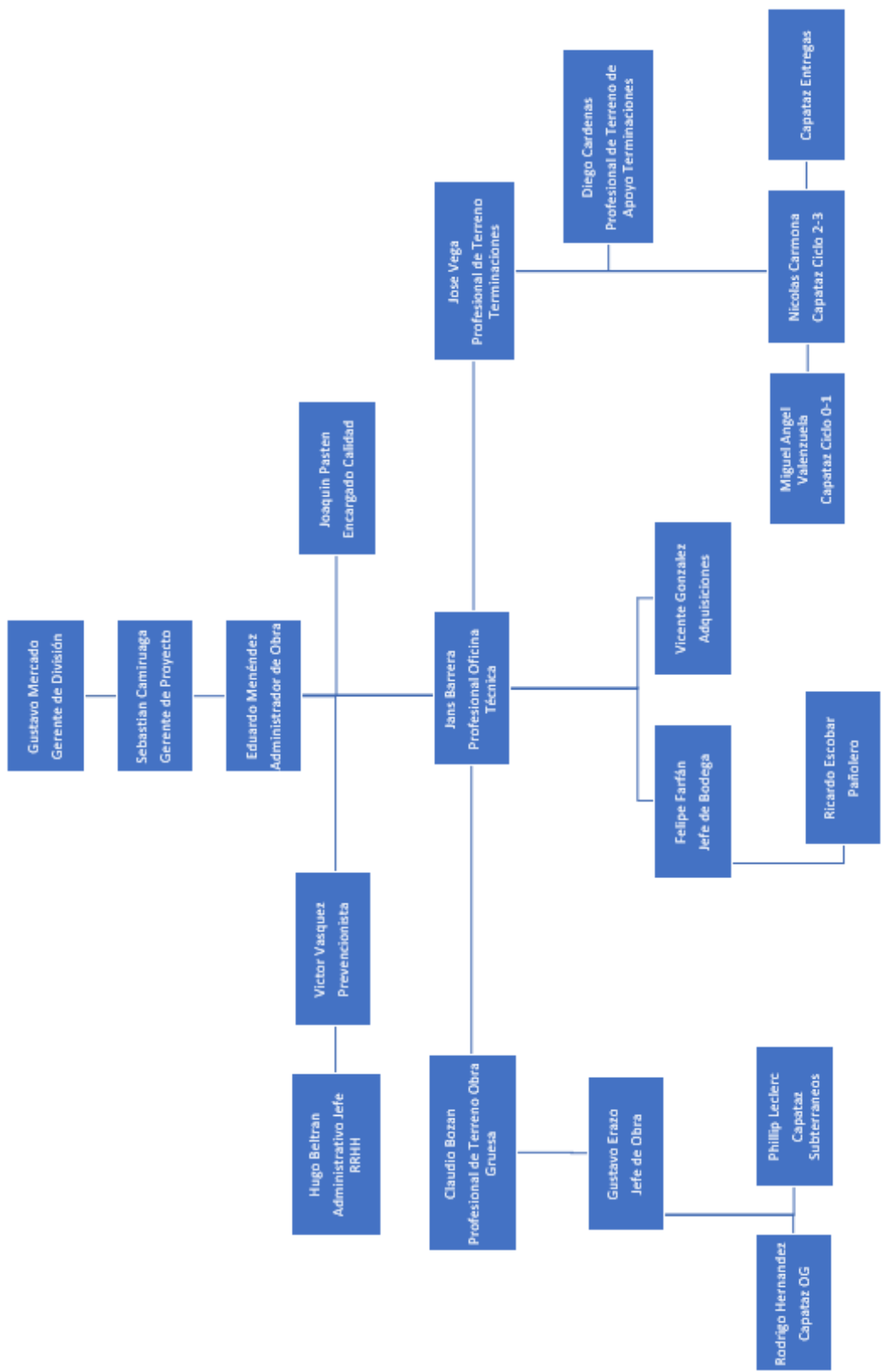
Ascensores: Heavenward Ascensores

Fono:2-27318000

Presurización: Gear Proyectos Asociados

Fono:032 248 62 81

4.3.3. Equipo de trabajo.



Gráfica 1 Organigrama proyecto Marina Sporting, Fuente: Administración Ingevec proyecto Marina Sporting (2018).

4.3.4. Descripción de cargos.

Gerente de División: Desarrollar el análisis estratégico para facilitar la formulación o la adecuación de las estrategias a los cambios organizacionales y del entorno. Optimizar la adaptabilidad de la estructura y de los procedimientos a las estrategias definidas, asegurando la evaluación eficiente de los resultados de la gestión.

Gerente de Proyecto: El Gerente de Proyecto debe participar en la definición de este y en la presentación de las etapas. Teniendo un rol de intermediario entre la gerencia y los responsables de las tareas.

Administrador de Obra: Realiza funciones propias de administración y control económico en empresas del sector de la construcción, y más concretamente en una o varias obras que una empresa constructora esté llevando a cabo. La finalidad del administrativo de obra es realizar la gestión y el control administrativo en la obra, en conformidad con los procedimientos establecidos por la empresa.

Administrativo jefe de RRHH: la función de está compuesta por áreas tales como reclutamiento y selección, contratación, capacitación, administración o gestión del personal durante la permanencia en la empresa.

Prevencionista: Busca promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un entorno laboral, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos.

Encargado de Calidad: debe asegurar que la gestión de la calidad llegue a todos los niveles de la compañía. La calidad no es un interés solamente de esta persona sino de toda la organización, empezando por el gerente general y terminando por el último operario. Todos deben participar y ese nexo se hace tangible en la posición del responsable de calidad.

Profesional Oficina Técnica: Planificación técnica y económica de la obra, definición para su ejecución de todas las unidades y elementos de la obra, revisión de procesos constructivos, mediciones y valoración de la obra.

Profesional de Terreno (Obra gruesa y Terminaciones): Coordinar y supervisar que las actividades en terreno se ejecuten dentro de los costos, calidad y plazos establecidos. Coordinar y supervisar permanentemente ejecución de los trabajos en la obra por parte de los subcontratistas Coordinar y elaborar en conjunto con el jefe de oficina técnica y jefe de bodega el programa de recepción de materiales.

Jefe de Bodega: Debe tener control de la calidad de los materiales que se encuentran en la bodega; debe estar pendiente del trabajo del personal que se encuentra a su cargo; saber en cualquier momento las existencias en bodega de todos y cada uno de los materiales a su cargo y en que sitio exacto dentro de la bodega se encuentra; debe velar que cumpla las condiciones óptimas de almacenamiento; debe llevar un control preciso de las entradas y salidas de los materiales, de quien los recibe (proveedores) y a quien se los entrega.

Adquisiciones: Es el encargado de cotizar, comparar y solicitar los materiales necesarios para la ejecución del proyecto, según las cantidades y calidad indicada por el administrador de obra y oficina técnica. Debe velar por el flujo de la cantidad de material y flujo financiero correspondientes a lo solicitado, además de la entrega oportuna del material solicitado.

Capataz: Interpreta los planos según proyecto, coordinando con cada cuadrilla los lineamientos del trabajo a realizar, según plano del proyecto, especificaciones técnicas y procedimientos de la empresa. Determina plazos y estrategias en el cumplimiento de las metas propuestas junto al supervisor de obra, según especificaciones del proyecto y procedimientos de la empresa. Supervisa la ejecución de las faenas estipuladas por el supervisor directo, según prioridades del proyecto, especificaciones técnicas, procedimientos de la empresa, acorde a las normas y reglamentación correspondientes.

4.4. Empresa IPSUM.

4.4.1. Descripción de servicios.

El alcance del servicio contempla la inducción conceptual a la filosofía Lean Construction mediante el uso de Proplanner, en donde se desarrollará la metodología de control Last Planner System considerando los módulos de planificación que contiene la plataforma.

Para el Servicio de ICL (Implementación Conceptual Lean), se considera un profesional especialista, quien hará seguimiento al trabajo continuamente, el cual tiene como principales funciones:

- Apoyo para preparación de Planificación General, Planificación Intermedia y Planificación Semanal.
- Identificación de restricciones en programación de construcción.
- Desglose detallado de las partidas y análisis de sus restricciones para su ejecución, según la programación del proyecto.
- Control semanal de levantamiento de restricciones para ejecución de faenas y cumplimiento de programas a corto, mediano y largo plazo.
- Análisis semanal de indicadores de desempeño tales como Porcentaje de Plan Completado, y Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones.
- Identificación de oportunidades para aumento de tasa de producción.

Los entregables del servicio se pueden dividir en los siguientes detalles dentro del reporte semanal:

- Análisis de Velocidad Relativas
- Análisis Pendiente Productividad
- Productividad de las Distintas Especialidades
- Revisión carta Gantt y tiempos reales de ejecución obras

IPSUM en sus servicios utiliza diversas metodologías de dirección de proyectos, entre las cuales destaca PMBOK de PMI y Lean Project Delivery System (LPDS) enfoque de proyectos correspondiente a la filosofía Lean Construction específicamente con la metodología Last Planner System, la cual se desarrolla en tres etapas:

1) **Inducción Teórica.**

- Inducción teórica a filosofía Lean Construction
- Explicación de conceptos generales:
 - Lean production
 - Flujo de trabajo
 - Generación de valor
 - Variabilidad.
- Explicación conceptual de metodología Last Planner
- Programa Maestro
- Planificación a mediano plazo (Lookahead)
- Restricciones asociadas al flujo de trabajo
- Liberación de restricciones
 - Concepto de Inventario de Trabajo Ejecutable.
 - Plan de Corto Plazo (Planificación Semanal).
 - Indicadores de Implementación.
- PPC
- PCR
- Modelamiento de Causas de no Cumplimiento

2) **Implementación Práctica.**

- Análisis del Programa Maestro
 - Definición de WBS (Gestión de alcance de Proyecto)
 - Identificación de unidades de producción a controlar
 - Análisis de constructibilidad del proyecto (secuencia constructiva)

- Validación y cierre del Programa Maestro
- Análisis de planificación a mediano plazo
 - Desarrollo de ejercicio lean
 - Limpieza del flujo de trabajo
 - Identificación de restricciones
 - Liberación de restricciones
- Desarrollo de ITE (Inventario de Trabajo Ejecutable)
 - Análisis de carga operativa para el periodo de corto plazo
- Desarrollo del Programa Semanal
- Análisis de indicadores
 - Obtención de Kpi (PPC, PCR)
 - Identificación de Causas de no Cumplimiento
 - Análisis de indicadores de prevención de atrasos, cálculo de periodos de avance con velocidad relativa.
 - Desarrollo de Mejora Continua (Kaizen)
 - Diagrama de Scadter
 - Diagrama de Pareto
 - Recomendaciones para toma de decisiones
 - Feedback de información para el periodo siguiente

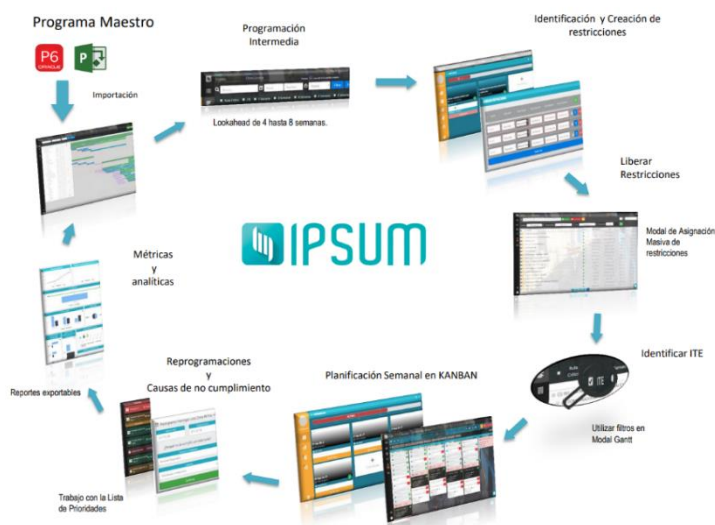


Imagen 1 Flujo de trabajo Proplanner, fuente: www.ipsum.cl.

3) Análisis de Resultados

- Análisis de Indicadores obtenidos
 - Evolución del PPC
 - Tendencia de control de producción
 - Desempeño del PPC con respecto a la Variabilidad
 - Modelamiento de Causas de no Cumplimiento
 - Periodos de aceleración o desaceleración del programa de construcción
 - Medición de la responsabilidad de gestión a mediano plazo bajo enfoque Lean (PCR)
- Report

Los servicios de ICL tienen un plazo que corresponde a cinco sesiones en un periodo de cinco semanas a partir de la generación de la OC correspondiente.

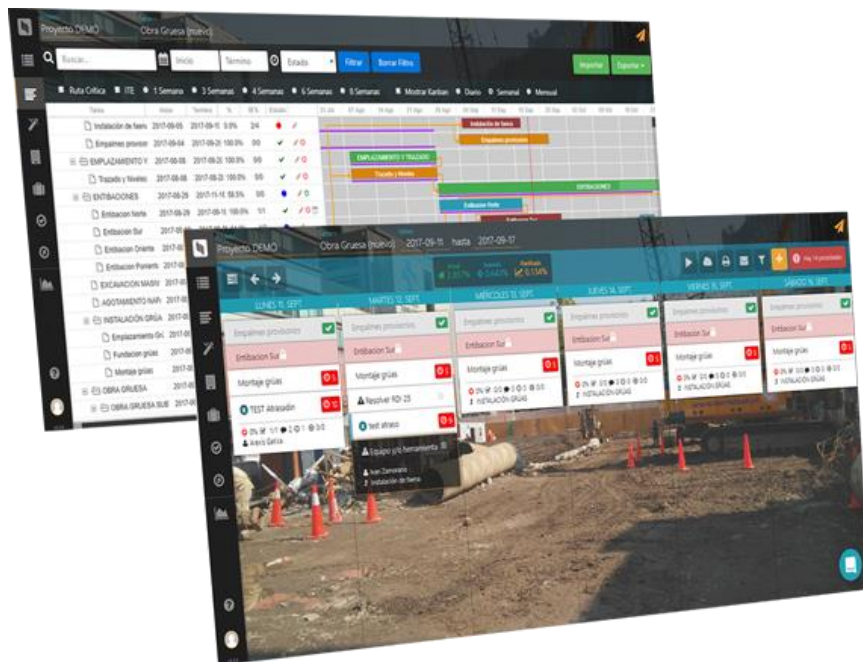


Imagen 2 Plataforma Proplanner-Kanban, fuente: www.ipsum.cl.

4.4.2. Antecedentes de servicios.

IPSUM presenta con un historial de servicios para empresas del área de la construcción, tanto dentro de Chile como en el extranjero. De las cuales destacan por la utilización del servicio en reiterados proyectos, a nivel nacional, las siguientes: VIAL Y VIVES – DSD, Transelec, ECHEVERRIA IZQUIERDO, PUMA INGENIERIA Y CONSTRUCCION, EBCO, INGEVEC EMPRESAS, PRECON CONSTRUCTORA, OBECHILE GRUPO OBRAS ESPECIALES, FLESAN, LD CONSTRUCTORA, GPR CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA, ARMAS, NUMANCIA INMOBILIARIA, CONSTRUCTORA AP, SIGRO, MASISA COMPONENTES, SIENA INMOBILIARIA, EDYCE CORP, BAU MAX. Dentro de las empresas que destacan a nivel latinoamericano se encuentran: GRUPO GRAÑA Y MONTERO, CEMEX, CAPUTO CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS, PRODUKTIVA, BIEBER GRUPPE.



Imagen 3 Logotipo de empresas que han contratado los servicios de IPSUM, fuente: www.ipsum.cl.

5. Objetivos.

5.1.Objetivos Generales.

El principal objetivo es medir y contrastar como se ve afectada la productividad en partidas de terminaciones de proyectos en altura, tras la incorporación del sistema Lean, puntualmente con el método Last Planner que ofrece la empresa IPSUM, la que se medirá como la razón entre la cantidad de trabajo realizado por las unidades de tiempo utilizadas para obtener esa cantidad.

A través de lo expuesto anteriormente y comparando los trabajos realizados, identificar las ventajas de contratar estos servicios a una empresa externa al proyecto, las que se traducen en planificación, utilización de recursos y cumplimientos de plazos.

5.2.Objetivos Específicos

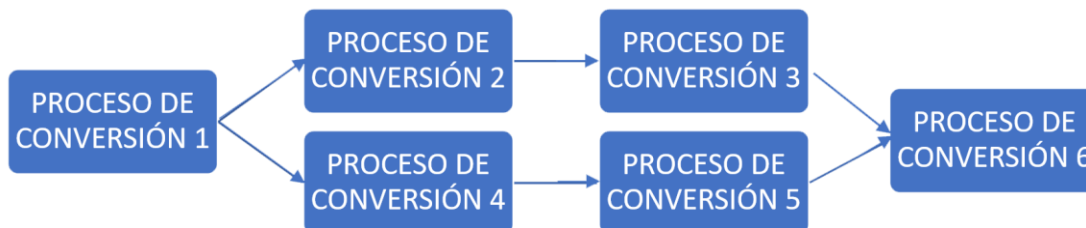
- Como objetivos específicos se identificarán y describirán las principales restricciones, causa de no cumplimiento y reprogramaciones en terreno que causan retrasos y cambios en la línea base, se analizarán y propondrán cómo mitigarlos, y se propondrán mejoras para la implementación del sistema.
- Se identificarán, de existir, los principales inconvenientes en la utilización de los servicios de la empresa IPSUM, y se propondrán soluciones para estos.
- Se evidenciará la capacidad del equipo de trabajo para ser capacitado y en la posterior utilización de la metodología Last Planner mediante la empresa IPSUM.

6. Marco Teórico.

6.1. Modelo de Procesos y Productividad en Obras de Construcción.

Podemos diferenciar dos modelos de procesos utilizados en construcción; el modelo de *Conversión* y el modelo de *Flujo de Procesos*.

En el modelo de conversión, un proceso de producción es la transformación de una materia prima en un producto terminado. El modelo de conversión de procesos es la manera clásica en que se representan los trabajos individuales en la construcción. Este es, además, el formato mental mediante el cual comúnmente se representa el trabajo. En este proceso cada actividad se enmarca en un rectángulo u otra figura. Cada rectángulo lo representa una conversión de materiales en bruto en algún producto terminado o en un proceso intermedio. Las flechas que unen dichos rectángulos indican las secuencias de las actividades. Esto busca generar una descomposición jerárquica del trabajo, de manera que las actividades puedan ser controladas y optimizadas.

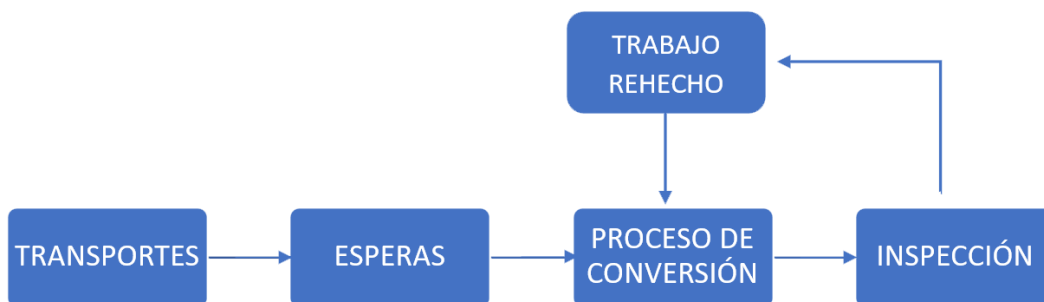


Gráfica 3 Modelo de Conversión, fuente: *Productividad en obras de construcción (2001)*.

Sin embargo, el proceso de conversión contempla grandes errores debido que, al concentrarse únicamente en conversiones, pasa por alto el concepto de los flujos físicos que existen entre los procesos de conversión. Estos flujos corresponden a movimientos, esperas e inspecciones.

El modelo de flujo de procesos ve el trabajo como un flujo de información compuesto por la conversión propiamente dicha, la inspección, los transportes y las esperas. Su principal objetivo se centra en la eliminación de pérdidas y a la reducción de tiempos de cada actividad. Este enfoque, en cual se pasa de una visión en la que solo se considera el proceso de conversión

a un esquema mental donde se toman en cuenta los flujos que conectan el trabajo, permite dividir el trabajo en trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC) con mayor facilidad. Este modelo representa con mayor exactitud la realidad de las actividades, considerando el flujo completo que compone al proceso. El modelo de conversión olvida las pérdidas (TC y TNC), por lo cual dificulta encontrarlas y eliminarlas



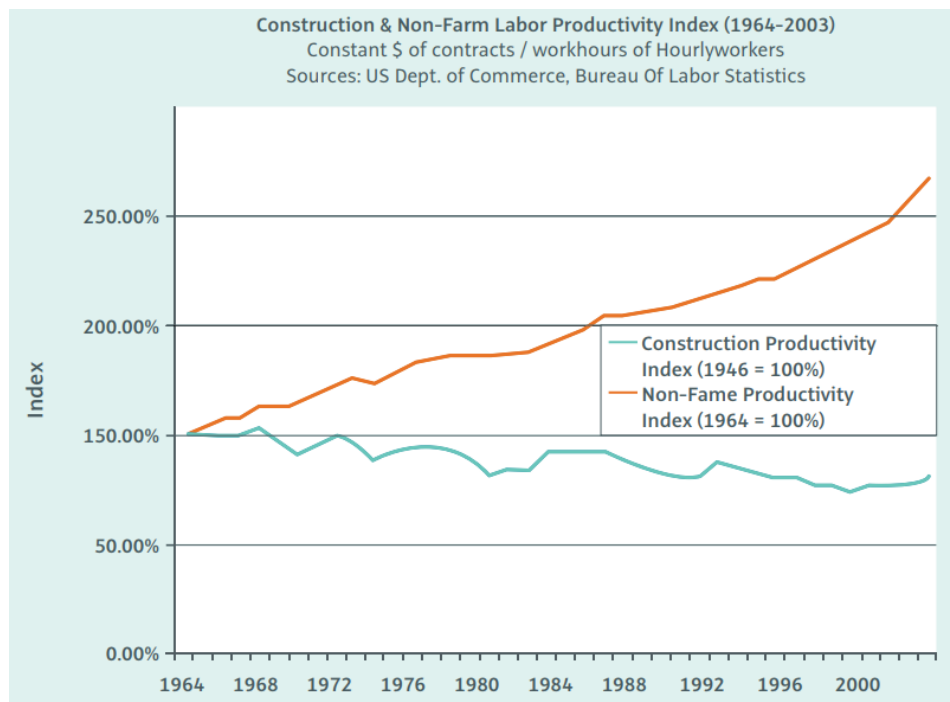
Gráfica 5 Flujo de procesos, fuente: Productividad en obras de construcción (2001).

en la práctica.

La productividad es la razón entre la cantidad de productos obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Por ejemplo, un indicador de productividad en construcción comúnmente es la razón entre cantidad del bien obtenido y las horas de trabajo utilizadas para generar esa cantidad.

Un estudio comparativo realizado por la Oficina de Estadísticas del Trabajo del Departamento Americano de Comercio sobre la productividad laboral para la industria de la construcción de EE. UU. 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%. Otro estudio de 2004 del Construction Industry Institute y el Lean Construction Institute indica que hasta el 57% del tiempo, el esfuerzo y el material de la inversión en proyectos de construcción no añade valor al producto final, mientras que en comparación en la industria de la fabricación la cifra es solo del 26%.

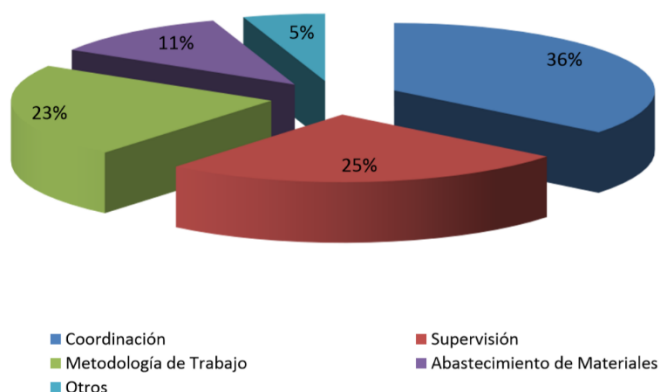
La comparación de los niveles de actividad del subsector de edificación en altura versus los otros sectores, muestran que este sector es el que ostenta mejores niveles de actividad en toda la industria, tanto en obra gruesa (OG) como en terminaciones (TT).



Gráfica 7 Productividad en la construcción comparada con otras industrias en Estados Unidos, fuente: *Introducción a Lean Construction (2014)*.

Cabe destacar que los niveles de actividad global del sector muestran una reducción progresiva del tiempo perdido, que se había estabilizado a partir del 2008 y que sufre un repunte entre el 2011 y el 2012 asociado al déficit actual de mano de obra calificada. Los datos provienen de mediciones realizadas por la CDT desde el año 2003 por Asesorías CDT, en especial el Servicio CALIBRE, a más de 55 empresas. Se han realizado cerca de 315 mediciones con más de 850.000 Horas-Hombre y Horas-Máquina controladas.

La distribución de las causas de tiempo perdido en categorías entrega lo siguiente:

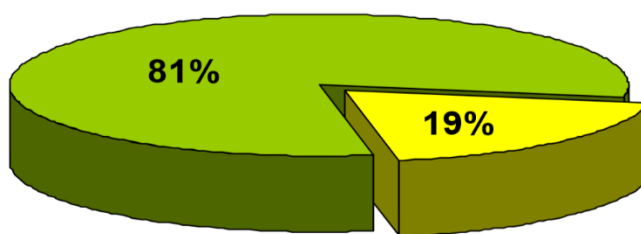


Gráfica 9 Distribución de causas de pérdida de tiempo en la construcción, fuente: CDT productividad en edificación (2013).

Se muestra que los problemas de coordinación interna son los que generan la mayor cantidad de las pérdidas de tiempo, asociadas a Faltas de Cancha, Trabajos Rehechos, Cambios de Frente, Falta de Asignación de Tareas, entre otros

En segunda instancia se encuentran los problemas de supervisión asociados a descanso y detenciones de los trabajadores y problemas de conformación de cuadrillas. También destacan 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.



Gráfica 11 Distribución de naturalezas de tiempos que no agregan valor, fuente: CDT productividad en edificación (2013).

La buena noticia para la industria es que más del 80% de las causas de pérdidas son “evitables”, es decir, pueden ser gestionadas y controladas por los profesionales de obras, lo que entrega un potencial de mejora de productividad significativo.

6.2.Introducción a Lean Production.

6.2.1. Conceptos básicos del pensamiento Lean.

Se define *Lean Production* o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa.

El uso del término *Lean* obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: 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. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, dando lugar a muchos menos defectos y produce una mayor e incluso creciente variedad de productos.

6.2.2. El sistema de producción Toyota (TPS).

Se define el TPS como el sistema de producción desarrollado por la Toyota Motors Company para proporcionar mejor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor). El TPS está compuesto por dos pilares: el Just-in-Time (JIT) y el Jidoka; y se sustenta y perfecciona a través de iteraciones de trabajo estandarizado y Kaizen o mejora continua, seguido de un plan de acción a través de un PDCA.

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 que paraba el funcionamiento del telar cada vez que un hilo se rompía. Esto permitió grandes mejoras a la hora de garantizar la calidad y permitió 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 máquina, cada línea de producción y cada operación de Toyota. Este concepto japonés 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 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. Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi Toyoda desarrolló este concepto en la década de los 30. Fue él quien decretó que las operaciones de Toyota no deberían tener exceso de inventario y que Toyota debería esforzarse en trabajar en colaboración con los proveedores para nivelar la producción. Bajo el liderazgo del ingeniero Taiichi Ohno, el JIT se desarrolló dentro de un único sistema de flujo de información y materiales para controlar la sobreproducción.

PDCA son las siglas de Plan-Do-Check-Act – también conocido como Ciclo de Deming una vez que W. Edwards Deming introdujera el concepto en Japón en la década de los años 50. Es 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 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.

6.2.3. Los principios Lean.

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

6.2.3.1. Valor.

Lean es crear valor para el cliente. Esto implica entender qué quiere el cliente. Una mejor comprensión de los valores desde el punto de vista del cliente proporciona las bases para un diseño del producto y el proceso para fabricarlo, más efectivos. El valor es el punto de partida del pensamiento Lean. 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.

En una empresa Lean, se debe distinguir entre dos tipos de cliente. Por un lado, existe el cliente externo, al que generalmente se identifica como el usuario o consumidor – generalmente es el que define el valor del producto o servicio– aunque también puede ser un almacenista, intermediario o un instalador. Por otra parte, está el cliente interno, que en un sistema Lean es todo aquel que dentro del flujo de valor recibe una entrada de material o información por parte de un proceso ubicado aguas arriba en el flujo de valor.

6.2.3.2. Value Stream.

El siguiente paso es identificar la cadena de valor. Se entiende por cadena de valor todas las actividades actualmente necesarias para la transformación de materiales e información en un producto o servicio terminado y entregado al cliente, desde la concepción de su diseño hasta su lanzamiento y desde el pedido hasta la entrega. Según el sistema Lean, desde el primer momento se asume que algunas de estas actividades aportan valor añadido y otras no.

Una empresa Lean se gestiona a través de flujos de valor. Podemos 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 (esto incluye tanto las entradas y salidas de materiales como de las de información). Y generalmente, existe un flujo de valor por cada familia de productos o servicios que entregue la empresa. Para evitar confusiones, a la hora de definir el flujo de valor, es importante dejar claro dónde empieza y dónde acaba este.

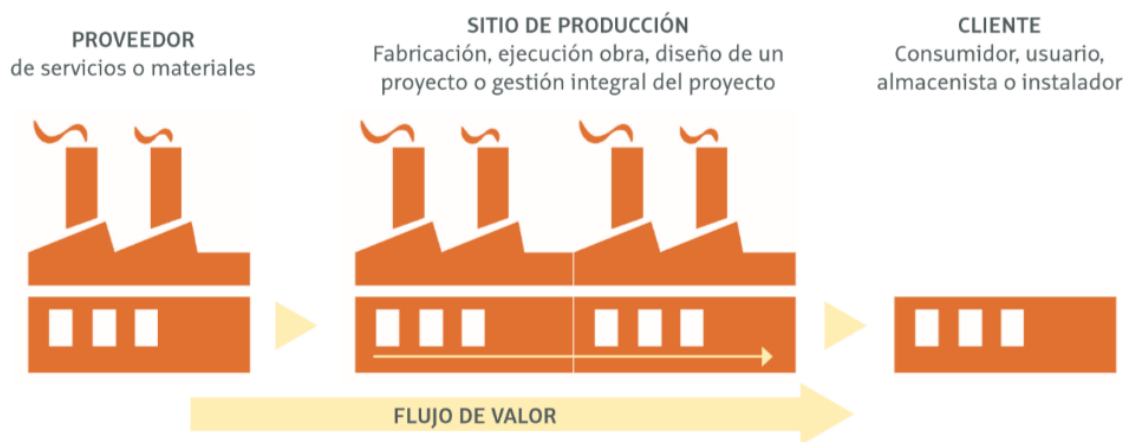


Ilustración 3 Representación del flujo de valor según la filosofía Lean, fuente: *Introducción a Lean Construction* (2014).

6.2.3.3. Flujo.

Una vez se ha identificado el valor para el cliente, se ha grafiado la cadena de valor y se han eliminado las operaciones cuyo desperdicio es evidente, el siguiente paso es hacer que fluyan las operaciones creadoras de valor que quedan.

En la mayoría de los flujos de valor, las actividades que realmente añaden valor tal y como lo percibe el cliente representan una fracción mínima del total. 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.

6.2.3.4.Sistema Pull.

Es un sistema de control de la producción en el que las actividades aguas abajo dan la señal de sus necesidades a las actividades aguas arriba de la cadena de valor, a menudo mediante tarjetas Kanban, sobre qué elemento o material necesitan, en qué cantidad, cuándo y dónde lo necesitan. 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. Este sistema es el 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.

6.2.3.5.Perfección.

La perfección se define como un proceso que proporciona puro valor, tal y como ha sido definido por el cliente, sin ninguna muda o desperdicio de ninguna clase. Para lograr esto son fundamentales 3 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 y dejan que sean los clientes quienes atraigan hacia sí (Pull) valor desde la empresa, 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.

6.2.3.6. Transparencia.

La transparencia es un estímulo muy importante para todos (subcontratistas, proveedores de primer nivel, ensambladores, distribuidores, consumidores y empleados) ya que al tener acceso a más información resulta más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor. Además, se produce 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 mejorar. La descentralización en la toma de decisiones a través de la transparencia y la potenciación de habilidades significa proporcionar a los participantes del proyecto información sobre el estado de los sistemas de producción, dándoles el poder de tomar acción.

6.2.3.7. 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 se debe entregar a los empleados la información correcta de manera puntual y darles la autoridad para solucionar los problemas y trabajar en la mejora continua. Esta 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, crear más valor, eliminar desperdicio e incrementar la rentabilidad del negocio. Hay un nuevo y poderoso potencial para una mejora radical cuando estos trabajadores capacitados trabajan de manera colaborativa con sus compañeros a través de toda la cadena de valor.

6.2.4. Lean Construction.

La aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción se conoce como Lean Construction o construcción sin pérdidas.

Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Se entiende Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la

empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, precomercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro.

Lean Construction persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno.

Lean Construction trata de alcanzar estos objetivos en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de edificación, contando con todos los agentes sociales que intervienen en el proceso de diseño y construcción y con todas las personas y empresas que participan en la cadena entera de suministro y en cada flujo de valor, sin dejar a nadie fuera e integrando a todos bajo una meta común según los principios del sistema Lean, con lo que se obtiene como resultado:

- La edificación o infraestructura y su entrega son diseñados juntos para mostrar y apoyar mejor los propósitos de los clientes.
- El trabajo se estructura en todo el proceso para maximizar el valor y reducir los desperdicios a nivel de ejecución de los proyectos.
- Los esfuerzos para gestionar y mejorar el rendimiento están destinados a mejorar el rendimiento total del proyecto, ya que esto es más importante que la reducción de los costes o el aumento de la velocidad de ninguna actividad aislada.
- El Control se redefine como pasar de “monitorizar los resultados” a “hacer que las cosas sucedan”. Los rendimientos de los sistemas de planificación y control se miden y se mejoran.

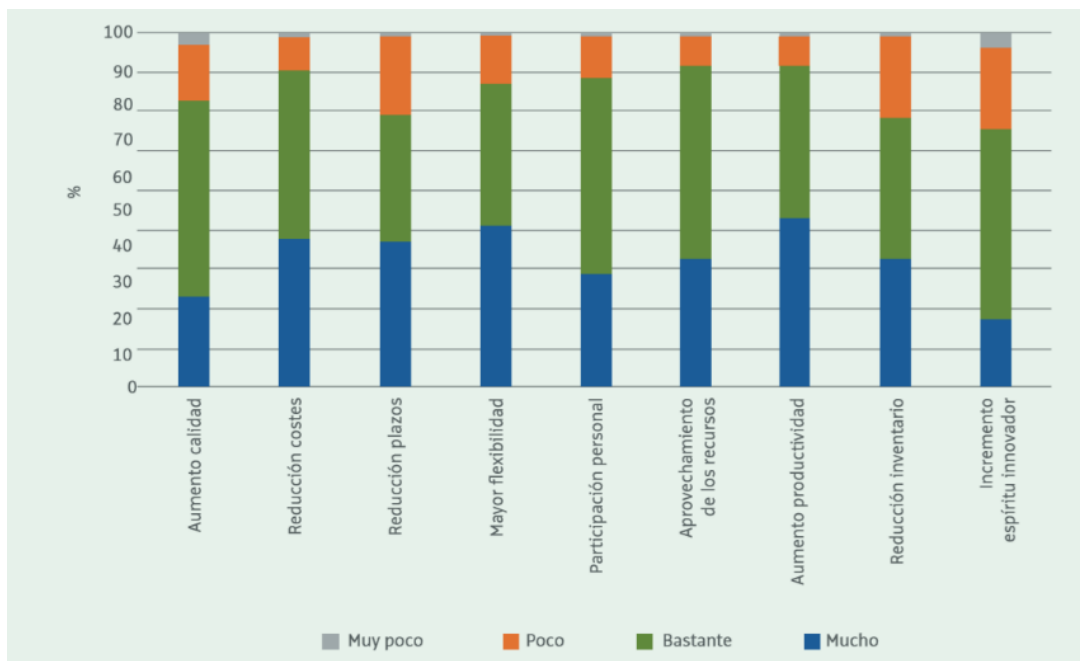
- La notificación fiable del trabajo entre especialistas en diseño, suministro y montaje o ejecución asegura que se entregue valor al cliente y se reduzcan los desperdicios. Lean Construction es especialmente útil en proyectos complejos, inciertos y de alta velocidad. Se cuestiona la creencia de que siempre debe haber una relación entre el tiempo, el coste y la calidad (mayor calidad y mayor velocidad no tiene porqué implicar mayor coste)”.

Un informe sobre el estado de Lean en la Construcción en EE. UU. (2012) y otro informe más reciente de McGraw Hill Construction (2013) sobre la aplicación de Lean Construction en proyectos de edificación revelan que en aquellas empresas que ya han utilizado prácticas Lean entre el 70% y el 85% han alcanzado un nivel alto o medio sobre una amplia variedad de beneficios, entre los que se incluyen como resumen los indicados en la siguiente tabla:

Informe sobre el estado de <i>Lean</i> en la Construcción en EE. UU. (2012)	Informe de McGraw Hill Construction sobre la aplicación de <i>Lean Construction</i> (2013)
Mejor cumplimiento del presupuesto	Mayor calidad en la construcción.
Menor número de cambio de órdenes y pedidos	Mayor satisfacción del cliente.
Rendimiento más alto de entregas a tiempo	Mayor productividad.
Menor número de accidentes	Mejora de la seguridad.
Menor número de demandas y reclamaciones	Reducción de plazos de entrega.
Mayor entrega de valor al cliente	Mayor beneficio y reducción de costes.
Mayor grado de colaboración	Mejor gestión del riesgo.

Tabla 1 Beneficios de Lean Construction, fuente: *Introducción a Lean Construction* (2014).

El estudio de la Fundación EOI 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 costes, mayor flexibilidad, participación del personal, aprovechamiento de los recursos y aumento de la productividad, como principales beneficios de la implantación Lean.



Gráfica 13 Beneficios obtenidos con la implementación de Lean en España. Fundación EOI (2013).

Por otro lado, entre aquellas empresas que todavía no han implantado Lean, el porcentaje que afirma que estas técnicas no se implantarán es muy reducido. Además, es significativo que casi el 80% de los encuestados que no están usando las técnicas Lean afirman que algún día se incorporarán a la empresa en la que trabajan o que incluso ya están evaluando su implantación.

6.2.5. Implementación de Lean Construction.

Existen un conjunto de herramientas y técnicas que ya han sido desarrolladas e implantadas con éxito y que están consolidadas dentro del marco de Lean Construction. Dentro de las cuales se encuentran: Lean Project Delivery System (LPDS), Target Costing o coste objetivo, Integrated Project Delivery (IPD), BIM, Last Planner System (LPS) o sistema del último planificador.

Se incluye un cuadro resumen de las diferencias entre la gestión de un proyecto tradicional y un proyecto Lean.

6.2.5.1. Last Planner System.

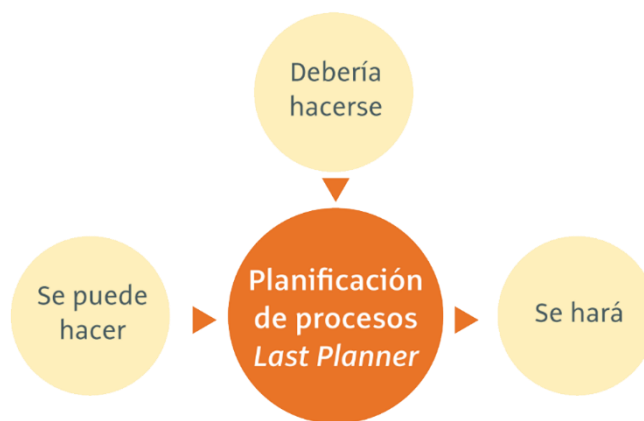
La gestión tradicional de proyectos centrada en el método del camino crítico está focalizada en las actividades individuales. Este sistema se apoya sobre la base de un enfoque jerárquico de mando y control para la planificación de proyectos. Este enfoque aparentemente coherente descansa en el supuesto de que el proyecto se optimizará al minimizar el tiempo y el coste necesario para completar cada tarea de manera aislada. Por desgracia, las medidas adoptadas por los contratistas para mejorar su productividad casi siempre hacen impredecible el flujo continuo de trabajo: los costes se incrementan, la duración se extiende, la seguridad y la calidad disminuyen y el riesgo aumenta.

El Last Planner o último planificador, normalmente el capataz, encargado o jefe de obra, se define como la última persona capaz de asegurar un flujo de trabajo predecible aguas abajo. LPS faculta al último planificador –la persona que asigna las tareas de trabajo directamente a los trabajadores– para conseguir compromisos de entrega en base a la situación real de un puesto de trabajo, en lugar de hacerlo en base a los planes teóricos. 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, en el que las actividades aguas arriba empujan la producción hacia las actividades aguas abajo, generando cuellos de botella, exceso de inventario y esperas, entre otros desperdicios.

Cuando el flujo de trabajo se hace más previsible, las obras se organizan mejor, las reuniones son más cortas, las disputas son menores y los cuellos de botella 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 primer documento técnico sobre Last Planner System fue publicado en 1994 y posteriormente desarrollado por su mismo autor, Glenn Ballard, en su tesis doctoral del

año 2000. Según Ballard, en un sistema tradicional, el rendimiento del último planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre “lo que debería hacerse” y “lo que se puede hacer”. Ante la pregunta “¿qué vamos a hacer la semana próxima?”, la respuesta más probable es “lo que está en el programa”, o “lo que está generando más urgencia”. Los supervisores consideran que su trabajo es mantener la presión sobre los subordinados para seguir produciendo a pesar de los obstáculos. La entrega irregular de recursos y la terminación impredecible de los trabajos previamente necesarios invalidan la presunta ecuación de “lo que se hará” con “lo que debería hacerse” y rápidamente da lugar al abandono de la planificación que dirige la producción real.



Gráfica 15 Formación de las tareas en el proceso Last Planner System (Ballard 2000).

Last Planner System (LPS) o sistema del último planificador añade un componente de control de la producción al sistema tradicional de gestión de proyectos. El LPS puede entenderse como un mecanismo para la transformación de “lo que debería hacerse” 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”.

Así pues, 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.

LPS es un sistema colaborativo y está basado en el compromiso. Al contar con un enfoque sobre el conjunto general de todo el proyecto, LPS crea un sistema que garantiza que cada semana la gente está cumpliendo sus compromisos del plan semanal; esta consistencia permite la eliminación del programa de relleno, planes de contingencia, exceso de inventarios y otras actividades que no añaden valor.

Cuando los flujos de trabajo son más predecibles, los subcontratistas pueden tomar ventaja del montaje fuera de la obra, donde los subconjuntos se pueden producir y ensamblar en un entorno controlado. Esto, generalmente lleva a conjuntos de mayor calidad, menor coste y menor tiempo de instalación en el lugar de trabajo. Otro de los beneficios de la estabilidad es que los proyectos terminen a tiempo; al no extenderse, se pueden ahorrar miles de euros a la semana en el coste de equipos, maquinaria, alquileres, mano de obra y otros recursos para mantener el sitio de trabajo activo.



Gráfica 17 Modelo general de planificación del proyecto usando LPS (Ballard 2000)

El sistema de control de producción del último planificador tiene tres componentes:

- Planificación anticipada.
- Compromiso con la planificación.
- Aprendizaje.

Planificación anticipada: La norma que rige el análisis de las restricciones es que no se autorice ninguna actividad a la fecha prevista a menos que los planificadores estén seguros de que las restricciones se pueden eliminar a tiempo. Siguiendo esta regla se asegura el hecho de que los problemas saldrán a la superficie más pronto y aquellos que no puedan resolverse en la planificación no se impondrán en la ejecución del proyecto, ya sea a nivel de diseño, fabricación o construcción.

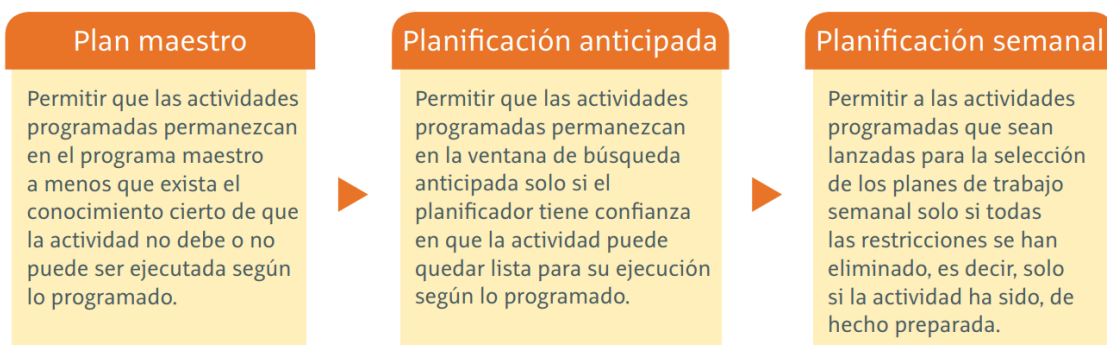
Compromiso con la planificación: Los compromisos se miden con el Porcentaje del Plan Completado (PPC), un indicador clave que evalúa si el trabajo se completó según lo prometido o no. El PPC rinde cuentas sobre el rendimiento de la ejecución del proyecto, así como la identificación de lecciones de mejora y oportunidades de aprendizaje. Esas lecciones se utilizan para mejorar las prácticas de trabajo, procesos y sistemas. Los proyectos con LPS han demostrado una fiabilidad de planificación del 85%, que se compara con los proyectos tradicionales, donde es de alrededor del 50%.

El último planificador considera los criterios de calidad antes de comprometer a los trabajadores a hacer el trabajo con el fin de protegerlos de la incertidumbre. En Toyota se aplica la regla de Taiichi Ohno: “En Toyota, todo trabajador tiene el deber de parar la línea de producción en lugar de lanzar una pieza defectuosa aguas abajo”. Decir “No” era (y sigue siendo) un acto radical en la construcción. Uno de los cambios de comportamiento que conlleva LPS es la capacidad de decir “no” si el pre-requisito de la tarea o asignación no está completo.

Aprendizaje: Cada semana, el plan de trabajo de la semana anterior es revisado para determinar qué tareas (compromisos) se completaron. Si el compromiso no se ha

mantenido, a continuación, se proporciona una razón. Estas razones son analizadas periódicamente hasta la causa raíz y se llevan a cabo acciones para evitar que se repitan. Cualquiera que sea la causa, la monitorización continua de las razones para el fracaso del plan, medirá la efectividad de las acciones correctivas.

En el sistema del último planificador se introducen adicionalmente a la planificación tradicional general de la obra o Plan maestro planificaciones intermedias y semanales, el seguimiento de indicadores de productividad como el PPC o Porcentaje del Plan Completado y un plan de acción para eliminar la causa raíz que ha originado el incumplimiento de la programación



Gráfica 19 Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles jerárquicos primario del sistema de programación, fuente: Introducción a Lean Construction 2014.

El Plan maestro muestra la viabilidad de los plazos y los hitos del proyecto. Una vez que el plan está completo, se deja a un lado y se desarrolla la planificación por fases para cada hito. Las personas que realmente hacen el trabajo crean un plan colaborativo para entregar cada fase del proyecto, lo que es esencialmente el sistema de producción para entregar el proyecto. El equipo crea la planificación por fases de todo el proyecto. Ese plan conduce a la generación de un Look Ahead Plan (LAP) o planificación intermedia, que idealmente tiene un alcance de seis semanas.

El Plan maestro muestra la viabilidad de los plazos y los hitos del proyecto. Una vez que el plan está completo, se deja a un lado y se desarrolla la planificación por fases para cada hito. Las personas que realmente hacen el trabajo crean un plan colaborativo para

entregar cada fase del proyecto, lo que es esencialmente el sistema de producción para entregar el proyecto. El equipo crea la planificación por fases de todo el proyecto. Ese plan conduce a la generación de un Look Ahead Plan (LAP) o planificación intermedia, que idealmente tiene un alcance de seis semanas.

Debería	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos	Reunión inicial
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fecha de cada equipo/sector	
Se puede	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación	Reunión mensual
Se hará	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el período	Reunión periódico
Se hizo	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del período (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento	

Tabla 3 Cuadro resumen de Last Planner System, fuente: *Introducción a Lean Construction 2014*.

7. Marco Metodológico.

7.1.Programación línea base.

El proyecto Marina Sporting en el escenario de su diseño y logística de desarrollo, se ve enmarcado por un plan de ejecución dispuesto por la empresa Inmobiliaria y Constructora las Terrazas S.A.C. que si bien, no corresponde a la programación utilizada por el equipo de la empresa Ingevec, entrega la información de línea base necesaria para que este último genere un plan interno de desarrollo del proyecto.

El equipo de Ingevec, encargado de ejecutar el proyecto, presento inconvenientes al comienzo de las faenas de terminaciones debido a la desorganización, lo que se vio traducido en retrasos que comprometen la totalidad de la obra. Por lo cual, estos son remplazados por un nuevo equipo de trabajo, con el fin de reprogramar y administrar las partidas que comprenden esta área, teniendo como meta la entrega del proyecto dentro del plazo contractualmente acordado.

El nuevo profesional de terreno encargado de administrar y ejecutar de las partidas que engloban el área de terminaciones, luego de una revisión y estudio exhaustivo de las condiciones del proyecto, realiza un programa simplificado que, si bien, incluye una mayor cantidad de partidas, las dependencias de fin comienzo, y duraciones de estas son básicas, logrando que cada faena por piso tenga una duración semanal, creando el siguiente esquema.

		PROGRAMA TERMINACIONES EDIFICIO MARINA SPORTING - CONSTRUCTORA INGEVEC S.A. -																											
		04.12.2017	11.12.2017	18.12.2017	25.12.2017	01.01.2018	08.01.2018	15.01.2018	22.01.2018	29.01.2018	05.02.2018	12.02.2018	19.02.2018	26.02.2018	05.03.2018	12.03.2018	19.03.2018	26.03.2018	02.04.2018	09.04.2018	16.04.2018	23.04.2018	30.04.2018	07.05.2018	14.05.2018	21.05.2018	28.05.2018		
ITEM	PARTIDA																												
1	Descarachado - Pulido - retro caciones	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*																
2	Trazado de auxiliares rasgos y tabiques (Trazar tara)	8*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*															
3	Barandas Galvanizadas Terrazas	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*															
4	descubrimiento de cajas electricas y enlanchado	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*															
5	Rasgos en mortero ventanas, barandas	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*														
6	Centrado tuberías: a eje (cielo y muro)+conduit centro luz+pts. pes. Clima	15*	8*	7*	6*	5*	4*	3*	2*	1*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*
7	Yeso Proyectado	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*													
8	verticales de alcantarillado y extraccion	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*												
9	Remates albañileria terrazas	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*												
10	Impermeabilizacion sector zocalos de descarga baño	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*												
11	Tabiques 1° cara	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
12	instalaciones tabiques 1° cara + Codos de encastrar muros HA.	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
13	tabiques 2° cara + vigones baños + volcapol	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
14	huinchas tabiques + huincha doblada en baños	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
15	Instalacion de brazos de extraccion	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
16	Pasabueques etapa 1: Moldaje, fierro y graueado nivelacion	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
17	Pasabueques etapa 2: Instalacion perfil aluminio	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
18	Toma medida Ventanas	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
19	Instalacion matices: Fria, caliente y RS	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
20	Instalacion de vigones falsos matices	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
21	Empalizadas de tinis	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
22	Impermeabilizaciones baño, cocina, terraza	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											
23	Instalacion Tinis con faldon	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*											

Imagen 4 Planilla de programación del equipo de Ingevec en el proyecto Marina Sporting, fuente: Administración Ingevec proyecto Marina Sporting (2018).

Esto fue realizado de esta manera para las 52 partidas que comprenden el programa, con lo cual, se realizó una carta Gantt por medio del programa Project, generando un archivo en formato .mpp, el cual cuenta con la totalidad de los pisos del proyecto, y en cada uno de estos la distribución de las partidas que las componen, con sus respectivas partidas predecesoras, sucesoras, fechas de inicio, duración y fechas de termino.

7.2.Partidas a analizar.

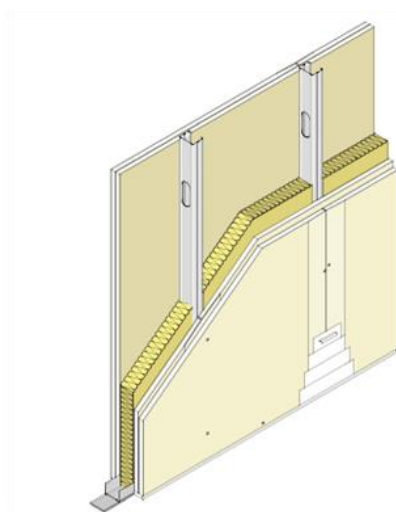
Para el análisis de la variación en la productividad de la obra Marina Sporting, con la utilización de los servicios de la empresa IPSUM, nos basaremos en el avance programado y real de 3 partidas en específico, las cuales fueron escogidas por la importancia que estas generan dentro del programa, por un lado, por ser claves para la realización de faenas predecesoras, siendo procesos más lentos que los demás por lo cual causan demoras en la liberación del inicio de una importante cantidad de tareas, además de ser parte de la ruta crítica que presento el proyecto durante su avance y partidas que para su ejecución se debía realizar una elaborada coordinación con el resto de las partidas que se encontraban a ejecutar en el mismo momento. Comparando según las características antes mencionadas, y analizando el total de partidas, las seleccionadas para la investigación son: Tabiquería (primera cara, instalaciones en tabique y segunda cara), Impermeabilización y Nivelación de Pisos.

7.2.1. Tabiquería.

Se entiende por tabique a las separaciones interiores de ambientes autosoportantes o no estructurales que se utilizan para delimitar o conformar espacios en una edificación. Estas particiones están diseñadas según diferentes exigencias dependiendo del uso de los recintos que conforman y es materia del proyecto de arquitectura proponer las soluciones adecuadas a ellas. En este proyecto, los tipos de tabiques que se encuentran deben respetar exigencias de aislación acústica, resistencia al fuego, aislación térmica y resistencia a la humedad. Para lo anterior, existen distintos tipos de planchas, grosores, aislantes y combinaciones que se pueden utilizar para alcanzar las exigencias proyectadas.

La tabiquería utilizada para el proyecto Marina Sporting es del tipo “Volcometal”. Para este tipo de estructura se utilizan montantes de 0,85mm de espesor con 90 o 60 mm de ancho, dependiendo las necesidades estructurales del muro. Se utilizan tirantes de acero galvanizado para arriostrar la estructura con dimensiones según las necesidades estructurales.

Esta estructura de acero recibe una primera cara compuesta de planchas de yeso-cartón como recubrimiento interior, luego se procede a la instalación de todo tipo de servicios ya sean de eléctrico, agua potable o calefacción que se proyectan por el interior del tabique, se coloca una capa de material aislante de lana mineral en la cavidad, y se termina cerrando el muro con una segunda cara de yeso cartón. Ambas caras se fijan a los montantes con tornillos auto perforantes cabeza de trompeta.



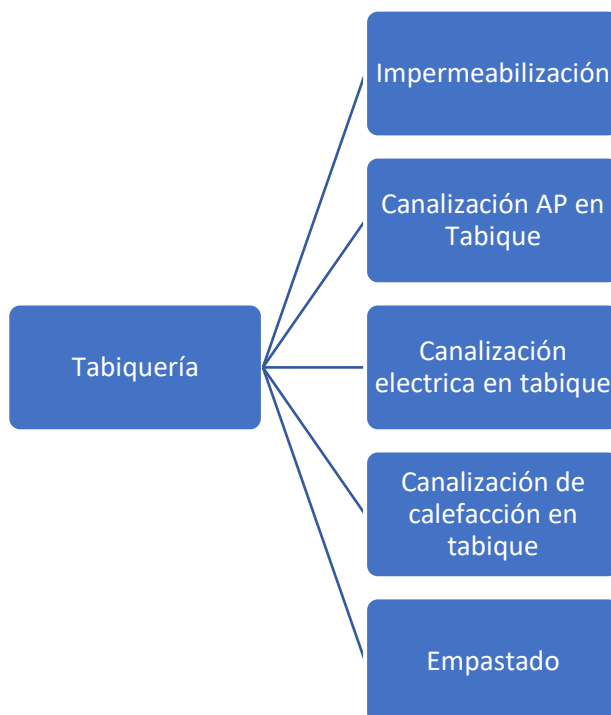
*Ilustración 4 Esquema de tabique volcometal,
fuente: elaboración propia.*

Esta faena es una de las partidas más delicadas dentro de las terminaciones gruesas, debido a que su ejecución delimita los espacios interiores de los departamentos, y según el ambiente al cual se deba afrontar, por especificaciones técnicas deberá cumplir con una serie de combinaciones de planchas de distintos espesores y tipos (RF, RH, estándar). Además, se debe considerar que, dentro de las partidas de terminaciones, es la que posee el mayor presupuesto para su realización, alcanzando un 17% del total. Junto con lo

anterior, es la partida que posee la mayor cantidad de volumen de material, el cual fue adquirido en su totalidad al comienzo del proyecto, y almacenado en las bodegas de este, por lo cual, la partida no presenta problemas de abastecimiento.

La partida en si está compuesta por: instalación de primera cara, instalaciones en tabique e instalación de segunda cara, por lo que se considera el 100% de la partida realizada solo cuando estas 3 fases se encuentren completas. El proceso completo para un piso tiene una duración de 3 semanas, la partida de tabiquería da inicio el día 29 de septiembre del 2017, teniendo una correlación comienzo-comienzo entre los tres procesos ya mencionados con un desfase de una semana entre cada uno, con lo cual, se estipula una fecha de término para el día 06 de abril del 2018.

Dentro del ámbito de programación, la tabiquería es el proceso más lento en la producción, de la cual dependen una gran cantidad de actividades, las que se ve reflejado en la siguiente gráfica:



Gráfica 21 Partidas sucesoras a la tabiquería, fuente: elaboración propia.

La partida de yeso no es considerada en este esquema, debido a que el subcontrato encargado de realizarla utiliza el método de yeso proyectado, el cual consiste en bombear muchos volúmenes de este material, lo que debía ser aprovechado en grandes áreas de trabajo, por lo cual, este proceso debe ocurrir previo a la tabiquería, en donde se encuentran los muros de hormigón dispuestos en todas sus dimensiones para este tipo de partidas.

7.2.2. Impermeabilización.

La impermeabilización de ciertos sectores en una edificación tiene como objetivo impedir el paso del agua. Para esto se utilizan materiales a base de sustancias o compuestos químicos que funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del sector, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio. Pueden tener origen natural o sintético, orgánico o inorgánico.

En el proyecto Marina Sporting los sectores que deben ser impermeabilizados son los que en su vida útil se encuentran en un constante contacto con el agua y la humedad, tales como terrazas, baños y sectores de cocina. Para la ejecución de esta partida se debe realizar una limpieza profunda, eliminando restos de mortero, polvo y todo tipo de impurezas. Se debe aplicar una mano de flexomembrana con brocha y/o rodillo en capas delgadas. Los encuentros de la losa y el tabique se deben reforzar con geotextil.

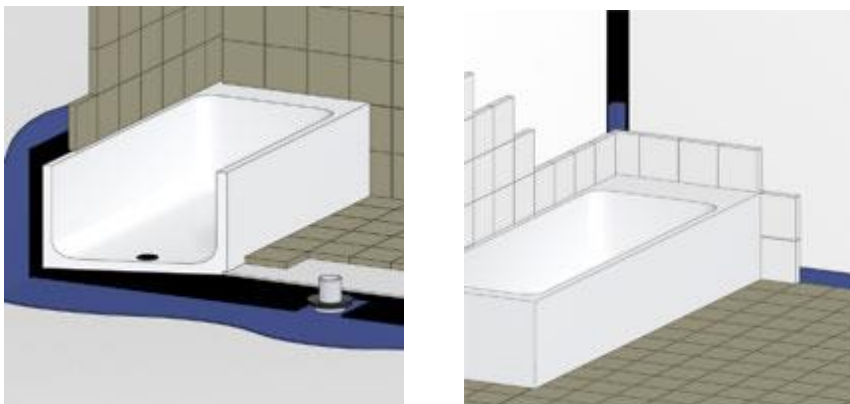
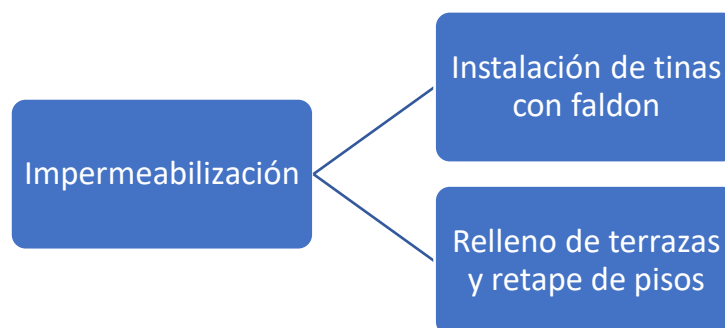


Ilustración 5 Instalación de flexo membrana en sector de baño, fuente: elaboración propia.

La partida de impermeabilización, si bien no consta de un procedimiento de ejecución en el cual el tiempo empleado sea relevante dentro del programa, arrojó ser el comienzo de la ruta crítica que incidió mayormente en el proyecto, esto debido a que al momento de ser realizada, la cuadrilla encargada de esto lo hizo sin la limpieza o preparación previa exigida en el área de trabajo, por lo cual, en vista de que su protocolo demanda una revisión exhaustiva para corroborar su correcta ejecución, se debió rehacer una cantidad considerable de tareas que involucran esta faena.

Esta partida se divide en 2 sectores, impermeabilizaciones interiores (baños, cocina y sector de lavadora) y exteriores, (terrazza). Se considera como un 50% del total de la partida a cada sector, interior y exterior. La duración de la partida por cada piso consta de 1 semana entre ambos sectores, su inicio programado es para el día 20 de octubre del 2018 y finalizando el 27 de abril del 2018.

La incidencia en el costo del área de terminaciones que alcanza esta partida es de un 6%. El siguiente esquema muestra de manera simplificada las faenas que se desprenden de la impermeabilización.



Gráfica 23 Partidas sucesoras a la impermeabilización, fuente: elaboración propia.

7.2.3. Nivelación de pisos

La Nivelación de pisos es una partida que consiste en la colocación de una capa de mortero de afinado sobre la losa de hormigón estructural, esto debido a que el hormigonado de losa, al ser realizado con grandes masas de material en un corto lapsus de tiempo, no asegura una terminación correcta para el futuro pavimento del sector, en muchas ocasiones los niveles en dos puntos de un mismo recinto varían hasta en 3 cm.

El procedimiento utilizado por Ingevec consiste en un previo picado de la losa existente, de manera de asegurar una buena adherencia entre el hormigón y el mortero de nivelación a colocar. Se debe realizar una limpieza profunda, eliminando restos de mortero, polvo y todo tipo de impurezas. Se trazan los niveles que especifican la cantidad de carga que deberá poseer la nivelación para alcanzar el nivel de piso terminado especificado en el proyecto. Se procede a realizar fajas por el contorno del recinto con el mortero de afinado, llegando hasta los niveles previamente trazados. Se procede a la colocación del mortero en las áreas interiores, se pasa una regla de aluminio utilizando como guía el nivel de las fajas, asegurando una homogeneidad en el nivel del mortero, para finalmente platachar con el fin de alcanzar la terminación deseada.

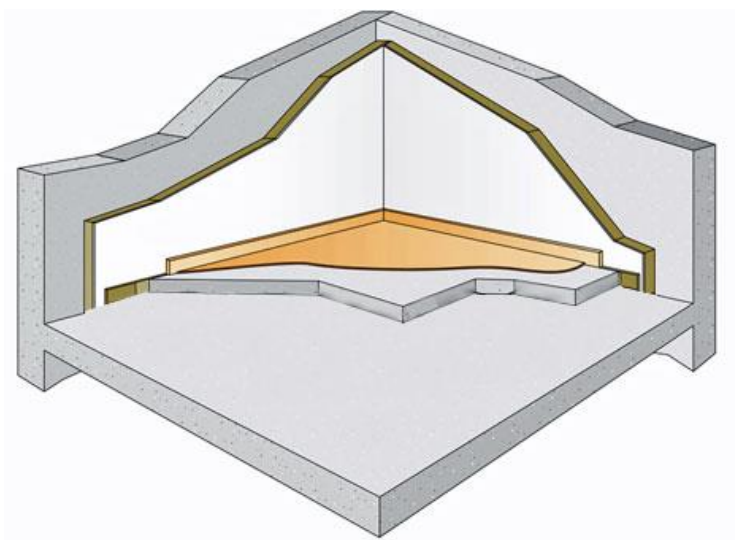
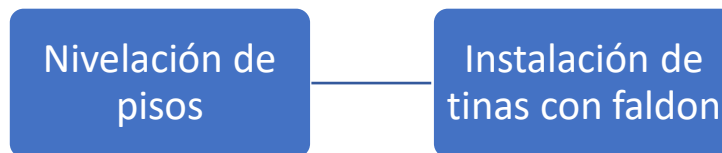


Ilustración 6 Esquema losa, mortero de nivelación y pavimento de piso, fuente: elaboración propia.

Si bien, la partida de nivelación de pisos dentro del programa línea base solo contiene una tarea sucesora, y su incidencia dentro del presupuesto de terminaciones es de apenas un 2%, esta representa una gran importancia al momento de planificar su ejecución, debido a que para realizar dicha tarea es necesario coordinar todas las faenas, subcontratos y materiales que se puedan encontrar en el área a trabajar, ya que se deben ejecutar las losas completas de los departamentos, y además, asegurar que no se transiten por estas finalizados los trabajos a lo menos por un día, asegurando de esta manera un acabado y calidad óptima.

La duración de la partida por cada piso es de 1 semana, su inicio programado es para el día 27 de octubre del 2017 y finaliza el 04 de mayo del 2018.

El siguiente esquema muestra de manera simplificada la faena sucesora de la nivelación de pisos.



Gráfica 25 Partida sucesora a la nivelación de pisos, fuente: elaboración propia.

7.3. Levantamiento de información.

El levantamiento de información se comienza a realizar a partir del día 29 de diciembre del 2017, para lo cual, se confecciona una planilla en la que, para todas las partidas de terminaciones existentes en el proyecto, se disponen filas correspondientes a los departamentos tipos (A, B, C, D, E y F), y áreas comunes según corresponda la partida, y columnas correspondientes a los números de pisos a partir del 2 al 18. El levantamiento de información corresponde a una inspección visual del avance físico de las distintas partidas por cada departamento y área comun, colocando en cada casilla según el sector que corresponda el porcentaje de avance físico estimado de la tarea, mediante un criterio acordado por el equipo administrativo y técnico de la obra.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet titled '13-04-2018.xlsx'. The spreadsheet is a complex grid used for tracking the physical progress of construction work. It features a ribbon at the top with various Excel functions like 'Inicio', 'Insertar', 'Diseño de página', etc. The main area of the spreadsheet is divided into several sections. The first section is a header row with columns for 'Temperaturas y humedad', 'Impedimentos (baldosa, cordón, tercio)', and 'Impedimentos (trazado, alfiler)'. Below this, there are columns for 'Resumen' and 'Avance' for each of the six departments (A, B, C, D, E, F). The rows represent different floors, from 'Piso 02' at the top to 'Piso 18' at the bottom. Each cell in the grid contains a percentage value, such as '0%', '100%', or '62%', indicating the progress of a specific task. The spreadsheet also includes a status bar at the bottom showing the current date as '13-04-2018' and the user's name 'Rion Daron'.

Imagen 5 Planilla utilizada para el levantamiento de información del avance físico de las partidas por medio de inspección visual, fuente: elaboración propia.

En cada partida se encuentra en el costado derecho un resumen del avance físico de la faena por piso, en el sector inferior se encuentra un resumen de la partida en su totalidad. Dichos resúmenes corresponden a los promedios (por piso y general según corresponda) de cada partida.

El levantamiento del avance físico de la obra es realizado semanalmente, todos los viernes, o en su defecto, al finalizar la semana, generando un documento Excel, en donde se encuentran por pestañas, con sus respectivas fechas, todos los levantamientos de

información del avance visualizado hasta ese entonces, por lo cual, cada semana se genera un nuevo archivo a partir del anterior, en el cual se agrega una pestaña con los nuevos progresos del proyecto.

7.4. Curvas de avance.

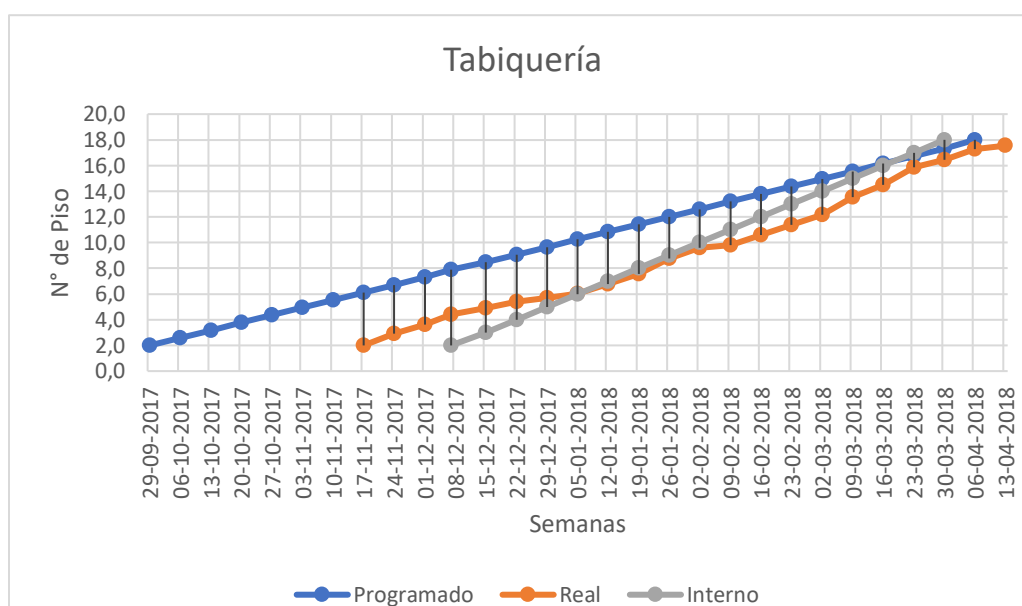
Dentro de la planilla de levantamiento de avance físico de las partidas de terminaciones, se encuentra una pestaña de resumen, la cual define el avance programado por la empresa inmobiliaria (mandante), el avance programado por el equipo de trabajo de Ingevec, y resume el avance real del proyecto; cada uno de estos se subdivide en avance parcial y acumulado. Las columnas se dividen según las fechas en las cuales se ha realizado los levantamientos de información.

Tanto las casillas de la inmobiliaria como la de Ingevec, contienen el avance programado medido en pisos, que se debería llevar a una fecha específica para cumplir con lo estipulado en el contrato. La casilla del avance real se rellena automáticamente a medida que se realizan los levantamientos de información según la fecha correspondiente, la cual se obtiene de los resúmenes porcentuales de cada partida obtenidos en las pestañas explicadas en el título anterior; dichos porcentajes equivalen a cierta cantidad de pisos, siendo el 100% los 18 pisos del proyecto en cada partida, de esta forma, se puede comparar el avance real, con los avances programados por la inmobiliaria o la empresa constructora.

Semana	Tabiquería					
	Programado		Interno		Real	
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
03-11-2017		5,3				1,2
10-11-2017	0,6	5,9			0,4	1,6
17-11-2017	0,4	6,3			0,9	2,5
24-11-2017	0,6	6,9			0,4	2,9
01-12-2017	0,6	7,5			0,7	3,6
07-12-2017	0,5	8,0		2,0	0,8	4,4
15-12-2017	0,6	8,6	1,0	3,0	0,5	4,9
22-12-2017	0,6	9,3	1,0	4,0	0,5	5,4
29-12-2017	0,5	9,8	1,0	5,0	0,3	5,7
05-01-2018	0,5	10,3	1,0	6,0	0,3	6,0
12-01-2018	0,6	10,9	1,0	7,0	0,8	6,8
19-01-2018	0,6	11,5	1,0	8,0	0,8	7,6
26-01-2018	0,6	12,1	1,0	9,0	1,2	8,8
02-02-2018	0,6	12,8	1,0	10,0	0,8	9,6
09-02-2018	0,6	13,4	1,0	11,0	0,2	9,8
16-02-2018	0,6	14,0	1,0	12,0	0,8	10,6
23-02-2018	0,6	14,6	1,0	13,0	0,8	11,4
02-03-2018	0,6	15,3	1,0	14,0	0,8	12,2
09-03-2018	0,6	15,9	1,0	15,0	1,4	13,5
16-03-2018	0,6	16,5	1,0	16,0	1,0	14,5
23-03-2018	0,6	17,1	1,0	17,0	1,4	15,9
30-03-2018	0,5	17,6	1,0	18,0	0,6	16,5
06-04-2018	0,4	18,0			0,8	17,3
13-04-2018					0,3	17,5
20-04-2018					0,4	18,0

Tabla 5 Cuadro resumen de avances programados y reales medido en pisos a una fecha determinada, fuente: elaboración propia.

Para la información pueda ser visualizada y entendida de manera más práctica, es que, a partir de la pestaña de resumen, se realizan gráficos los cuales se componen de tres curvas: programado (inmobiliaria), interno (constructora) y real.



Gráfica 27 Ejemplo de gráficos utilizados para la visualización de la información obtenida, fuente: elaboración propia.

De esta manera se facilita la presentación y posterior análisis de la información, tanto para el mandante como para la gerencia de Ingevec, y de esta forma poder planificar acciones según sea el escenario en el cual se encuentre la obra.

7.5.Reuniones Last Planner.

Con la información obtenida de los levantamientos semanales, se ejecutan reuniones los lunes de cada semana, los cuales cumplen con las bases estipuladas en el LPS (Last Planner System) debido a que para asignar tareas integra la ideología de “lo que debería hacerse” – “lo que se puede hacer” – “lo que se hará” – “lo que se hizo realmente”.

Dichas reuniones son realizadas en las dependencias de la obra, específicamente en la sala de juntas de la instalación de faena. A estas asisten el profesional de terreno (quien lidera las reuniones), los supervisores, el ingeniero de apoyo, el encargado de realizar los levantamientos de información y todos los subcontratos de las partidas de terminaciones que se encuentren en ejecución.

El procedimiento de estas consta de la revisión según orden cronológico de las tareas programadas, lo que se realiza en conjunto al subcontrato encargado de su ejecución, en dicha revisión se analiza el avance real alcanzado durante la semana en comparación al programado, si las metas establecidas son cumplidas, se procede a programar las tareas correspondientes a la partida para la semana siguiente, identificando posibles restricciones que se deban suplir para su correcta ejecución, y de esta forma anticipar lo que se puede y se debe hacer para liberar dichas restricciones. Si al realizar el análisis se identifica que las tareas programadas no fueron ejecutadas en su totalidad, se procede a una retroalimentación de las causas de no cumplimiento, para de este modo no volver a reincidir en estas causas, posteriormente se deben reprogramar las tareas no ejecutadas en conjunto a las que dependen de estas, cuidando que sus restricciones sean liberadas a tiempo.

Este procedimiento de análisis en las reuniones se realiza para cada una de las partidas involucradas en el área de terminaciones que se encuentren en ejecución, asignando tareas de madera directa a los subcontratos y responsables de terreno, analizando y anticipando restricciones, causas de no cumplimiento, y programando futuras tareas a realizar. El procedimiento completo de dichas reuniones demora aproximadamente 2 horas.

7.6. Plataforma Proplanner.

La empresa IPSUM se especializa en entregar los servicios de LPS a empresas constructoras, los cuales corresponden a capacitaciones, a todo el equipo encargado de ejecutar el proyecto, en la utilización de este tipo de metodologías, la utilización de plataformas creadas para el desarrollo óptimo del LPS, y asesorías a lo largo del proyecto con temas de esta índole.

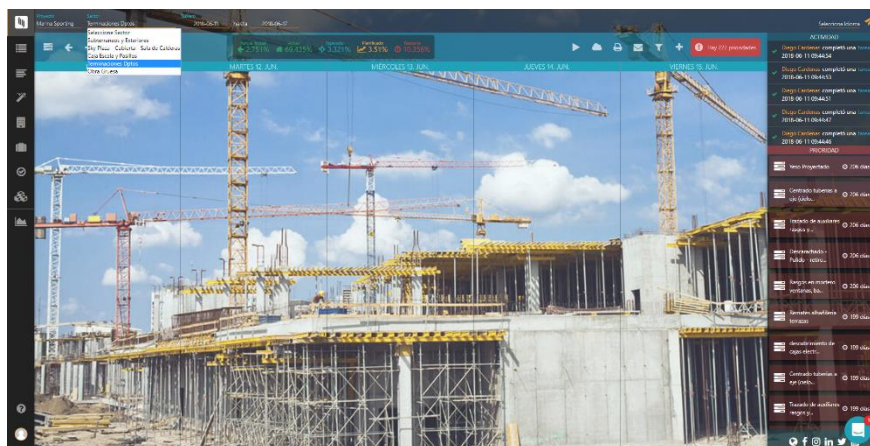


Imagen 6 Página de inicio plataforma Proplanner, fuente: www.proplanner.cl.

Al acceder a Proplanner por medio de la cuenta de entregada por IPSUM, se asocia una empresa a la cual se dirige servicio, con dicha cuenta, se puede escoger a los distintos proyectos a los cuales está afiliado el usuario, en este caso Marina Sporting, para luego seleccionar un sector a trabajar (obra gruesa, terminaciones, obras exteriores, etc.), en el costado izquierdo se encuentra la barra de tareas que dispone la plataforma.

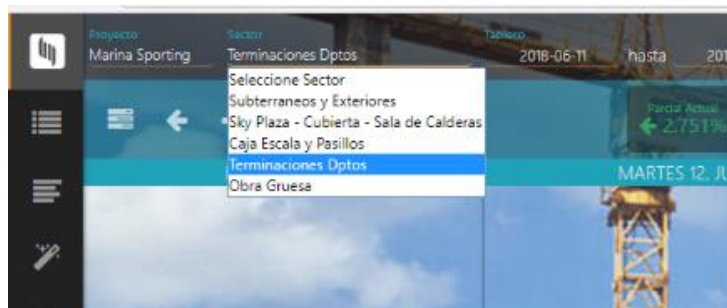


Imagen 7 Selección de proyectos y sector de trabajo, fuente: www.proplanner.cl.

En orden descendente las tareas que se encuentran en la barra son:

- Kanban
- Asignación masiva
- Gantt
- Planificación asistida
- Planificación rítmica avanzada
- Subcontratos
- Protocolos
- BIM
- Analíticas

De las cuales se consideran fundamentales para la ejecución del método LPS el Kanban, Asignación masiva, Gantt, Planificación rítmica avanzada y Analíticas.

7.6.1. Gantt.

Al comenzar un proyecto, es necesario importar en la pestaña “Gantt” la planificación del sector a analizar, esto se realiza adjuntando un archivo Project, para importar las tareas asociadas. La extensión del archivo puede ser XML, PMXML, MPP o MPX. Lo anterior se puede realizar como “Primera importación” en caso de que el proyecto se esté cargando por primera vez, o “Importación de actualización” en caso de que no sea primera vez de la carga, y solo sea para actualizar el proyecto ya existente.

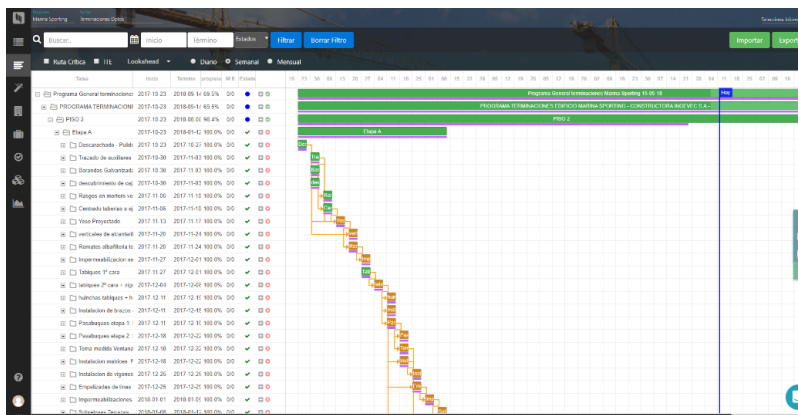


Imagen 8 Plataforma Gantt, fuente: www.proplanner.cl.

Al importar el archivo Project, se pueden visualizar las partidas, repetidas en cada piso, en un formato Gantt con fechas de inicio y termino, duración y gráficas, cada una de estas partidas pasa a ser una tarea dentro de la plataforma, al seleccionar una de las tareas, se abre su tarjeta informativa la que contiene el porcentaje de avance de la tarea, el cual puede ir siendo actualizado. Las tareas pueden ser reprogramadas, ya sea cambiando sus fechas de inicio, duración o termino, si la esta tiene algún porcentaje de avance, su fecha de inicio ya no podrá ser editada. Siempre que se re programe una tarea, se debe escoger la causa de reprogramación, mejor conocida como causa de no cumplimiento (CNC), dentro de una lista que ofrece la plataforma por defecto, en la cual se encuentran todas las posibilidades de reprogramación existentes. Además, se puede asignar información sobre el responsable de velar la ejecución de la tarea, la tarea maestra que la contiene, la descripción de esta, su ubicación y la asignación de recursos necesarios para su desarrollo.

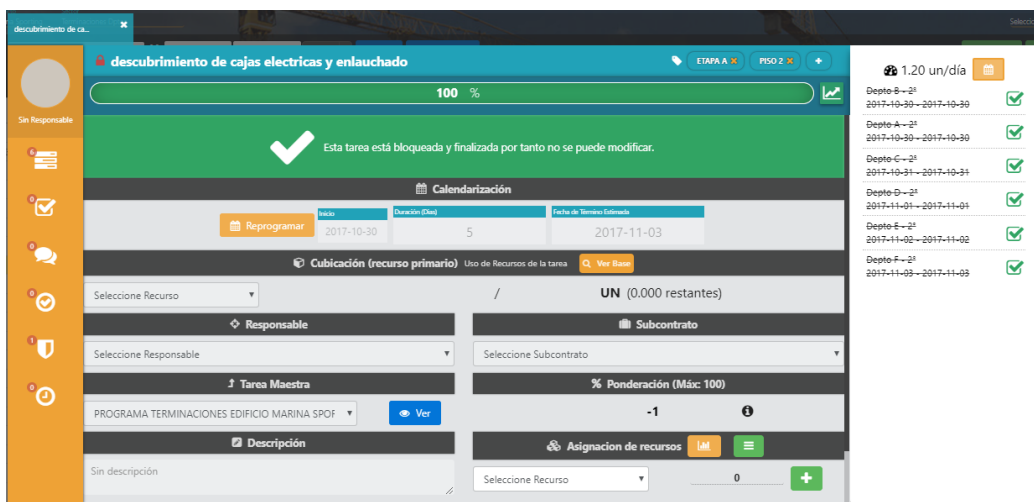


Imagen 9 Tarjeta informativa de tareas, fuente: www.proplanner.cl.

En la barra de tareas naranja del sector izquierdo de la tarjeta informativa, se encuentran funciones como “Check list”, reprogramaciones que ha tenido la tarea, restricciones de esta, protocolos y compromisos.

Dentro de la Gantt se pueden filtrar las tareas para mostrar, para ello se utilizan las opciones que aparecen en la barra que se encuentra sobre la Gantt, ya sea por palabra, tipo

de tarea, subcontrato, encargado de su ejecución y estado (no comenzada, atrasada, comenzada, terminada); además se puede realizar un Lookahead en intervalos desde 1 a 6 semanas, visualizar solo las tareas de ruta crítica, o las pertenecientes al inventario de trabajo ejecutable.

7.6.2. Kanban.

En un costado de las tareas que se pueden encontrar en la Gantt, se visualizan tareas con 2 símbolos, en primer lugar, existen las que contienen un signo de exclamación, lo que significa que dichas tareas deben ser revisadas y verificar si pueden ser realizadas, si cumple con los requisitos mencionados, la tarea es enviada al inventario de trabajo ejecutable (ITE). Cuando pasa a ser una ITE, el icono cambia a un calendario, lo que es interpretado como la posibilidad de enviar la tarea a la plataforma Kanban.

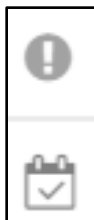


Imagen 10 Iconos de enviar tarea a ITE y enviar tarea a Kanban, fuente: www.proplanner.cl.

Al enviar una tarea a la plataforma Kanban, lo que se hace es asignar dicha tarea a una fecha en específico para su realización, cuando esto ocurre, aparece la pregunta si se desea mantener la fecha de la programación inicial, o se quiere reprogramar. Elegida una de estas dos opciones, la tarea es enviada al Kanban, en la fecha que se ha escogido.

Para comprender de mejor manera la plataforma Kanban se comprará con un tipo de pizarra de corcho, la cual se divide en los días de la semana diferenciados por fechas, en cada uno de estos se colocan pequeños papelitos con los nombres de las tareas y un pequeño resumen de la información que esta contiene. La distribución de las tareas se

realiza según la fecha en la que se puede ejecutar, al ser las mismas tareas pertenecientes a la Gantt, conservan su información inicial.

Las tareas pueden ser abiertas para ser revisadas y actualizadas. En el costado izquierdo de la plataforma se pueden visualizar las tareas de mayor prioridad, que son las enviadas al Kanban pero que aún no son realizadas indicando los días de atrasos que posee. Mientras mayor atraso posea la tarea, mayor será su prioridad por entre las demás, por lo cual, es recomendable que sean revisadas y reprogramadas, sin olvidar la causa de no cumplimiento de esta.

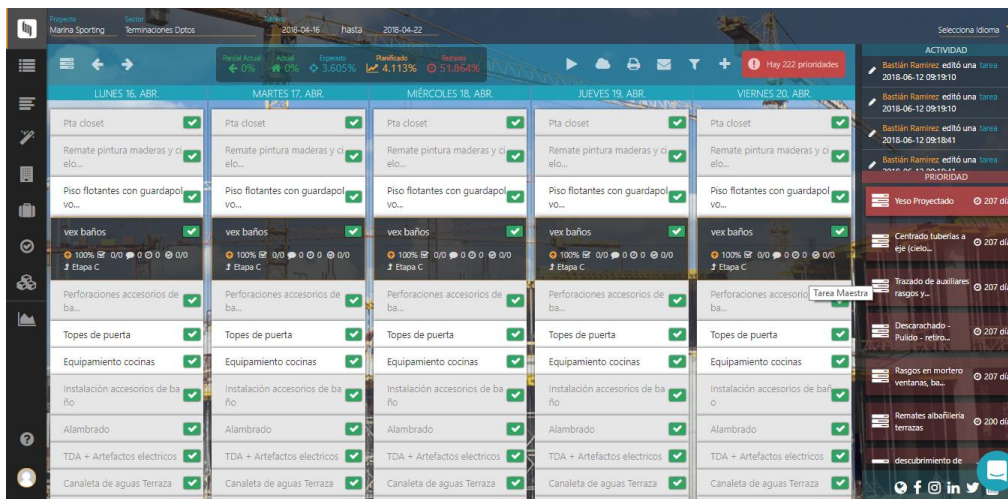


Imagen 11 Plataforma Kanban, fuente: www.proplanner.cl.

En la barra superior de la plataforma se puede observar un resumen de los indicadores que posee Proplanner, los cuales serán señalados en la sección de “Analíticas”. También se encuentran los mismos filtros mencionados en la plataforma Gantt, y un navegador para poder cambiar las fechas y visualizar el total de las tareas programadas para cada día. Estas tareas, pueden ser impresas directamente desde el Kanban con la información básica que contienen, lo que es una herramienta muy útil para su revisión o asignación a los subcontratos.

7.6.3. Asignación masiva.

La asignación masiva es una herramienta muy útil debido a la gran cantidad de partidas y tareas con las que se trabajan en la plataforma, cabe destacar que el área de terminaciones es la que más faenas posee, y la mayoría de las veces estas se trabajan de manera cíclica ya sea por sector o piso, por lo cual, es muy tedioso asignar información a cada tarea individualmente. La asignación masiva, como su nombre lo dice, permite filtrar y seleccionar tareas para poder asignar distinta información que tengan en común, tales como progresos, categorías, subcontratos, responsables, recursos y restricciones, también pueden ser asignados colores para poder distinguir las tarjetas al momento de visualizar el Kanban.

Las restricciones pueden ser trabajadas del mismo método que las tareas en la asignación masiva, agilizando el proceso, pero hay que poder discernir entre una tarea y una restricción, esto debido a que las restricciones son específicas para cada tarea, y no por partida, lo que quiere decir que si una restricción se repite cada vez que se quiera iniciar una tarea que contenga una naturaleza en común, bien podría ser considerada más que una restricción una tarea a programar.

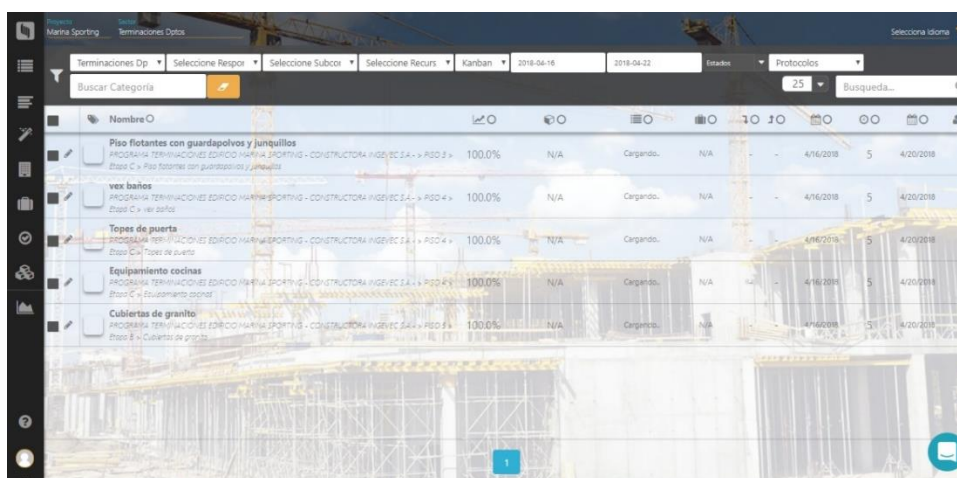


Imagen 12 Plataforma de asignación masiva, fuente: www.proplanner.cl.

7.6.4. Planificación rítmica avanzada.

Este tipo de planificación tiene como finalidad el poder desglosar de una manera más detallada las tareas a realizar, ya que mientras una partida se subdivide en tareas cada vez más básicas, el control podrá ser aún más minucioso y reflejando una realidad más acorde a la obra.

Es por lo cual la planificación rítmica busca seccionar las tareas, en subtareas, lo cual se logra parcelando las partidas en sectores de la edificación, (pisos, departamentos, elementos), para ello se genera una estructura de proyecto, en el caso de Marina Sporting, el nivel de estructura al cual se optó para trabajar fue el de departamental, según el número de piso en el que se encuentre, y los distintos departamentos tipo que en este piso existan (A, B, C, D, E y F).

Al crear la estructura, esta se selecciona en paralelo con las tareas existentes, se entrecruzan, y de esta manera se crean subtareas, a cada partida existente se asigna la totalidad de los departamentos proyectados por piso. Para que la tarea cumpla un 100% de avance físico, cada subtarea debe estar completada en su totalidad.

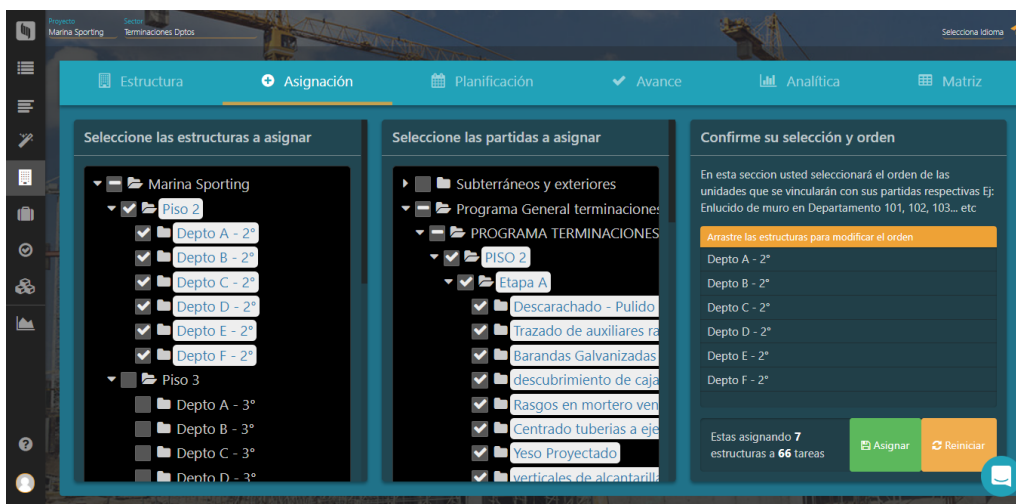


Imagen 13 Plataforma de planificación rítmica avanzada, fuente: www.proplanner.cl.

De esta forma se crea una matriz de partidas versus número de elementos principales del proyecto, para este caso pisos, y cada casilla esta compuesta por fracciones de la razón entre la cantidad de los elementos más básicos ejecutados, y la cantidad de estos elementos a ejecutar, para el caso del proyecto Marina Sporting, cada partida, por cada piso, se subdivide en 6 tareas por desarrollar (debido a que son 6 departamentos tipo por piso), lo que se ve reflejado en la matriz de avance, la que entrega una forma más cómoda y sencilla de visualizar los avances físicos por partidas, debido a que abarca la totalidad del proyecto en un solo recuadro, indicando las partidas atrasadas, completadas y adelantadas.

La planificación rítmica avanzada ha sido derivada a una aplicación para smartphone, de manera que el levantamiento de información se pueda realizar de manera inmediata y su flujo sea instantáneo. Esta aplicación asocia las distintas tareas del proyecto a completar como una “Checklist”, en donde las opciones que se asocian a cada tarea son las de completada, o no completada, impidiendo la actualización de avances parciales de las partidas en los elementos seleccionados.

The screenshot displays a software interface for project management. On the left, a Gantt chart shows the project structure for 'Marina Sporting', organized by floor (Piso 2 to Piso 7) and department (Deppto A to F). On the right, a 'Matriz' (matrix) table shows the progress of various construction tasks across 18 floors. The table has 18 columns labeled 'PISO 2' through 'PISO 18' and rows for different tasks. Each cell in the matrix contains a fraction representing the progress, such as '0/6' or '6/6'. A 'Limpiar' button is visible in the top right of the matrix area.

	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	PISO 6	PISO 7	PISO 8	PISO 9	PISO 10	PISO 11	PISO 12	PISO 13	PISO 14	PISO 15	PISO 16	PISO 17	PISO 18
Descarchado - Pulido - retro capones	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Tazado de auxiliares rasgos y tabiques (trazar tela)	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Barandas Galvanizadas Terrazas	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
discubrimiento de cajas electricas y entabuchado	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Rasgos en mortero ventanas, barandas	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Centrado subelias a eje (Cielo y muro)+condulit centro	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Multipistas Cera	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Yeso Proyectado	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
verticales de alcañtallado y extraccion	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Remates albañileria terrazas	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Impemabilizacion sector pozales de descarga baño	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Tabiques 1º cara	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
tabiques 2º cara + vigones baños + volapod	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
huinchas tabiques + huincha doblada en baños	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Instalacion de brazos de extraccion	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Parabruques etapa 1: Moldeaj, fierro y grauteado	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
mixtacon	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Parabruques etapa 2: instalacion perfil aluminio	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2
Tomar medida Ventanas	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	2/2

Imagen 14 Matriz de planificación rítmica avanzada, fuente: www.proplanner.cl.

7.6.5. Analíticas.

Dentro de la sección de analíticas, se encuentra un resumen de todos los gráficos e indicadores que se pueden obtener con la información levantada del avance del proyecto en general, lo cual se genera de manera automática mientras en paralelo se actualizan los datos del proyecto.

Dentro de los principales gráficos e indicadores que otorga la sección analítica encontramos sobre: causas de no cumplimiento (CNC), restricciones, progreso del proyecto, velocidad del proyecto y porcentaje de plan completado (PPC).

Todos los indicadores cuantitativos se muestran en la página principal de Kanban, de manera semanal, de esta forma la información es analizada de manera inmediata.

7.6.5.1.Causas de no cumplimiento y Restricciones.

Dentro de las analíticas se crean dos gráficos circulares, o también conocidos como “gráficos de pastel”, correspondientes a las CNC y restricciones respectivamente.

El gráfico de CNC representa de manera visual las diferentes causas por las cuales se han reprogramado las tareas, esta información es enviada de forma inmediata al seleccionar la opción de CNC al momento de reprogramar. De esta forma se muestran las causas de manera proporcional, identificando fácilmente las que contienen mayor reincidencia.

De manera muy similar, el gráfico de restricciones muestra todas las que han sido asociadas a las tareas existentes, permitiendo identificar de manera rápida las que lideran con mayor frecuencia.

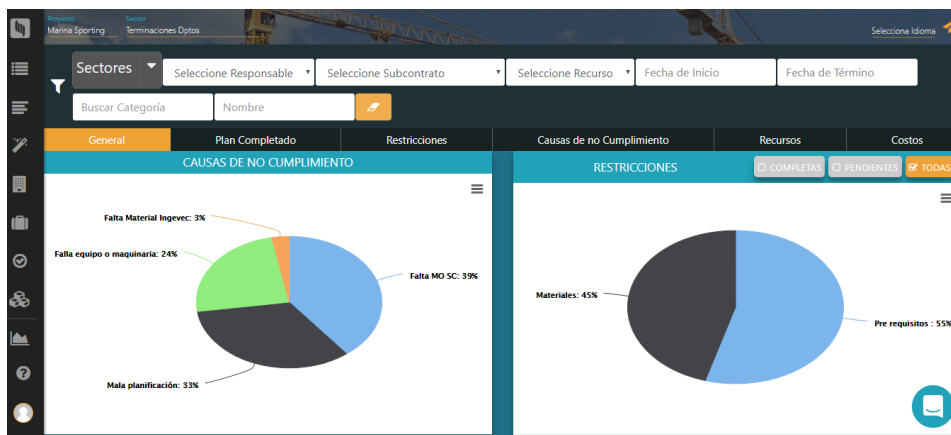


Imagen 15 Gráficos de CNC y Restricciones, fuente: www.proplanner.cl.

7.6.5.2. Progreso del proyecto.

Esta gráfica está compuesta por el porcentaje de avance versus fechas del proyecto, en la cual se muestran dos curvas, una color celeste y azul, la que indica la programación base del proyecto, y una de color verde que indica el avance acumulado real que se lleva hasta la fecha. La brecha existente en una determinada fecha entre ambas curvas, corresponden a tareas programadas que no han sido cumplidas, y que se arrastran a lo largo del proyecto.

La curva del avance real presenta saltos poco comunes en este tipo de gráficas, lo que se explica debido a que el programa no es alimentado de información periódicamente, por lo cual, al momento de ingresar una gran cantidad de avance acumulado en una fecha determinada, se asocia a que en ese momento se han cumplido todas las tareas ingresadas, por lo cual, es representado como un salto desmedido entre un punto y otro.



Imagen 16 Curvas de progreso del proyecto (programada y real), fuente: www.proplanner.cl.

7.6.5.3. Velocidad del proyecto.

El gráfico de velocidad del proyecto es una comparación entre volúmenes de obra, esto quiere decir: la programación exige semanalmente un cierto nivel de avance según la planificación que esta tiene. Ese nivel de avance es representado porcentualmente.

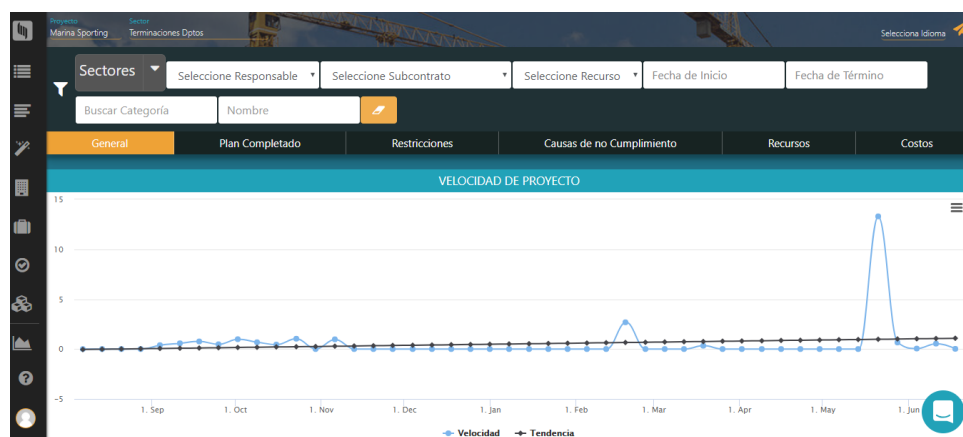


Imagen 17 Curva de velocidad del proyecto, fuente: www.proplanner.cl.

El gráfico de velocidad compara porcentaje de avance programado y el real, en otras palabras, es una comparación de volumen de obra esperado y ejecutado.

Si la razón entre ambos porcentajes 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.

7.6.5.4. Porcentaje de plan completado.

El Porcentaje de plan completado es la razón entre las tareas completadas y las tareas programadas. Este indicador evidencia la importancia de “programar lo que, si se puede realizar”, ya que, habitualmente es recurrente, dentro de los equipos de trabajo, el error de asignar una gran cantidad de partidas a una fecha determinada, con la finalidad de alcanzar el programa base, alejándose de las capacidades del proyecto, lo que, al no ser alcanzado, se traduce en mayores interferencias y retrasos del avance general de proyecto.

Debido a la cantidad de factores que están involucrados en la realización de las tareas programadas en la industria de la construcción, IPSUM destaca que alcanzar el 100% del plan completado es utópico, por lo cual, el óptimo para toda empresa es acercarse al 80% de este indicador.

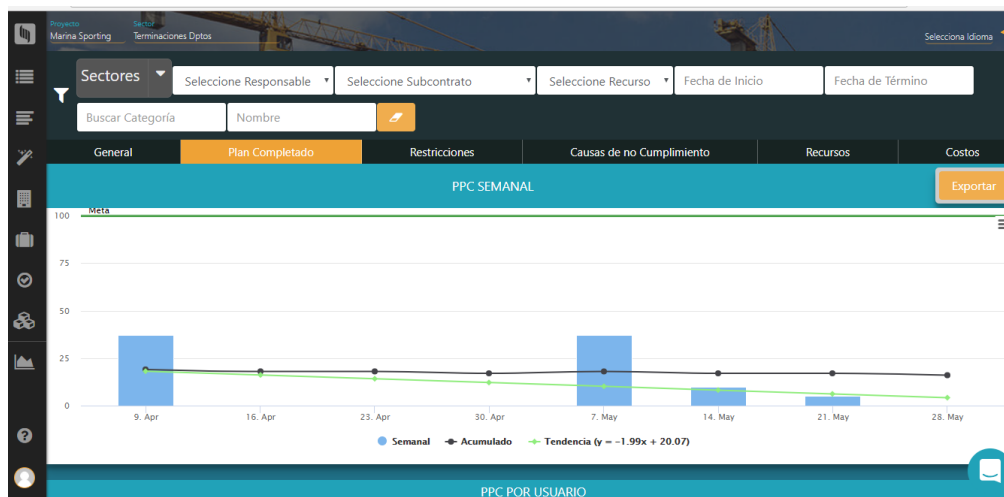


Imagen 18 Gráficos de porcentaje de plan completado, fuente: www.proplanner.cl.

8. Desarrollo del Estudio.

8.1. Implementación IPSUM.

La implementación de la metodología Last Planner System por medio de la empresa IPSUM, dio inicio con distintas charlas y capacitaciones al equipo de trabajo de Ingevec, con el fin de establecer esta ideología en todo el personal encargado de la realización del proyecto y de esta forma certificar que se encuentre altamente interiorizado en como abarcar las nuevas planificaciones de proyecto, reuniones con los distintos subcontratos y las correspondientes programaciones de las tareas.

Tras la internalización del concepto teórico LPS, los profesionales de Ingevec, encargados de las distintas áreas que componen el proyecto Marina Sporting, son capacitados para la utilización de la plataforma Proplanner, y del manejo de las herramientas que la componen, con el fin de llevar a cabo las programaciones, análisis de comportamientos de avances y reprogramaciones del proyecto, con el lineamiento base necesario para ejecutar el sistema LPS en su plenitud.

Las reuniones LPS son lideradas por el profesional de terreno encargado del área de terminaciones, que pese a la capacitación otorgada por IPSUM, carecen de retroalimentación de las tareas ejecutadas, no se evalúan las causas de no cumplimiento ni se identifican restricciones para las tareas a programar. Esta falta de organización y de análisis de resultados llevaron al proyecto a un retraso en su programación de 14 días en el área de terminaciones, debido a interferencias en muchas de sus partidas, además, pese a contar con los materiales necesarios en obra, no eran dispuestos a tiempo en los sectores donde se debían utilizar. Con lo anterior, muchas de las tareas debieron ser realizadas más de una vez por una nefasta calidad tras la ejecución de estas, efecto de un mal desarrollo de las tareas previas, y una exigencia de velocidad de proyecto que superaba las capacidades de Ingevec, y los subcontratos, todo con el fin de alcanzar el programa base. Los errores de proyecto más reiterativos corresponden a un mal trazado de ejes y niveles, presencia de suciedad e impurezas derivadas de la obra gruesa y desplomes de elementos estructurales.

Debido a los efectos negativos evidenciados en Marina Sporting, Ingevec decide realizar cambios en el equipo de trabajo encargado del proyecto, con un nuevo profesional de terreno encargado del área de terminaciones, el cual ingresa a la obra el día 5 de febrero, realizando cambios en los supervisores de terreno y cuadrillas de trabajo, teniendo énfasis en los sectores donde se evidenciaron mayores deficiencias, como por ejemplo los trazados de ejes y niveles.

Las reuniones LPS son retomadas de manera ordenada, comparando los levantamientos de información sobre el avance físico de las partidas, con el programa base, identificando las faenas con mayores retrasos. En conjunto con los subcontratos se realiza un análisis de cada una de las partidas detallando todas las restricciones que se deban efectuar para liberar las tareas a programar. La proyección de los trabajos no se realiza con el fin de alcanzar la planificación base, sino que, con la meta de poder mantener un inventario de tareas realizables, programadas y ejecutadas estable, ordenando los procesos constructivos, la calidad y proyectando una velocidad de avance que se pueda alcanzar con el presupuesto y la mano de obra disponible. Si las tareas programadas no son realizadas en el plazo establecido, estas son reprogramadas analizando las causas por las que no se cumplieron.

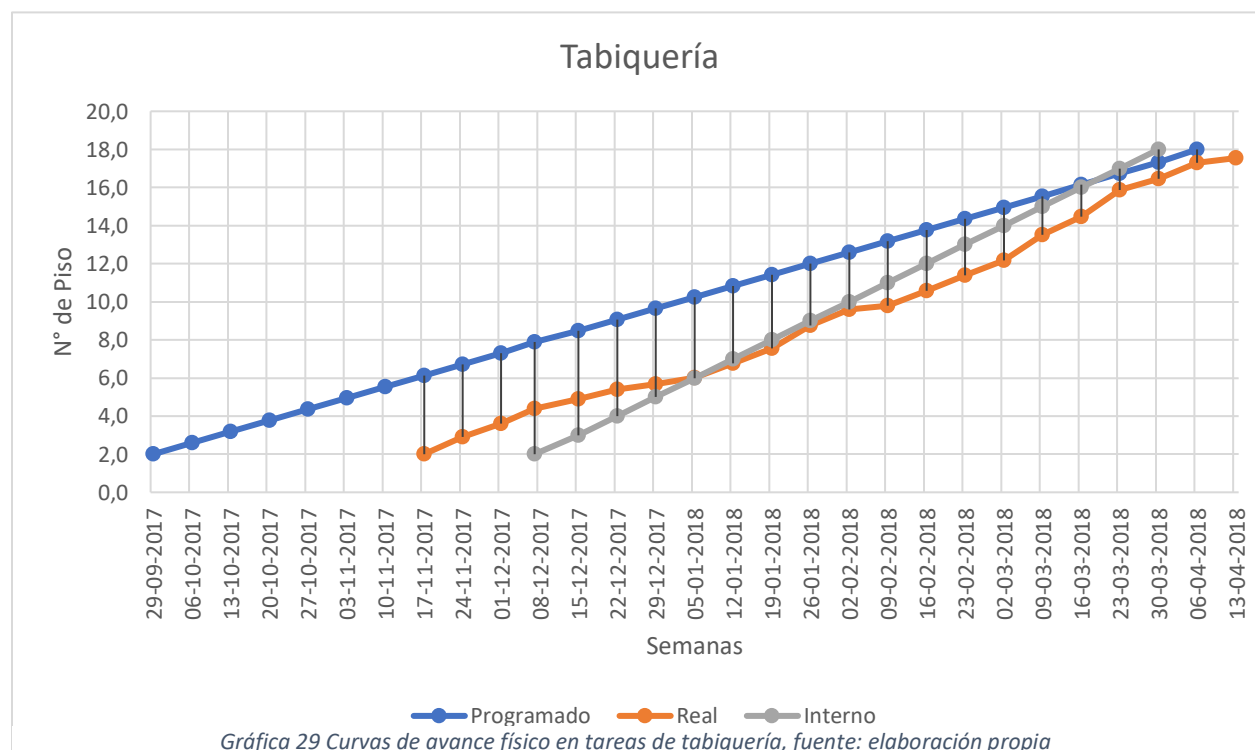
Pese a lo anterior, la plataforma Proplanner no es utilizada durante las reuniones LPS para las programaciones de las tareas, el levantamiento de información y el posterior análisis de resultados. El primer punto es debido a que, al ser una dirección de internet con elementos y aplicaciones relativamente nuevas en el área de la construcción, el personal pese a su capacitación se ve sobrepasado en competencias para su utilización. El levantamiento de avance físico de las partidas no es realizado directamente desde la plataforma, si no que luego de ser realizado en las planillas mencionadas en el apartado 4.3. es traspasado a la Gantt de Proplanner, esto debido a que la pagina posee un contenido de recursos elevado, lo que trae consigo un gran consumo de datos. Pese a la existencia de una aplicación móvil simplificada de la plataforma, esta no permite ingresar información de partidas totalmente finalizadas, lo que quiere decir que las actualizaciones de avances de tareas están sujetas a un 0% o 100% de estas, impidiendo porcentajes intermedios, lo

que no es representativo a la realidad del proyecto. Finalmente, la retroalimentación de las variables de restricciones y causas de no cumplimiento de las tareas no es realizada por medio de las analíticas arrojadas por la página, debido al pobre seguimiento y mala actualización de los datos, los indicadores, gráficas y curvas que se observan no son representativas de la realidad del proyecto.

8.2. Análisis de Partidas.

8.2.1. Análisis Tabiquería.

La partida de tabiquería tiene un comienzo tardío con un desfase de 7 semanas en comparación a la línea base programada por la empresa inmobiliaria, esto debido a un retraso sufrido en las partidas de obra gruesa, es por lo cual, en un inicio, se prioriza la ejecución de dicha faena a una velocidad que permitiese alcanzar el programa. Los importantes volúmenes de obras exigidos con los acotados recursos disponibles y la productividad proyectada para la ejecución de la tabiquería, trajo consigo una serie de problemas que obligo a rehacer muchas de las tareas ya ejecutadas.



Con el fin de poder liberar las áreas de trabajos en un corto plazo para dar inicio a las tareas de tabiquería, se solicita un ritmo en el trazado de los módulos de volcometal que sobre pasa la capacidad del personal encargado, lo que se ve traducido en una nula rectificación de las dimensiones de los elementos de obra gruesa junto con reiterados errores en los trazos a realizar. Estos solo fueron detectados al momento de realizar otras faenas que revelaron las incongruencias en las dimensiones de los ambientes, con lo cual se debió realizar un levantamiento de los trabajos ejecutados, rehaciendo una gran cantidad de estos, lo que se puede observar en una decaída de la curva real de avance físico que da inicio en la semana del 15 de diciembre del 2017 en la gráfica 15.

Para mitigar estas semanas de retrasos en el proyecto, es que el inicio de la partida de tabiques se aplaza para el 08-12-2017, produciendo el mismo efecto para la planificación de esta faena en el resto de los pisos. Pese a la programación tardía y a simple vista contraproducente, esto se realizo con el fin de poder reordenar y dar mayor holgura a un nuevo equipo de trazadores que hace ingreso a la obra, resguardando prolijidad en el trabajo. Las tareas relacionadas con tabiquería solo pudieron ser programadas una vez rectificadas los trazos. Lo anterior permite una planificación de la faena de tabiquería que si bien, presenta un inicio tardío, su duración es más acotada entre cada piso, proyectando un rendimiento mayor, finalizando inclusive antes de la fecha programada por la inmobiliaria, siempre y cuando las restricciones de la partida se encuentren adecuadamente resueltas.

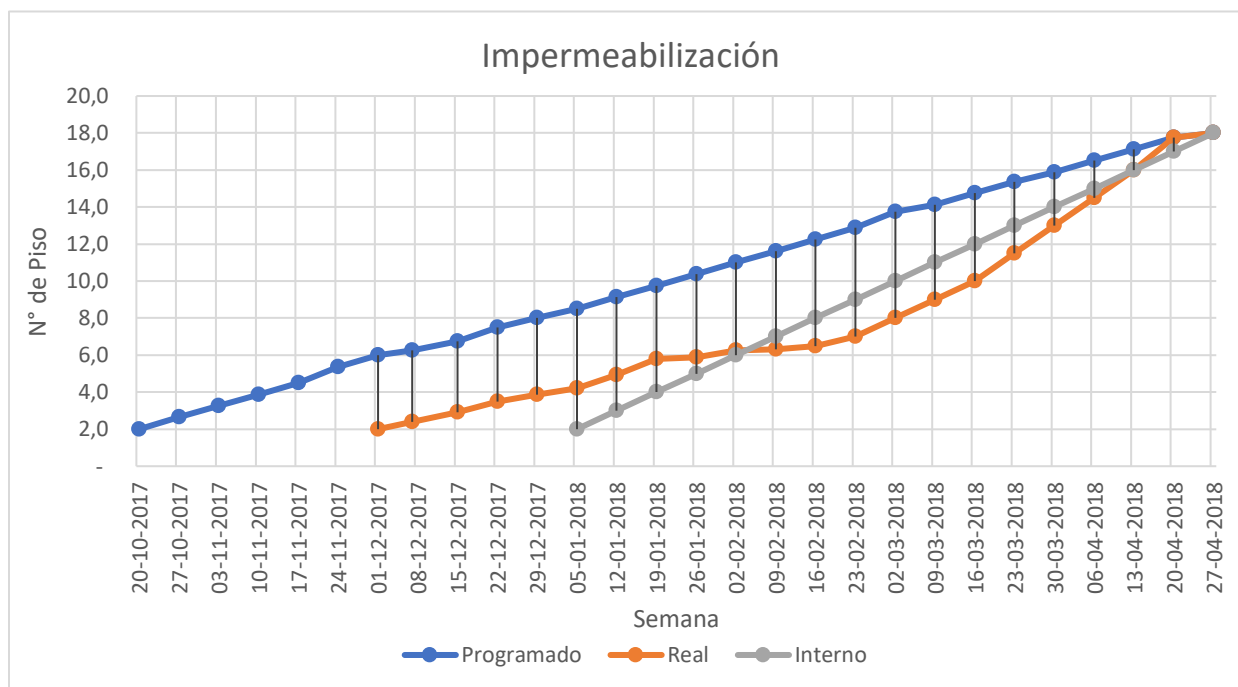
Si bien la partida no alcanzo a ser finalizada en la fecha proyectada por la inmobiliaria, esta solo presento una semana de retraso, lo que es un resultado positivo para la constructora en contraste al inicio tardío y la cantidad de obra que se debió rehacer.

8.2.2. Análisis Impermeabilización.

Esta partida presenta un inicio tardío de 6 semanas en comparación a la línea base de programación, debido a la dependencia directa con la faena de tabiquería antes analizada. Durante la ejecución de las partidas de impermeabilización, al realizarse la instalación de cerámicas de muro y piso en los sectores de baños y cocina en los pisos

inferiores al piso de avance de la impermeabilización, se detectaron irregularidades en las áreas a trabajar, lo que correspondían a desniveles en pisos y muros desaplomados de una magnitud que no podrían ser disimulados con la carga de adherente utilizado para el material cerámico, además de restos de morteros e impurezas que no fueron retiradas previo a las faenas de impermeabilización, y se encontraban bajo la flexomembrana, induciendo fisuras y daños a este material que debe cumplir con una homogeneidad estricta.

Por lo anterior, a la fecha del 19-01-2018 las tareas de impermeabilización son detenidas, debido a la mala calidad de los trabajos, por lo cual se generan retrasos aún mayores en el proyecto, y se reconoce esta partida como el inicio de la ruta crítica en la programación.



Gráfica 31 Curvas de avance físico en tareas de impermeabilización, fuente: elaboración propia.

Para la semana del 09-02-2018, se establece un equipo de trabajo que tiene como finalidad detectar y reparar elementos que deban ser impermeabilizados y que se

encuentren en desnivel o desaplome. Además, se hace ingreso de una nueva cuadrilla encargada de la impermeabilización de la obra, la cual deberá velar por la limpieza y preparación previa de las áreas a trabajar.

Se deben reprogramar las tareas de este tipo, proyectando su inicio para el día 05-01-2018, lo que además afecta los trabajos similares en el resto de los pisos. Con esta reprogramación se da un plazo para la rectificación de los elementos a trabajar, liberando de manera óptima las restricciones para el ingreso de la impermeabilización. El fin de esta partida es proyectado para el día 27-04-2018, lo que se refleja en una duración más acotada de las tareas en cada uno de los pisos. Con las medidas adoptadas el avance físico de la partida sufre un aumento a considerar en su velocidad de ejecución, además, tras las inspecciones a los trabajos realizados, se informa que estos han sido perfectamente desarrollados.

Con las medidas adoptadas en la reprogramación de las tareas de impermeabilización, estas concluyen el día 27-04-2018, fecha proyectada tanto por la empresa constructora como por la inmobiliaria, cumpliendo con los plazos establecidos.

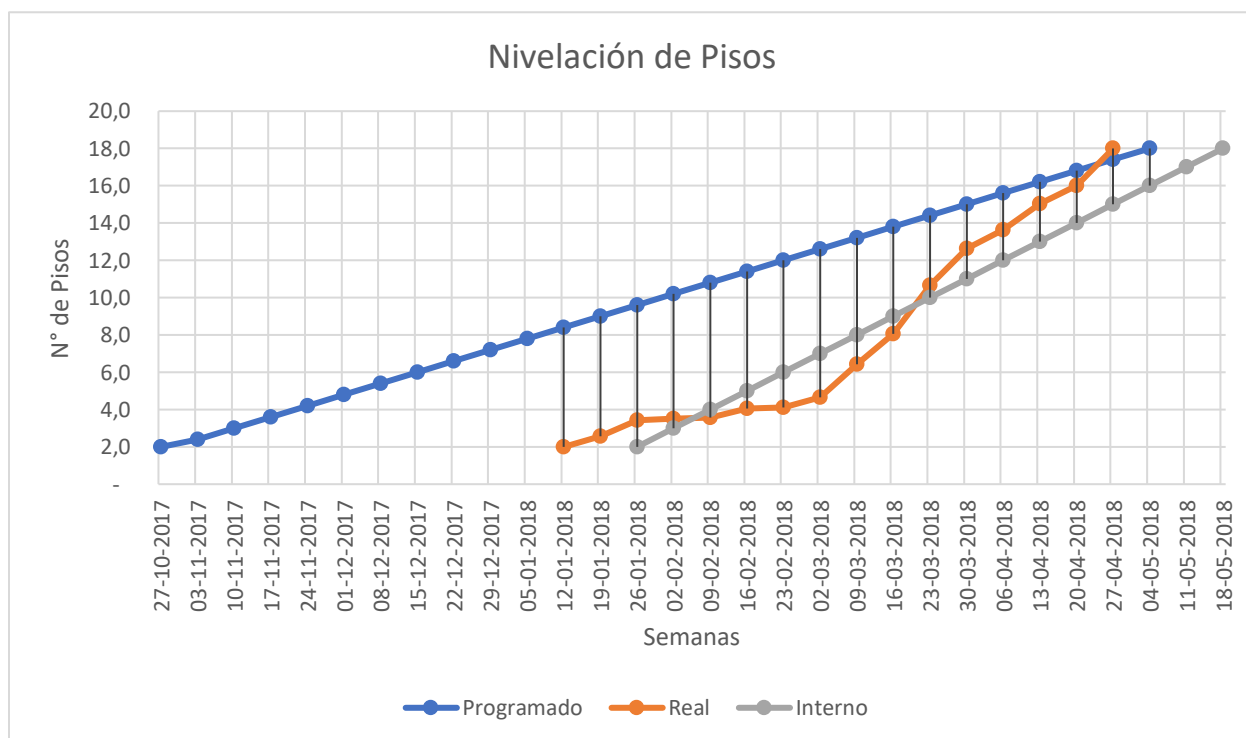
8.2.3. Análisis Nivelación de pisos.

El inicio de la partida de nivelación de pisos fue tardío en 11 semanas según lo establecido en el programa base, dando comienzo el día 12-01-2018, esto debido a los retrasos ocurridos en obra gruesa ya explicados, y, además, debido a que para la ejecución de esta faena es de gran importancia el despeje de toda la losa de los departamentos, ya sea de materiales o personal que pueda estorbar en esta, ya que, la ejecución de la faena necesariamente debe ser con la disponibilidad total del área a trabajar. Ya colocado el mortero de nivelación se deben evitar cargas sobre este, al menos por 24 horas, asegurando que el endurecimiento mínimo del material se haya alcanzado obteniendo una buena calidad en la partida.

Debido a lo anterior, se deben coordinar las tareas que se deban realizar, o deban ingresar al departamento en el cual se realizara la nivelación. Esta organización, mal

ejecutada de partidas impide el ingreso de los trabajos de nivelación de pisos, generando retrasos en el inicio de esta.

Durante la ejecución de las tareas en análisis, se realizó una rectificación de los niveles de pisos terminados, evidenciando una heterogeneidad inaceptable en todas las partidas de nivelación ejecutadas en las losas del piso 2 al 4. Al intentar reparar dichas diferencias en los trabajos realizados quedo al descubierto que además los morteros se encontraban soplados y agrietados, debido a que previo a su colocación, el sector a trabajar no fue preparado para recibir el material, no se encontraba puntereadado para asegurar su adherencia, y mucho menos se había realizado una limpieza del sector. Posterior a la colocación del mortero, este no fue curado, lo que genero las grietas observadas. Los trabajos son detenidos a la fecha del 09-02-2018, y los ya ejecutados deben ser rehechos en su totalidad.



Gráfica 33 Curvas de avance físico en tareas de nivelación de piso, fuente: elaboración propia.

Debido a la situación en la cual se encuentran las partidas de nivelación de pisos, se deben reprogramar las tareas de esta naturaleza que involucran todos los pisos de los departamentos, retrasando su inicio y termino, este último dos semanas en comparación a la programación de la inmobiliaria; además de acotar el tiempo de duración de estas. Con el fin de no volver a reincidir en los errores mencionados, se genera un grupo de trabajo encargado del retiro de materiales, puntereo y limpieza de los sectores a ser nivelados, además de la contratación de una nueva cuadrilla encargada en realizar la partida respetando las indicaciones y niveles estipulados.

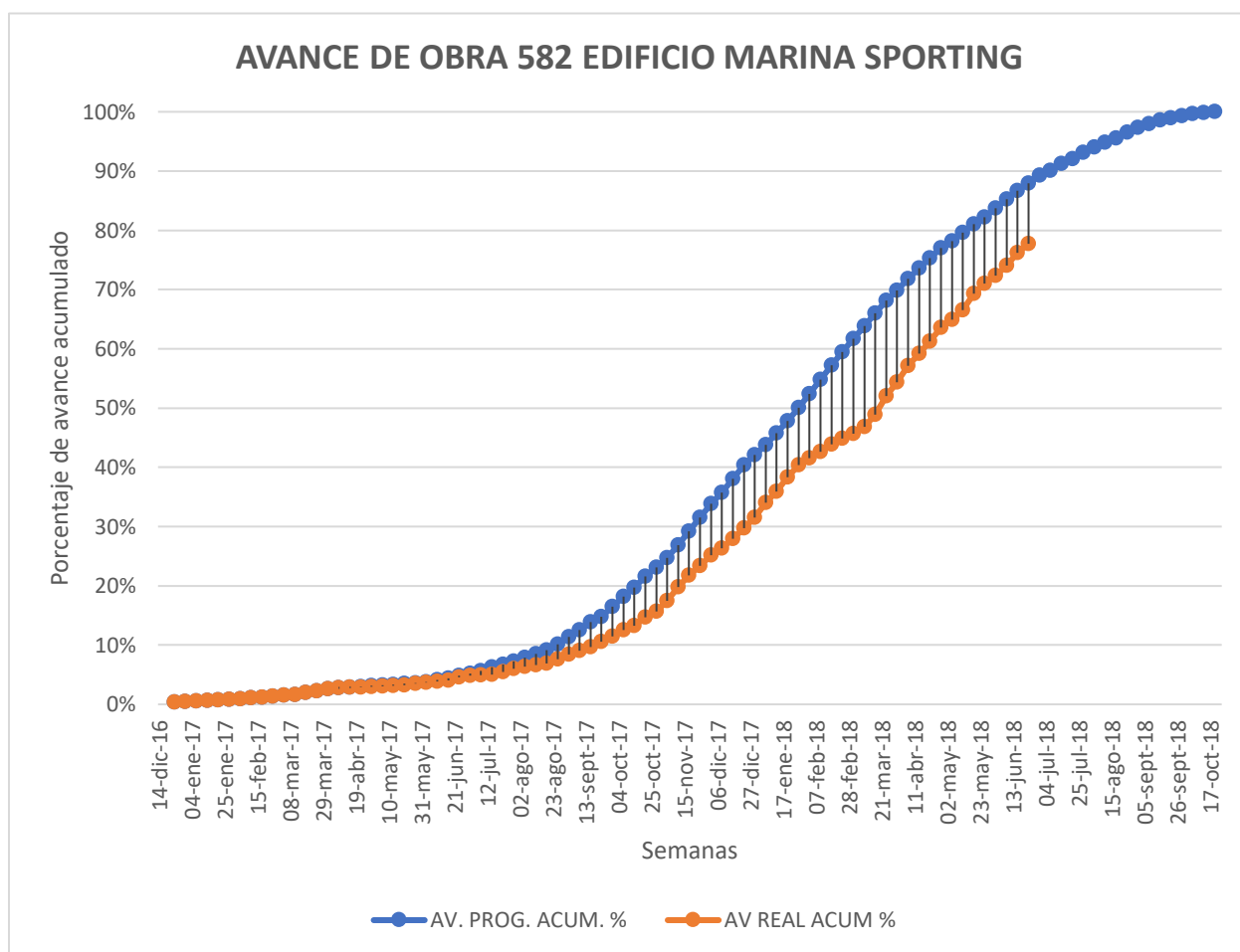
La organización de estas tareas en relación con las demás partidas que se realizan en paralelo es retomada dando mayor importancia a la nivelación de pisos. En consiguiente, si las restricciones para la ejecución de esta partida han sido liberadas, es esta la que tiene prioridad por sobre las demás en el ingreso a las áreas de trabajo.

Con las medidas adoptadas para la ejecución de dichas faenas, el día 02-03-2018, se retoman los trabajos, y en adelante, se observa un avance sobredimensionado a la reprogramación realizada por el equipo de trabajo de Ingevec, siendo finalizada 3 semanas antes de la fecha establecida por este, lo cual es una semana antes de la fecha establecida en la programación base, alcanzando con holgura los plazos establecidos.

8.3. Análisis General.

El proyecto Marina Sporting en el área de terminaciones presento un inicio tardío de 35 días en comparación a la programación realizada por la empresa inmobiliaria, la cual, proyectaba el comienzo de las tareas de esta área para el día 04-08-2017, las cuales fueron comenzadas la semana del 11 de septiembre, debido a retrasos ocurridos en el área de obra gruesa, es por lo cual, con el fin de poder alcanzar los plazos establecidos en la programación base del proyecto, las decisiones realizadas por el equipo de profesionales a cargo de las faenas de terminaciones, tienen la meta de ejecutar un gran volumen de obra en la menor cantidad de tiempo posible, centrándose solo en la realización de tareas un lapsus de tiempo acotado, dejando totalmente de lado el análisis de si estas pudieron ser debidamente realizadas en las condiciones previas en la que se encontraban. La

identificación de las restricciones existentes para dar inicio a las tareas, y la falta de retroalimentación en la realización de estas, concluyen en partidas terminadas con una calidad deplorable, lo cual es detectado y rehecho, lo que se traduce en una pérdida de material y acumulación de retraso en la programación del proyecto. Lo anterior queda expuesto en la gráfica 18 de “Avance de Obra 582 Edificio Marina Sporting”, en donde entre las fechas del 27-01-2018 al 10-03-2018, la curva de avance real, además de evidenciar los retrasos existentes en comparación con el avance programado, disminuye notablemente su velocidad, lo que coincide con las fechas en las cuales se detectan los inconvenientes y los trabajos deben ser rehechos.



Gráfica 35 Avance físico general proyecto Marina Sporting, fuente: Administración Ingevec proyecto Marina Sporting

Tras el reordenamiento en la metodología de programación de las tareas y el análisis de la información de estas, se observa un incremento sustancial en la productividad de los trabajos, que si bien, no disminuye en la totalidad la brecha existente entre el avance programado y el real, proyecta un fin de términos de obra más favorable para la empresa constructora de lo que se estimaba.

9. Conclusión.

La aplicación de la metodología Lean Construction en proyectos inmobiliarios de altura, deja en claro una mejora trascendental en la forma en la cual se programan, ejecutan y analizan las tareas que componen un proyecto, aumentando los beneficios obtenidos tanto por la constructora, inmobiliaria y futuros usuarios de las edificaciones.

La aplicación del sistema Last Planner demuestra que el método para la programación de tareas, el cual cuenta con un previo estudio, preparación, proyección hacia el futuro y posterior análisis de los resultados obtenidos, contribuye enormemente en la ejecución de las partidas, obteniendo resultados óptimos en la calidad y cumpliendo con los plazos establecidos, lo que además trae consigo mejoras en la seguridad de los trabajadores durante la realización de los trabajos, y finalmente el uso correcto de los recursos disponibles, optimizando la inversión económica de los proyectos.

La empresa IPSUM contribuye en la utilización del sistema LPS con capacitaciones que debiesen ser suficientes para su ejecución, además de disponer de la plataforma Proplanner, que cuenta con todas las herramientas y la instrumentación necesaria para llevar a cabo una planificación y análisis de las tareas como se postula en la ideología central del sistema LPS. Sin embargo, queda evidenciado que la correcta utilización del servicio se ve opacada por una idiosincrasia arraigada en la manera de pensar de la mayoría de los profesionales del rubro de la construcción en Chile, los cuales solo se rigen por “ejecutar las tareas lo más rápido posible para cumplir con los plazos”, (sistema Push), lo que es totalmente nocivo para las metodologías Lean.

En el caso específico del proyecto Marina Sporting, en un comienzo los profesionales encargados del área de terminaciones, al momento de ser exigidos en la utilización de la metodología en la cual habían sido capacitados y los servicios disponibles en la plataforma otorgada por IPSUM, incurrían en la repetitiva utilización de frases como: “no sirve para nada”, “una vez lo usamos y no sirvió”, “es muy difícil”, “yo siempre lo he hecho así y me ha funcionado” inclusive “esas cosas no se usan en construcción”. Lo anterior deja demostrado la resistencia existente por parte de los profesionales en la

utilización de sistemas relativamente nuevos para ellos, es por lo cual, la deficiencia existente en los servicios otorgados por IPSUM, radica en el personal que los adquiere, y en su capacidad de aceptar nuevas metodologías en la programación y ejecución de obras.

Con el seguimiento y análisis realizado a las partidas de Tabiquería, Impermeabilización y Nivelación de Pisos, queda demostrado que con el solo uso de la manera de analizar la programación de las tareas que postula el sistema LPS dentro de las reuniones semanales, se pueden reordenar, y proyectar distintos factores que influyen en la correcta ejecución de las partidas, obteniendo resultados en la productividad incluso mucho mejores que los programados inicialmente, beneficiando enormemente la ejecución de proyectos de construcción.

Debido a que los profesionales del área de la construcción presentan una retrograda percepción y aceptación de nuevas metodologías en la programación proyectos, lo que se debe inducir para un cambio paulatino en la introducción del sistema LPS en un ámbito general a nivel país, es incluir este tipo de metodologías dentro de la formación académica de los profesionales, creando desde el inicio de su formación como futuros competentes del área, una manera de pensar abierta a cambios y dispuesta a una mejora continua en las metodologías y tecnologías utilizadas en la construcción. En un ámbito más puntual, la empresa IPSUM debe generar un mejoramiento en las capacitaciones y asesorías entregadas a las empresas constructoras, tomando en cuenta el factor humano contraproducente antes mencionado, además, realizar mejoras en su plataforma y aplicación móvil, con el fin de poder ejecutar un levantamiento de información de avance físico más directo y afable con el profesional encargado. Las empresas constructoras que adquieran el servicio otorgado por IPSUM, y que cuenten con la problemática del desinterés por parte de los profesionales en la utilización de la metodología y su página web, deberán contar con un encargado especializado en el uso de las herramientas mencionadas, teniendo un trabajo directo tanto con los profesionales de terreno como con los administrativos, debiendo enfocarse desde el inicio del proyecto hasta el fin de este, en la programación y análisis de las tareas, además deberá liderar y velar por el correcto funcionamiento de las reuniones LPS junto con la utilización de la plataforma Proplanner,

un correcto levantamiento de la información de avances seguido de un posterior análisis de la información obtenida, resguardando así, la correcta utilización de los servicios contratados a la empresa IPSUM, y de esta manera lograr mejorar considerablemente la productividad de los proyectos ejecutados.

10. Bibliografía.

Juan Felipe Pons Achell, Introducción a Lean Construction, Madrid, Fundación Laboral de la Construcción, marzo 2014. 74 h.

Juan Carlos León F. Gerente General, Análisis de la productividad en obras de edificación en Chile, Chile, Corporación del desarrollo tecnológico (CDT), abril 2013.

Javier Hurtado C. Gerente de estudios, Informe MACh, Macroeconomía y Construcción, Chile, Cámara chilena de la Construcción A.G., Gerencia de estudios, 2017.

Virgilio Ghio Castillo, Productividad en Obras de Construcción, Diagnostico, critica y propuesta, Perú, Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2001.

Pablo Jesús Soto Escobar, Análisis de la Productividad y CNC en faenas de losas de hormigón y su cuantificación económica, Constructor Civil, Valparaíso, Universidad Técnica Federico Santa María, agosto 2017. 104 h.

DPR Construction, Making the Integrated Big Room Better, USA, Stanford University's Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE), octubre 2012. 6 h.

IPSUM, Plataforma Proplanner, [En Línea] <<https://www.proplanner.cl/main/project/board>> [Consulta: 10-05-2018]

IPSUM, Página principal ipsumapp, [En Línea] <<https://www.ipsumapp.co/>> [Consulta: 17-05-2018]

Pontificia Universidad Católica de Chile, Luis Fernando Alarcón, ¿QUÉ ES LEAN PRODUCTION?, CAMINO A LA EXCELENCIA EN LA GESTION DE PROYECTOS, [En Línea] <<https://es.coursera.org/learn/camino-excelencia-gestion-proyectos/lecture/7UI8w/origen-de-lean-production>> [Consulta: 27-03-2018]