

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD, EN OBRAS DEL SECTOR RETAIL, APLICANDO LEAN CONSTRUCTION PARA LA EMPRESA CORPORACION BRINPER S.A.C. 2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Henry Roland Salazar Mory

Asesor:

Ing. Mg. César Manuel Guardia Calixtro

Lima - Perú

2021



## **DEDICATORIA**

Este trabajo realizado con mucho esfuerzo y perseverancia, se lo dedico a mis padres, que me apoyaron en todo mi recorrido para llegar hasta donde estoy, muchas gracias.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco mucho a mi novia por su apoyo. A mi asesor César Guardia Calixtro por brindarme sus conocimientos en afán de obtener mi título profesional y en especial a mis compañeros de la empresa Corporacion Brinper SAC, que permitieron el desarrollo de este proyecto.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1 Reseña de la empresa .....	12
1.2 Organigrama de la empresa.....	14
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1. Marco histórico .....	15
2.1.1. <i>Evolución de la aplicabilidad de Lean Construction</i> .....	15
2.1.2. <i>Evolución del estudio de la Productividad</i> .....	19
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema .....	20
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	23
2.3.1. <i>Principios Lean Construction</i> .....	23
2.3.2. <i>Conceptos importantes Lean Construction</i> .....	27
2.3.2.1. <i>Sistema Pull vs Sistema Push:</i> .....	27
2.3.3. <i>Herramientas Lean Construction</i> .....	29
2.3.3.1. <i>Sistema de entrega de proyectos Lean (LPDS)</i> .....	30
2.3.3.2. <i>Integrated Project Delivery (IPD)</i> .....	38
2.3.3.3. <i>Last Planner System (LPS)</i> .....	40
2.3.4. <i>Productividad</i> .....	59
2.3.5. <i>Clases de Productividad</i> .....	60
2.3.5.1. <i>Productividad de materiales:</i> .....	60
2.3.5.2. <i>Productividad de la mano de obra:</i> .....	60
2.3.5.3. <i>Productividad de la maquinaria:</i> .....	61
2.3.6. <i>Dimensiones de la productividad</i> .....	61
2.3.6.1. <i>Eficiencia</i> .....	61
2.3.6.2. <i>Eficacia</i> .....	62
2.3.7. <i>Causas de Improductividad</i> .....	63
2.4. Definición de términos básicos .....	65
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>73</b>
3.1 Ingreso a la empresa.....	73
3.2 Funciones desempeñadas .....	73
3.3 Personas involucradas en el proyecto .....	74
3.4 Desarrollo del proyecto (Planificación).....	75
3.4.1 <i>Diagnóstico del problema</i> .....	75
3.4.1.1 <i>Uso de herramientas de diagnóstico:</i> .....	75
3.4.2 <i>Formulación del problema</i> .....	81

3.4.3	Importancia y justificación del estudio .....	81
3.4.4	Limitación del estudio .....	82
3.4.4.1	Limitación temática .....	82
3.4.4.2	Limitación en Aplicación .....	82
3.4.5	Objetivos .....	83
3.4.5.1	Objetivo General.....	83
3.4.5.2	Objetivos específicos.....	83
3.5	Metodología (Implementación del proyecto por etapas).....	84
3.5.1	Datos del Proyecto.....	84
3.5.2	Aplicación de modelos y herramientas de solución.....	87
3.5.2.1	Diagrama operacional del proceso constructivo y Funciones del equipo de obra .....	87
3.5.2.2	Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y Estructura de la organización del proyecto (OBS) .....	96
3.5.2.3	Planificación maestra y Planificación de fases.....	97
3.5.2.4	Programación detallada (Look Ahead), Análisis de restricciones e ITE	102
3.5.2.5	El Plan semanal, Análisis del PPC y Análisis de las CNC .....	122
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>		<b>131</b>
4.1	Resultados objetivo específico 01 - Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y la Estructura de organización del proyecto (OBS) .....	131
4.2	Resultados objetivo específico 02 - Planificación maestra y Planificación de fases .....	133
4.3	Resultados objetivo específico 03 - Programación detallada (Look Ahead), el Análisis de restricciones y el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) .....	134
4.4	Resultados objetivo específico 04 - Plan semanal, el Análisis del porcentaje del plan completado (PPC) y Análisis de las causas de no cumplimiento (CNC) .....	138
4.5	Resultados objetivo específico 05 - Optimización de la eficiencia y eficacia .....	142
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>		<b>144</b>
5.1	Conclusiones objetivo específico 01 - Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y la Estructura de organización del proyecto (OBS) .....	144
5.2	Conclusiones objetivo específico 02 - Planificación maestra y Planificación de fases.....	145
5.3	Conclusiones objetivo específico 03 - Programación detallada (Look Ahead), el Análisis de restricciones y el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) .....	146
5.4	Conclusiones objetivo específico 04 - Plan semanal, el Análisis del porcentaje del plan completado (PPC) y Análisis de las causas de no cumplimiento (CNC).....	148
5.5	Conclusiones objetivo específico 05 - Optimización de la eficiencia y eficacia .....	149
5.6	Conclusiones generales .....	149
<b>CAPÍTULO VI. LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>150</b>
6.1	Recomendaciones objetivo específico 01 - Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y la Estructura de organización del proyecto (OBS) .....	150
6.2	Recomendaciones objetivo específico 02 - Planificación maestra y Planificación de fases ...	151
6.3	Recomendaciones objetivo específico 03 - Programación detallada (Look Ahead), el Análisis de restricciones y el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) .....	152
6.4	Recomendaciones objetivo específico 04 - Plan semanal, el Análisis del porcentaje del plan completado (PPC) y Análisis de las causas de no cumplimiento (CNC).....	153
6.5	Recomendaciones objetivo específico 05 - Optimización de la eficiencia y eficacia.....	154
6.6	Recomendaciones generales.....	154

<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>156</b>
ANEXO n.º 1. Plano de planta de local comercial. ....	156
ANEXO n.º 2. Plano de localización. ....	157
ANEXO n.º 3. Portada de plan para la vigilancia, prevención y control covid 19. ....	158
ANEXO n.º 4. Aprobación del MINSA del plan de vigilancia contra el covid 19. ....	159
ANEXO n.º 5. Layout de area de operaciones dentro de centro comercial para eliminación de material excedente.....	160
ANEXO n.º 6. Layout de area de operaciones dentro de centro comercial para ingreso de material de préstamo .....	161
ANEXO n.º 7. Layout de area de operaciones dentro de centro comercial para el vaciado de concreto, con mixer y bomba.....	162
ANEXO n.º 8. Evidencia fotográfica Obras provisionales y preliminares .....	163
ANEXO n.º 9. Evidencia fotográfica demolición de losa y eliminación de escombros .....	164
ANEXO n.º 10. Evidencia fotográfica excavación de terreno y eliminación de escombros .....	165
ANEXO n.º 11. Evidencia fotográfica obras civiles.....	166
ANEXO n.º 12. Evidencia fotográfica vaciado y acabado frotachado de losa.....	167
ANEXO n.º 13. Evidencia fotográfica trabajos varios (resanes en techo y muros, retiro de alambres, fierros, desmontaje de muros) .....	168
ANEXO n.º 14. Evidencia fotográfica acometidas e instalaciones .....	169

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	<i>PRINCIPIOS DEL LAST PLANNER SYSTEM</i> .....	41
TABLA 2	<i>COMPONENTES A CONSIDERAR EN UN PROGRAMA MAESTRO</i> .....	45
TABLA 3	<i>OBJETIVOS DE LA PULL SESSION</i> .....	47
TABLA 4	<i>LISTADO DE RESTRICCIONES MÁS FRECUENTES</i> .....	50
TABLA 5	<i>OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA</i> .....	52
TABLA 6	<i>CATÁLOGO DE CNC MAS COMUNES PARTE 1</i> .....	55
TABLA 7	<i>CATÁLOGO DE CNC MAS COMUNES PARTE 2</i> .....	56
TABLA 8	<i>PRINCIPALES RECURSOS</i> .....	60
TABLA 9	<i>CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS</i> .....	63
TABLA 10	<i>CAUSAS QUE DIFICULTAN LA IDENTIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS</i> .....	64
TABLA 11	<i>ALTERNATIVAS DE GESTIÓN: CAUSAS MÁS RELEVANTES DE LA BAJA PRODUCTIVIDAD</i> .....	81
TABLA 12	<i>FUNCIONES DEL ENCARGADO DE PROYECTO</i> .....	93
TABLA 13	<i>FUNCIONES DEL RESIDENTE DE OBRA</i> .....	94
TABLA 14	<i>FUNCIONES DEL JEFE DE PRODUCCIÓN</i> .....	95
TABLA 15	<i>FUNCIONES DEL MAESTRO DE OBRA</i> .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	14
FIGURA 2 LPDS .....	32
FIGURA 3 HERRAMIENTAS EN LA FASE DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....	34
FIGURA 4 HERRAMIENTAS EN LA FASE DE DISEÑO LEAN .....	35
FIGURA 5 HERRAMIENTAS EN LA FASE DE ABASTECIMIENTO LEAN .....	36
FIGURA 6 HERRAMIENTAS EN LA FASE DE EJECUCIÓN LEAN.....	37
FIGURA 7 HERRAMIENTAS EN LA FASE DE USO .....	37
FIGURA 8 HERRAMIENTAS EN LA FASE DE CONTROL DE PRODUCCIÓN .....	38
FIGURA 9 HERRAMIENTAS EN LA FASE DE TRABAJO ESTRUCTURADO .....	38
FIGURA 10 ACTORES O AGENTES SOCIALES QUE INTEGRA EL IPD.....	39
FIGURA 11 MOMENTOS DE INTERVENCIÓN DE ACTORES O AGENTES SOCIALES QUE INTEGRA EL IPD.....	40
FIGURA 12 ESQUEMA DEL DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE.....	43
FIGURA 13 RELACIÓN ENTRE EL DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS .....	43
FIGURA 14 MODELO DE PLAN DE HITOS PRINCIPALES.....	46
FIGURA 15 MODELO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA .....	49
FIGURA 16 PRINCIPALES CATEGORIAS PARA IDENTIFICAR RESTRICCIONES .....	50
FIGURA 17 MODELO DE LISTADO DE RESTRICCIONES .....	51
FIGURA 18 MODELO DE PLANIFICACIÓN SEMANAL, A CORTO PLAZO.....	53
FIGURA 19 MODELO DE RUTINA PARA UNA REUNIÓN SEMANAL DEL LPS.....	57
FIGURA 20 COMPARATIVO ENTRE EFECTIVIDAD Y EFICIENCIA.....	59
FIGURA 21 ANÁLISIS DE UNA CARTA DE BALANCE ELABORADA AL INGRESAR A LA EMPRESA EN ESTUDIO .....	77
FIGURA 22 ANÁLISIS DE UNA CARTA DE BALANCE ELABORADA AL INGRESAR A LA EMPRESA EN ESTUDIO .....	78
FIGURA 23 ANÁLISIS DE 2DO NIVEL DE DETALLE DE UNA CARTA DE BALANCE ELABORADA AL INGRESAR A LA EMPRESA.....	79
FIGURA 24 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	80
FIGURA 25 PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	86
FIGURA 26 DIAGRAMA OPERACIONAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE TODO EL PROYECTO .....	87
FIGURA 27 TAREAS DEL PROCESO DE OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES.....	88
FIGURA 28 TAREAS DEL PROCESO DE DEMOLICIÓN.....	89
FIGURA 29 TAREAS DEL PROCESO DE OBRAS CIVILES .....	90
FIGURA 30 TAREAS DEL PROCESO DE TABIQUES DRYWALL.....	91
FIGURA 31 TAREAS DEL PROCESO DE ACOMETIDAS - INSTALACIONES .....	92
FIGURA 32 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO EDT (WBS) .....	96
FIGURA 33 ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO (OBS) .....	97
FIGURA 34 PLANIFICACIÓN MAESTRA .....	98
FIGURA 35 PLAN DE HITOS PRINCIPALES A PARTIR DEL CUAL SE HARÁ LA PLANIFICACIÓN DE FASES .....	99
FIGURA 36 PLANIFICACIÓN DE FASES .....	101
FIGURA 37 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 1 A 3.....	105
FIGURA 38 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 2 A 4.....	106
FIGURA 39 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 3 A 5.....	107
FIGURA 40 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 4 A 5.....	108
FIGURA 41 REGISTRO DE RESTRICCIONES – LOOK AHEAD SEMANA 1 A 3 .....	111
FIGURA 42 REGISTRO DE RESTRICCIONES – LOOK AHEAD SEMANA 2 A 4 .....	112
FIGURA 43 REGISTRO DE RESTRICCIONES – LOOK AHEAD SEMANA 3 A 5 .....	113
FIGURA 44 REGISTRO DE RESTRICCIONES – LOOK AHEAD SEMANA 4 A 5 .....	114
FIGURA 45 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE – SEMANA 1 (SEMANA 37 DEL 2020) .....	117
FIGURA 46 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE – SEMANA 2 (SEMANA 38 DEL 2020) .....	118

FIGURA 47 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE – SEMANA 3 (SEMANA 39 DEL 2020) .....	119
FIGURA 48 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE – SEMANA 4 (SEMANA 40 DEL 2020) .....	120
FIGURA 49 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE – SEMANA 5 (SEMANA 41 DEL 2020) .....	121
FIGURA 50 PLAN SEMANAL – SEMANA 1 (SEMANA 37 DEL 2020) .....	123
FIGURA 51 PLAN SEMANAL – SEMANA 2 (SEMANA 38 DEL 2020) .....	124
FIGURA 52 PLAN SEMANAL – SEMANA 3 (SEMANA 39 DEL 2020) .....	125
FIGURA 53 PLAN SEMANAL – SEMANA 4 (SEMANA 40 DEL 2020) .....	126
FIGURA 54 PLAN SEMANAL – SEMANA 5 (SEMANA 41 DEL 2020) .....	127
FIGURA 55 EVOLUCIÓN DEL PPC SEMANAL – SEMANA 1 A 5 .....	129
FIGURA 56 PONDERADO DEL PPC COMO OBRA .....	129
FIGURA 57 ANÁLISIS DE LAS CNC – SEMANA 1 A 5 .....	130
FIGURA 58 CNC MÁS RECURRENTES – SEMANA 1 A 5 .....	130
FIGURA 59 GRÁFICA DE EVOLUCIÓN DEL PPC SEMANAL – SEMANA 1 A 5 .....	140
FIGURA 60 DIAGRAMA DE EVOLUCIÓN DEL PPC SEMANAL – SEMANA 1 A 5 Y PPC COMO OBRA .....	140
FIGURA 61 DIAGRAMA DE LAS CNC MÁS RECURRENTES EN CONTRASTE CON EL CATALOGO DE CNC CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS – SEMANA 1 A 5 .....	141
FIGURA 62 DIAGRAMA DE EVOLUCIÓN DEL PPC SEMANAL – SEMANA 1 A 5 Y PPC COMO OBRA .....	141
FIGURA 63 CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS DEL PROYECTO (EFICIENCIA) .....	142
FIGURA 64 GRÁFICO COMPARATIVO DE COSTOS DEL PROYECTO (EFICIENCIA) .....	142
FIGURA 65 CUADRO COMPARATIVO DE TIEMPOS DEL PROYECTO (EFICACIA) .....	143
FIGURA 66 GRÁFICO COMPARATIVO DE TIEMPOS DEL PROYECTO (EFICACIA) .....	143

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>ECUACIÓN 1</i> FÓRMULA DE CUMPLIMIENTO DE COSTO .....	61
<i>ECUACIÓN 2</i> FÓRMULA DE CUMPLIMIENTO DE TIEMPO .....	62

## RESUMEN EJECUTIVO

El siguiente trabajo describe detalladamente el proceso seguido para la mejora de la productividad, mediante el uso del Last Planner System, principal herramienta del Lean Construction, en un proyecto del sector Retail ejecutado por la empresa Corporacion Brinper SAC, el cual se desarrolló en un centro comercial del Callao en setiembre del 2020.

Dicha mejora se propuso a partir del diagnóstico obtenido de baja productividad que estaba teniendo la empresa, el cual se vió reflejado por el uso de herramientas tales como reuniones de gerencia, cartas de balance y diagrama de Ishikawa.

Durante el desarrollo del presente proyecto, respecto a la aplicación de competencias profesionales, se mostró liderazgo en la planificación y análisis crítico, logrando un compromiso, con esta nueva metodología de gestión, de todos el equipo bajo mi dirección; ya que es indispensable para empresas en las cuales se comienza a implementar la filosofía Lean.

El empleo del Last Planner System, usado en la etapa de ejecución del proyecto, incluye herramientas como el Plan maestro, Plan de fases, Lookahead, Análisis de restricciones, Inventario de trabajo ejecutable, Plan semanal, Porcentaje de plan cumplido (PPC), Causas de no cumplimiento (CNC). Como resultado de la implementación de esta metodología, la productividad optimizó en un 12% respecto a la eficiencia (reducción de costos) y en un 29% respecto a la eficacia del proyecto (reducción de plazos). Por lo que concluimos que el Last Planner System protege la programación a detalle del plan de trabajos, asegurando su cumplimiento para alcanzar metas establecidas de plazo y costo.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Reseña de la empresa

La empresa Corporacion Brinper S.A.C con RUC 20601163277, ubicado en Urb. Las Violetas Cal. Los Alamos 184 Independencia Lima, inició sus operaciones el año 2016.

La empresa en mención brinda multiservicios integrales, de gran variedad en los diferentes rubros y divisiones dedicadas al quehacer diario, con soluciones innovadoras, colaboradores profesionales y especialistas técnicos.

Las siguientes divisiones se mencionan a continuación:

“División creativa mobiliaria. Grupo de servicio dedicado a la elaboración ambientes, stand, espacios temporales en melamina, drywall, vidrio, polímeros y metales livianos y pesados, desmontajes de locales, selección e inventario de activos. Construcción civil capacitados para los trabajos de construcción, remodelaciones, ampliaciones y soldadura eléctrica.

“División multiservicios integrales. Grupo de servicios dedicado a servicios de pintura, carpintería, gasfitería, energía, gas, mantenimiento, implementación de controles técnicos preventivo y correctivo, capacitación.

Se detalla a continuación los datos empresariales:

RAZÓN SOCIAL: BRINPER CORPORACIÓN S.A.C

RUC: 20601163277

Correos electrónicos: operaciones@brinperperu.com

#### MISION

Cubrir las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, brindando servicios integrados en el desarrollo y ejecución de sus proyectos, mediante el uso de materiales de excelente calidad y sistemas constructivos con altos estándares.

#### VISIÓN

Ampliar nuestro entorno de actividad como una empresa líder en construcción a nivel nacional, renovando constantemente nuestro sistema de trabajo y brindando servicios con garantía de calidad y costos.

## 1.2 Organigrama de la empresa

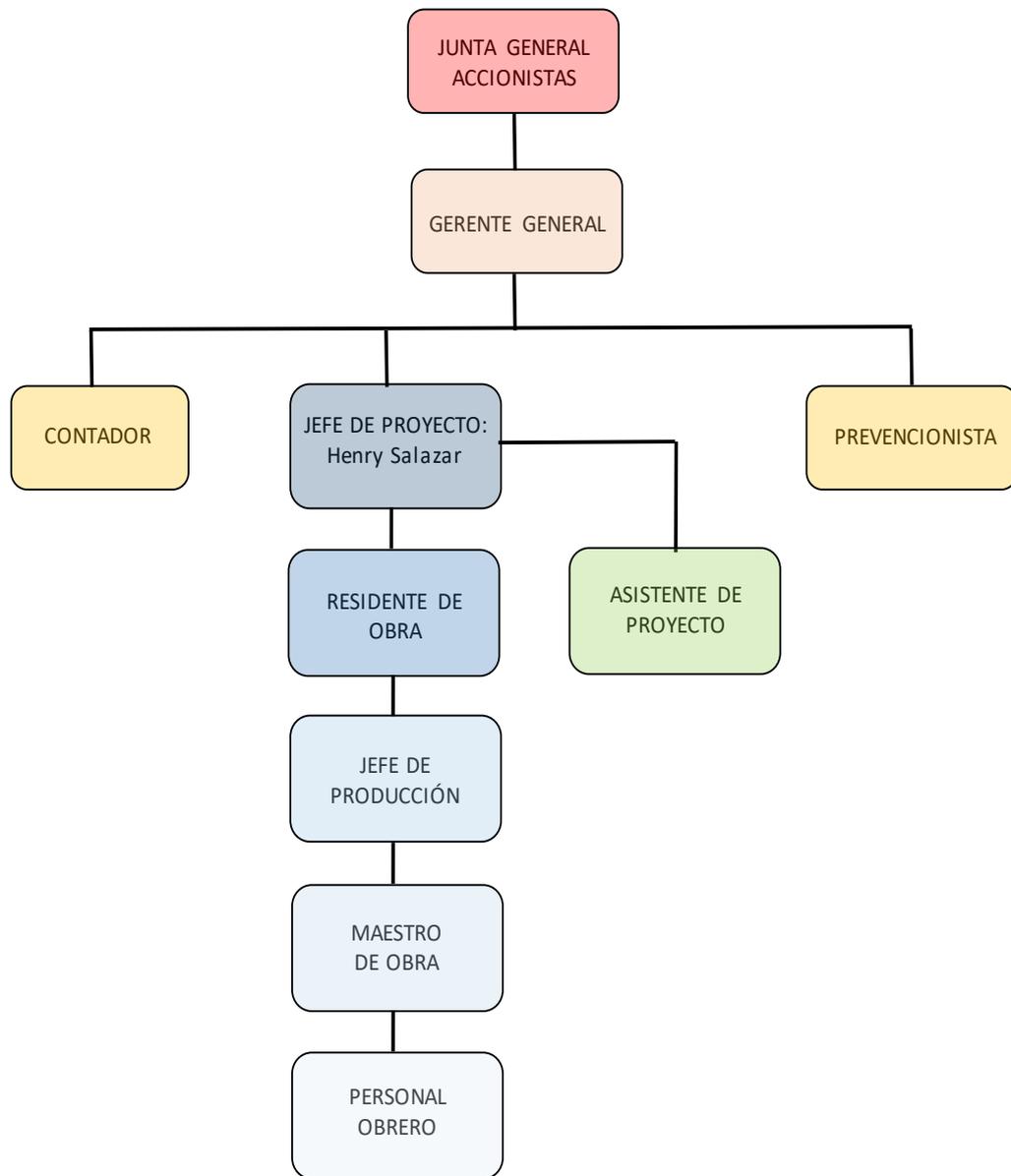


Figura 1 Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco histórico**

#### **2.1.1. Evolución de la aplicabilidad de Lean Construction**

El Sistema de Producción Toyota (TPS), desarrollado en Japón en los años 50, iniciaron las ideas sobre Lean Construction, según señala (Guzmán Tejada, 2014, pág. 5) en su Tesis de Pregrado “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos” en Perú.

Los primeros pensamientos de Lean Construction como filosofía de trabajo tienen sus orígenes en Japón cerca del año 1950, los cuales fueron aplicados en el denominado sistema de producción Toyota (TPS - Toyota production system) elaborado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno.

El Lean Production surgió en los años 80, con una investigación en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), según señala (Guzmán Tejada, 2014, pág. 5) en su Tesis de Pregrado “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos” en Perú.

A finales de los años 80 una comitiva de investigadores del MIT (Massachusetts Institute of Technology) viajaron a Japón a investigar este nuevo sistema que a su regreso lo denominaron Lean manufacturing o Lean production y se encargaron de difundirla alrededor de todo el mundo.

El surgimiento de la filosofía Lean Construcción proviene de la industria automovilística, según señala (Pons Achell, 2014, pág. 9) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

Desde principios de los años 90, el sistema productivo a nivel global se encuentra inmerso en un cambio, que surgió primero en el sector del automóvil (Lean Manufacturing) y más tarde fue adaptándose a otras industrias y sectores. La aplicación del nuevo modelo productivo a la construcción (Lean Construction) surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde 2007, principalmente en Estados Unidos, donde diversos estudios y análisis realizados hasta ahora revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costes, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de la seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente.

En la gestión tradicional de la construcción basado en metodologías que solo consideraban la transformación ha sido ineficiente tanto en costo, tiempo y calidad, según lo indica (Abdelhamid, 2013) en su publicación “Construcción Magra” en Michigan.

El fracaso y la incapacidad de los modelos conceptuales de Gestión de la construcción (compensación de tiempo-costo-calidad, estructura de desglose del trabajo, métodos de ruta crítica y valor ganado) para cumplir en el tiempo, en el presupuesto y en la calidad deseada es evidente tanto para los profesionales como para los académicos.

Por ello se dio la necesidad de una nueva teoría integral de gestión y producción, que considere no solo la transformación, sino además de ello, el flujo y la creación de valor, según lo indica (Abdelhamid, 2013) en su publicación “Construcción Magra” en Michigan.

Los paradigmas de producción artesanal, masiva y magra, y utilizando el sistema de producción ideal incorporado en el Sistema de producción de Toyota, Koskela concibió una visión más general. Paradigma de gestión de la producción para sistemas de producción basados en proyectos. Koskela presentó la teoría de la producción 'TFV', en la que la producción se conceptualizó de tres maneras complementarias, a saber, como una Transformación (T) de materias primas en estructuras permanentes, como un Flujo (F) de la materia prima e información a través de varios procesos de producción. y como valor (V) generación y creación para los propietarios a través de la eliminación de la pérdida de valor (resultado obtenido versus el mejor posible).

Para esto, se realizó una nueva propuesta de gestión de la producción en la construcción, según lo indica (Koskela, 1992, pág. 36) en su artículo publicado en Stanford titulado “Application of the New Production Philosophy to Construction”, inspirado en la teoría de la producción desarrollada por Toyota.

El fondo y desarrollo de la nueva filosofía de producción son presentados. Las bases conceptuales de las filosofías de producción tradicional y nueva se examinan, tal como se aplican en la fabricación. El concepto base de la construcción es criticada, y una nueva interpretación inicial de la construcción es

dada basada en la nueva filosofía. Finalmente, los desafíos de implementar la nueva filosofía de la producción en la construcción.

Posterior a la teoría de producción desarrollado por Koskela, surgió El Grupo Internacional para la Construcción Lean (IGLC), fundado en 1993, que tal como lo indica (IGLC, s.f.) “Conforma una red de profesionales e investigadores en arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) que consideran que la práctica, la educación y la investigación de AEC deben renovarse radicalmente para responder a los retos del futuro.”

Posterior a la publicación de Koskela, se desarrolló un sistema de planificación de la producción, llamado The Last Planner, desarrollado por Ballard y Howell en 1994, actualizado en el 2000 y 2008, según lo indica (Abdelhamid, 2013) en su publicación “Construcción Magra” en Michigan.

Es un sistema de control y planificación de la producción que permite a todos los miembros del equipo ser participantes activos en el proceso y, al mismo tiempo, dan como resultado un mayor rendimiento de la unidad de producción y un flujo de trabajo confiable (transferencias) entre las unidades de producción.

Luego de la publicación de Glenn y Ballard se formó el Lean Construction Institute (LCI) el cual menciona (LCI, s.f.) “Es una organización sin fines de lucro, fundada en 1997. El Instituto funciona como un catalizador para transformar la industria a través de la entrega de proyectos Lean utilizando un sistema operativo centrado en un lenguaje común, principios fundamentales y prácticas básicas.”

En el Perú existe el Lean Construction Institute PERÚ, tal como lo señala (LCI PERU, s.f.).

Es una organización sin fines de lucro, que opera como catalizador para la implementación de LEAN en la industria de la construcción, con un método de gestión uniforme, utilizando principios, fundamentos y practicas comunes de la filosofía. Con la finalidad de elevar el nivel profesional y la eficiencia del sector de construcción en el país, empresas de primer nivel se reúnen para impulsar y crear de la Asociación Capitulo Peruano Lean Construction Institute. Desde el 2011, lideran el esfuerzo de impulsar la productividad en la industria de la construcción.

### **2.1.2. Evolución del estudio de la Productividad**

Los primeros estudios de productividad comenzaron hace relativamente pocos años, según lo indica (Ghio Castillo, 2001, pág. 21) en su publicación “Productividad en obras de construcción, diagnóstico, crítica y propuesta”, en Perú.

El primer individuo en desempeñarse como trabajador manual y luego estudiar este trabajo, fue Frederick Winslow Taylor (1856 - 1915). Así, el trabajo serio en torno al manejo de la productividad tiene solo algo más de 100 años. La productividad del trabajador manual creó lo que hoy conocemos como países desarrollados. Antes de Taylor, todas las economías eran igualmente subdesarrolladas.

El estudio de la productividad en el Perú, a diferencia de países desarrollados, comenzó hace 20 años, como lo indica (Ghio Castillo, 2001, pág. 39) en su publicación “Productividad en obras de construcción, diagnóstico, crítica y propuesta”, en Perú.

A principios de 1999, un grupo de alumnos de la Pontificia Universidad Católica, bajo la asesoría del autor del presente libro, condujo una investigación del nivel de productividad en obras de construcción en Lima. Este es el primer esfuerzo que se ha llevado a cabo en esta área en el Perú. Era de nuestro particular interés determinar el nivel competitivo de las empresas constructoras del medio y en esta forma compararnos con estándares internacionales.

## **2.2. Investigaciones relacionadas con el tema**

### **Art Botero B. Luis, Álvarez V. Mart 2004 - Guía de Mejoramiento Continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda.**

Después de realizar una prueba piloto en el año 2002 con un importante grupo de constructoras de la ciudad de Medellín y del inicio de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción en el 2003, basado en los principios de Lean Construction (Construcción sin Pérdidas), se presenta una guía para el mejoramiento de la productividad en la construcción de proyectos de vivienda, con la cual se pretende mejorar el desempeño aumentando la competitividad de las empresas del sector, Los resultados obtenidos en los proyectos estudiados muestran la efectividad de la metodología propuesta.

Palabras clave: Productividad, procesos constructivos, niveles de actividad, mejoramiento continuo, planificación.

**Art Rodríguez, Alarcón y Pellicer 2011 - La Gestión de la Obra desde la  
Perspectiva del Último Planificador.**

La raíz de muchos de los problemas que confrontan las obras radica en el esquema tradicional de planificación de la producción, poco adecuado para lidiar con la incertidumbre y la variabilidad durante la construcción. Esto lo aprendieron hace algún tiempo las fábricas de automóviles que desarrollaron métodos, hoy denominados “Lean Production” (Producción sin Pérdidas), que buscan crear ambientes de trabajo estables donde se pueda desarrollar eficientemente la producción. Inspirados en estos mismos principios, el Sistema del Último Planificador (SUP) propone modificar el proceso de programación y control de la obra con el fin de crear un ambiente estable de trabajo, protegiendo la producción de la incertidumbre y la variabilidad. Este sistema ha demostrado una alta efectividad, con multitud de aplicaciones exitosas en el continente americano, mejorando el desempeño de las obras y logrando progresos significativos en el cumplimiento de plazos y la productividad. El SUP no es una metodología que reemplace o compita con los métodos tradicionales de barras y de redes, si no que los complementa y enriquece. Mientras que los métodos de redes manejan el camino crítico, el SUP se preocupa de manejar la variabilidad; mientras los métodos de redes manejan fechas, el SUP maneja flujos de trabajo. La planificación con los métodos de redes generalmente se usa para gestionar contratos, mientras que el SUP se preocupa de gestionar interdependencias. El SUP pretende incrementar la fiabilidad de la planificación y, como consecuencia, mejorar los desempeños. En este artículo se describe el SUP y sus componentes y se presenta evidencia empírica que demuestra el impacto de su aplicación. Complementariamente se muestran algunas

herramientas que han sido desarrolladas para apoyar la implementación práctica del sistema.

Palabras clave: Variabilidad, planificación, flujos de trabajo.

**Art Porras D. Hernan 2014 - Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción.**

La industria de la construcción es una parte importante del aparato económico de un país, por tanto, la verificación de los nuevos sistemas de gestión que se implementan en las principales industrias constructoras del mundo y en donde se obtienen excelentes resultados, merece especial atención.

En el presente artículo se hace una revisión bibliográfica de la filosofía Lean Construction (LC) o “construcción sin pérdidas”, un nuevo enfoque en la gestión de proyectos de construcción introducido por el profesor Lauri Koskela en el año 1992 basándose en el modelo empleado por la industria automovilística en los 80, la “producción Lean”. Koskela propone que la construcción es un sistema de producción que se funda en proyectos con gran incertidumbre en la planificación y una mala concepción de la producción, que es vista como un modelo de transformación solamente. Las bases teóricas de LC propuestas por Koskela pretenden ver la producción en la construcción como un proceso de transformación, de flujo y generador de valor, en consecuencia, el objetivo de Lean Construction es crear buenos sistemas de producción que permitan optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar los tiempos de entrega.

Palabras clave: Gestión de proyectos, planificación, sistemas de producción.

## **2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio**

### **2.3.1. Principios Lean Construction**

#### **1. Reducir la variabilidad:**

Este es un principio fundamental que ha sido derivada a través de dos ramas, ingeniería industrial e ingeniería de calidad. En la teoría estadística de la calidad (Shewhart 1931), el objetivo es reducir la variabilidad de las características importantes del producto. En la teoría de “colas” basada en la comprensión de la producción (Hopp y Spearman, 1996), el objetivo es reducir la variabilidad temporal de los flujos de producción. Estos dos tipos de variabilidad interactúan de manera compleja. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 7)

#### **2. Reducir los ciclos de tiempo:**

Debido que la variabilidad expande los tiempos de ciclo, este principio puede ser utilizado como un conductor a la reducción de la variabilidad. Sin embargo, la reducción de los tiempos de ciclo también tiene un valor intrínseco. Debido a la conexión conceptual entre el tiempo de trabajo en curso y el ciclo (expresado en la ley de Little), este principio es más o menos equivalente a la reducción de inventario. En la construcción, la reducción de los tiempos de ciclo se debe centrar en varios niveles de análisis: la duración total de la construcción, etapa en la que se encuentra la construcción, el flujo de materiales (de la fábrica hacia la instalación), y de la tarea (Koskela 2000). (Castillo Maguiña, 2014, pág. 7)

### **3. Reducción de tamaño de los lotes:**

Es una técnica efectiva para la reducción de la expansión de los tiempos de ciclo debido al procesamiento por lotes. En la construcción, se necesitan conceptualizaciones abstractas de "productos" que se pueden contar en un lote. Estos están predefinidos comúnmente como conjuntos empaquetados de las tareas realizadas en distintos espacios, tales como apartamentos (Sacks y Goldin 2007). (Castillo Maguiña, 2014, pág. 8)

### **4. Incrementar la flexibilidad:**

Aquí flexibilidad puede estar asociada con la capacidad y competencia de la estación de trabajo, rutas, etc. Flexibilidad reduce los tiempos de ciclo y por otro lado, simplifica el sistema de producción. Reducción de los tiempos de preparación o de cambio aumenta la flexibilidad con tiempos de ciclo cortos. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 8)

### **5. Seleccionar un enfoque de control de producción apropiado:**

En un sistema de “jalar” (Pull), una actividad productiva es provocada por la demanda de un puesto de trabajo corriente abajo (o cliente), mientras que en un sistema de empuje, un plan de actividades empuja hacia la realización. El sistema de “jalar” ha llegado a estar estrechamente asociado al Lean. Sin embargo, en realidad la mayoría de los sistemas de control de producción son sistemas empujar-jalar mixtos, y la tarea es seleccionar el mejor método para cada etapa de la producción (Huang y Kusiak 1998). Nivelar la producción facilita las operaciones de un sistema de “jalar”. En la construcción, el sistema de “empuje” se realiza a través de planes y programas. El

Lookahead en el sistema Last Planner de control de la producción es un ejemplo de “jalar”. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 8)

## **6. Estandarizar:**

La estandarización del trabajo sirve para varios objetivos. La variabilidad temporal por las características del producto se puede reducir, y permite la mejora continua. Los empleados también tienen el poder de mejorar su trabajo. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 8)

## **7. Instituir la mejora continua:**

A través de la mejora continua, se puede reducir la variabilidad, además la tecnología mejora. El método de la experimentación científica para la mejora fue sugerido por Shewhart (1931) que ahora se conoce como el ciclo de Deming. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 8)

## **8. Utilizar gestión visual:**

La Gestión visual está relacionada con la estandarización, la visualización de los métodos de producción permite fácil acceso a las normas y permite su cumplimiento. También está estrechamente conectada con la mejora continua, en la que la visualización de los procesos de producción permite la percepción de los trabajadores de los procesos y medidas de mejora. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

## **9. Diseñar el sistema de producción para el flujo y el valor:**

Este principio pone énfasis en la importancia del diseño de los sistemas de producción (esta frase tiene la intención de cubrir también el desarrollo de los productos y la etapa

de diseño). Es importante que el diseño del sistema de producción soporte el control de la producción y la mejora continua. Desde el punto de vista del valor, es importante garantizar la capacidad del sistema de producción. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

#### **10. Asegurar la comprensión de los requisitos:**

Este es el primer principio que aborda únicamente el concepto de generación de valor. Por razones obvias, la generación de valor requiere la comprensión integral de los requisitos. En la práctica, esta es una etapa notoriamente problemática. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

#### **11. Centrarse en la selección de los conceptos:**

Diseñar se divide en conceptos de diseño y detalles de diseño. El desarrollo de ambos conceptos y su evaluación debe ser enfatizado, ya que hay una tendencia a apresurarse con los detalles del diseño. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

#### **12. Asegurar los requisitos de flujo descendente:**

El siguiente reto desde el punto de vista de la generación de valor es asegurar que todos los requisitos de flujo, hasta las partes más pequeñas del producto, sean diseñadas y producidas. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

#### **13. Verificar y Validar:**

Además en el campo de la generación de valor, este principio recuerda que la intención no es suficiente, si no que todos los diseños y productos debe ser verificados de acuerdo a las especificaciones y validado con los requisitos del cliente. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

#### **14. Ir y mirar por uno mismo:**

Este principio enfatiza la importancia de la observación en persona, en vez de reportes o rumores (Liker 2003). Además, la tendencia tradicional en la construcción ha sido resolver los problemas in situ, este principio pretende enfatizar la importancia de las visitas de sitio para aquellas que usualmente no lo practican, como por ejemplo: gerentes, inversionistas, etc. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

#### **15. Decidir por consenso, considerar todas las alternativas:**

Este principio se deriva de la práctica de Toyota (Liker 2003). Al ampliar el círculo de quienes toman las decisiones, se puede garantizar una base de conocimientos más amplia para la toma de decisiones. Al ampliar el número de alternativas consideradas, se incrementa la probabilidad de encontrar la mejor solución posible. (Castillo Maguiña, 2014, pág. 9)

#### **16. Cultivar una extensa red de contactos:**

Este principio implica que se debe construir una amplia red de contactos. En la construcción, esto puede suceder en los proyectos (alianzas). (Castillo Maguiña, 2014, pág. 10)

### **2.3.2. Conceptos importantes Lean Construction**

#### **2.3.2.1. Sistema Pull vs Sistema Push:**

Existe un concepto que es parte de los principios y herramientas Lean, el cual ha marcado un punto de partida para establecer un cambio definitivo de sistema de

producción dentro del sector Construcción, el cual está relacionado con el paso del sistema Push al sistema Pull.

Según (Pons Achell, 2019, pág. 41) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España, señala:

La construcción ha seguido tradicionalmente un sistema de producción de empuje (PUSH), lanzando tareas hacia adelante en el plan de producción sin tener la certeza de que podrán ejecutarse sin que aparezcan los problemas típicos de falta de personal, falta de información, falta de materiales, terminación de una tarea precedente, disponibilidad de la zona de trabajo, etc. Además, históricamente se ha ejercido una presión de empuje para que estas tareas se empiecen a ejecutar bien o mal, muchas veces sin tener todos los inputs necesarios.

Lauri Koskela denominó a este fenómeno de comenzar una tarea sin tener los inputs necesarios: making do.

Por ejemplo, si en una secuencia de trabajo Oficio 1 → Oficio 2, tal que, Oficio 1 es la actividad aguas arriba (la que empieza antes) y Oficio 2 es la actividad aguas abajo (empieza después de 1), pueden ocurrir 3 cosas:

- Que las actividades 1 y 2 estén sincronizadas y avancen al mismo ritmo. Esto sería el ideal que persigue Lean Construction y la Planificación Colaborativa.
- Que 1 vaya más rápido que 2, con lo cual generamos sobreproducción.
- Que 2 vaya más rápido que 1, con lo cual generamos esperas.

### 2.3.3. Herramientas Lean Construction

Si bien el enfoque Lean Construction no es ampliamente conocido en nuestro País, entre las herramientas más conocidas por empresas constructoras e involucrados en la construcción se encuentra el Last Planner, no obstante a pesar de la importancia de esta herramienta, el cual es un sistema básico de control de producción, a lo largo de todo el proyecto, existen herramientas que se han desarrollado a lo largo de los años por académicos de todo el mundo, cuyos aportes se encuentran en el IGLC, LCI, etc. y que han ampliado la cartera de herramientas que siguen los principios de este enfoque de producción y gestión en la construcción, llamado Lean Construction. Según lo indica (Castillo Maguiña, 2014, pág. 12) en su Tesis de Pregrado “Inventario de Herramientas del Sistema de Entrega de Proyectos Lean (LPDS)”, en Perú.

Es importante conocer las demás herramientas que nos ofrece el Lean Construction, cada una de estas herramientas están propuestas para cada una de las fases de los proyectos de construcción; el entendimiento y aplicación de estas herramientas son esenciales para alcanzar las metas establecidas dentro de la nueva filosofía.

Entre las herramientas desarrolladas después de 1992, con la publicación de Koskela sobre aplicación del Lean Producción a la construcción y después de 1994, con la publicación de Ballard y Howell sobre el LAST PLANNER; existen herramientas integradoras aquellas que permiten la aplicación de otras herramientas dentro de ellas tal como el LPDS y aquellas que se aplican al principio de cada proyecto tal como IPD.

Según (Pons Achell, 2014, pág. 38) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España, señala:

Hoy podemos entender mejor la implementación de Lean Construction gracias al Lean Project Delivery System (LPDS) o Integrated Project Delivery (IPD) ya que son herramientas integradoras que nos ofrecen una visión de conjunto de todas las fases del proyecto, desde un punto de vista Lean. La primera versión a nivel teórico del LPDS fue desarrollada por Glenn Ballard y publicada por el LCI en el año 2000, aunque una versión más completa y actualizada a la que nos vamos a referir en esta guía fue publicada en 2008. LPDS e IPD son dos términos diferentes que dentro del marco de Lean Construction se han utilizado indistintamente para definir el mismo sistema.

A continuación se desarrollan estas 3 herramientas, las cuales se relacionan y son las más estudiadas en el entorno académico, y sus correspondientes componentes:

### **2.3.3.1. Sistema de entrega de proyectos Lean (LPDS)**

Según (Pons Achell, 2014, pág. 38) en su libro “Introducción a Lean Construction”, en España.

LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. El control de la producción, la estructuración del trabajo y el

aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. El propietario o cliente determina el coste permitido del proyecto, que es la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar. La misión del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añaden valor.

Para ello, el propietario utiliza acuerdos de gestión y ejecución de proyectos integrados, con el equipo de diseño y con el constructor o contratista principal. También se pueden incluir otros agentes o colaboradores importantes del proyecto. Estos acuerdos permiten la flexibilidad entre los miembros del equipo para ofrecer mayor valor al cliente y crear un interés/riesgo compartido en el resultado del proyecto. El Instituto Americano de Arquitectos (AIA) dispone de una guía y las plantillas necesarias en su página web para este tipo de acuerdos.

Los proyectos se han entendido durante mucho tiempo en términos de fases, por ejemplo, diseño previo, diseño, adquisición, e instalación. Una de las principales diferencias entre lo tradicional y lo magro. La entrega del proyecto se refiere a la relación entre las fases y los participantes en cada fase, según lo indica (Castillo Maguiña, 2014, pág. 10) en su Tesis de Pregrado “Inventario de Herramientas del Sistema de Entrega de Proyectos Lean (LPDS)” en Perú.

Lean Project Delivery System o Sistema de Entrega de Proyectos Lean, es un marco conceptual desarrollado por Ballard (2000) que pretende trasladar los principios del sistema de producción de Toyota a la producción en la construcción.

Consiste en una serie de conceptos para la toma de decisiones, procedimientos para la ejecución de funciones, técnicas y métodos. Tiene por objetivo orientar a la ejecución de proyectos de construcción sin pérdidas.

El LPDS se representa mediante un modelo que contiene fases y módulos. Cinco fases son interdependientes por lo que comparten un módulo: la definición del proyecto, diseño lean, abastecimiento lean, ejecución lean y uso. El control de la producción y la estructuración del trabajo se extienden a lo largo de las cinco fases. La evaluación postocupación interconecta el fin de un proyecto con el inicio del siguiente.

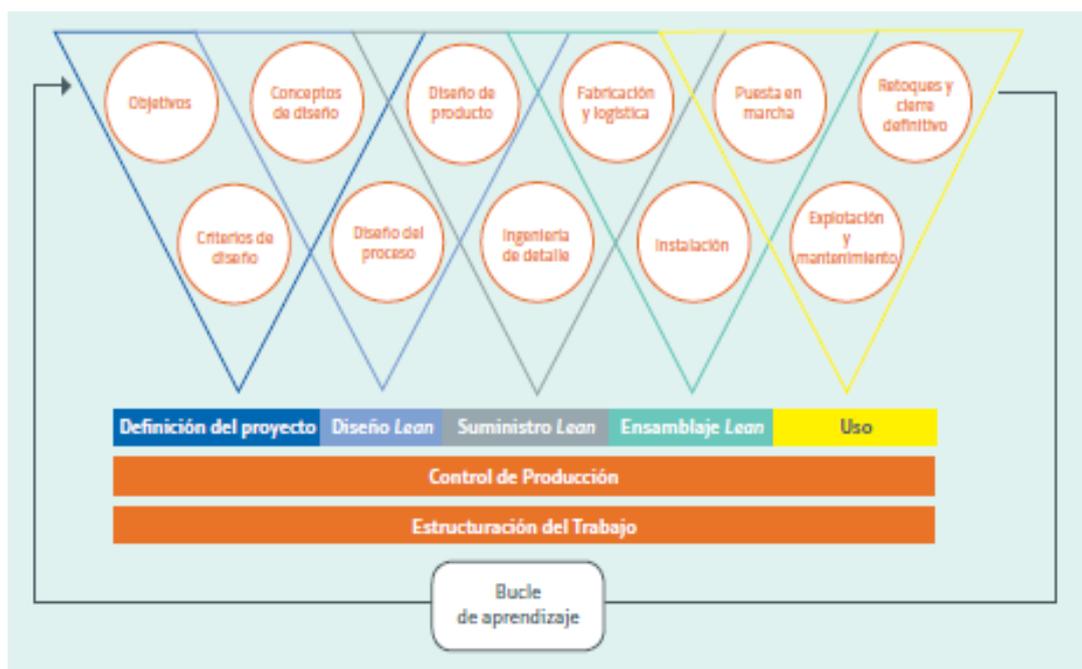


Figura 2 LPDS

Fuente: Lean Project Delivery System (Ballard 2008)

La definición de las fases y sus herramientas se presentan a continuación

## 1. Fase de definición del proyecto

Según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 39) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

Al comienzo de la fase de definición del proyecto, los colaboradores clave se alojan juntos en una Obeya Room o habitación grande. El equipo de diseño, compuesto por arquitectos, ingenieros y constructores, trabaja con los propietarios o promotores para definir el propósito y traducir ese propósito en requisitos específicos. Durante esta fase, el propietario determina el coste permitido para el proyecto, es decir, la cantidad máxima para el proyecto que puede soportar el modelo de negocio. El equipo se compromete en sus costes teóricos, que son menores que los costes autorizados, para estimular la innovación. El coste esperado es la cantidad que se espera que el proyecto cueste, y es por lo general más alto que el coste objetivo:  $\text{Coste permitido} \geq \text{Coste esperado} \geq \text{Coste objetivo}$  (definimos coste objetivo en el siguiente punto). Para alcanzar el coste objetivo se utilizan objetivos adicionales como la factibilidad de la construcción, el montaje, la flexibilidad, la sostenibilidad, la durabilidad y así sucesivamente. En cada hito, el propietario decide si el proyecto avanza y al final de la fase de definición del proyecto, el plan de negocios se completa y valida.

La fase de definición del proyecto incluye las propuestas y valores del cliente y las partes interesadas. Cada uno de los elementos de esta fase puede influir sobre el otro, por lo que se hace necesario un encuentro o reunión entre los diferentes actores para alcanzar una mejor comprensión de los objetivos y valores que

motivan a cada uno. Representantes de todas las etapas del ciclo de vida del proyecto tienen que estar involucrados en esta fase inicial, incluidos los miembros del equipo de producción, que son los diseñadores o proyectistas y los constructores.

La puerta entre la definición del proyecto y la fase de diseño es la alineación de valores, conceptos y criterios.

LPDS	Numero	Herramienta	Fuente
DEFINICIÓN DEL PROYECTO	1	MATRIZ DE SELECCIÓN DEL EQUIPO DE DISEÑO	Pablo Orihuela et al 2011
	2	CUADERNO DE DISEÑO	Pablo Orihuela et al 2011
	3	MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL INVERSIONISTA	Pablo Orihuela et al 2011
	4	MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL USUARIO FINAL	Pablo Orihuela et al 2011
	5	BASE DE DATOS Y REPOSITORIOS	Ines Castillo 2014
	6	MATRIZ DE ALINEACIÓN DE PROPOSITOS	Pablo Orihuela et al 2011
	7	DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD)	Yoji Akao 1978

Figura 3 Herramientas en la fase de definición del proyecto

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014, pág. 18)

## 2. Fase de diseño lean

Según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 40) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

En la fase de diseño, el equipo crea múltiples alternativas, basadas en los requisitos de diseño, las limitaciones del proyecto y el coste objetivo. El objetivo es encontrar la alternativa de diseño que mejor cumpla los propósitos del propietario y entregar el máximo valor al cliente. Cuando los equipos pueden colaborar en esta fase, muchos de los costes de contingencias movidas por el

diseño pueden ser eliminados o minimizados; esos ahorros pueden ir directamente a un mayor beneficio o a satisfacer más necesidades del cliente. Durante todo el proyecto, el cálculo rápido y sincronizado de alternativas es importante para permitir la toma de decisiones que más beneficie al negocio y al proyecto.

Asimismo, durante la fase de diseño se completa el desarrollo del Programa Maestro y el Diseño de Procesos. Mientras se examinan los diseños, los usuarios finales/clientes pueden revisar los modelos físicos o virtuales para alinear el uso real con el diseño, lo que permite seguir los requisitos funcionales.

<b>DISEÑO LEAN</b>	8	REPORTE A3	Toyota
	9	ESTACIONAMIENTO	Cynthia Tsao et al 2002
	10	MATRIZ DE RESPONSABILIDADES	Carlos Formoso et a 1999
	11	TABLA DE ENTRADAS Y SALIDAS	Carlos Formoso et a 1999
	12	LISTA DE TAREAS	Luis Alarcón et a 1998
	13	LISTA DE CHEQUEO	Luis Alarcón et a 1998
	14	SOLICITUD DE INFORMACIÓN (RFI)	Grupo internacional de Lean Construction
	15	CONSTRUCTABILIDAD EN EL DISEÑO	Instituto de la industria de la construcción 1986

Figura 4 Herramientas en la fase de diseño lean

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014, pág. 18)

### 3. Fase de suministro lean

Según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 41) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

El suministro Lean consiste en ingeniería de detalle, fabricación y entrega, lo que requiere como prerequisite indispensable el diseño del producto y del proceso

para que el sistema conozca con detalle lo que debe producir y cuándo entregar esos componentes. Los planes de la cadena de suministro están diseñados para facilitar la entrega Just-in-Time de materiales a la obra. La filosofía detrás de estos acuerdos es suministrar sólo lo necesario, puntualmente en el tiempo requerido, solo en la cantidad necesaria.

<b>ABASTECIMIENTO LEAN</b>	16	CENTROS LOGISTICOS	Iris Tommelein et al 2007
	17	5S	Toyota
	18	MATRIZ MULTICRITERIO	Pablo Orihuela et al 2008
	19	MAPEO DE LA CADENA DE VALOR	Toyota
	20	KANBAN	Toyota

Figura 5 Herramientas en la fase de abastecimiento lean

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014, pág. 18)

#### 4. Fase de montaje o ejecución lean

Según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 41) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

El ensamblaje o ejecución de obra Lean se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, o componentes necesarios para la ejecución en la obra o instalación y termina con la finalización de las instalaciones y puesta en marcha del edificio o infraestructura. Durante la fase de montaje o ejecución, el sistema del último planificador se utiliza para controlar la producción y mantener el flujo continuo de materiales e información a lo largo de toda la obra a medida que esta avanza según un sistema Pull que tira a través de la planificación o programación.

<b>EJECUCIÓN LEAN</b>	21	FIRST RUN STUDIES	Instituto de la construcción lean
	22	NIVEL DE ACTIVIDAD	Alfredo Serpell 1990
	23	CARTA DE BALANCE	Alfredo Serpell 1990
	24	CUADRO COMBINADO DE TRABAJO ESTANDARIZADO	Nakagawa y Shimizu 2004
	25	POKA YOKE	Shingueo Shingo 1960
	26	MANUALES DE PROCESOS	Ines Castillo 2014
	27	ANDON	Toyota
	28	ONE TOUCH HANDLING	Glenn Ballard et al 2002

Figura 6 Herramientas en la fase de ejecución lean

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014, pág. 19)

## 5. Fase de uso

Según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 42) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

El ensamblaje concluye cuando el cliente tiene un uso beneficioso de la instalación o edificio, que por regla general se produce después de la entrega y puesta en marcha del edificio, instalación o infraestructura. Esta fase termina con el cierre de la obra, los retoques definitivos, y la explotación y mantenimiento del edificio o instalaciones.

<b>USO</b>	29	EVALUACIONES POST-OCUPACIÓN	Instituto de la construcción lean
	30	MANUAL DEL CLIENTE	Ines Castillo 2014
	31	FORMULARIO DE ASISTENCIA TÉCNICA	Ines Castillo 2014
	32	PLAN DE INSPECCIONES PERIÓDICAS	Cupertino et al 2011
	33	DIAGRAMA DE FLUJO Y TIEMPO DE ENTREGA DE LAS ACTIVIDADES	Cupertino et al 2011

Figura 7 Herramientas en la fase de uso

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014, pág. 19)

## 6. Fase de control de producción

<b>CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>	34	PLANIFICACIÓN MAESTRA	Grupo internacional de Lean Construction
	35	PLANIFICACIÓN POR FASES	Glenn Ballard 2000
	36	LOOKAHEAD PLANNING	Glenn Ballard y Greg Howell 2004
	37	PLAN DE TRABAJO SEMANAL	Glenn Ballard y Greg
	38	PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO	Glenn Ballard y Greg
	39	RAZONES DE NO CUMPLIMIENTO	Glenn Ballard y Greg
	40	LINEAS DE BALANCE	Goodyear Tire & Rubber Company

Figura 8 Herramientas en la fase de control de producción

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014, pág. 19)

## 7. Fase de trabajo estructurado

<b>TRABAJO ESTRUCTURADO</b>	41	5 WHYS	Toyota
	42	BUFFERS	Grupo internacional de Lean Construction

Figura 9 Herramientas en la fase de trabajo estructurado

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014, pág. 19)

### 2.3.3.2. Integrated Project Delivery (IPD)

Es un sistema integrado de entrega de proyectos que busca alinear intereses, objetivos, practicas renovando la organización, el sistema de operación y los términos comerciales que rigen el proyecto. Los principales miembros del equipo del proyecto son el arquitecto, los consultores técnicos, así como el contratista general y los subcontratistas principales de especialidad. Estos miembros forman una organización capaz de aplicar los principios y prácticas del sistema de entrega de proyectos lean

(LPDS). Según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 42) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

IPD es una evolución del LPDS que además incorpora los diferentes niveles de colaboración y modelos de contrato entre múltiples partes. La gestión y ejecución integrada del proyecto o IPD es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción.



*Figura 10* Actores o agentes sociales que integra el IPD

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 45)

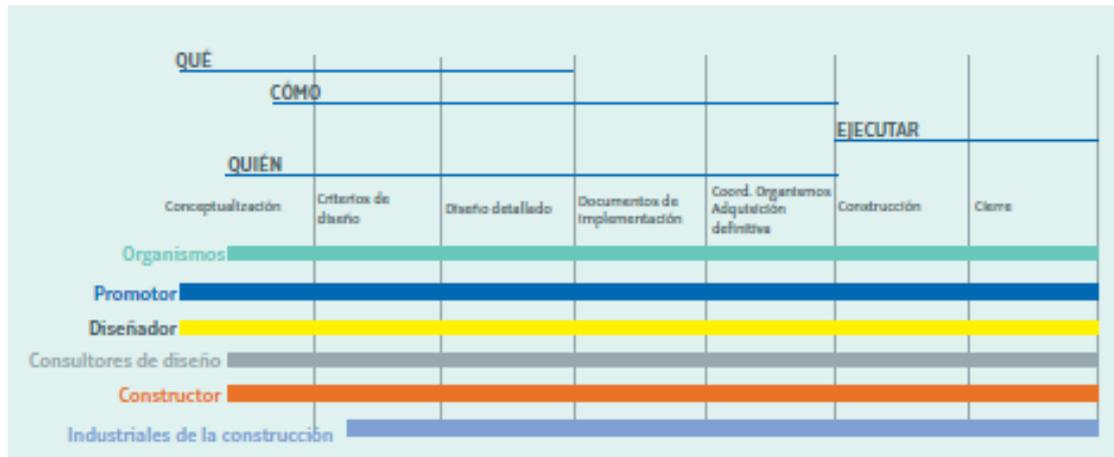


Figura 11 Momentos de intervención de actores o agentes sociales que integra el IPD

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 51)

### 2.3.3.3. Last Planner System (LPS)

El Last Planner System hace más eficiente el poder medir, controlar y mejorar la productividad, es una metodología desarrollada originalmente por Glenn Ballard, según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 29) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

Last Planner® System (LPS) se define como un sistema de planificación y control de la producción para proyectos de construcción, originalmente desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell desde mediados de los años 90, y posteriormente teorizado en la Tesis doctoral de Glenn Ballard del año 2000. Con el paso de los años, se ha convertido en una herramienta clave para implantar Lean Construction en proyectos de construcción, así como un estándar de la Planificación Colaborativa y la Planificación Pull.

El Last Planner System propone principios de un sistema de control de la producción para la construcción. Tal como lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 30) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

En 1999 Lauri Koskela propuso los siguientes criterios de diseño o principios de un sistema de control de la producción para la construcción. Según Koskela, estos 5 principios se cumplen para el Last Planner® System.

Tabla 1

*Principios del Last Planner System*

1. El trabajo no debe comenzar hasta que todos los elementos necesarios para la realización de un trabajo están disponibles. Por lo tanto, este principio se esfuerza por minimizar el trabajo en condiciones subóptimas, un hecho bastante típico en la gestión tradicional de la construcción.
2. La realización de tareas se mide y se controla. El Porcentaje del Plan Completado (PPC), es el número de actividades previstas completadas, dividido por el número total de las actividades planificadas. Este enfoque en la realización del plan disminuye el riesgo de propagación de la variabilidad en los flujos de tareas aguas abajo.
3. Las causas de no realización se analizan. Así, se lleva a cabo la mejora continua, durante todo el proceso, a través de ciclos de Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act).
4. Mantener un buffer de tareas conocidas para cada equipo. Por lo tanto, si la tarea asignada resulta imposible de llevar a cabo, el equipo puede cambiar a otra tarea. Este principio es fundamental para evitar pérdidas de productividad.
5. En la planificación predictiva a medio plazo, los requisitos previos de las siguientes asignaciones son preparados de manera proactiva. De hecho, esto es un sistema Pull que contribuye a asegurar que todos los requisitos previos están disponibles para las asignaciones. Por otro lado, asegura que tengamos las reservas de material necesarias, en la cantidad necesaria, en el lugar necesario y en el momento en que son necesarias.

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 30)

El Last Planner System conjuga el DEBE – SE PUEDE – SE HARÁ. Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 33) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

**Sin Last Planner® System** En la mayoría de los proyectos “lo que puede hacerse” y “lo que se hará” son subconjuntos de “lo que debería hacerse”. Si el plan (lo que se hará) se desarrolla sin saber lo que puede hacerse, el trabajo realmente ejecutado será la intersección de ambos subconjuntos.

Si planificar consiste en determinar “lo que debería hacerse” para completar un proyecto y decidir “lo que se hará” en un cierto período de tiempo, debe reconocerse que debido a las restricciones que no se van a liberar, no todo puede hacerse, dando lugar a retrasos de forma reiterada.

**Con Last Planner® System** LPS es un método de control de producción diseñado para integrar “lo que debería hacerse”, “lo que se puede hacer”, “lo que se hará” y “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas. Su objetivo es entregar flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido.

En procesos periódicos de planificación, los planificadores y los ejecutores de las actividades deben primero identificar “lo que puede hacerse” y posteriormente acordar “lo que se hará” durante la semana. De esta manera estaremos evitando que las actividades se detengan por alguna restricción no liberada. Esta situación ayuda notoriamente a la productividad de las tareas ya que evita las molestas interrupciones en el trabajo por falta de materiales, mano de obra, equipos y medios auxiliares; y evita que enviemos recursos innecesarios si sabemos de antemano que alguna restricción o necesidad no quedará resuelta a tiempo.

El avance puede verse afectado si la cantidad de actividades que pueden hacerse es baja. Para evitar esto, los planificadores deben concentrar sus esfuerzos en

liberar las restricciones que impiden que las tareas puedan iniciarse o continuar. De esta forma estaremos agrandando el conjunto PUEDE aumentando las opciones de avance. Es importante que la gestión se haga sobre la causa raíz del problema ya que no se obtiene nada con solicitar mayor rapidez a los ejecutores de las actividades si no se les entregan los materiales y otras necesidades a tiempo.



Figura 12 Esquema del DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE.

Fuente: (Pons Achell, 2019, pág. 34)

El esquema del DEBE – SE PUEDE – SE HARÁ. Se relaciona con las diferentes fases de planificación de la metodología del Last Planner System. Según la siguiente figura

RELACIÓN ENTRE EL DEBE-SE HARÁ-SE PUEDE Y LAS FASES DE PLANIFICACIÓN DEL LPS		
Debería	PROGRAMA MAESTRO	Establecer hitos y primeros acuerdos.
	PLANIFICACIÓN POR FASES	Especificar entregables y fechas de cada equipo/sector.
Se puede	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	Preparar trabajo, identificando restricciones y gestionando su liberación.
Se hará	PLANIFICACIÓN SEMANAL	Establecer compromisos de avance para el periodo.
Se hizo	APRENDIZAJE	Medir porcentaje de cumplimiento de compromisos del periodo (avance y gestión). Actuar sobre causas de no cumplimiento.

Figura 13 Relación entre el DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE y las fases de Planificación del LPS

Fuente: (Pons Achell, 2019, pág. 35)

El Last Planner System presenta fases de planificación; en la etapa de planificación a largo plazo, la cual es la etapa que define lo que “debe” ocurrir en el proyecto, se subdivide en 2 subetapas. Planificación maestra y planificación de fases. Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 36) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

**Planificación Maestra** En esta etapa el objetivo es clarificar el alcance y las expectativas del proyecto, así como los hitos más destacados. Es fundamental asegurar que todo el equipo de trabajo tenga una misma comprensión de la obra a ejecutar, así como alinear los intereses y necesidades del proyecto. El equipo de trabajo a considerar dependerá del alcance que tenga la aplicación del Last Planner® System y de la fase del proyecto en la que empiece a usarse esta metodología.

Tradicionalmente, se tiene una visión incompleta de lo que debe realizarse cuando se habla de programa maestro, y por lo general se asocia a un diagrama de Gantt que contiene la totalidad del proyecto a construir. Sin embargo, un plan maestro completo, que contemple los principios Lean, tiene que proveer al equipo de obra de una visión común sobre los objetivos y entregables del proyecto, de manera que permita realizar un correcto seguimiento de la evolución y alcance de este.

Algunos de los componentes a considerar en un programa maestro son los siguientes:

Tabla 2

*Componentes a considerar en un Programa Maestro*

COMPONENTES A CONSIDERAR EN UN PROGRAMA MAESTRO
Definición del alcance
Análisis de los stakeholders o partes interesadas: cliente, proveedores, subcontratistas, diseñadores, comunidad de usuarios, etc.
Definición de la estructura de desglose del trabajo (WBS)
Definición de la estructura de la organización del proyecto (OBS)
Análisis de riesgos del proyecto
Definición de la estrategia de trabajo a seguir
Identificación de recursos críticos (equipos, materiales, mano de obra)
Identificación de hitos (contractuales e internos de la empresa y el proyecto)
Programación general de la obra (secuencia de actividades principales, duración real, solapes reales, etc.).
Coste de las actividades.

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 37)

**Planificación de Fases** El objetivo de esta etapa del sistema es definir y validar el trabajo a realizar para cumplir cada fase de la obra. Para esto, es fundamental que participen todos los responsables de cada actividad y áreas funcionales del proyecto de manera que se entiendan y alineen objetivos y estrategias para ejecutar la fase que se está planificando. En general, en esta etapa la ventana de tiempo a planificar tiene una duración entre 3 y 6 meses, pudiendo ser más o menos dependiendo de las características del proyecto. Al finalizar esta etapa se tendrá un plan de trabajo consensuado y comprometido por todas las partes en el que

además se identificarán las restricciones más importantes o estructurales del proyecto.

Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 40) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

### PLAN DE HITOS PRINCIPALES

Partiendo del plan maestro, normalmente un diagrama de Gantt (que como mínimo refleja las promesas que se hicieron al cliente cuando se realizó el estudio), el equipo de proyecto debe definir claramente unos hitos principales, de modo que los diferentes individuos y grupos de trabajo puedan alinear sus esfuerzos de manera efectiva.

Hito	Cliente	Constructora	Subcontrata	Fecha
Entrega de terreno	◆			12-01
Inicio de obra		◆		20-01
Entrega sectores 1 y 2 movimiento de tierra			◆	20-02
Inicio estructura		◆		21-02
Cota 0		◆		30-04
Fin piso 5º		◆		15-05
Inicio acabados			◆	20-05
Entrega obra		◆		30-12

Figura 14 Modelo de plan de hitos principales

Fuente: (Pons Achell, 2019, pág. 40)

Para realizar la planificación de fases es frecuente utilizar una metodología que se denomina **Pull Planning**, que se describe a continuación.

Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 42) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

### ¿CÓMO FUNCIONA UNA PLANIFICACIÓN PULL O PULL SESSION?

La Planificación Pull es una metodología de planificación que, como su nombre indica, se planifica utilizando los conceptos de un sistema productivo PULL. Es decir, se parte por definir cuál es el último entregable de la fase a planificar y a partir de este último hito, se realiza la pregunta “¿qué es lo que requiero que esté listo justo antes para poder entregar este hito?”. De esta manera, se llama a la actividad predecesora a que asuma su compromiso con su cliente y acuerden las condiciones de satisfacción de ese compromiso (especificación de cuál es el trabajo por ejecutar, fechas, duración, calidad, etc.) de entrega.

Tabla 3

#### *Objetivos de la Pull Session*

<b>OBJETIVOS DE LA PULL SESSION</b>
1. Construir un plan de trabajo comprometido y consensuado por todas las partes.
2. Identificar restricciones.
3. Adquirir conciencia de cómo el trabajo de unos afecta a los demás.
4. Identificar conflictos en la secuenciación de tareas del plan maestro.
5. Identificar la duración de las contingencias.
6. Identificar las superposiciones reales de las tareas.
7. Concienciar a las subcontratas y al equipo de posibles problemas y riesgos.
8. Conocer la duración efectiva de cada tarea suponiendo que no habrá restricciones.
9. Identificar nuevo camino crítico, y mover las tareas si es necesario.
10. Identificar las nuevas formas de mejorar el flujo continuo.

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 50)

Dentro del Last Planner System; en la etapa de planificación a medio plazo (o Look Ahead), se define lo que se “puede” realizar en el proyecto. Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 51) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

**Look Ahead Plan** Es realmente un plan de producción en el que se identifica cada tarea concreta que necesita ser completada y sus asignaciones y solapes con otras tareas. Permite mantener bajo control un plan de trabajo realizable en el medio plazo, identificando nuevas restricciones y condiciones necesarias para que esas tareas puedan ser realmente ejecutadas en el plazo previsto.

La etapa de Planificación a Medio Plazo del sistema es donde se gestiona el “PUEDE” o en la que se “prepara el trabajo”. La ventana de la Planificación a Medio Plazo normalmente es de 6 semanas, pero dependiendo de la madurez del equipo, duración y circunstancias de cada obra, puede variar entre 3 y 8 semanas. Esta ventana se extrae del plan realizado en la Pull Session, cuyo objetivo principal es generar flujo predecible de trabajo durante la fase de ejecución. En el proceso de Planificación a Medio Plazo, se identificarán nuevas restricciones que puedan impedir la correcta ejecución del programa maestro y se actualizarán aquellas procedentes de la Pull Session. Estas restricciones gestionadas de manera eficiente y liberadas a tiempo, nos permite obtener un inventario de trabajo ejecutable (ITE) en forma de órdenes de producción concretas.



Tabla 4

Listado de restricciones más frecuentes

LISTADO DE RESTRICCIONES MÁS FRECUENTES
Resolución de contratos.
Aprobaciones por parte de la dirección facultativa.
Aprobaciones de proyectista o propiedad.
Plazos de entrega de un material específico
Inspecciones o controles de calidad necesarios o normativos.
Permisos del ayuntamiento.
Acceso a equipos (como el montacargas o la grúa).
Detalles constructivos o diseños específicos
Instalaciones necesarias.
Requisitos previos.
Falta de mano de obra especialista.

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 54)



Figura 16 Principales categorías para identificar restricciones

Fuente: (Pons Achell, 2019, pág. 55)

Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 55) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

La función principal del análisis de restricciones es analizar las condiciones necesarias para que una actividad pueda ser ejecutada, identificando cuales son las restricciones que impidan realizarla. Esto hay que acompañarlo con una estrategia que permita resolverlas a tiempo para que las actividades puedan ser ejecutadas según lo planificado.

Todas las restricciones deberán ser incorporadas a una Lista o Registro de Restricciones que permita el seguimiento del estado de cada uno de los compromisos asumidos. Se recomienda que la tabla contenga al menos la siguiente información:

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:					FECHA CONTROL:				
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	Urbanización zona piscina. Avinta/DF/Beta konkret (P11D)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcará fecha de entrega de su zona.				10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc.3.Cabezas.Disponibilidad/retirada de plataformas de descarga.	Imposibilidad de finalización	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma				22-ago.	22-ago.	CERRADA
#3	No tenemos definido el color de la carpintería de aluminio y por lo tanto no podemos realizar el pedido	Imposibilidad de realizar el pedido del aluminio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al propietario la referencia de color del aluminio.				27-ago.	13-ago.	ABIERTA
#4									
#5									

Figura 17 Modelo de listado de Restricciones

Fuente: (Pons Achell, 2019, pág. 56)

Tabla 5

*Objetivos de la Planificación Intermedia*

<b>OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA</b>
Asegurar flujo continuo de producción para las semanas extraídas de la Pull Session.
Identificación de los recursos necesarios para la ejecución de cada una de las tareas.
Identificación y gestión de las restricciones.
Re-secuenciar las tareas cuando sea necesario.
Re-evaluación de la duración de las tareas.
Desglosar las tareas para que las definan mejor, si fuera necesario.
Generar inventario de trabajo ejecutable (ITE).

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 54)

Dentro del Last Planner System; en la etapa de planificación a corto plazo, se define lo que se “hará” en el proyecto. Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 58) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

**Plan semanal** En el plan de corto plazo es cuando los últimos planificadores asumen compromisos de avance en la obra, es decir cuando comprometen metas específicas en tareas productivas. La regla para pasar actividades o tareas del medio al corto plazo es que se hayan liberado todas sus restricciones, si no ¿para qué vas a lanzar órdenes de producción sobre tareas que sabes con certeza que no van a poder completarse?

El objetivo es armar un plan de trabajo comprometido con actividades específicas a realizar, con metas cuantitativas claras. Las tareas por comprometer debieran ser las que se encuentran en el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) generado en la etapa de Planificación a Medio Plazo (Look Ahead) de manera que aumente la confiabilidad del plan al comprometer el trabajo en actividades en las que tenemos

mayor certeza de que tienen las condiciones necesarias para ser ejecutadas. También puede existir una “zona gris” con actividades que hoy tienen alguna restricción asociada, pero existe una alta probabilidad de que antes de que termine el periodo se libere dicha restricción (por ejemplo, la llegada de un material).

Por otro lado, si tenemos una baja probabilidad de la liberación de la restricción, lo mejor sería sincerarlo con el equipo y planificar los recursos para realizar otra actividad.

Para una gestión eficaz, se recomienda utilizar formatos en los que quede claro el plan a corto plazo comprometido por el equipo. En este formato se debe incluir al menos:

PLAN SEMANAL																		
ID.	ACTIVIDAD	FECHAS		UD.	RESPONSABLE	META		COMPLETADA	SEMANA	Junio								
		INICIO	TERMINO			Comprometida	Alcanzada			V	L	M	M	J				
		1	4			5	6			7								
	EDIFICIO																	
	Ciclo 1 Muros																	
	Enfierradura	31/05	02/06		JP	100%	100%	1										
	Encofrado	04/06	05/06	m2	IR	100%	95%	0										
	Hormigón	05/06	05/06	m3	MA	100%	0%	0										
	Descimbre y Limpieza	06/06	06/06		IR	100%	0%	0										
	Ciclo 2 Muros																	
	Enfierradura	31/05	04/06		JP	100%	100%	1										
	Moldaje	05/06	06/06	m2	IR	100%	100%	1										
	Hormigón	06/06	06/06	m3	MA	100%	100%	1										
	Descimbre y Limpieza	07/06	07/06		IR	100%	0%	0										
	Ciclo 3 Muros																	
	Enfierradura	31/05	05/06		JP	50%	30%	0										
RESUMEN: Total Cumplidas (4) / Total Actividades (8) = 50%																		

Figura 18 Modelo de Planificación Semanal, a corto plazo

Fuente: (Pons Achell, 2019, pág. 59)

Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 60) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

### PPC (PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO)

Al pasar al corto plazo siguiente, se debe analizar el nivel de cumplimiento de los compromisos asumidos por el equipo. Para esto se analiza el cumplimiento de los compromisos de manera binaria: cumplido o no cumplido (no existe el “casi cumplido”). En base a eso se calcula un indicador llamado PPC: Porcentaje del Plan Completado. Este indicador se calcula para cada corto plazo (normalmente semanal).

El porcentaje del plan completado, a veces llamado porcentaje de promesas cumplidas es un indicador clave para medir la confiabilidad del equipo planificando. Se calcula como el “número de tareas comprometidas completadas” dividido por el “número total de tareas comprometidas planificadas para la semana” en curso.

### LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC)

Una vez ha pasado el periodo de corto plazo comprometido y se analiza el cumplimiento de los compromisos, para cada compromiso no completado se debe identificar cuál fue la causa raíz de ese no cumplimiento. El objetivo de este análisis no es buscar al culpable si no identificar el por qué no se pudo ejecutar lo comprometido de manera que se tomen acciones correctivas en base a la causa raíz identificada. Es importante utilizar metodologías que permitan identificar la causa raíz para tomar acciones en el proceso correcto y generar los impactos deseados, así como disponer de un listado de las causas de no cumplimiento más frecuentes que nos permita aprender de los errores.

Para un análisis adecuado de las CNC se requiere un catálogo de CNC más recurrentes, como por ejemplo los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6

*Catálogo de CNC mas comunes parte 1*

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		DESCRIPCIÓN
PROGRAMACIÓN	PROG	Todas las causas que implican errores en la programación, cambios en programación, programación optimista o pesimista, o mala utilización de las herramientas de programación (lookahead, análisis de restricciones y Plan Semanal). Aquí también se consideran las actividades que no se cumplieron porque no tenían las restricciones levantadas
LOGISTICA	LOG	Todo lo que comprende a la falta de suministros en el Proyecto, ya que dichas actividades fueron consideradas dentro del plan semanal sin estar totalmente libre de restricciones.
CLIENTE-SUPERVISIÓN	CLI	Estas causas implican todo lo relacionado a compromisos del cliente que no fueron realizados y que afectaron al cumplimiento de las actividades del plan semanal, así como cambios o modificaciones que surgen a raíz de nuevas necesidades del cliente.
EXTERNO	EXT	Todas las causas que originan retrasos por razones climáticas extraordinarias o por eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.
INGENIERÍA	ING	Son las causas que corresponden a cambios en la ingeniería durante el desarrollo del Plan Semanal. Incongruencias de los planos con la realidad del campo.
SUBCONTRATAS	SC	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.
TOPOGRAFÍA	TOP	Todas las causas que competen al área de topografía del proyecto y sus actividades no pertenecen al área de producción; por ejemplo, cuando hay atrasos por falta de replanteo topográfico, etc.
PERMISOS	PERM	En este punto se consideran todas las causas que implican el incumplimiento de los organismos responsables de otorgar las licencias o permisos solicitados de antemano por el Proyecto.
ERRORES DE EJECUCIÓN	EJEC	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir, que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.
CONTROL DE CALIDAD	QA/QC	En este punto se consideran las causas de incumplimiento que corresponden a fallas o atrasos del área de control de calidad del Proyecto y que perjudicaron a las actividades programadas.
SOBREPRODUCCIÓN	SOBREPRODU	Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.

Fuente: Adaptado de [kyk consulting.pe](http://kykconsulting.pe)

Tabla 7

Catálogo de CNC mas comunes parte 2

ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD	ESPE	Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.
TRANSPORTE INNECESARIO	TRANS IN	Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
SOBREPROCESAMIENTO	SOBREPROCES	Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).
EXCESO DE INVENTARIO	EXCE INVE	Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de <i>stock</i> en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.
MOVIMIENTOS INNECESARIOS	MOV INNE	Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.
DEFECTOS DE CALIDAD	DEF CAL	Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
TALENTO	TALE	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas

Fuente: Adaptado de kyk consulting.pe

Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 62) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

## LA REUNIÓN SEMANAL DE PLANIFICACIÓN

Un hito importante en la aplicación del LPS corresponde a la reunión de planificación (por lo general semanal). En esta instancia es cuando se reúnen los últimos planificadores para evaluar el desempeño del periodo anterior, analizar el

plan de medio plazo y para comprometer y validar el plan para la semana siguiente. Una estructura típica de reunión de planificación semanal contiene la siguiente información:

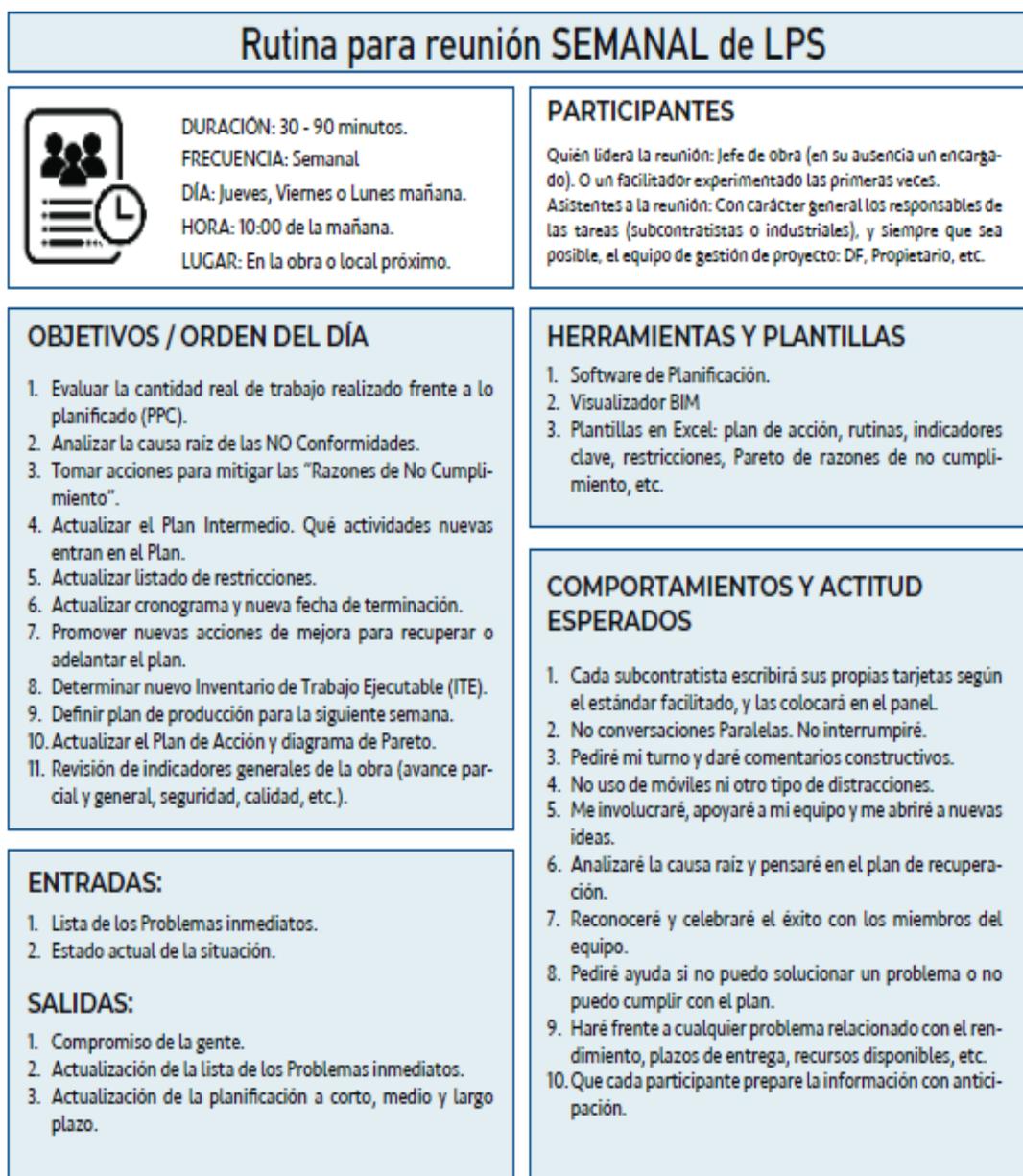


Figura 19 Modelo de Rutina para una reunión semanal del LPS

Fuente: (Pons Achell, 2019, pág. 62)

Según lo indica (Pons Achell, 2019, pág. 64) en su libro “Guías prácticas de Lean Construction” en España.

### LA STAND-UP MEETING O REUNIÓN DIARIA DE PIE

Las Stand-up meetings son reuniones regulares que se llevan a cabo frente al panel de gestión visual del equipo, normalmente tienen una duración de 5 a 10 minutos.

El propósito de la Stand-up meeting es el siguiente:

- Proporcionan un foro donde los equipos discuten su progreso de forma regular, hacen compromisos de trabajo, revisan los indicadores de rendimiento y el progreso de las acciones de mejora, y mantienen actualizada la información que se llevará a la reunión semanal, con lo cual ésta se acortará.

En general, una buena agenda para la stand-up meeting del LPS puede ser dirigida por el encargado de obra o jefe de producción y basarse en una puesta al día del equipo para:

- Revisar los progresos de ayer.
- Revisar los Compromisos de hoy.
- Identificar los obstáculos o problemas

### 2.3.4. Productividad

La Productividad es la relación entre lo producido y lo gastado, tanto en relación con materiales, equipos, mano de obra e información, por lo que está íntimamente relacionado con la eficiencia y efectividad. Según lo indica (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004, pág. 52) en su artículo “Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda”, precisando que “El objetivo de cualquier proceso productivo es lograr una alta productividad, lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y efectividad.”

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		
Pobre	Alta	
EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE <u>ÁREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD</u>	Alto
INEFFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFFECTIVO	Bajo
		OBTENCIÓN DE LAS METAS

Figura 20 Comparativo entre efectividad y eficiencia

Fuente: Botero Botero & Álvarez Villa, 2004, pág. 52

Un sistema productivo como la construcción, se caracteriza por la transformación de insumos y recursos en productos deseados, los principales son los siguientes:

Tabla 8

*Principales Recursos*

<b>RECURSOS</b>
Materiales
Mano de obra
Maquinarias
Herramientas y equipos
Información

Fuente: Botero Botero & Álvarez Villa, 2004, pág. 52

### **2.3.5. Clases de Productividad**

Según lo indica (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004, pág. 52) en su artículo “Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda”, existen las siguientes clases de productividad en la construcción, de acuerdo con los recursos considerados:

#### **2.3.5.1. Productividad de materiales:**

Por su costo es importante evitar los desperdicios

#### **2.3.5.2. Productividad de la mano de obra:**

Factor fundamental ya que normalmente es el recurso que fija el ritmo de trabajo de la construcción, del cual depende la productividad de otros recursos.

### 2.3.5.3. Productividad de la maquinaria:

Muy importante por el alto costo que representa, por lo tanto, es necesario racionalizar su uso en los proyectos, evitando tiempos muertos.

### 2.3.6. Dimensiones de la productividad

#### 2.3.6.1. Eficiencia

Según lo indica (Ocaña Corzo, 2018, pág. 53) en su artículo “Gestión de proyectos basado en la guía de PMBOOK para incrementar la productividad de la empresa Soltrak S.A. 2018.”

La eficiencia y la productividad son correlativas e inseparables en la práctica; por eso el concepto de productividad trae propio el de la eficiencia; por lo que puede determinarse con mucha propiedad eficiencia productiva o productividad eficiente, como si fuera el mismo concepto de la productividad.

En este proyecto se desea mejorar los costos de entrega del proyecto, es por eso que se utilizara la siguiente fórmula de Cumplimiento de Costos:

$$EFICIENCIA = \frac{COSTO REAL DEL PROYECTO}{COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO}$$

*Ecuación 1* Fórmula de cumplimiento de Costo

Fuente: Ocaña Corzo, 2019, pág. 53

### 2.3.6.2. Eficacia

Según lo indica (Ocaña Corzo, 2018, pág. 53) en su artículo “Gestión de proyectos basado en la guía de PMBOOK para incrementar la productividad de la empresa Soltrak S.A. 2018.”

Según García (2005). “Es el punto de objetivo a realizar mediante metas o estándares, etcétera” (p.19). Por otro lado Gutiérrez (2010). “la eficacia es el grado realizado como actividades y resultados planeados” (p.22).

Así mismo Cruelles (2012). “La eficiencia se encarga de los medios y la eficacia de los fines. La eficiencia y eficacia están vinculadas: una operación puede ser muy eficiente y poco eficaz. Pongamos de ejemplo, si realizamos cierta cantidad de unidades de un producto A en muy poco tiempo, es muy eficiente; pero si en realidad debiese de haber realizado el producto B, este resulta poco efectivo. La productividad es una combinación de ambos conceptos. Al incrementar la productividad de una empresa, esta será más competitiva dentro de su sector al reducir los costes de fabricación”. (p. s/n).

Para determinar la eficacia en el presente proyecto utilizaremos la siguiente fórmula de cumplimiento de Tiempo.

$$EFICACIA = \frac{TIEMPO REAL DEL PROYECTO}{TIEMPO PREVISTO DEL PROYECTO}$$

Ecuación 2 Fórmula de cumplimiento de Tiempo

Fuente: Ocaña Corzo, 2019, pág. 53

### 2.3.7. Causas de Improductividad

Se han agrupado las causas de improductividad en la construcción en 8 grupos de desperdicios más comunes; así como las causas que dificultan su identificación. Según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 19) en su artículo “Introducción al Lean Construction” en España, de acuerdo con los cuadros siguientes:

Tabla 9

*Clasificación de los desperdicios*

SOBREPRODUCCIÓN	Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.
ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD	Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.
TRANSPORTE INNECESARIO	Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
SOBRE PROCESAMIENTO	Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).
EXCESO DE INVENTARIO	Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de <i>stock</i> en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.

MOVIMIENTOS INNECESARIOS	Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.
DEFECTOS DE CALIDAD	Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
TALENTO	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 19)

Tabla 10

*Causas que dificultan la identificación de los desperdicios*

Porque normalmente la improductividad está oculta y acabamos asumiendo como productivas tareas que no lo son.
Porque muchas organizaciones terminan habituándose a convivir con el desperdicio, encontrando maneras de trabajar alrededor del problema y aceptando como mejoras, medidas provisionales o parches, sin atacar la causa raíz
Porque no se ha formado a los trabajadores, directivos y cargos intermedios para aprender a identificar y eliminar el desperdicio.
Porque no medimos ni cuantificamos el desperdicio y por lo tanto no somos conscientes del dinero que nos cuesta la improductividad.
Porque, en general, usamos un sistema productivo basado en el modelo de conversión o transformación, focalizado en la mejora del rendimiento de tareas individuales en lugar de adoptar una visión más holística o general de todo el proceso y focalizarse en la identificación y eliminación del desperdicio en toda la cadena o flujo de valor
Porque, en general, casi nadie sabe cómo afecta o influye el trabajo que ellos hacen sobre los demás y normalmente no hay un responsable claro de todo el flujo de valor.

Fuente: (Pons Achell, 2014, pág. 19)

## 2.4. Definición de términos básicos

Se presenta un glosario de términos usados en la presente investigación:

- **Making do:**

El making do como desperdicio se refiere a aquellas situaciones donde una tarea comienza o se continua sin que todos sus inputs (materiales, maquinaria, herramientas, personal, planos, permisos, etc.) o al menos uno de ellos estén disponibles. Este concepto fue descrito por Lauri Koskela en 2004.

- **Cadena de Valor:**

Flujo que recibe materias primas y a través de una serie de procesos de transformación, produce productos que deben satisfacer las necesidades y requerimientos de sus clientes (Samame, s.f.)

- **El Value Stream Mapping (VSM o Mapa de Cadena de Valor):**

Es un ejemplo de la primera estrategia sugerida. Es decir, adoptar una técnica lean y aplicarla a la construcción, para en este caso mapear el proceso de producción y proponer, implementar y monitorear el progreso de las mejoras sugeridas (Samame, s.f.)

- **El Sistema de Planificación Last Planner (Último Planificador):**

Constituye un ejemplo de la segunda estrategia sugerida, pues implica el desarrollo de un sistema de planificación y control de proyectos que lidia con la variabilidad e

incertidumbre inherentes a los procesos constructivos y apunta a reducirlas y lograr compromisos de planificación confiables (Samame, s.f.)

- **Productividad:**

Es la relación entre lo producido y lo consumido o recursos utilizados. Es posible hablar de productividad de los materiales, de los equipos, del terreno o espacio y de la mano de obra. En la construcción, siendo todas importantes, no cabe duda de que la más impredecible es la última (Serpell B., 1986, pág. 54)

- **Tiempo Productivo (TP):**

El utilizado para realizar actividades que agregan valor (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004, pág. 59)

- **Tiempo Contributorio (TC):**

El utilizado para realizar labores de soporte y necesarias para realizar trabajos productivos (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004, pág. 59)

- **Tiempo No Contributorio (TNC):**

El utilizado en pérdidas, actividades que no agregan valor (Botero Botero & Álvarez Villa, 2004, pág. 59)

- **Cartas de Balance:**

La carta de balance es también llamada la carta de equilibrio de cuadrilla, es un gráfico que mide el tiempo en minutos (aproximadamente 30 minutos) en función a los

recursos (mano de obra, equipos, etc.) que participan en la actividad estudiada (Valle Rojas & Ibáñez Vega, 2017, pág. 20)

- **Productividad:**

Es el cociente de la división de la producción entre los recursos usados para lograr dicha producción (Ghio Castillo, 2001, pág. 22)

- **Pérdidas:**

Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no le agrega valor al producto terminado. Ejemplo: Esperas, demoras, transportes, etc. (Ghio Castillo, 2001, pág. 22)

- **Producción sin pérdidas (lean producción):**

Es aquel tipo de producción cuyo manejo operacional apunta a la eliminación/reducción de pérdidas. Cuenta con una serie de herramientas de gestión de producción que le permiten reducir las pérdidas a niveles bastante bajos (Ghio Castillo, 2001, pág. 23)

- **Trabajo Productivo (TP):**

Es la actividad que aporta valor de forma directa a la producción (Valle Rojas & Ibáñez Vega, 2017, pág. 22)

- **Trabajo Contributorio (TC):**

Es la actividad que presta apoyo a las actividades que generan valor al trabajo productivo (Valle Rojas & Ibáñez Vega, 2017, pág. 22)

- **Trabajo No Contributorio (TNC):**

Es la actividad que no aporta valor a las actividades del trabajo productivo y es considerado como una pérdida (Valle Rojas & Ibáñez Vega, 2017, pág. 22)

- **Benchmarking:**

Se refiere a la comparación de nuestra performance actual contra el líder del negocio en un área en particular. En esencia significa encontrar e implementar la mejor práctica en nuestro campo (Ghio Castillo, 2001, pág. 23)

- **Planificación maestra:**

Planificación general del proyecto, generada antes de iniciar los trabajos de construcción (Ghio Castillo, 2001, pág. 24)

- **Último planificador (Last Planner):**

Se define como la persona o grupo de personas cuya función es la asignación de trabajo directo a los trabajadores. No da instrucciones a ningún otro nivel de planificación posterior, sino que ellas van directamente a terreno, a las operaciones de construcción (Ghio Castillo, 2001, pág. 33)

- **Teoría de planificación de recursos para 3-5 semanas (Look Ahead Planning):**

De acuerdo con el Lean Construction Institute (USA), es la planificación de jerarquía media (digamos, entre la planificación maestra de obra y la planificación operacional semanal), el criterio de posibilidad se establece a partir de que dichas actividades

cuenten con todos los recursos necesarios para lograr un escudo sobre la producción con 3-5 semanas de anticipación, pudiendo llegar a 12 semanas o más dependiendo del tipo de obra (Ghio Castillo, 2001, pág. 36)

- **Constructabilidad:**

El conocimiento de los procedimientos que implicará la construcción de una determinada solución de diseño (Orihuela, Orihuela, & Ulloa, 2011, pág. 5)

- **5S:**

Un enfoque disciplinado para mantener el orden en el lugar de trabajo, utilizando controles visuales, para eliminar el desperdicio. Las palabras 5S son Ordenar, Establecer en orden, Brillo / Barrido, Estandarizar y Autodisciplina / Mantener (LCI, s.f.)

- **5 Análisis del por qué :**

La técnica de resolución de problemas utilizada para buscar la causa raíz de una condición al preguntar por qué sucesivamente (al menos cinco veces) cada vez que existe un problema para superar los síntomas aparentes. A medida que se documenta cada respuesta a la pregunta de por qué , se realiza una consulta adicional con respecto a esa respuesta (LCI, s.f.)

- **A3:**

Un informe de una página preparado en una sola hoja de papel 11 x 17 que se adhiere a la disciplina del pensamiento de PDCA cuando se aplica a la resolución colaborativa de problemas, desarrollo de estrategias o informes. El A3 incluye el fondo, la

declaración del problema, el análisis, las acciones propuestas y los resultados esperados (LCI, s.f.)

- **Restricción:**

Un elemento o requisito que evitará que una actividad comience, avance o finalice según lo planeado. Las restricciones típicas en las tareas de diseño son aportaciones de otros, claridad de los criterios de requisitos para lo que se debe producir o proporcionar, aprobaciones o liberaciones, y recursos de mano de obra o equipo. Las restricciones típicas en las tareas de construcción son la finalización del diseño o el trabajo de requisitos previos; Disponibilidad de materiales, información y directivas. Eliminar restricciones es hacer que una tarea esté lista para ser asignada (LCI, s.f.)

- **Flujo:**

Movimiento suave e ininterrumpido, como en el “flujo de trabajo de una cuadrilla a la siguiente” o el flujo de valor en el tirón del cliente (LCI, s.f.)

- **Entrega de proyectos integrada:**

Un enfoque de entrega de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras comerciales y prácticas en un proceso que en colaboración aprovecha los talentos y conocimientos de todos los participantes para reducir el desperdicio y optimizar la eficiencia en todas las fases del proyecto, desde el diseño inicial hasta la entrega del proyecto. (LCI, s.f.)

- **Just-in-Time:**

Un sistema para producir o entregar la cantidad correcta de piezas o productos en el momento en que se necesita para la producción ("JIT") (LCI, s.f.)

- **Kaizen:**

La palabra japonesa para la mejora continua. Kaizen ha llegado a significar la filosofía de la mejora continua (LCI, s.f.)

- **Last Planner ® :**

La persona o grupo que realiza asignaciones a trabajadores directos. El arquitecto de proyectos y el "líder de disciplina" son nombres comunes para los últimos planificadores en los procesos de diseño. 'Superintendente' o 'capataces' son nombres comunes para los últimos planificadores en los procesos de construcción (LCI, s.f.)

- **Última Planner ® System (LPS):**

Sistema de planificación de la producción y control de proyectos, cuyo objetivo es crear un flujo de trabajo que logra una ejecución fiable, desarrollado por Glen Ballard y Greg Howell, con la documentación por Ballard en 2000. LPS es la colaboración, la planificación basada en el compromiso sistema que integra la planificación "debería o no puedo": planificación de extracción, planificación anticipada con análisis de restricciones, planificación de trabajo semanal basada en promesas confiables y aprendizaje basado en análisis de PPC y razones para la variación (LCI, s.f.)

- **Último momento responsable (LRM):**

El momento en que el costo de la demora de una decisión supera el beneficio de la demora; o el momento en que no tomar una decisión elimina una alternativa importante (LCI, s.f.)

- **Lean:**

Cultura de respeto y mejora continua orientada a crear más valor para el cliente a la vez que identifica y elimina el desperdicio (LCI, s.f.)

- **Sistema de entrega de proyectos Lean:**

Una implementación organizada de Principios y herramientas Lean combinados para permitir que un equipo opere al unísono para crear flujo (LCI, s.f.)

- **Planificación anticipada:**

La parte del Sistema del último planificador que se enfoca en preparar el trabajo, asegurando que el trabajo que se debe realizar se pueda hacer, identificando y eliminando las restricciones antes de la necesidad (LCI, s.f.)

## **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

### **3.1 Ingreso a la empresa**

Mi experiencia laboral inició con el ingreso a la empresa Corporacion Brinper SAC, la cual brinda servicios generales en centros comerciales, a inicios del año 2019. Para ello se me realizó una entrevista personal, debido a que la empresa requería un encargado del area operativa para el puesto de asistente. La entrevista fue desarrollada por el Gerente General, cuyo resultado derivó en mi integración al staff de trabajadores.

### **3.2 Funciones desempeñadas**

Las funciones desarrolladas como asistente incluían, apoyo en los costos y presupuestos de los servicios, apoyo en logística de adquisición de materiales, apoyo en la elaboración de documentación requerida por los centros comerciales para el inicio de las obras, supervisión de la correcta ejecución de las obras, toma de decisiones respecto a eventualidades que interrumpen el desarrollo de las obras, verificación de la calidad de las obras, supervisión del cumplimiento del cronograma de obra, etc.

### **3.3 Personas involucradas en el proyecto**

En setiembre del 2020, durante la pandemia sanitaria por el Covid 19, se me ascendió a Jefe de proyecto, para el proyecto laboral en estudio en el presente trabajo, debido a la experiencia adquirida y a la confianza recibida; y según lo indicado en el organigrama de la empresa (Figura 1), en ese periodo de tiempo, tuve a mi cargo al siguiente staff de trabajadores:

- Residente de obra
  
- Jefe de producción
  
- Maestro de obra
  
- Personal obrero
  
- Asistente de proyecto (Soporte de otros proyectos)
  
- Prevencionista (Soporte en el area de seguridad )

En el puesto de Jefe de proyecto, las funciones realizadas incluían la planificación y la supervisión de la ejecución y el desarrollo óptimo del proyecto, de cada actividad y proceso diario.

### **3.4 Desarrollo del proyecto (Planificación)**

#### **3.4.1 Diagnóstico del problema**

Desde el ingreso a los labores en la empresa, se comienza a presenciar visualmente la baja productividad en los servicios, tanto en tiempo de ejecución como en la utilidad económica percibida por los mismos.

Así mismo se comienza a presenciar ausencia de liquidez frente a obligaciones económicas tales como: pago de nómina, tributos, proveedores, entre otros, y se observó que se debía principalmente a que se seguía el método de planificación y gestión tradicional denominado PUSH.

Es por ello que se hace uso de herramientas para determinar de una mejor manera el problema laboral presentado y sus respectivas causas, tanto en ejecución como en el cierre de los servicios (que incluye el cobro de estos y pago de obligaciones varias). Éstas herramientas incluyen reunión de gerencia para diagnóstico de problemas, cartas de balance, el diagrama de Ishikawa.

##### **3.4.1.1 Uso de herramientas de diagnóstico:**

- **Reunión de gerencia para diagnóstico de problemas**

En la reunión participaron la gerencia, el jefe de producción y mi persona. Así mismo, según indica (Pons Achell, 2014, pág. 20) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

Normalmente la improductividad está oculta, y muchas organizaciones terminan habituándose a convivir con el desperdicio, todo ello debido a que no se ha

formado a los trabajadores, directivos y cargos intermedios para aprender a identificar y eliminar el desperdicio. Así mismo no medimos ni cuantificamos los desperdicios generados y por lo tanto no somos conscientes del dinero que nos cuesta la improductividad.

Es por ello que para facilitar la identificación de las causas de baja productividad de la empresa, se realizó una descripción y explicación sobre los 8 desperdicios comunes identificados en la filosofía Lean (descritos en la Tabla 7),

Como resultado se identificaron las siguientes causas que son las más recurrentes en los trabajos realizados:

Esperas o tiempo de inactividad.- Esto normalmente es debido a interrupciones del trabajo, a la falta de datos , especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, contradicciones en los documentos de diseño, falta de coordinación entre las cuadrillas, repetición del trabajo.

Movimientos innecesarios.- En la ejecución de los trabajos se ha visualizado movimientos ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo, causado por varios factores, como la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.

Defectos de calidad.- Causados normalmente por errores en el diseño y planos o uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco calificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.



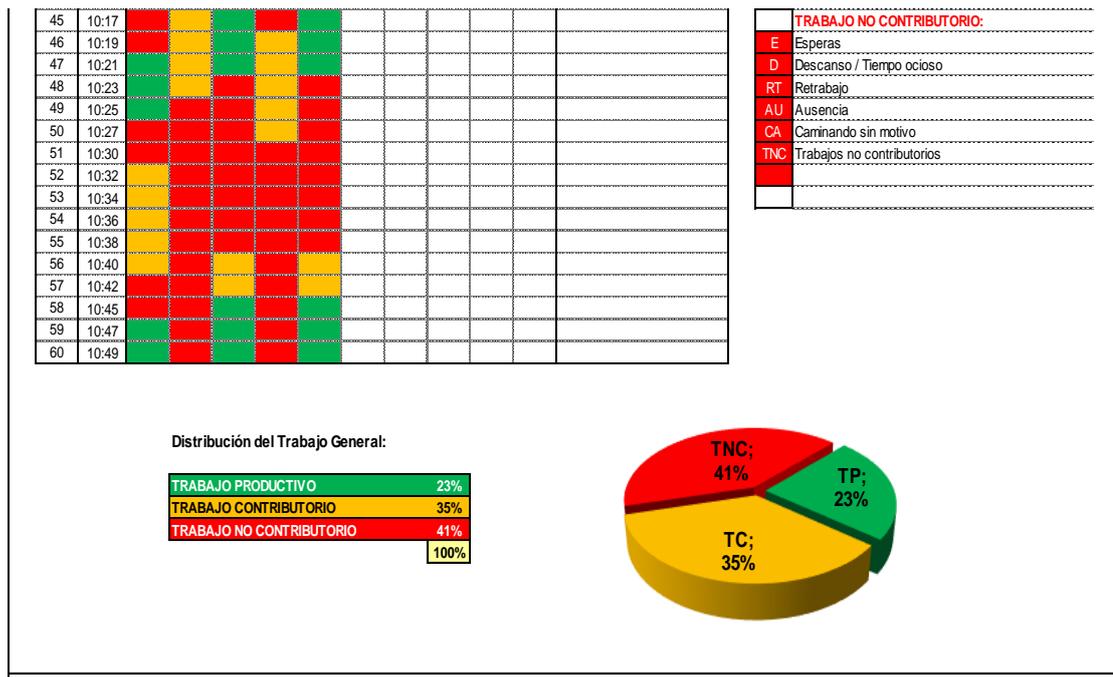


Figura 22 Análisis de una carta de balance elaborada al ingresar a la empresa en estudio

Fuente: Adaptado de [kykconsulting.pe](http://kykconsulting.pe)

En el gráfico mostrado, el 41% del tiempo de la actividad medida se utiliza en trabajos No Contributivos. Lo que equivale a indicar que la mitad de las horas consumidas para dicha actividad, no aportan absolutamente nada en el proyecto.

Se observa que solo el 23% de las horas son destinadas a la culminación directa de la actividad y para definir medidas correctivas concretas, es necesario analizar la información a un segundo nivel de detalle.

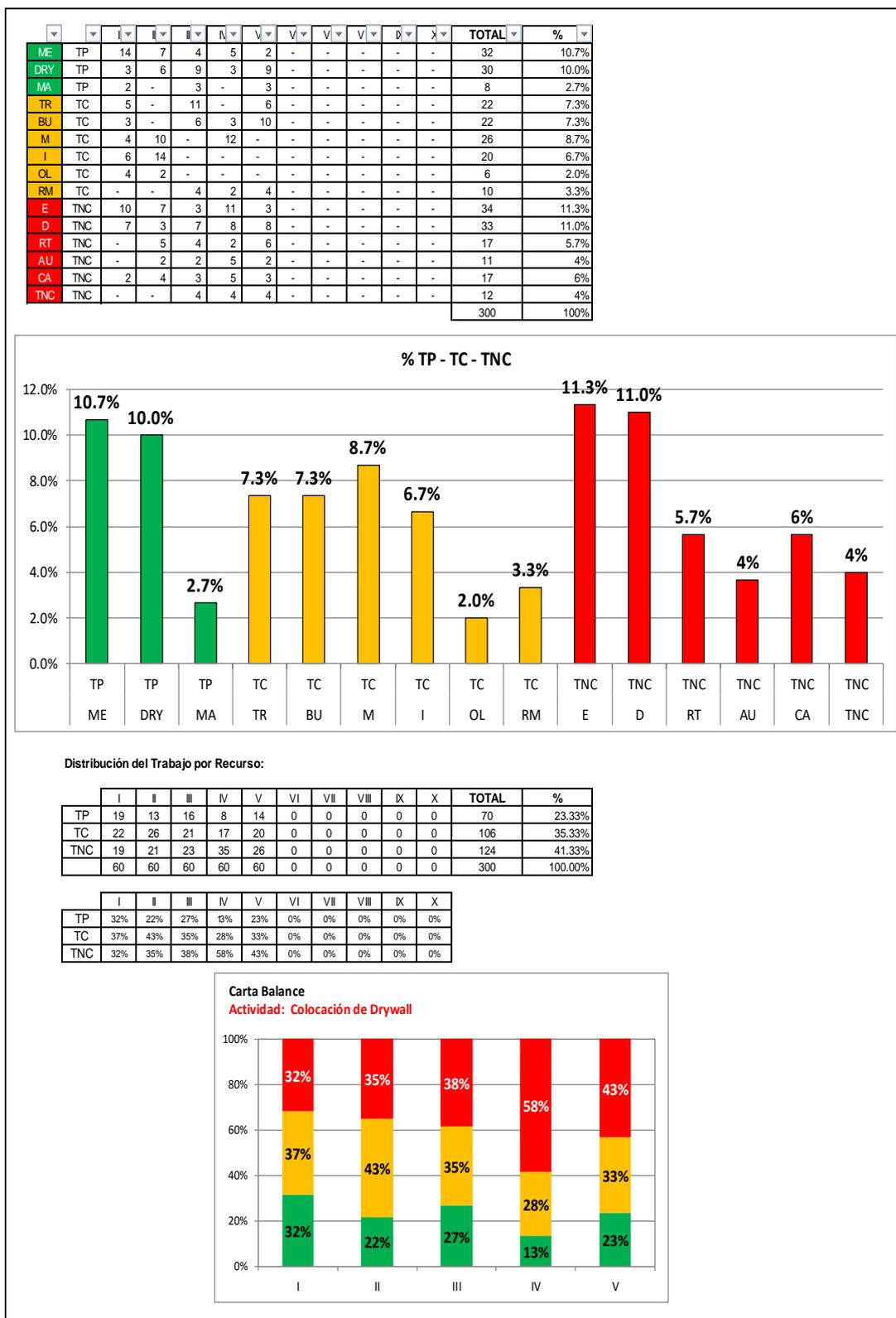


Figura 23 Análisis de 2do nivel de detalle de una carta de balance elaborada al ingresar a la empresa

Fuente: Adaptado de kykconsulting.pe

- **Diagrama De Ishikawa:**

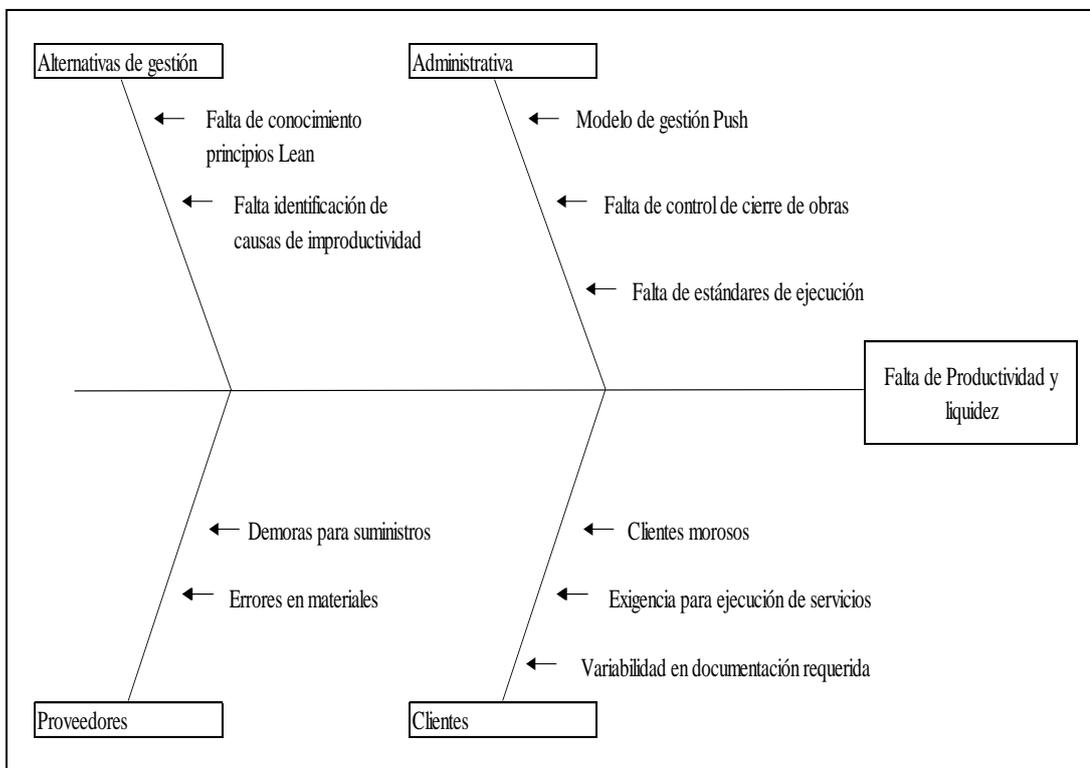


Figura 24 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

Posterior a la recopilación y análisis de la información obtenida con el uso del diagrama de Ishikawa, se pudo identificar las causas de la falta de productividad en la empresa, lo que a su vez causa falta de liquidez en la misma.

Entre las principales causas tenemos las causas administrativas, las cuales son a su vez consecuencias del sistema de gestión seguido en la empresa (Modelo de gestión Push), éstas causas administrativas son la falta de control de cierre de obra y la falta de estándares de ejecución.

Además de las dos causas señaladas en el apartado anterior, es importante señalar como causas más relevantes para éste estudio a “las alternativas de gestión”, cuya no implementación mantiene el estatus de baja productividad y liquidez en la empresa;

pero que su efectiva implementación corregiría éste estatus mediocre y optimizaría la productividad en la empresa y a su vez generaría liquidez, según el detalle del cuadro siguiente:

Tabla 11

*Alternativas de gestión: Causas más relevantes de la baja productividad*

<p>FALTA DE CONOCIMIENTO DE PRINCIPIOS LEAN CONSTRUCTION</p>	<p>En los años 90 surgió una nueva propuesta de gestión de la producción en la construcción denominado Lean Construction, la cual se enfoca en eliminar desperdicios y mejorar la productividad en el sector de la construcción. Esta nueva propuesta contiene principios y herramientas que en la actualidad aún siguen siendo desconocidos por algunos.</p>
<p>FALTA IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE IMPRODUCTIVIDAD</p>	<p>Dentro de la filosofía Lean existe una identificación detallada de las causas de improductividad así como las herramientas para su eliminación y/o reducción, en la tabla N° 7 se presentan los 8 desperdicios identificados en la filosofía Lean y en la tabla N° 8 las causas que dificultan su identificación.</p>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.2 Formulación del problema

Falta de un sistema de gestión de producción en la empresa Corporacion Brinper SAC

### 3.4.3 Importancia y justificación del estudio

La aplicación de nuevos sistemas de gestión de la productividad requiere un estudio detallado, según lo menciona (Porrás Díaz, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014, pág. 1) en su artículo “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual”, Colombia. “La verificación de los nuevos sistemas de gestión que se implementan en las principales industrias constructoras del mundo y en donde se obtienen excelentes resultados, merece especial atención”.

Por ello la metodología empleada en la filosofía Lean servirá para solucionar problemas posteriores, complementando así sistemas de gestión actuales como el PMBOK, según lo menciona (Porrás Díaz, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014, pág. 1) en su artículo “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual”, Colombia. Indica que:

LC es un nuevo pensamiento en gestión de proyectos de construcción que desafía a la guía de gestión actual del Project Management Institute PMBOK, con un alto auge en los Estados Unidos, de ahí que LC no deba ser concebido como un modelo o sistema en el cual solo se siguen unos pasos, sino como un pensamiento dirigido a la creación de herramientas que generen valor a las actividades, fases y etapas de los proyectos de construcción. Entendiendo el valor como la eliminación de todo aquello que produzca pérdidas en la ejecución de las mismas.

### **3.4.4 Limitación del estudio**

#### **3.4.4.1 Limitación temática**

El trabajo presentado se limita al análisis descriptivo de un proyecto en el que se aplica el enfoque Lean Construction.

#### **3.4.4.2 Limitación en Aplicación**

La extrapolación del trabajo está limitada a construcciones de pequeña envergadura desarrollados en centros comerciales, debido a la selección de la muestra esta deberá realizarse con adaptación para el uso en otros proyectos.

### **3.4.5 Objetivos**

#### **3.4.5.1 Objetivo General**

Implementar el sistema de gestión de producción para optimizar la productividad, con la herramienta Last Planner System, en la empresa Corporacion Brinper SAC.

#### **3.4.5.2 Objetivos específicos**

##### **3.4.5.2.1 Objetivo específico 01**

Elaborar la Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y la Estructura de organización del proyecto (OBS) para el proyecto “Adecuación de Caja Cerrada e Instalación de Acometidas para un Nuevo Local” en un centro comercial, para la empresa Corporacion Brinper SAC.

##### **3.4.5.2.2 Objetivo específico 02**

Elaborar la Planificación maestra y la Planificación de fases, para el proyecto “Adecuación de Caja Cerrada e Instalación de Acometidas para un Nuevo Local” en un centro comercial, para la empresa Corporacion Brinper SAC.

##### **3.4.5.2.3 Objetivo específico 03**

Elaborar la Programación detallada (Look Ahead), el Análisis de restricciones y el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), para el proyecto “Adecuación de Caja Cerrada e Instalación de Acometidas para un Nuevo Local” en un centro comercial, para la empresa Corporacion Brinper SAC.

#### **3.4.5.2.4 Objetivo específico 04**

Elaborar el Plan semanal, el Análisis del porcentaje del plan completado (PPC) y Análisis de las causas de no cumplimiento (CNC), para el proyecto “Adecuación de Caja Cerrada e Instalación de Acometidas para un Nuevo Local” en un centro comercial, para la empresa Corporacion Brinper SAC.

#### **3.4.5.2.5 Objetivo específico 05**

Determinar la optimización de la eficiencia y eficacia, referentes a la mejora de la productividad, para el proyecto “Adecuación de Caja Cerrada e Instalación de Acometidas para un Nuevo Local” en un centro comercial, para la empresa Corporacion Brinper SAC.

### **3.5 Metodología (Implementación del proyecto por etapas)**

#### **3.5.1 Datos del Proyecto**

**Nombre:** “Adecuación de Caja Cerrada e Instalación de Acometidas para un Nuevo Local” en un centro comercial, para la empresa Corporacion Brinper SAC.

**Tipo de proyecto:** Obras en el sector Retail.

**Ubicación:** Interior de un centro comercial en el Callao.

El proyecto, según las bases del concurso de licitación adjudicado, consta de las siguientes partes:

1. Trabajos preliminares (cercos de obra, campamento, área de desinfección Covid 19).
2. Demolición de losa de concreto, excavación del terreno natural, compactación de la subrasante, base con material de préstamo (p.e.: afirmado) y falso piso de concreto  $f'c = 175 \text{kg/cm}^2$ .
3. Tabiques de drywall donde correspondan según las fichas entregadas.
4. Resanes en tabiques, muros, pisos y demás zonas por donde sea necesaria alguna intervención para dejar las acometidas.
5. Acometida eléctrica normal y de emergencia: canalización y alimentador eléctrico.
6. Acometida de comunicación: sólo canalización.
7. Acometidas sanitarias: agua fría.
8. Entre otras actividades.

El presupuesto del proyecto asciende a:

**RESUMEN**

**Proyecto: ADECUACIÓN CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS**

**Fecha : 04/08/2020**

Ítem	Especialidad		Costo Directo
01	Obras Provisionales y Preliminares		S/. 14,750.00
02	Demolición		S/. 31,747.17
03	Obras Civiles		S/. 28,380.46
04	Tabiques de drywall		S/. 17,746.49
05	Acometidas - Instalaciones		S/. 21,965.00
	<b>Total Costo Directo</b>		<b>S/. 114,589.12</b>
	Gastos Generales (% C.D.)	14.2180%	S/. 16,292.32
	<b>Descuento comercial</b>		<b>-2,000.00</b>
	Utilidad (% C.D.)	10.0000%	S/. 11,458.91
	<b>Sub Total</b>		<b>S/. 140,340.35</b>
	IGV	18%	S/. 25,261.26
	<b>Total</b>		<b>S/. 165,601.61</b>

*Figura 25* Presupuesto del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.2 Aplicación de modelos y herramientas de solución

#### 3.5.2.1 Diagrama operacional del proceso constructivo y Funciones del equipo de obra

Previo al desarrollo del EDT, el OBS, la planificación maestra y la planificación de fases; se desarrolló el diagrama operacional del Proceso Constructivo de todo el proyecto.

#### DIAGRAMA OPERACIONAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

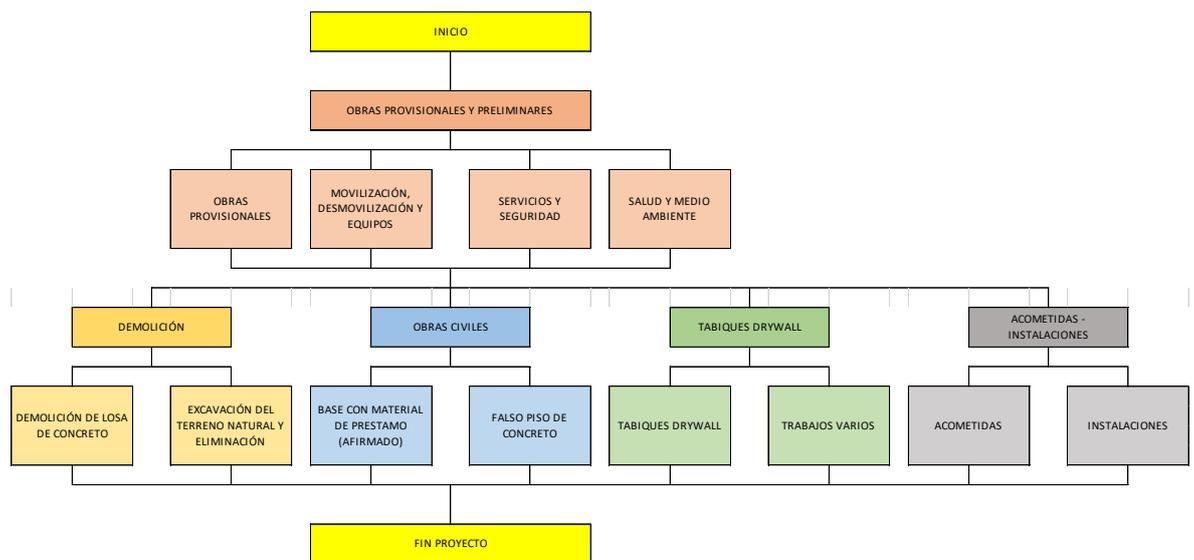


Figura 26 Diagrama Operacional del Proceso Constructivo de todo el Proyecto

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 69)

Se desarrollaran, las tareas del proceso de Obras Provisionales y Preliminares

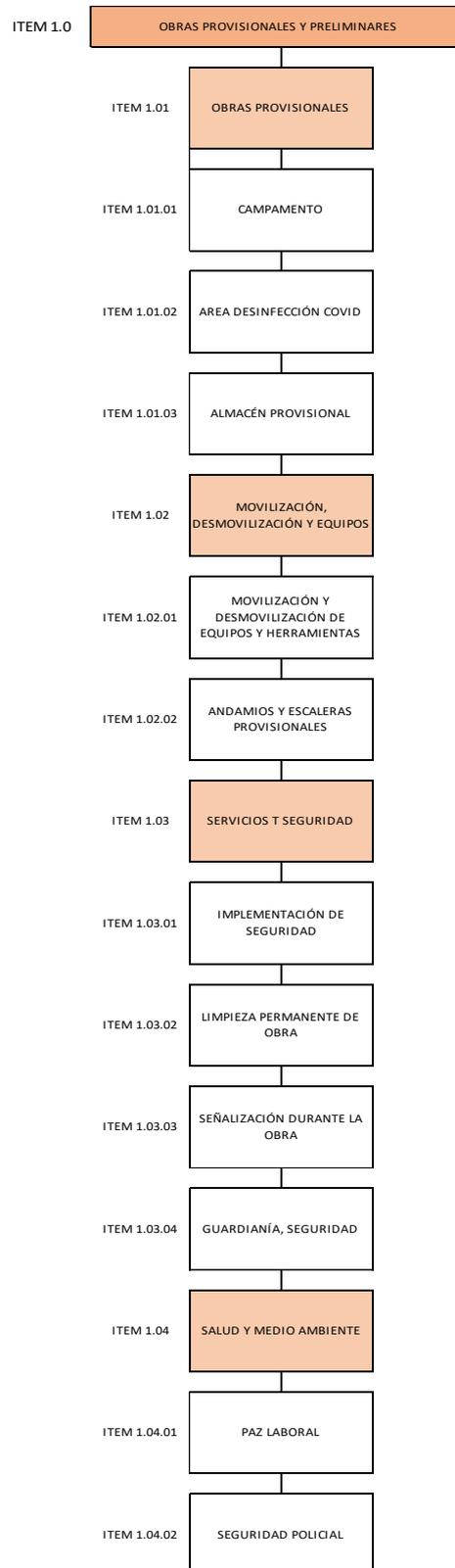
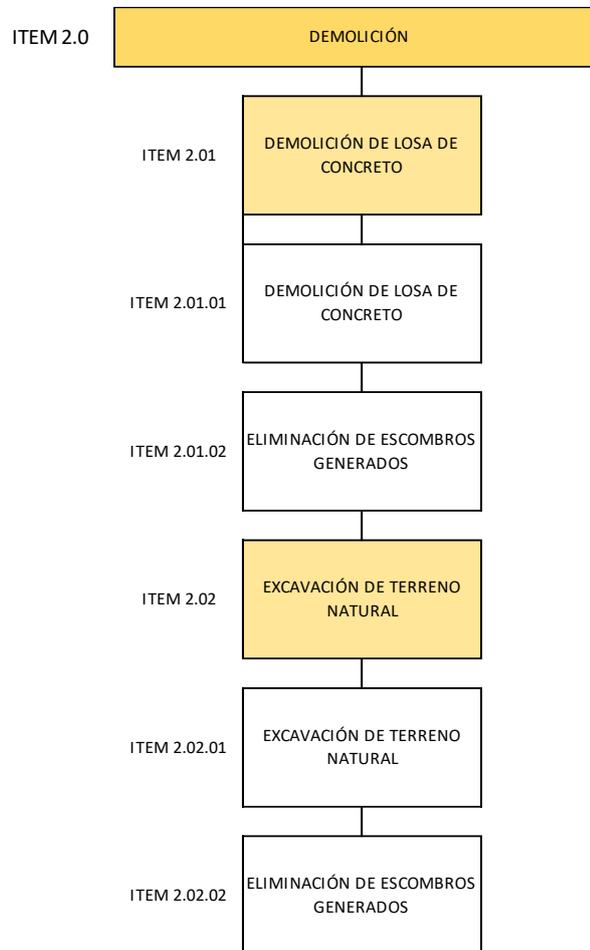


Figura 27 Tareas del proceso de Obras Provisionales y Preliminares

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 70)

Se desarrollaran las tareas del proceso de Demolición



*Figura 28* Tareas del proceso de Demolición

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 70)

Se desarrollaran las tareas del proceso de Obras Civiles

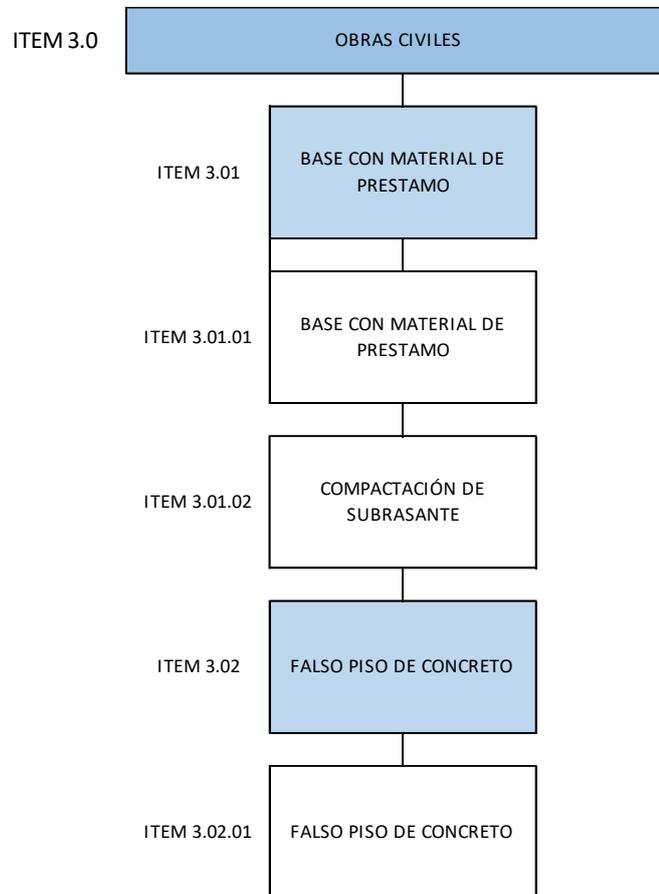


Figura 29 Tareas del proceso de Obras Civiles

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 70)

Se desarrollaran las tareas del proceso de Tabiques Drywall

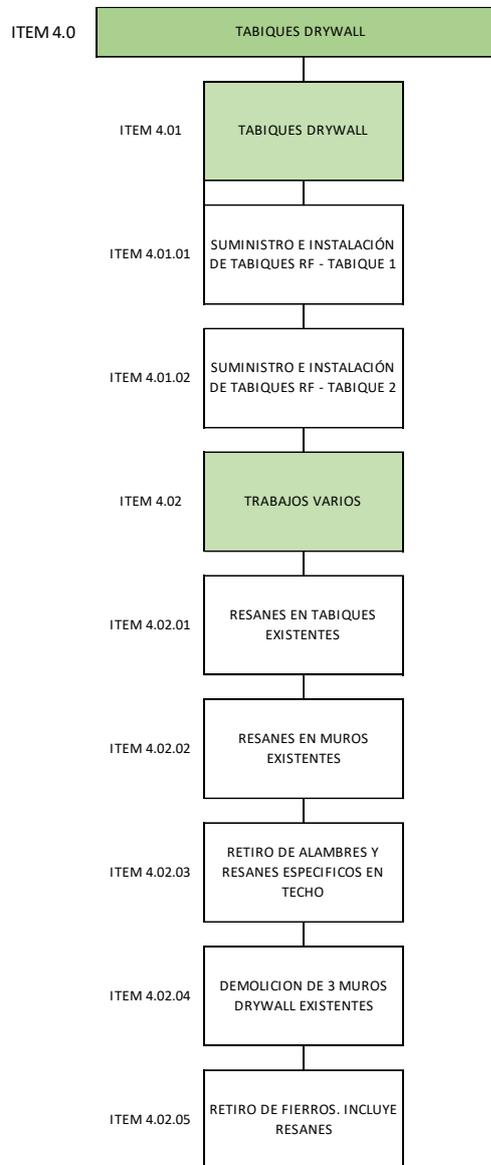
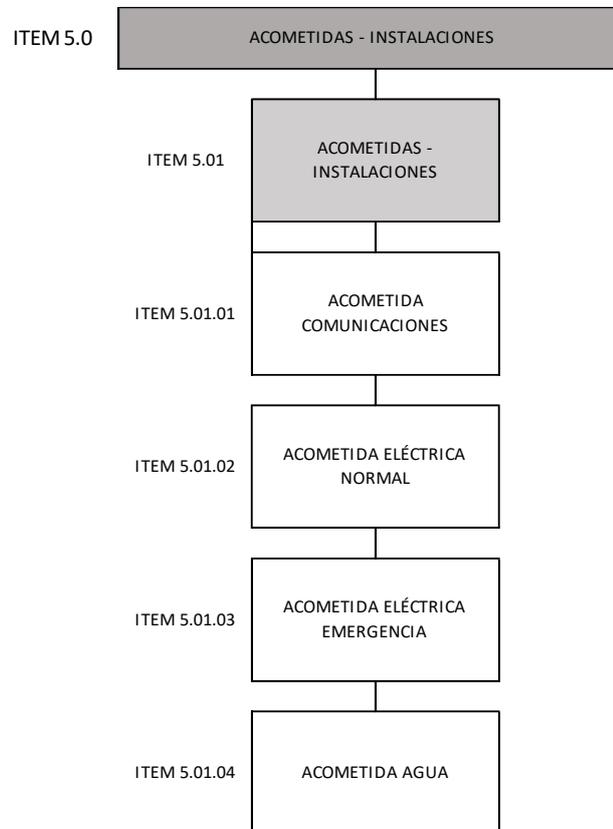


Figura 30 Tareas del proceso de Tabiques Drywall

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 70)

Se desarrollaran las tareas del proceso de Acometidas - Instalaciones



*Figura 31* Tareas del proceso de Acometidas - Instalaciones

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 70)

## FUNCIONES DEL PERSONAL DE OBRA

**1. Encargado de Proyecto:** Es el representante administrativo y económico del proyecto.

Tabla 12

*Funciones del Jefe de Proyecto*

CARGO	FUNCIONES
<b>JEFE DE PROYECTO</b>	<b>Ejecución del Proyecto:</b>
	Responsable por la gestión del proyecto.
	Responsable de la facturación de las valorizaciones
	Responsable de la elaboración del MASTER SCHEDULE en coordinación con el equipo de obras.
	Responsable de coordinar y liderar las reuniones semanales de obra (LAST PLANNER SYSTEM)
	Resolver conflictos durante la ejecución del proyecto, dependiendo del caso junto con el Ing. Residente
	Informar al Dueño de la empresa de presupuestos adicionales, sustentando con informe (planos, sustento, etc.), en coordinación con Ing. Residente.
	<b>Costos del Proyecto:</b>
	Responsable de llevar el Control del perfil versus los gastos para no exceder el presupuesto del proyecto.

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 92)

**2. Residente de Obra:** Es el encargado de ejecutar la obra.

Tabla 13

*Funciones del Residente de Obra*

CARGO	FUNCIONES
<b>INGENIERO RESIDENTE</b>	Responsable por la ejecución del proyecto.
	Resolver conflictos durante la ejecución del proyecto, dependiendo del caso junto con el Jefe de proyectos.
	Seguimiento y análisis de procesos constructivos y evaluación de alternativas
	Valida el LOOKAHEAD SCHEDULE y seguimiento de levantamiento de restricciones, en coordinación con el Jefe de Proyecto.
	Validación de metrados de avance para las valorizaciones.
	Supervisión de los trabajos de topografía, cumpliendo un alto nivel en presentación de planos, informes, etc. Coordinación con el Topógrafo.
	Responsable de coordinar que el material y/o equipos se encuentren a tiempo para la ejecución de las obras, coordinación con Maestro de obra.
	Responsable de adjuntar la documentación para la presentación de valorizaciones y para liquidación de obra.

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 94)

**3. Jefe de Producción:** Es el encargado de llevar la información del proyecto así como representar al Ingeniero Residente durante su ausencia.

Tabla 14

*Funciones del Jefe de Producción*

CARGO	FUNCIONES
<b>JEFE DE PRODUCCIÓN</b>	Responsable de controlar la planificación, valorizaciones y avance de obra en apoyo al Ing. Residente.
	Responsable de la actualización del LOOKAHEAD SCHEDULE y seguimiento de levantamiento de restricciones, en coordinación con el Ingeniero Residente
	Responsable de liderar las reuniones semanales en caso de ausencia del Jefe de Proyecto.
	Responsable de llevar el histórico del PPC y las causas de no Cumplimiento para cada reunión semanal
	Aseguramiento y Control de calidad de la obra
	Programación detallada semanal de actividades de las cuadrillas.
	Responsable de Informar al Ing. Residente de incumplimiento de compromisos de parte de las cuadrillas.
	Mejora continua de la productividad.
	Manejo de documentación técnica del proyecto en coordinación con el Ing. Residente.
	Llevar la secuencia de modificaciones y/o cambios de proyecto.
	Archivo de planos generales actualizados del proyecto

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 93)

**4. Maestro de Obra:** Es el encargado de ejecutar las indicaciones del Ingeniero Residente.

Tabla 15

*Funciones del Maestro de Obra*

CARGO	FUNCIONES
<b>MAESTRO DE OBRA</b>	Responsable en campo de realizar el tareo del personal y comunicar al Ing. Residente
	Participación de la reuniones semanales, junto con el equipo de obra. Llevar restricciones que impedirán realizar trabajos dentro de la ventana LOOKAHEAD.
	Velar por el cumplimiento del Last Planner y el Look Ahead Planning

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 94)

### 3.5.2.2 Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y Estructura de la organización del proyecto (OBS)

Se procede a desarrollar la EDT y la OBS.

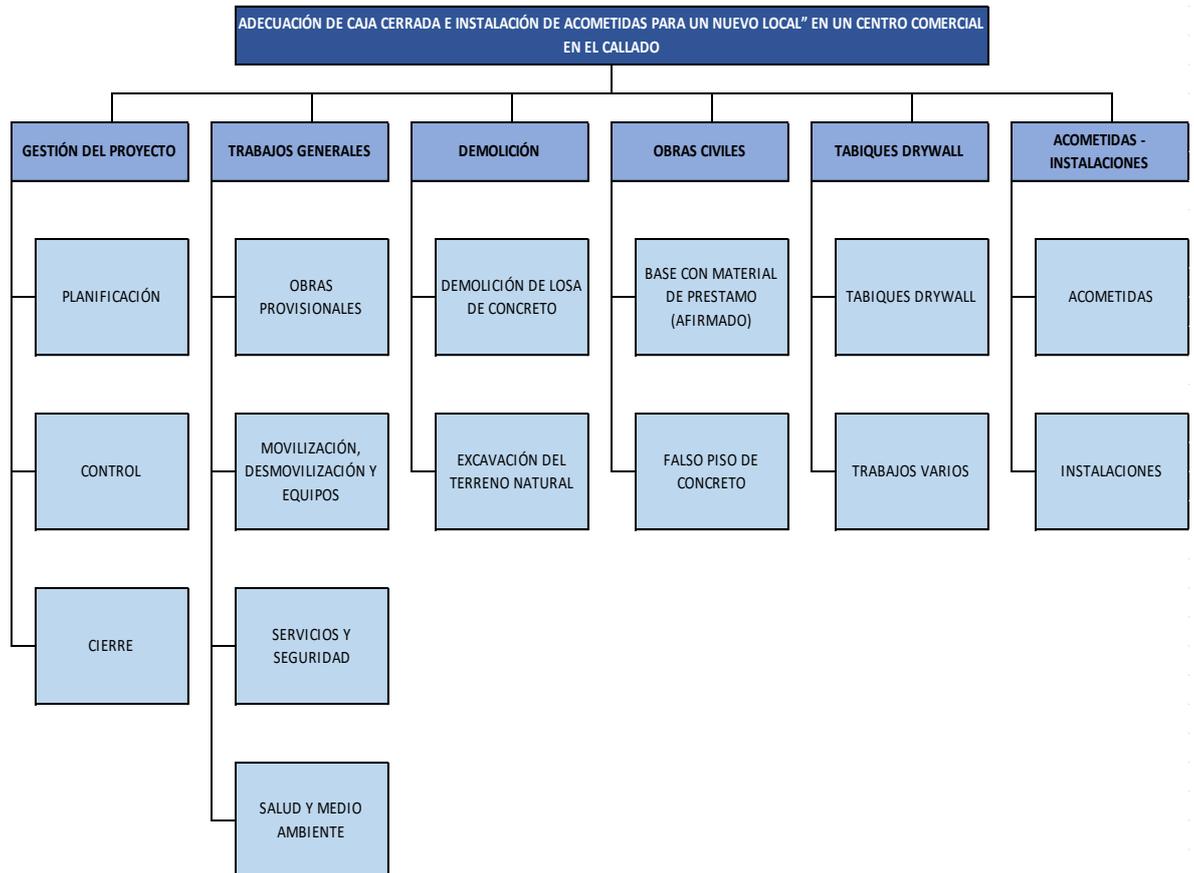


Figura 32 Estructura de Desglose de Trabajo EDT (WBS)

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 38)

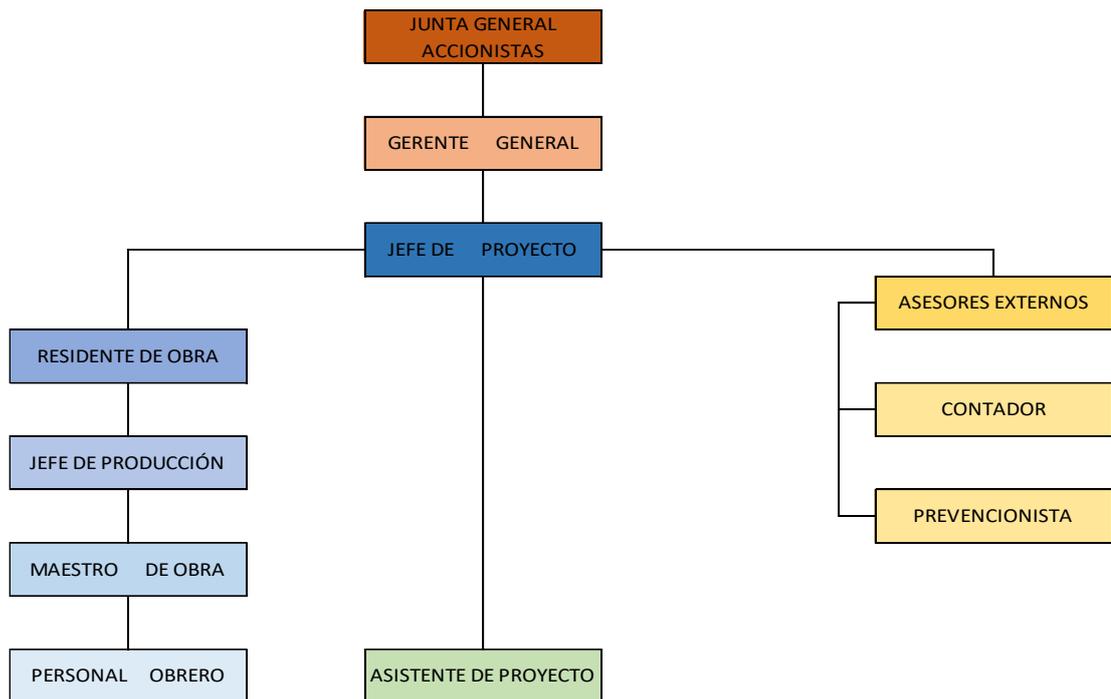


Figura 33 Estructura de la Organización del Proyecto (OBS)

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 39)

### 3.5.2.3 Planificación maestra y Planificación de fases

#### PLANIFICACIÓN MAESTRA:

Teniendo como referencia las metas del proyecto se desarrolló la planificación maestra. Dichas metas están indicadas en las bases del concurso de licitación del proyecto, el cual fue adjudicado. De acuerdo a las metas especialmente importantes se determinaron los hitos generales, así mismo el programa maestro ayudó a identificar los hitos principales del proyecto

#### HITOS GENERALES DEL PROYECTO:

- Obras provisionales y demolición
- Obras civiles y tabiques de drywall
- Acometidas e Instalaciones



HITO	CLIENTE	CONSTRUCTORA	SUBCONTRATA	FECHA
ENTREGA DE TERRENO	●			05-Set
ENTREGA CAMPAMENTO		●		07-Set
ENTREGA DEMOLICIÓN LOSA			●	10-Set
INICIO OBRAS CIVILES			●	15-Set
ENTREGA BASE COMPACTADA			●	21-Set
INICIO ACOMETIDAS		●		19-Set
ENTREGA PRUEBAS ELECTRICAS			●	26-Set
ENTREGA PRUEBA DE AGUA			●	28-Set
INICIO VACIADO LOSA			●	29-Set
ENTREGA OBRA		●		17-Oct

Figura 35 Plan de hitos principales a partir del cual se hará la Planificación de Fases

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 40)

## PLANIFICACIÓN DE FASES:

La primera reunión de trabajo se realizó el 31 agosto del 2020, en la cual acudieron el Jefe de Proyecto, Residente de Obra, Jefe de Producción, el Maestro de Obra y Subcontratista Principal.

Los integrantes del equipo de trabajo recibieron una capacitación sobre los principios de la filosofía Lean Construction, y de manera particular sobre la metodología del Last Planner, sus principios, conceptos importantes y su aplicación práctica.

Seguidamente se procedió a realizar la Pull Session, para ello, se solicitó a cada miembro del equipo de trabajo que revise la planificación maestra así como la información otorgada por el cliente (planos, especificaciones, bases de la licitación, entre otros).

Uno de los puntos solicitados a todo el equipo de trabajo, fue el compromiso profesional para seguir los lineamientos de la metodología. Así mismo se indicó que teníamos el respaldo de la Gerencia para la aplicación de este nuevo Sistema de Control de producción.

Como resultado de la Pull Session, el equipo de trabajo determinó los siguientes alcances:

- Se identificaron algunos conflictos en la secuencia de las actividades del Plan Maestro.
- Se identificaron restricciones de respecto a los horarios permitidos por el centro comercial para los trabajos
- Se redujeron tiempos de ejecución de las tareas, ya que se sinceraron sus tiempos de ejecución al no pretender incluir en el desarrollo de las mismas, el conocido respaldo de tiempo que cada encargado de trabajo utiliza para garantizar sus tiempos de entrega debido a las restricciones potenciales.
- Se elaboró el diagrama de Fases con los alcances obtenidos, de acuerdo al compromiso de todas las partes. Debido a la duración y partidas del proyecto, se consideró a todas las actividades como parte de una sola fase.



### **3.5.2.4 Programación detallada (Look Ahead), Análisis de restricciones e ITE**

#### PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOK AHEAD):

La segunda reunión de trabajo se realizó el 02 setiembre del 2020, en la cual nuevamente acudieron el Jefe de Proyecto, Residente de Obra, Jefe de Producción, el Maestro de Obra y Subcontratista Principal.

El intervalo de tiempo elegido en común acuerdo con los miembros del equipo de obra fue de 3 semanas. Debido a que según la planificación de fases, el proyecto tendrá una duración de 5 semanas.

Los integrantes del equipo de trabajo recibieron una retroalimentación sobre Look Ahead Planning y su aplicación práctica.

Se reiteró la petición a todo el equipo de trabajo su compromiso profesional para seguir los lineamientos de la metodología; ya que según lo indica (Pons Achell, 2014, pág. 29) en su libro “Introducción a Lean Construction” en España.

La reacción inicial a la implantación de Lean en la industria de la construcción causó resistencia y exclusión. Inicialmente, Lean Construction fue mal interpretado y su aplicación a las diferentes fases de un proyecto así como el papel que debía asumir cada actor o agente social interviniente en el proceso constructivo no fue bien entendido. La tendencia empezó a cambiar, al igual que ocurriera con Lean Manufacturing, según se iban demostrando las ventajas competitivas que suponía para las empresas pioneras que comenzaron su

implementación y conforme surgían nuevos documentos técnicos y casos de estudio que facilitaban su comprensión.

El cambio de modelo productivo o de sistema de trabajo en una empresa siempre requiere de un gran esfuerzo por parte de todos al principio, aunque las ventajas competitivas que se obtienen con el cambio merecen el esfuerzo. El cambio puede costar más en organizaciones que llevan muchos años operando con el mismo sistema, ya que ello requiere romper paradigmas.

Seguidamente se procedió a realizar el Look Ahead Planning, para ello se solicitó a cada miembro del equipo de trabajo que revise la planificación de fases así como la información otorgada por el cliente (planos, especificaciones, bases de la licitación, entre otros). Así mismo propuse elaborar en Look Ahead en 02 momentos.

En el primer momento (en un viernes) se identificaron las restricciones y se definiría una fecha de compromiso de liberación. En el segundo momento (en un viernes de la siguiente semana) se verificó el estatus de la liberación de las restricciones identificadas; con la finalidad de actualizar el Look Ahead de cada semana (antes de su inicio).

Los momentos para la elaboración del Look Ahead fueron los siguientes:

Elaboración Look Ahead Semana 1 a 3: 02/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 04/09/2020 (verificación estatus de liberación).

Elaboración Look Ahead Semana 2 a 4: 04/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 11/09/2020 (verificación estatus de liberación).

Elaboración Look Ahead Semana 3 a 5: 11/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 18/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

Adicionalmente se realizó el Look Ahead considerando solo la ventana de las semanas 4 y 5 (Ventana de 02 semanas), esto debido a que hasta el Look Ahead anterior, se mantenían las restricciones para las tareas de estas dos últimas semanas, las cuales se tenían que ejecutar sin mayor retrasos.

Elaboración Look Ahead Semana 4 a 5: 18/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 25/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

Para cada Look Ahead, el equipo de trabajo determinó los siguientes alcances:

- Se identificaron todas las restricciones de las tareas, obteniendo dos resultados; o bien estaban liberadas o bien tenían una fecha comprometida para la liberación de dicha restricción.

- Se redujo la variabilidad y se incrementó la confianza al buscar que los trabajos tengan un flujo continuo.

- Se elaboró el Look Ahead Planning, con los alcances obtenidos, de las primeras 3 semanas, teniendo claro que en las siguientes reuniones se irán agregando una semana más al final de la ventana Look Ahead (la 4ta y 5ta semana).

PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 1 A 3:

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD 3 SEMANAS) SEMANA 1 A 3																						
NOMBRE DE PROYECTO		FECHA:				CLIENTE																
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO		02/09/2020 (FECHA IDENTIFICACIÓN Y RESPONSABLE) - 04/09/2020 (VERIFICACIÓN ESTATUS DE LIBERACIÓN)				CENTRO COMERCIAL - CALLAO																
		FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	SETIEMBRE					SETIEMBRE					SETIEMBRE						
		ITEM	ACTIVIDADES			INICIO	FIN	SEMANA 37 (2020)					SEMANA 38 (2020)					SEMANA 39 (2020)				
								L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X
		07-Set	08-Set	09-Set	10-Set	11-Set	12-Set	14-Set	15-Set	16-Set	17-Set	18-Set	19-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set			
1.00	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES Y DEMOLICIÓN	07-Set	11-Set																			
1.01	CAMPAMENTO	07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																	
1.02	AREA DESINFECCIÓN COVID	07-Set	07-Set	JPROY	SI																	
1.03	ALMACÉN PROVISIONAL	07-Set	07-Set	JPROY	SI																	
1.04	MOVILIZACIÓN, DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, Inc. Andamios y escaleras	07-Set	07-Set	ASIST	SI																	
1.05	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL AREA DE TRABAJO	07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																	
1.06	DEMOLICIÓN DE LOSA DE CONCRETO	07-Set	08-Set	JPROY	SI																	
1.07	ELIMINACIÓN DE DESMONTÉ GENERADO POR DEMOLICIÓN	07-Set	08-Set	JPROY	SI																	
1.08	EXCAVACIÓN DE TERRENO NATURAL	09-Set	11-Set	JPROY	SI																	
1.09	ELIMINACIÓN DE DESMONTÉ GENERADO POR EXCAVACIÓN	09-Set	11-Set	JPROY	SI																	
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL	12-Set	06-Oct																			
2.01	COMPACTACIÓN SUBRASANTE	12-Set	12-Set	RES	SI																	
2.02	BASE COMPACTADA DE AFIRMADO , Incluye pruebas de compactación del terreno	14-Set	15-Set	RES	NO																	
2.03	VACIADO Y ACABADO FROTACHADO DE FALSO PISO DE CONCRETO , Incluye pruebas a la resistencia del concreto	22-Set	22-Set	RES	NO																	
2.04	CURADO DE CONCRETO	23-Set	25-Set	RES	NO																	
2.05	RETIRO DE ALAMBRES, FIERROS, BARRAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE OTROS	26-Set	29-Set	---	SI																	
2.06	RESANES ESPECIFICOS EN TECHO	26-Set	29-Set	JPROY	SI																	
2.07	RESANES EN ESPECIFICOS EN TABIQUES Y MUROS EXISTENTES	29-Set	01-Oct	JPROY	SI																	
2.08	DESMONTAJE DE MUROS DE DRYWALL EXISTENTES EN DETERIORO	29-Set	01-Oct	JPROD	SI																	
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado	02-Oct	06-Oct	JPROY	NO																	
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES	14-Set	21-Set																			
3.01	CORTES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL	14-Set	14-Set	JPROY	NO																	
3.02	CANALIZACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN PASILLO FRENTE A LOCAL	14-Set	15-Set	JPROY	NO																	
3.03	RESANES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL	15-Set	15-Set	JPROY	NO																	
3.04	ABERTURA DE ZANJA PARA CANALIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	JPROY	NO																	
3.05	CANALIZACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	---	SI																	
3.06	RELLENO DE ZANJAS PARA CANALIZACIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	17-Set	17-Set	JPROD	NO																	
3.07	ABERTURA DE ZANJA PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	JPROY	NO																	
3.08	ACOMETIDA DE AGUA	16-Set	16-Set	JPROY	NO																	
3.09	RELLENO DE ZANJAS PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL	17-Set	17-Set	JPROD	NO																	
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL	18-Set	19-Set	JPROY	NO																	
3.11	TENDIDO DE CABLES PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	19-Set	19-Set	JPROY	NO																	
3.12	PRUEBAS A LA ACOMETIDA ELÉCTRICA (Normal y Emergencia)	21-Set	21-Set	JPROD	NO																	
3.13	PRUEBAS A LA ACOMETIDA DE AGUA	21-Set	21-Set	JPROD	NO																	

Figura 37 Planificación intermedia Semana 1 a 3

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 54)

PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 2 A 4:

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD 3 SEMANAS) SEMANA 2 A 4																								
NOMBRE DE PROYECTO		FECHA:				CLIENTE																		
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO		04/09/2020 (FECHA IDENTIFICACIÓN Y RESPONSABLE) - 11/09/2020 (VERIFICACIÓN ESTATUS DE LIBERACIÓN)				CENTRO COMERCIAL - CALLAO																		
		FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	SETIEMBRE					SETIEMBRE					SETIEMBRE								
		INICIO	FIN			SEMANA 38 (2020)					SEMANA 39 (2020)					SEMANA 40 (2020)								
						L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	
ITEM	ACTIVIDADES					14-Set	15-Set	16-Set	17-Set	18-Set	19-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set	28-Set	29-Set	30-Set	01-Oct	02-Oct	03-Oct	
1.00	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES Y DEMOLICIÓN	07-Set	11-Set																					
1.01	CAMPAMENTO	07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																			
1.02	AREA DESINFECCIÓN COVID	07-Set	07-Set	JPROY	SI																			
1.03	ALMACÉN PROVISIONAL	07-Set	07-Set	JPROY	SI																			
1.04	MOVILIZACIÓN, DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, Inc. Andamios y escaleras	07-Set	07-Set	ASIST	SI																			
1.05	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL AREA DE TRABAJO	07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																			
1.06	DEMOLICIÓN DE LOSA DE CONCRETO	07-Set	08-Set	JPROY	SI																			
1.07	ELIMINACIÓN DE DESMONTÉ GENERADO POR DEMOLICIÓN	07-Set	08-Set	JPROY	SI																			
1.08	EXCAVACIÓN DE TERRENO NATURAL	09-Set	11-Set	JPROY	SI																			
1.09	ELIMINACIÓN DE DESMONTÉ GENERADO POR EXCAVACIÓN	09-Set	11-Set	JPROY	SI																			
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL	12-Set	05-Oct																					
2.01	COMPACTACIÓN SUBRASANTE	12-Set	12-Set	RES	SI																			
2.02	BASE COMPACTADA DE AFIRMADO , Incluye pruebas de compactación del terreno	14-Set	15-Set	RES	SI																			
2.03	VACIADO Y ACABADO FROTACHADO DE FALSO PISO DE CONCRETO , Incluye pruebas a la resistencia del concreto	26-Set	26-Set	RES	NO																			
2.04	CURADO DE CONCRETO	28-Set	30-Set	RES	NO																			
2.05	RETIRO DE ALAMBRES, FIERROS, BARRAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE OTROS	18-Set	21-Set	---	SI																			
2.06	RESANES ESPECÍFICOS EN TECHO	18-Set	21-Set	JPROY	SI																			
2.07	RESANES EN ESPECÍFICOS EN TABIQUES Y MUROS EXISTENTES	22-Set	24-Set	JPROY	SI																			
2.08	DESMONTAJE DE MUROS DE DRYWALL EXISTENTES EN DETERIORO	23-Set	25-Set	JPROD	SI																			
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado	01-Oct	05-Oct	JPROY	NO																			
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES	14-Set	25-Set																					
3.01	CORTES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL	14-Set	14-Set	JPROY	SI																			
3.02	CANALIZACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN PASILLO FRENTE A LOCAL	14-Set	15-Set	JPROY	SI																			
3.03	RESANES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL	15-Set	15-Set	JPROY	SI																			
3.04	ABERTURA DE ZANJA PARA CANALIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	JPROY	SI																			
3.05	CANALIZACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	---	SI																			
3.06	RELLENO DE ZANJAS PARA CANALIZACIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	17-Set	17-Set	JPROD	SI																			
3.07	ABERTURA DE ZANJA PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	JPROY	SI																			
3.08	ACOMETIDA DE AGUA	16-Set	16-Set	JPROY	SI																			
3.09	RELLENO DE ZANJAS PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL	17-Set	17-Set	JPROD	SI																			
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL	23-Set	24-Set	JPROY	NO																			
3.11	TENDIDO DE CABLES PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	24-Set	24-Set	JPROY	NO																			
3.12	PRUEBAS A LA ACOMETIDA ELÉCTRICA (Normal y Emergencia)	25-Set	25-Set	JPROD	SI																			
3.13	PRUEBAS A LA ACOMETIDA DE AGUA	21-Set	21-Set	JPROD	SI																			

Figura 38 Planificación intermedia Semana 2 a 4

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 54)

PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 3 A 5:

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD 3 SEMANAS) SEMANA 3 A 5																						
NOMBRE DE PROYECTO		FECHA:				CLIENTE																
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO		11/09/2020 (FECHA IDENTIFICACIÓN Y RESPONSABLE) - 18/09/2020 (VERIFICACIÓN ESTATUS DE LIBERACIÓN)				CENTRO COMERCIAL - CALLAO																
		FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	SETIEMBRE			SETIEMBRE			SETIEMBRE										
		INICIO	FIN			SEMANA 39 (2020)			SEMANA 40 (2020)			SEMANA 41 (2020)										
						L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V
ITEM	ACTIVIDADES																					
1.00	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES Y DEMOLICIÓN	07-Set	11-Set																			
1.01	CAMPAMENTO	07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																	
1.02	AREA DESINFECCIÓN COVID	07-Set	07-Set	JPROY	SI																	
1.03	ALMACÉN PROVISIONAL	07-Set	07-Set	JPROY	SI																	
1.04	MOVILIZACIÓN, DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, Inc. Andamios y escaleras	07-Set	07-Set	ASIST	SI																	
1.05	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL AREA DE TRABAJO	07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																	
1.06	DEMOLICIÓN DE LOSA DE CONCRETO	07-Set	08-Set	JPROY	SI																	
1.07	ELIMINACIÓN DE DESMONTÉ GENERADO POR DEMOLICIÓN	07-Set	08-Set	JPROY	SI																	
1.08	EXCAVACIÓN DE TERRENO NATURAL	09-Set	11-Set	JPROY	SI																	
1.09	ELIMINACIÓN DE DESMONTÉ GENERADO POR EXCAVACIÓN	09-Set	11-Set	JPROY	SI																	
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL	12-Set	06-Oct																			
2.01	COMPACTACIÓN SUBRASANTE	12-Set	12-Set	RES	SI																	
2.02	BASE COMPACTADA DE AFIRMADO , Incluye pruebas de compactación del terreno	14-Set	15-Set	RES	SI																	
2.03	VACIADO Y ACABADO FROTACHADO DE FALSO PISO DE CONCRETO , Incluye pruebas a la resistencia del concreto	28-Set	28-Set	RES	NO																	
2.04	CURADO DE CONCRETO	29-Set	01-Oct	RES	NO																	
2.05	RETIRO DE ALAMBRES, FIERROS, BARRAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE OTROS	18-Set	21-Set	---	SI																	
2.06	RESANES ESPECÍFICOS EN TECHO	18-Set	21-Set	JPROY	SI																	
2.07	RESANES EN ESPECÍFICOS EN TABIQUES Y MUROS EXISTENTES	22-Set	24-Set	JPROY	SI																	
2.08	DESMONTAJE DE MUROS DE DRYWALL EXISTENTES EN DETERIORO	23-Set	25-Set	JPROD	SI																	
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado	02-Oct	06-Oct	JPROY	NO																	
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES	14-Set	02-Oct																			
3.01	CORTES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL	14-Set	14-Set	JPROY	SI																	
3.02	CANALIZACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN PASILLO FRENTE A LOCAL	14-Set	15-Set	JPROY	SI																	
3.03	RESANES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL	15-Set	15-Set	JPROY	SI																	
3.04	ABERTURA DE ZANJA PARA CANALIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	JPROY	SI																	
3.05	CANALIZACIÓN SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	---	SI																	
3.06	RELLENO DE ZANJAS PARA CANALIZACIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL	17-Set	17-Set	JPROD	SI																	
3.07	ABERTURA DE ZANJA PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL	16-Set	16-Set	JPROY	SI																	
3.08	ACOMETIDA DE AGUA	16-Set	16-Set	JPROY	SI																	
3.09	RELLENO DE ZANJAS PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL	17-Set	17-Set	JPROD	SI																	
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL	30-Set	01-Oct	JPROY	NO																	
3.11	TENDIDO DE CABLES PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	01-Oct	01-Oct	JPROY	NO																	
3.12	PRUEBAS A LA ACOMETIDA ELÉCTRICA (Normal y Emergencia)	02-Oct	02-Oct	JPROD	SI																	
3.13	PRUEBAS A LA ACOMETIDA DE AGUA	21-Set	21-Set	JPROD	SI																	

Figura 39 Planificación intermedia Semana 3 a 5

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 54)

PLANIFICACIÓN INTERMEDIA SEMANA 4 A 5:

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD 3 SEMANAS) SEMANA 4 A 5																										
NOMBRE DE PROYECTO					FECHA:			CLIENTE																		
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO					18/09/2020 (FECHA IDENTIFICACIÓN Y RESPONSABLE) - 25/09/2020 (VERIFICACIÓN ESTATUS DE LIBERACIÓN)			CENTRO COMERCIAL - CALLAO																		
													FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	SETIEMBRE									
													INICIO	FIN			SEMANA 40 (2020)					SEMANA 41 (2020)				
																	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J
ITEM	ACTIVIDADES																									
1.00	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES Y DEMOLICIÓN				07-Set	11-Set																				
1.01	CAMPAMENTO				07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																		
1.02	AREA DESINFECCIÓN COVID				07-Set	07-Set	JPROY	SI																		
1.03	ALMACÉN PROVISIONAL				07-Set	07-Set	JPROY	SI																		
1.04	MOVILIZACIÓN, DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS. Inc. Andamios y escaleras				07-Set	07-Set	ASIST	SI																		
1.05	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL AREA DE TRABAJO				07-Set	07-Set	EMPRESA	SI																		
1.06	DEMOLICIÓN DE LOSA DE CONCRETO				07-Set	08-Set	JPROY	SI																		
1.07	ELIMINACIÓN DE DESMONTE GENERADO POR DEMOLICIÓN				07-Set	08-Set	JPROY	SI																		
1.08	EXCAVACIÓN DE TERRENO NATURAL				09-Set	11-Set	JPROY	SI																		
1.09	ELIMINACIÓN DE DESMONTE GENERADO POR EXCAVACIÓN				09-Set	11-Set	JPROY	SI																		
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL				12-Set	06-Oct																				
2.01	COMPACTACIÓN SUBRASANTE				12-Set	12-Set	RES	SI																		
2.02	BASE COMPACTADA DE AFIRMADO , Incluye pruebas de compactación del terreno				14-Set	15-Set	RES	SI																		
2.03	VACIADO Y ACABADO FROTACHADO DE FALSO PISO DE CONCRETO , Incluye pruebas a la resistencia del concreto				28-Set	28-Set	RES	SI																		
2.04	CURADO DE CONCRETO				29-Set	01-Oct	RES	SI																		
2.05	RETIRO DE ALAMBRES, FIERROS, BARRAS DE CONSTRUCCIÓN ENTRE OTROS				18-Set	21-Set	---	SI																		
2.06	RESANES ESPECIFICOS EN TECHO				18-Set	21-Set	JPROY	SI																		
2.07	RESANES EN ESPECIFICOS EN TABIQUES Y MUROS EXISTENTES				22-Set	24-Set	JPROY	SI																		
2.08	DESMONTAJE DE MUROS DE DRYWALL EXISTENTES EN DETERIORO				23-Set	25-Set	JPROD	SI																		
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado				02-Oct	06-Oct	JPROY	SI																		
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES				14-Set	02-Oct																				
3.01	CORTES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL				14-Set	14-Set	JPROY	SI																		
3.02	CANALIZACION SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN PASILLO FRENTE A LOCAL				14-Set	15-Set	JPROY	SI																		
3.03	RESANES EN LOSA DE PASILLO EXISTENTE FRENTE A LOCAL				15-Set	15-Set	JPROY	SI																		
3.04	ABERTURA DE ZANJA PARA CANALIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL				16-Set	16-Set	JPROY	SI																		
3.05	CANALIZACION SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL				16-Set	16-Set	---	SI																		
3.06	RELLENO DE ZANJAS PARA CANALIZACIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO, COMUNICACIONES EN INTERIOR DEL LOCAL				17-Set	17-Set	JPROD	SI																		
3.07	ABERTURA DE ZANJA PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL				16-Set	16-Set	JPROY	SI																		
3.08	ACOMETIDA DE AGUA				16-Set	16-Set	JPROY	SI																		
3.09	RELLENO DE ZANJAS PARA ACOMETIDA DE AGUA EN FRENTE E INTERIOR DEL LOCAL				17-Set	17-Set	JPROD	SI																		
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL				03-Oct	05-Oct	JPROY	SI																		
3.11	TENDIDO DE CABLES PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA				05-Oct	05-Oct	JPROY	SI																		
3.12	PRUEBAS A LA ACOMETIDA ELÉCTRICA (Normal y Emergencia)				06-Oct	06-Oct	JPROD	SI																		
3.13	PRUEBAS A LA ACOMETIDA DE AGUA				21-Set	21-Set	JPROD	SI																		

Figura 40 Planificación intermedia Semana 4 a 5

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 54)

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES:

En la segunda reunión de trabajo realizada el 02 setiembre del 2020, paralelo a la realización del Look Ahead Planning, se procedió a realizar el análisis de restricciones, de las actividades que se registraron en el mismo de la primera semana.

Para ello, el equipo de trabajo revisó la planificación de fases y los diagramas de procesos constructivos mostrados en las figuras de la 25 a la 29, para poder concatenar y hacer los solapes de las actividades dentro del Look Ahead y gestionar las restricciones que hubiere en cada tarea.

Tanto el Look Ahead como el análisis de restricciones se realizaron en 02 momentos.

En el primer momento (en un viernes) se identificaron las restricciones y se definiría una fecha de compromiso de liberación. En el segundo momento (en un viernes de la siguiente semana) se verificó el estatus de la liberación de las restricciones identificadas; con la finalidad de actualizar el Look Ahead y la lista de restricciones de cada semana (antes de su inicio).

Los momentos para la elaboración de la Lista de restricciones fueron los siguientes:

Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 1 a 3: 02/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 04/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 2 a 4: 04/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 11/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 3 a 5: 11/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 18/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

Adicionalmente se realizó la lista de restricciones considerando solo la ventana de las semanas 4 y 5 (Ventana de 02 semanas), esto debido a que hasta el Look Ahead anterior, se mantenían las restricciones para las tareas de estas dos últimas semanas, las cuales se tenían que ejecutar sin mayor retrasos.

Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 4 a 5: 18/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 25/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

El equipo de trabajo determinó los siguientes alcances:

- Se elaboró la Lista de Restricciones, para llevar el seguimiento de su estatus, de las primeras 3 semanas, teniendo claro que en las siguientes reuniones se irán agregando una semana más al final de la ventana Look Ahead (la 4ta y 5ta semana).









## EL INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (ITE)

En la tercera reunión de trabajo realizada el 04 setiembre del 2020, como resultado del análisis de restricciones de las actividades, se procedió a realizar el Inventario de trabajo ejecutable de la primera semana con la finalidad de pasar de la planificación de mediano a corto plazo (Plan semanal).

Para ello, el equipo de trabajo revisó las ventanas del Look Ahead y la Lista de restricciones. A diferencia del Look Ahead y el análisis de restricciones, los cuales se realizaron en 02 momentos; el ITE se realizaba en el segundo momento con la información obtenida de ambos momentos, de la siguiente manera:

En el segundo momento (en un viernes previo a la planificación semanal), como resultado de la verificación el estatus de la liberación de las restricciones identificadas; se procedió a actualizar el ITE de cada semana (antes de su inicio).

Los momentos para la elaboración del ITE fueron los siguientes:

Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 1 (semana 37 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 04/09/2020 – Semana de trabajo: del 07/09/2020 AL 12/09/2020.

Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 2 (semana 38 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 11/09/2020 – Semana de trabajo: del 14/09/2020 AL 19/09/2020.

Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 3 (semana 39 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 18/09/2020 – Semana de trabajo: del 21/09/2020 AL 26/09/2020.

Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 4 (semana 40 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 25/09/2020 – Semana de trabajo: del 28/09/2020 AL 03/10/2020.

Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 5 (semana 41 del 2020): Fecha

Reunión Semanal: 02/10/2020 – Semana de trabajo: del 05/10/2020 AL 10/10/2020.

El equipo de trabajo determinó los siguientes alcances:

- Se elaboró el ITE, el cual sería empleado para la posterior elaboración del plan semanal correspondiente.







INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE - SEMANA 4 (SEMANA 40 DEL 2020)

INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE - SEMANA 4 (SEMANA 40 DEL 2020)							DIAGRAMA GANTT													
NOMBRE DE PROYECTO "ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO					FECHA REUNIÓN SEMANAL: 25/09/2020		CLIENTE													
					SEMANA: DEL 28/09/2020 AL 03/10/2020		CENTRO COMERCIAL - CALLAO													
ITEM	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	SEPTIEMBRE					SEPTIEMBRE									
		INICIO	FIN			SEMANA 40 (2020)					SEMANA 41 (2020)									
						L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S			
		28-Set	29-Set			30-Set	01-Oct	02-Oct	03-Oct	05-Oct	06-Oct	07-Oct	08-Oct	09-Oct	10-Oct					
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL	12-Set	06-Oct																	
2.03	VACIADO Y ACABADO FROTACHADO DE FALSO PISO DE CONCRETO , Incluye pruebas a la resistencia del concreto	28-Set	28-Set	RES	SI															
2.04	CURADO DE CONCRETO	29-Set	01-Oct	RES	SI															
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado	02-Oct	06-Oct	JPROY	SI															
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES	14-Set	02-Oct																	
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL	03-Oct	05-Oct	JPROY	SI															
3.11	TENDIDO DE CABLES PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	05-Oct	05-Oct	JPROY	SI															
3.12	PRUEBAS A LA ACOMETIDA ELÉCTRICA (Normal y Emergencia)	06-Oct	06-Oct	JPROD	SI															

Figura 48 Inventario de trabajo ejecutable – Semana 4 (Semana 40 del 2020)

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 160)

INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE - SEMANA 5 (SEMANA 41 DEL 2020)

INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE - SEMANA 5 (SEMANA 41 DEL 2020)							DIAGRAMA GANTT													
NOMBRE DE PROYECTO "ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO					FECHA REUNIÓN SEMANAL: 02/10/2020		CLIENTE													
					SEMANA: DEL 05/10/2020 AL 10/10/2020		CENTRO COMERCIAL - CALLAO													
ITEM	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	SETIEMBRE					SETIEMBRE									
		INICIO	FIN			SEMANA 40 (2020)					SEMANA 41 (2020)									
						L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S			
						28-Set	29-Set	30-Set	01-Oct	02-Oct	03-Oct	05-Oct	06-Oct	07-Oct	08-Oct	09-Oct	10-Oct			
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL	12-Set	06-Oct																	
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado	02-Oct	06-Oct	JPROY	SI															
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES	14-Set	02-Oct																	
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL	03-Oct	05-Oct	JPROY	SI															
3.11	TENDIDO DE CABLES PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	05-Oct	05-Oct	JPROY	SI															
3.12	PRUEBAS A LA ACOMETIDA ELÉCTRICA (Normal y Emergencia)	06-Oct	06-Oct	JPROD	SI															

Figura 49 Inventario de trabajo ejecutable – Semana 5 (Semana 41 del 2020)

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 160)

### **3.5.2.5 El Plan semanal, Análisis del PPC y Análisis de las CNC**

#### PLAN SEMANAL, ANÁLISIS DEL PPC Y ANÁLISIS DE LAS CNC

En la reunión de trabajo realizada el 04 setiembre del 2020, como resultado de la elaboración del ITE, se procedió a realizar la planificación a corto plazo (Plan semanal) de la primera semana.

Tanto el ITE como el Plan semanal se hicieron en la misma reunión (en un viernes previo a la semana de trabajo)

Los momentos para la elaboración del Plan semanal fueron los siguientes:

Elaboración Plan semanal - semana 1 (semana 37 del 2020): Fecha reunión elaboración

Plan Semanal: 04/09/2020 – Semana de trabajo: del 07/09/2020 AL 12/09/2020.

Elaboración Plan semanal - semana 2 (semana 38 del 2020): Fecha reunión elaboración

Plan Semanal: 11/09/2020 – Semana de trabajo: del 14/09/2020 AL 19/09/2020.

Elaboración Plan semanal - semana 3 (semana 39 del 2020): Fecha reunión elaboración

Plan Semanal: 18/09/2020 – Semana de trabajo: del 21/09/2020 AL 26/09/2020.

Elaboración Plan semanal - semana 4 (semana 40 del 2020): Fecha reunión elaboración

Plan Semanal: 25/09/2020 – Semana de trabajo: del 28/09/2020 AL 03/10/2020.

Elaboración Plan semanal - semana 5 (semana 41 del 2020): Fecha reunión elaboración

Plan Semanal: 02/10/2020 – Semana de trabajo: del 05/10/2020 AL 10/10/2020.







PLAN SEMANAL - SEMANA 4 (SEMANA 40 DEL 2020)

PLAN SEMANAL - SEMANA 4 (SEMANA 40 DEL 2020)										DIAGRAMA GANTT										
NOMBRE DE PROYECTO			FECHA REUNIÓN ELABORACIÓN PLAN SEMANAL:				CLIENTE													
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO			25/09/2020				02/10/2020			CENTRO COMERCIAL - CALLAO										
			FECHA ANÁLISIS PPC Y CNC:				DEL 28/09/2020 AL 03/10/2020													
ITEM	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	META		PPC		SETIEMBRE											
		INICIO	FIN		COMPROMETIDA	ALCANZADA	75%		SEMANA 40 (2020)											
							SI	NO	L	M	X	J	V	S	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD					
						3	1	28-Set	29-Set	30-Set	01-Oct	02-Oct	03-Oct							
													TIPO	CAUSA INCUMPLIMIENTO		MEDIDA CORRECTIVA				
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL	12-Set	06-Oct																	
2.03	VACIADO Y ACABADO FROTACHADO DE FALSO PISO DE CONCRETO. Incluye pruebas a la resistencia del concreto	28-Set	28-Set	RES	100%	100%	1	0												
2.04	CURADO DE CONCRETO	29-Set	01-Oct	RES	100%	100%	1	0												
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado	02-Oct	06-Oct	JPROY	50%	35%	0	1							MOV INNE	MOVIMIENTOS INNECESARIOS REALIZADOS POR TRABAJADORES. PÉRDIDA DE TIEMPO	COORDINAR CON MAESTRO DE OBRA EL SEGUIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES			
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES	14-Set	02-Oct																	
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL	03-Oct	05-Oct	JPROY	50%	50%	1	0												

Figura 53 Plan Semanal – Semana 4 (Semana 40 del 2020)

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 59)

PLAN SEMANAL - SEMANA 5 (SEMANA 41 DEL 2020)

PLAN SEMANAL - SEMANA 5 (SEMANA 41 DEL 2020)										DIAGRAMA GANTT							
NOMBRE DE PROYECTO		FECHA REUNIÓN ELABORACIÓN PLAN SEMANAL:				02/10/2020				CLIENTE							
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO		FECHA ANÁLISIS PPC Y CNC:				09/10/2020				CENTRO COMERCIAL - CALLAO							
		SEMANA:				DEL 05/10/2020 AL 10/10/2020											
ITEM	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	META		PPC		SETEMBRE					TIPO	CAUSA INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
		INICIO	FIN		COMPROMETIDA	ALCANZADA	SI	NO	SEMANA 41 (2020)								
									L	M	X	J	V				S
							4	0	05-Oct	06-Oct	07-Oct	08-Oct	09-Oct	10-Oct	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD		
2.00	OBRAS CIVILES Y TABIQUES DE DRYWALL	12-Set	06-Oct														
2.09	INSTALACIÓN DE TABIQUES RF. No incluye masillado	02-Oct	06-Oct	JPROY	50%	65%	1	0							MOV INNE	MOVIMIENTOS INNECESARIOS REALIZADOS POR TRABAJADORES. PÉRDIDA DE TIEMPO	SE COORDINÓ CON MAESTRO DE OBRA LA RECUPERACIÓN DE TRABAJOS DE LA SEMANA ANTERIOR
3.00	ACOMETIDAS - INSTALACIONES	14-Set	02-Oct														
3.10	TENDIDO DE CABLES SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL	03-Oct	05-Oct	JPROY	50%	50%	1	0									
3.11	TENDIDO DE CABLES PARA LA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA	05-Oct	05-Oct	JPROY	100%	100%	1	0									
3.12	PRUEBAS A LA ACOMETIDA ELÉCTRICA (Normal y Emergencia)	06-Oct	06-Oct	JPROD	100%	100%	1	0									

Figura 54 Plan Semanal – Semana 5 (Semana 41 del 2020)

Fuente: Adaptado de (Pons Achell, 2019, pág. 59)

## ANÁLISIS DEL PPC Y ANÁLISIS DE LAS CNC

En la cuarta reunión de trabajo realizada el 11 setiembre del 2020 (viernes), se procedió a realizar el análisis del PPC y las CNC de la primera semana de trabajo.

El análisis del PPC y las CNC se hicieron en la misma reunión (en un viernes, al final de la semana de trabajo), con el fin de determinar la confiabilidad de la programación realizada y corregir las causas de la improductividad y/o desperdicios generados y potenciales, y de esa manera sirva de retroalimentación para la siguiente semana de trabajo.

Los momentos para el análisis del PPC y CNC, de las semanas de trabajo fueron los siguientes:

Análisis del PPC y CNC - semana 1 (semana 37 del 2020): Fecha de Análisis:  
11/09/2020 – Semana de trabajo: del 07/09/2020 AL 12/09/2020.

Análisis del PPC y CNC - semana 2 (semana 38 del 2020): Fecha de Análisis:  
18/09/2020 – Semana de trabajo: del 14/09/2020 AL 19/09/2020.

Análisis del PPC y CNC - semana 3 (semana 39 del 2020): Fecha de Análisis:  
25/09/2020 – Semana de trabajo: del 21/09/2020 AL 26/09/2020.

Análisis del PPC y CNC - semana 4 (semana 40 del 2020): Fecha de Análisis:  
02/10/2020 – Semana de trabajo: del 28/09/2020 AL 03/10/2020.

Análisis del PPC y CNC - semana 5 (semana 41 del 2020): Fecha de Análisis:  
09/10/2020 – Semana de trabajo: del 05/10/2020 AL 10/10/2020.

Los valores del PPC resultantes de la planificación semanal, se procesaron para determinar su evolución semana a semana.

EVOLUCIÓN DEL PPC SEMANAL - SEMANA 1 A 5					
NOMBRE DE PROYECTO			CLIENTE		
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO			CENTRO COMERCIAL - CALLAO		
ESTATUS PROGRAMACIÓN ACTIVIDADES	SEMANAS				
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5
% PPC	40%	67%	80%	75%	100%
CUMPLIO	4	8	4	3	4
NO CUMPLIO	6	4	1	1	0
TOTAL	10	12	5	4	4

Figura 55 Evolución del PPC semanal – Semana 1 a 5

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 176)

Así mismo se realizó un ponderado del PPC como obra.

PONDERADO DEL PPC COMO OBRA			
NOMBRE DE PROYECTO			
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO			
SEMANAS DE TRABAJO	TAREAS PROGRAMADAS	TAREAS CUMPLIDAS	TAREAS NO CUMPLIDAS
SEM 1	10	4	6
SEM 2	12	8	4
SEM 3	5	4	1
SEM 4	4	3	1
SEM 5	4	4	0
TOTAL	35	23	12
<b>% PPC COMO OBRA = 66%</b>			

Figura 56 Ponderado del PPC como obra

Fuente: Adaptado de (Berrocal Zegarra & de Souza Ferreyra, 2014, pág. 89)

Los causas de no cumplimiento de la planificación semanal, se procesaron para determinar sus causas más recurrentes con el fin de corregirlas.

ANÁLISIS DE LAS CNC - SEMANA 1 A 5																		
NOMBRE DE PROYECTO															CLIENTE			
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO															CENTRO COMERCIAL - CALLAO			
SEMANAS DE TRABAJO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO																	
	PROGRAMACIÓN (PROG)	LOGÍSTICA (LOG)	CLIENTE-SUPERVISIÓN (CLI)	EXTERNO (EXT)	INGENIERÍA (ING)	SUBCONTRATAS (SC)	TOPOGRAFÍA (TOP)	PERMISOS (PERM)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	SOBREPRODUCCIÓN (SOBREPROD)	ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD (ESPE)	TRANSPORTE INNECESARIO (TRANS IN)	SOBREPROCESAMIENTO (SOBREPROCES)	EXCESO DE INVENTARIO (EXCE INVE)	MOVIMIENTOS INNECESARIOS (MOV INNE)	DEFECTOS DE CALIDAD (DEF CAL)	TALENTO (TALE)
%	0%	0%	0%	0%	0%	53%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	40%	0%	0%
SEM 1						6												
SEM 2						1					1					2		
SEM 3						1										2		
SEM 4																1		
SEM 5																1		
TOTAL	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0

Figura 57 Análisis de las CNC – Semana 1 a 5

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 177)

CNC MAS RECURRENTES				
NOMBRE DE PROYECTO				
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO				
SEMANAS DE TRABAJO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO			
	SUBCONTRATAS (SC)	ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD (ESPE)	MOVIMIENTOS INNECESARIOS (MOV INNE)	OTROS
%	53%	7%	40%	0%
SEM 1	6			
SEM 2	1	1	2	
SEM 3	1		2	
SEM 4			1	
SEM 5			1	
TOTAL	8	1	6	0

Figura 58 CNC más recurrentes – Semana 1 a 5

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 177)

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultados objetivo específico 01 - Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y la Estructura de organización del proyecto (OBS)

#### ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (EDT)

La EDT del proyecto, muestra 03 niveles:

1.- Primer nivel es el nombre y detalles proyecto:

- “Adecuación de Caja Cerrada e Instalación de Acometidas para un Nuevo Local en un centro comercial.”

2.- Segundo nivel, conforme a los alcances del proyecto está desarrollado en base a la cronología de los paquetes de trabajos y etapas de ejecución.

- Gestión del proyecto

- Trabajos generales

- Demolición

- Obras civiles

- Tabiques drywall

- Acometidas - instalaciones

3.- Tercer nivel, está desarrollado en base a los procesos requeridos en la ejecución de los paquetes de trabajo.

- Gestión del proyecto: Planificación, control, cierre.

- Trabajos generales: Obras provisionales, movilización desmovilización y equipos, servicios y seguridad, salud y medio ambiente.

- Demolición: Demolición de losa de concreto, excavación del terreno natural.

- Obras civiles: Base con material de préstamo, falso piso de concreto.
- Tabiques drywall: Tabiques drywall, trabajos varios.
- Acometidas – instalaciones: Acometidas, instalaciones.

## ESTRUCTURA DE ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO (OBS)

La OBS del proyecto, muestra 3 grupos de unidades organizativas:

1.- Primer grupo organizativo de alta gerencia.

- Junta general de accionistas
- Gerente general
- Jefe de proyecto
- Asistente de proyecto

2.- Segundo grupo organizativo de producción.

- Jefe de proyecto
- Residente de obra
- Jefe de producción
- Maestro de obra
- Personal obrero

3.- Tercer grupo organizativo de asesoría externa.

- Jefe de proyecto
- Contador
- Prevencionista

## **4.2 Resultados objetivo específico 02 - Planificación maestra y Planificación de fases**

### PLANIFICACIÓN MAESTRA

La planificación maestra identificó los hitos generales más destacados en una etapa temprana.

- Obras provisionales y demolición
- Obras civiles y tabiques de drywall
- Acometidas e Instalaciones

La programación general de la obra determinó una duración total del proyecto de 06 semanas (desde 07 setiembre hasta 17 octubre).

- Tiempo de ejecución: 42 días

En esta etapa se identificaron las fases que tendrá en proyecto y los hitos principales para el desarrollo del plan de fases.

- Se determinó una fase para el proyecto, debido a la duración del proyecto y la interrelación de los trabajos.
- Los hitos principales son: Entrega de terreno, entrega campamento, entrega demolición losa, inicio obras civiles, entrega base compactada, inicio acometidas, entrega pruebas eléctricas, entrega prueba de agua, inicio vaciado losa y entrega de obra.

## PLANIFICACIÓN DE FASES

La planificación de fases determinó los siguientes alcances:

- Se identificaron algunos conflictos en la secuencia de las actividades del Plan Maestro.
- . Se identificaron restricciones de respecto a los horarios permitidos por el centro comercial para los trabajos.
- Se redujeron tiempos de ejecución de las tareas y solapes, determinando una duración total del proyecto de 05 semanas (desde 07 setiembre hasta 06 octubre), lo cual hace un tiempo de ejecución: 30 días.

### **4.3 Resultados objetivo específico 03 - Programación detallada (Look Ahead), el Análisis de restricciones y el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**

#### PROGRAMACIÓN DETALLADA (LOOK AHEAD)

El desarrollo del Look Ahead, determinó los siguientes alcances:

- Se redujo la variabilidad y se incrementó la confianza al buscar que los trabajos tengan un flujo continuo.

El Look Ahead se realizó en 02 momentos:

- En el primer momento (en un viernes) se identificaron las restricciones y se definió una fecha de compromiso de liberación.
- En el segundo momento (en un viernes de la siguiente semana) se verificó el estatus de la liberación de las restricciones identificadas.

El intervalo de la ventana elegida para el Look Ahead, por el equipo de obra fue de 3 semanas. Las ventanas y los momentos de su elaboración fueron las siguientes:

- Ventana 1: Elaboración Look Ahead Semana 1 a 3: 02/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 04/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

- Ventana 2: Elaboración Look Ahead Semana 2 a 4: 04/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 11/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

- Ventana 3: Elaboración Look Ahead Semana 3 a 5: 11/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 18/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

Se agregó una ventana adicional debido a retrasos en la liberación de las restricciones.

- Ventana 4: Elaboración Look Ahead Semana 4 a 5: 18/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 25/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

El análisis de las restricciones determinó los siguientes alcances:

- Se identificaron todas las restricciones de las tareas, obteniendo dos resultados; o bien estaban liberadas o bien tenían una fecha comprometida para la liberación de dicha restricción.

La relación entre restricciones totales vs restricciones liberadas, valor que representa que porcentaje de restricciones liberadas que se encuentran dentro de cada ventana Look Ahead, son los siguientes:

- Ventana 1:  $\frac{\text{Restricciones liberadas}}{\text{Restricciones totales}} = \frac{13}{28} = 46.42\%$

- Ventana 2:  $\frac{\text{Restricciones liberadas}}{\text{Restricciones totales}} = \frac{16}{21} = 76.19\%$

- Ventana 3:  $\frac{\text{Restricciones liberadas}}{\text{Restricciones totales}} = \frac{06}{11} = 54.54\%$

- Ventana 4:  $\frac{\text{Restricciones liberadas}}{\text{Restricciones totales}} = \frac{06}{06} = 100\%$

El Análisis de restricciones se realizó en 02 momentos:

- En el primer momento (en un viernes) se identificaron las restricciones y se definió una fecha de compromiso de liberación.
- En el segundo momento (en un viernes de la siguiente semana) se verificó el estatus de la liberación de las restricciones identificadas.

Los momentos para la elaboración de la Lista de restricciones fueron los siguientes:

- Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 1 a 3: 02/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 04/09/2020 ( verificación estatus de liberación).
- Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 2 a 4: 04/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 11/09/2020 ( verificación estatus de liberación).
- Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 3 a 5: 11/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 18/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

Adicionalmente se realizó la lista de restricciones considerando solo la ventana de las semanas 4 y 5 (Ventana de 02 semanas), esto debido a que hasta el Look Ahead anterior, se mantenían las restricciones para las tareas de estas dos últimas semanas, las cuales se tenían que ejecutar sin mayor retrasos.

- Elaboración Lista de restricciones del Look Ahead Semana 4 a 5: 18/09/2020 (fecha identificación y compromiso) - 25/09/2020 ( verificación estatus de liberación).

## INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE

El Inventario de trabajo ejecutable determinó los siguientes alcances:

- En el ITE se programaron los trabajos libres de restricciones, solo en la última semana de trabajo, se programaron actividades no liberadas pero con un compromiso inamovible de liberación por tratarse de la culminación de la obra.

El Inventario de trabajo se realizó en el segundo momento de la elaboración del Look Ahead y el Análisis de restricciones, dichos momentos son los siguientes:

- Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 1 (semana 37 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 04/09/2020 – Semana de trabajo: del 07/09/2020 AL 12/09/2020.

- Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 2 (semana 38 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 11/09/2020 – Semana de trabajo: del 14/09/2020 AL 19/09/2020.

- Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 3 (semana 39 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 18/09/2020 – Semana de trabajo: del 21/09/2020 AL 26/09/2020.

- Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 4 (semana 40 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 25/09/2020 – Semana de trabajo: del 28/09/2020 AL 03/10/2020.

El ITE de la última semana de ejecución no se realizó junto con el Look Ahead y el Análisis de restricciones y su momento de elaboración fue el siguiente:

Elaboración Inventario de trabajo ejecutable - semana 5 (semana 41 del 2020): Fecha Reunión Semanal: 02/10/2020 – Semana de trabajo: del 05/10/2020 AL 10/10/2020.

#### **4.4 Resultados objetivo específico 04 - Plan semanal, el Análisis del porcentaje del plan completado (PPC) y Análisis de las causas de no cumplimiento (CNC)**

##### PLAN SEMANAL

El Plan semanal determinó los siguientes alcances:

- En el plan semanal se programaron los trabajos indicados en el ITE (el cual tenía un horizonte de tres semanas).

El Plan semanal se realizó en el segundo momento de la elaboración del Look Ahead y el Análisis de restricciones, dichos momentos son los siguientes:

- Elaboración Plan semanal - semana 1 (semana 37 del 2020): Fecha reunión elaboración Plan Semanal: 04/09/2020 – Semana de trabajo: del 07/09/2020 AL 12/09/2020.

- Elaboración Plan semanal - semana 2 (semana 38 del 2020): Fecha reunión elaboración Plan Semanal: 11/09/2020 – Semana de trabajo: del 14/09/2020 AL 19/09/2020.

- Elaboración Plan semanal - semana 3 (semana 39 del 2020): Fecha reunión elaboración Plan Semanal: 18/09/2020 – Semana de trabajo: del 21/09/2020 AL 26/09/2020.

- Elaboración Plan semanal - semana 4 (semana 40 del 2020): Fecha reunión elaboración Plan Semanal: 25/09/2020 – Semana de trabajo: del 28/09/2020 AL 03/10/2020.

El Plan semanal de la última semana de ejecución no se realizó junto con el Look Ahead y el Análisis de restricciones y su momento de elaboración fue el siguiente:

- Elaboración Plan semanal - semana 5 (semana 41 del 2020): Fecha reunión elaboración Plan Semanal: 02/10/2020 – Semana de trabajo: del 05/10/2020 AL 10/10/2020.

### ANÁLISIS DEL PPC Y DE LAS CNC

En la cuarta reunión de trabajo realizada el 11 setiembre del 2020 (viernes), se procedió a realizar el análisis del PPC y las CNC de la primera semana de trabajo, y en los viernes siguientes se desarrollaron los siguientes análisis de PPC y CNC.

Los momentos para el análisis del PPC y CNC, de las semanas de trabajo fueron los siguientes:

- Análisis del PPC y CNC - semana 1 (semana 37 del 2020): Fecha de Análisis: 11/09/2020 – Semana de trabajo: del 07/09/2020 AL 12/09/2020.

- Análisis del PPC y CNC - semana 2 (semana 38 del 2020): Fecha de Análisis: 18/09/2020 – Semana de trabajo: del 14/09/2020 AL 19/09/2020.

- Análisis del PPC y CNC - semana 3 (semana 39 del 2020): Fecha de Análisis: 25/09/2020 – Semana de trabajo: del 21/09/2020 AL 26/09/2020.

- Análisis del PPC y CNC - semana 4 (semana 40 del 2020): Fecha de Análisis: 02/10/2020 – Semana de trabajo: del 28/09/2020 AL 03/10/2020.

- Análisis del PPC y CNC - semana 5 (semana 41 del 2020): Fecha de Análisis: 09/10/2020 – Semana de trabajo: del 05/10/2020 AL 10/10/2020.

El Análisis del PPC y CNC determinaron los siguientes alcances:

- El % PPC tuvo una evolución semana a semana creciente en las primeras 3 semanas, en la cuarta semana bajó ligeramente y la última tuvo un valor del 100%, según la siguiente figura.

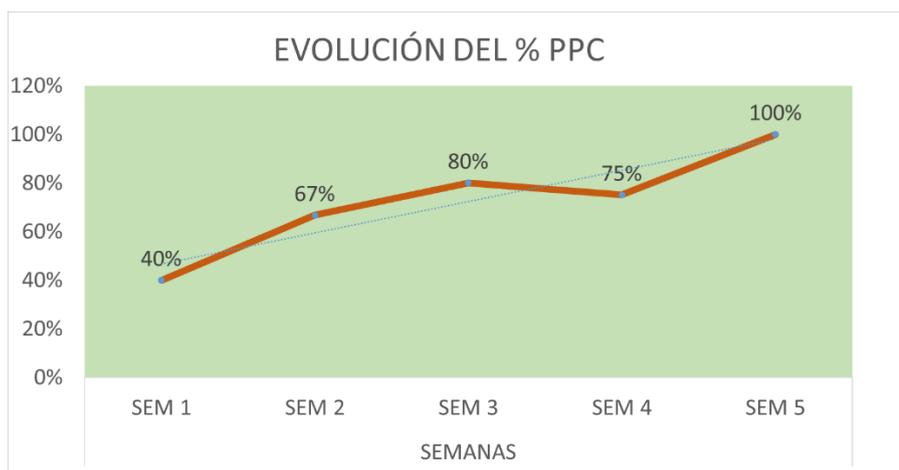


Figura 59 Gráfica de Evolución del PPC semanal – Semana 1 a 5

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se calculó el PPC como obra, ponderando todas las tareas cumplidas y no cumplidas en todas las semanas, resultando un promedio de PPC = 66%, en la siguiente figura se muestra dicho valor en contexto con el PPC por semana.

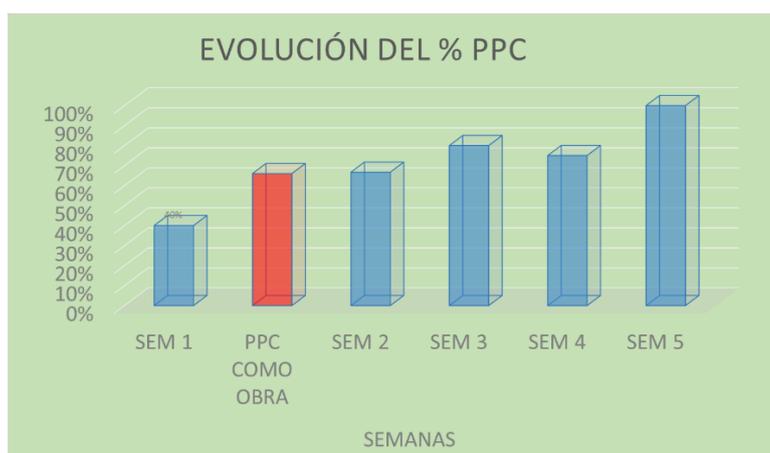


Figura 60 Diagrama de Evolución del PPC semanal – Semana 1 a 5 y PPC como obra

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 176)

- Las CNC identificadas semana a semana se procesaron a una base de datos para su análisis y se determinaron que las más recurrentes fueron: subcontratas (sc) con 53%, esperas o tiempo de inactividad (espe) con 7% y movimientos innecesarios (mov inne) con 40%, según la siguiente figura.

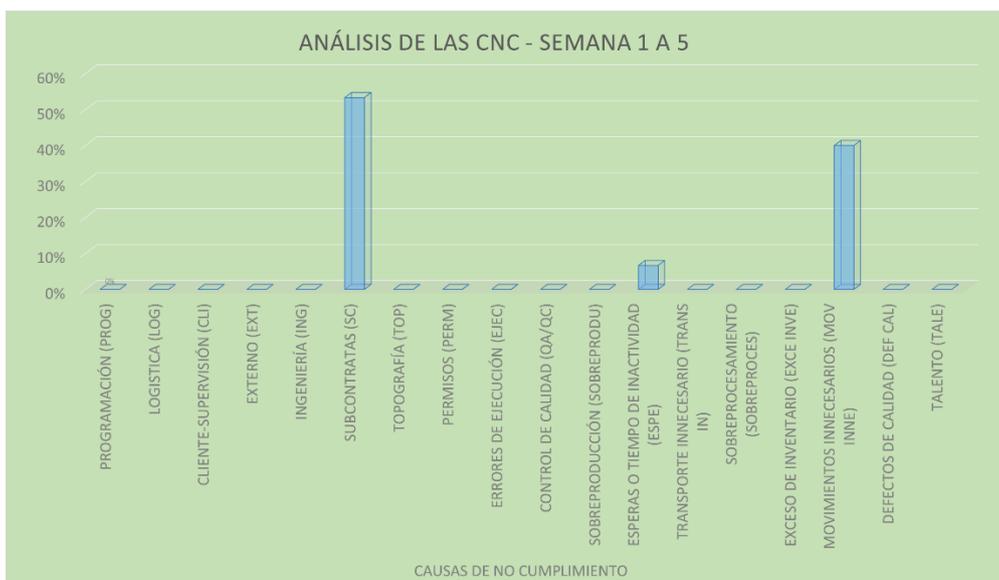


Figura 61 Diagrama de las CNC más recurrentes en contraste con el catalogo de CNC consideradas en el análisis – Semana 1 a 5

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se realizó un gráfico que incluye solo las CNC más recurrentes.



Figura 62 Diagrama de Evolución del PPC semanal – Semana 1 a 5 y PPC como obra

Fuente: Adaptado de (Gonzales Ventura, 2018, pág. 176)

#### 4.5 Resultados objetivo específico 05 - Optimización de la eficiencia y eficacia

##### EFICIENCIA

Como resultado de la aplicación del sistema de control Last Planner, se optimizó la Eficiencia (referidos a la productividad de la obra). Según el siguiente cuadro y gráfico.

EFICIENCIA DEL PROYECTO		
NOMBRE DE PROYECTO		
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO		
	COSTOS	
	SIN LAS PLANNER	CON LAST PLANNER
COSTOS	S/.104,000.00	S/.91,901.10
OPTIMIZACIÓN	<b>12%</b>	

Figura 63 Cuadro comparativo de costos del proyecto (EFICIENCIA)

Fuente: Elaboración propia



Figura 64 Gráfico comparativo de costos del proyecto (EFICIENCIA)

Fuente: Elaboración propia

## EFICACIA

Como resultado de la aplicación del sistema de control Last Planner, se optimizó la Eficacia (referidos a la productividad de la obra). Según el siguiente cuadro y gráfico.

EFICACIA DEL PROYECTO		
NOMBRE DE PROYECTO		
"ADECUACIÓN DE CAJA CERRADA E INSTALACIÓN DE ACOMETIDAS PARA UN NUEVO LOCAL" EN UN CENTRO COMERCIAL EN EL CALLAO		
	COSTOS	
	SIN LAS PLANNER	CON LAST PLANNER
TIEMPO EN DIAS	42	30
OPTIMIZACIÓN	<b>29%</b>	

Figura 65 Cuadro comparativo de tiempos del proyecto (EFICACIA)

Fuente: Elaboración propia



Figura 66 Gráfico comparativo de tiempos del proyecto (EFICACIA)

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

### **5.1 Conclusiones objetivo específico 01 - Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y la Estructura de organización del proyecto (OBS)**

#### ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (EDT)

La realización de la EDT brindó las siguientes conclusiones:

- La estructuración de los niveles del EDT del proyecto, se basó en el diagrama operacional del proceso constructivo de todo el proyecto, así mismo, dicho planteamiento brindó una mejor estructuración jerárquica de los trabajos.
- La estructuración de los niveles del EDT dividió las actividades en partes manejables para la designación de los recursos y mano de obra necesarios, lo cual permitió un mejor trabajo en equipo y ordenamiento en el area de trabajo.

#### ESTRUCTURA DE ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO (OBS)

La OBS brindó las siguientes conclusiones:

- La estructura de la OBS del proyecto, el cual se refiere a la organización del equipo de obra, se gestionó para establecer responsabilidades específicas al personal de obra lo cual permitió un mejor control del flujo de trabajo y liberación de restricciones.

## **5.2 Conclusiones objetivo específico 02 - Planificación maestra y Planificación de fases**

### PLANIFICACIÓN MAESTRA

La planificación maestra brindó las siguientes conclusiones:

- La planificación maestra con un tiempo de ejecución de 42 días, excedía el plazo indicado en las bases de licitación (de 35 días), por lo que el proyecto necesitaba un sistema de control de la producción que evite posibles penalidades, el cual se implementó promoviendo con diligencia y liderazgo el compromiso en todo el equipo de trabajo
- El desarrollo de las actividades del proyecto demostraron que la elección de una fase para el proyecto fue adecuada, ya que debido a la duración del proyecto y la interrelación de los trabajos, se determinó como el entregable adecuado de la fase, a la entrega de la obra.
- Los hitos principales estuvieron cercanos los unos a los otros, debido a la corta duración del proyecto y a la interrelación de los trabajos, y para ello se gestionó que el equipo de obra tenga respuestas rápidas.

### PLANIFICACIÓN DE FASES:

La planificación de fases brindó las siguientes conclusiones:

- Mediante un trabajo en equipo se identificaron algunos conflictos en la secuencia de las actividades del Plan Maestro durante la Pull Session, lo cual benefició a la planificación.
- Se identificaron restricciones respecto a los horarios permitidos por el centro comercial para los trabajos, gracias a la participación del equipo de obra, lo cual permitió organizar mejor los trabajos de las subcontratas.

- Mediante una adecuada comunicación oral hacia el personal de obra sobre los objetivos de la planificación maestra, se logró reducir los plazos de ejecución del proyecto.
- El uso de paneles de visualización, ayudó a la reducción de tiempos de ejecución de las tareas y solapes, determinando una duración total del proyecto de 05 semanas (desde 07 setiembre hasta 06 octubre), lo cual hace un tiempo de ejecución: 30 días.

### **5.3 Conclusiones objetivo específico 03 - Programación detallada (Look Ahead), el Análisis de restricciones y el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**

#### PROGRAMACIÓN DETALLADA (LOOK AHEAD)

La planificación intermedia brindó las siguientes conclusiones:

- La propuesta realizada con un razonamiento crítico para que la elaboración del Look Ahead sea realizado en 02 momentos fue la más adecuada, debido a que el personal de obra tenía un intervalo de tiempo para la liberación de las restricciones.
- La propuesta de realizar la identificación de las restricciones y definir una fecha de compromiso de su liberación en el momento 01 como parte de la elaboración del Look Ahead, fue acertada y proveniente de un análisis lógico así mismo estableció un compromiso de los agentes responsables.
- La propuesta de realizar la verificación del estatus de la liberación de las restricciones en el momento 02 como parte de la elaboración del Look Ahead, fue realizad con un análisis crítico que permitió actualizar el Look Ahead previo a la semana de trabajo siguiente.

#### ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

El análisis de las restricciones brindó las siguientes conclusiones:

- El análisis de restricciones sinceró los trabajos a programar en el Look Ahead, esto lo demuestra la actualización que tuvo la ventana 2 respecto a la ventana 1; ya que mediante un análisis crítico se pudo observar, que debido a la incertidumbre que había para la liberación de las restricciones para el vaciado de la losa, se optó por cambiar su orden de ejecución para después de los ítems de retiro de alambres, fierros en techo, resanes en techo, resanes en tabiques y desmontaje de tabiques.
- Se observa que el porcentaje de restricciones liberadas que se encuentran dentro de cada ventana Look Ahead, fue creciendo, esto fue debido a que se optó por sincerar la fecha de liberación de restricciones y comprometer al equipo para cumplir con las fechas de liberación.
- La propuesta realizada con un razonamiento crítico para que el análisis de restricciones sea realizado en 02 momentos fue la más adecuada, debido a que el personal de obra tenía un intervalo de tiempo para la liberación de las restricciones.
- La elaboración de la lista de restricciones de la última ventana (semana 4 y 5) fue determinada por un análisis crítico en el que debido a que existían tareas con restricciones sin liberar se optó por actualizar nuevamente la ventana Look Ahead.

#### INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE:

El ITE brindó las siguientes conclusiones:

- Se tomó la decisión de incluir actividades no liberadas en el ITE, solo en la última semana de trabajo, por tratarse de la culminación de la obra.
- Mediante un análisis crítico se decidió incluir un diagrama de Gantt en el ITE, para que el personal pueda tener una referencia visual de las fechas de ejecución de los trabajos posibles a realizar, lo cual benefició al equipo de trabajo.

#### **5.4 Conclusiones objetivo específico 04 - Plan semanal, el Análisis del porcentaje del plan completado (PPC) y Análisis de las causas de no cumplimiento (CNC)**

##### PLAN SEMANAL

El Plan Semanal brindó las siguientes conclusiones:

- Se tomó la decisión de realizar el plan semanal los días viernes, debido a que por cualquier emergencia, el equipo se podría reunir los días sábados, previo a la semana de trabajo siguiente.
- En el plan semanal se optó por agregar un espacio para indicar el PPC y las CNC dentro de la misma tabla, debido a que brindaba una referencia visual de la confiabilidad de la programación realizada.

##### ANÁLISIS DEL PPC Y DE LAS CNC

El Análisis del PPC y de las CNC brindaron las siguientes conclusiones:

- Mediante un análisis realizado por el equipo de obra se decidió colocar los días jueves (un día anterior al análisis del PPC y CNC) como plazo para la liberación de las restricciones. Como consecuencia el % PPC tuvo una evolución semana a semana creciente en las primeras 3 semanas, en la cuarta semana bajó ligeramente debido a que el personal obrero cayó nuevamente en los movimientos innecesarios (desperdicio), no obstante se corrigió esta actitud subestándar y la última semana el PPC tuvo un valor del 100% sin CNC presentes.

### **5.5 Conclusiones objetivo específico 05 - Optimización de la eficiencia y eficacia**

La optimización de la eficiencia y eficacia, brindaron las siguientes conclusiones:

#### **EFICIENCIA**

- Mediante un análisis crítico se decidió realizar la comparación de los costos en dos contextos. En un momento considerando el proceso tradicional de ejecución de obras seguido por la empresa (sin aplicación del Last Planner) y otro como resultado de la aplicación del Last Planner como sistema de control de la producción.

#### **EFICACIA**

- Mediante un análisis crítico se decidió realizar la comparación de los tiempos de ejecución en dos contextos. En un momento considerando el proceso tradicional de ejecución de obras seguido por la empresa (sin aplicación del Last Planner) y otro como resultado de la aplicación del Last Planner como sistema de control de la producción.

### **5.6 Conclusiones generales**

- Mediante un análisis crítico se determinó que debido a que los objetivos del presente trabajo era la implementación de un sistema de control, la herramienta Lean a desarrollar en el presente estudio más adecuada es el Last Planner. La cual se encuentra indicado en la fase de control (figura 8).

## **CAPÍTULO VI. LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Recomendaciones objetivo específico 01 - Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS) y la Estructura de organización del proyecto (OBS)**

#### **ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (EDT)**

La EDT brindó las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda incentivar al equipo de obra para que compartan la estructuración de los niveles de la EDT. Una lección aprendida fue que el maestro de obra no compartió la estructura de la EDT al personal obrero con el fin de comprometerlos con los principios Lean.
- Se recomienda incluir el desarrollo de la EDT en el control de la productividad de futuros proyectos de construcción . Una lección aprendida fue que el equipo de obra controló mejor cada etapa del proyecto.

#### **ESTRUCTURA DE ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO (OBS)**

La OBS brindó las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda incluir el desarrollo de la OBS en el control de la productividad de futuros proyectos de construcción . Una lección aprendida fue que el equipo interactuó con cada miembro de su grupo organizativo.

## **6.2 Recomendaciones objetivo específico 02 - Planificación maestra y Planificación de fases**

### PLANIFICACIÓN MAESTRA

La planificación maestra brindó las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que para futuros proyectos que deseen aplicar el Last Planner System, realizar la planificación maestra teniendo en consideración el coste de las actividades y recursos críticos (equipos, materiales, mano de obra). Una lección aprendida fue que recién en la planificación de fases, se sinceraron dichos costos.

### PLANIFICACIÓN DE FASES

La planificación de fases brindó las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que para futuros proyectos que deseen aplicar el Last Planner System, iniciar la Pull Session con una conversación sobre las expectativas de la obra y la presentación de los participantes, debido a que eso brinda una meta clara en común con todo el equipo de obra de lo que busca lograr la empresa. Una lección aprendida fue que al inicio de las actividades el personal de obra no tenía claro las expectativas que tenía la empresa respecto al proyecto.

- Se recomienda utilizar una sala adecuada y cómoda para las reuniones de equipo. Una lección aprendida fue que el espacio disponible no tenía una adecuada ventilación.

### **6.3 Recomendaciones objetivo específico 03 - Programación detallada (Look Ahead), el Análisis de restricciones y el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**

#### **PROGRAMACIÓN DETALLADA (LOOK AHEAD)**

La planificación intermedia brindó las siguientes recomendaciones:

- Para futuros proyectos, se recomienda reforzar el compromiso profesional del equipo de trabajo, en las reuniones de elaboración del Look Ahead. Una lección aprendida fue que se observó una resistencia inicial del personal de obra que luego fue corregida, ya que conforme se iban demostrando las ventajas competitivas de la metodología, el personal mostró dedicación para el éxito del proyecto

#### **ANÁLISIS DE RESTRICCIONES**

El análisis de las restricciones brindó las siguientes recomendaciones:

- Para futuros proyectos, se recomienda actualizar el Look Ahead en base al análisis de restricciones, semana a semana . Una lección aprendida fue que en la actualización de la ventana 2 del Look Ahead, se cambió el orden del vaciado de la losa que tenía restricciones con incertidumbre en su liberación, lo cual benefició al proyecto al darle un flujo de trabajo continuo.

#### **INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE**

El ITE brindó las siguientes recomendaciones:

- Para futuros proyectos, se recomienda incluir un diagrama de Gantt en el ITE. Una lección aprendida fue que el personal tuvo una referencia visual de las fechas de ejecución de los trabajos posibles a realizar, lo cual benefició al equipo de trabajo.

#### **6.4 Recomendaciones objetivo específico 04 - Plan semanal, el Análisis del porcentaje del plan completado (PPC) y Análisis de las causas de no cumplimiento (CNC)**

##### PLAN SEMANAL

El Plan Semanal brindó las siguientes conclusiones:

- Para futuros proyectos de construcción, se recomienda realizar el plan semanal los días viernes. Una lección aprendida fue que en la semana 1 surgió una emergencia con la contrata, y el equipo se reunió al día siguiente (sábado) y pudo corregir el inconveniente previo a la semana de trabajo siguiente.
- Para futuros proyectos de construcción, se recomienda agregar un espacio para indicar el PPC y las CNC dentro de la misma tabla. Una lección aprendida fue que el equipo de obra tuvo una adecuada referencia visual de la confiabilidad de la programación realizada.

##### ANÁLISIS DEL PPC Y DE LAS CNC:

El Análisis del PPC y de las CNC brindaron las siguientes recomendaciones:

- Para futuros proyectos, se recomienda colocar las fechas límite de liberación de restricciones los días jueves (un día anterior al análisis del PPC y CNC) como plazo para la liberación de las restricciones. Una lección aprendida fue que el % PPC tuvo una evolución semana a semana creciente en las primeras 3 semanas, en la cuarta semana bajó ligeramente, sin embargo la última semana el PPC tuvo un valor del 100% sin CNC presentes.

## **6.5 Recomendaciones objetivo específico 05 - Optimización de la eficiencia y eficacia**

La optimización de la eficiencia y eficacia, brindaron las siguientes recomendaciones:

### **EFICIENCIA Y EFICACIA**

- Para futuros proyectos de construcción, en empresas que no aplican Lean Construction, se recomienda realizar la comparación de los costos y tiempos de ejecución en dos contextos. En un momento considerando el proceso tradicional de ejecución de obras (sin aplicación del Last Planner) y otro como resultado de la aplicación del Last Planner como sistema de control de la producción. Una lección aprendida fue que la gerencia y equipo de obra pudo observar que fue beneficioso para las utilidades y los plazos de ejecución de la empresa la implementación del sistema de control.

## **6.6 Recomendaciones generales**

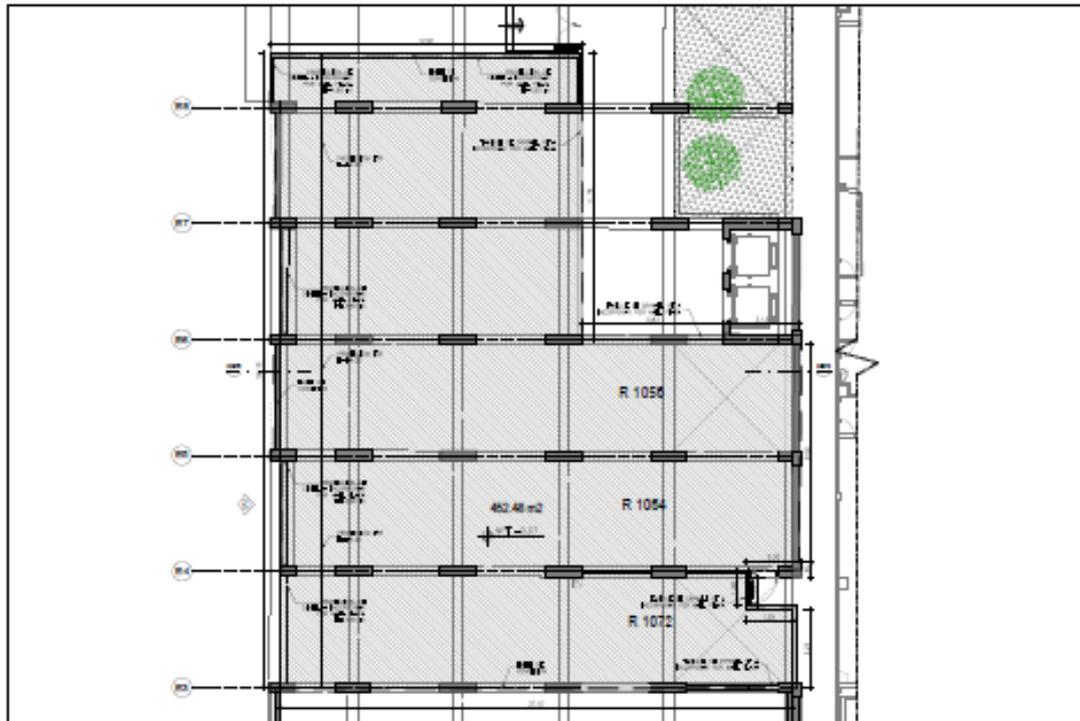
- Para futuros proyectos, se recomienda la implementación de herramientas Lean tales como el LPDS, IPD y BIM, teniendo en consideración que son herramientas se aplican desde la fase de definición del proyecto, lo cual brinda un mayor beneficio a los proyectos. Una lección aprendida fue que hubo problemas con el cliente, debido a que la empresa ejecutora se definió por un proceso de concurso posterior al desarrollo de los planos, especificaciones y documentación inicial.

## REFERENCIAS

- Abdelhamid, T. S. (15 de 05 de 2013). Escuela de Planificación, Diseño y Construcción. *Obtenido de Universidad del estado de michigan: [https://msu.edu/user/tariq/Learn\\_Lean.html](https://msu.edu/user/tariq/Learn_Lean.html)*
- Berrocal Zegarra, L. D., & de Souza Ferreyra, P. E. (2014). Aplicación del Método de Planificación "Last Planner" a la Construcción del Edificio Multifamiliar "Monte Real" en Santiago de Surco, Lima - Perú. *Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.*
- Botero Botero, L. F., & Álvarez Villa, M. E. (2004). *Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda.* EAFIT, 49-64.
- Castillo Maguiña, I. R. (2014). Inventario de Herramientas del Sistema de Entrega de Proyectos Lean (LPDS). *Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- Ghio Castillo, G. (2001). Productividad en obras de construcción. Diagnóstico, crítica y propuesta. *Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- Gonzales Ventura, C. A. (2018). Aplicación de la metodología last planner en el planeamiento, programación y control en la construcción de obras públicas de riego. *Lima, Perú: Universidad Privada del Norte.*
- Guzmán Tejada, A. (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. *Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- IGLC. (s.f.). IGLC. *Obtenido de <http://www.iglc.net/>*
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. *Finlandia: CIFE.*
- LCI. (s.f.). LCI. *Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/>*
- LCI. (s.f.). Lean Construction Institute - Glosario. *Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/learning/education/glossary/>*
- LCI PERU. (s.f.). LCI PERU. *Obtenido de <https://lciperu.org/>*
- Lean Construction Institute. (2007). The Last Planner Production System Workbook. *Berkeley: P2SL University of California.*
- Ocaña Corzo, G. (2018). Gestión de proyectos basado en la guía de PMBOOK para incrementar la productividad de la empresa Soltrak S.A. 2018. *Lima: Universidad Privada del Norte.*
- Orihuela, P., Orihuela, J., & Ulloa, K. (2011). Herramientas para la Gestión del Diseño en Proyectos de Edificación. *Lima, Perú.*
- Pons Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. *Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.*
- Pons Achell, J. F. (2019). Guías prácticas de Lean Construction. *Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.*
- Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Bucaramanga, Colombia.*
- Rodríguez Fernández, A., & Fernando Alar, L. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Chile.*
- Samame, R. (s.f.). bsgrupo.com. *Obtenido de <https://bsgrupo.com/bs-campus/blog/Que-es-Lean-Construction-o-Construccion-sin-Perdidas-83>*
- Serpell B., A. (1986). *Productividad en la Construcción.* Revista de la Ingeniería de Construcción N° 1, 53-59.
- Valle Rojas, J. M., & Ibáñez Vega, R. (2017). Mejora de la productividad en las partidas de falso cielo raso de superboard e instalación de ventanas de cristal templado mediante el uso de las herramientas de la filosofía lean construction. *Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.*

## ANEXOS

### ANEXO n.º 1. Plano de planta de local comercial.



PLANTA LOCAL COMERCIAL  
ESC: 1/200

**ANEXO n.º 2. Plano de localización.**



PLANTA DE LOCALIZACION  
S/E



**ANEXO n.º 4. Aprobación del MINSA del plan de vigilancia contra el covid 19.**

Búsqueda por RUC o Razón Social    Búsqueda por Sector

RUC

20601163277

ESTADO

Aprobada

Buscar

Limpiar

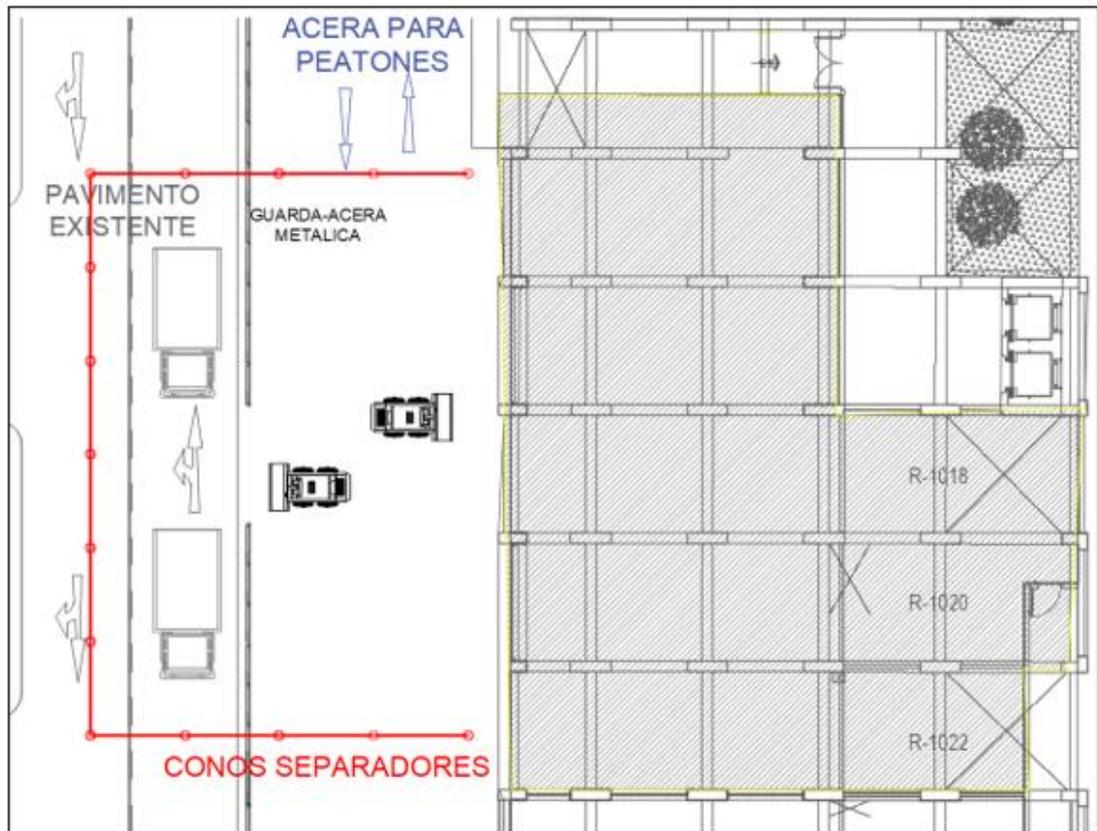
Buscar:

SECTOR	RUC	NOMBRE	SEDE	FECHA DE APROBACIÓN	ESTADO
Ministerio de la Producción	20601163277	CORPORACION BRINPER S.A.C.		05-06-2020	APROBADA

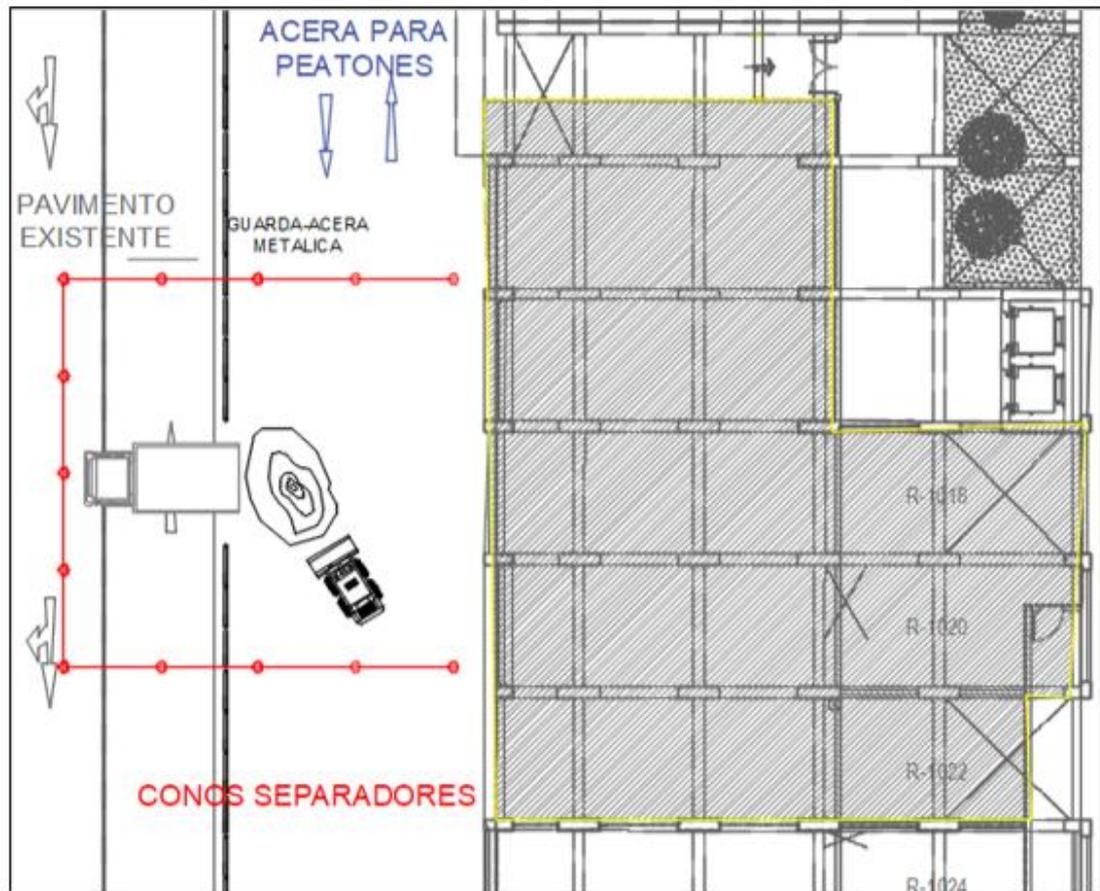
Mostrando de 1 a 1 de 1 Entradas

Anterior 1 Siguiete

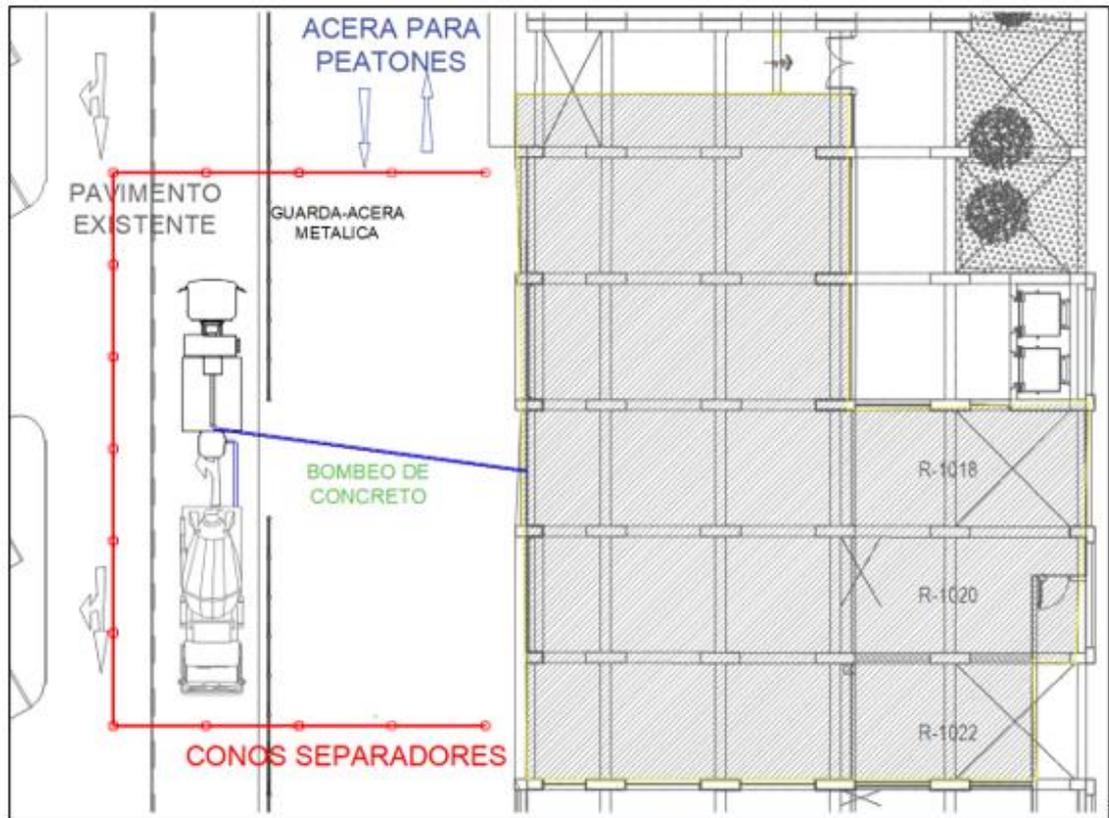
**ANEXO n.º 5. Layout de area de operaciones dentro de centro comercial para  
eliminación de material excedente**



**ANEXO n.º 6. Layout de area de operaciones dentro de centro comercial para  
ingreso de material de préstamo**



**ANEXO n.º 7. Layout de area de operaciones dentro de centro comercial para el  
vaciado de concreto, con mixer y bomba**



**ANEXO n.º 8. Evidencia fotográfica Obras provisionales y preliminares**

**PARTIDA: OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES**



*IMPLEMENTACIÓN CAMPAMENTO, AREA COVID, ALMACEN, SERVICIOS, ETC*



*IMPLEMENTACIÓN CAMPAMENTO, AREA COVID, ALMACEN, SERVICIOS, ETC*

**ANEXO n.º 9. Evidencia fotográfica demolición de losa y eliminación de escombros**

**PARTIDA: DEMOLICIÓN DE LOSA Y ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS**



**DEMOLICIÓN DE LOSA**



**DEMOLICIÓN DE LOSA**



**ACARREO DE ESCOMBRO GENERADOS**



**ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS GENERADOS**

**ANEXO n.º 10. Evidencia fotográfica excavación de terreno y eliminación de escombros**

**PARTIDA: EXCAVACIÓN DE TERRENO NATURAL Y ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS**



**EXCAVACIÓN DE TERRENO NATURAL Y ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS**

## ANEXO n.º 11. Evidencia fotográfica obras civiles

### PARTIDA: OBRAS CIVILES



### PERFILADO Y COMPACTACION



### BASE CON MATERIAL DE PRESTAMO

**ANEXO n.º 12. Evidencia fotográfica vaciado y acabado frotachado de losa**



*FALSO PISO DE CONCRETO  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ .*

**ANEXO n.º 13. Evidencia fotográfica trabajos varios (resanes en techo y muros,  
retiro de alambres, fierros, desmontaje de muros)**

**PARTIDA: TRABAJOS VARIOS (RESANES, RETIRO ALAMBRES, ETC)**



**RETIRO DE ALAMBRES Y RESANES EN TECHO**



**RESANES EN TABIQUES Y EN MUROS**



**RESANES EN TABIQUES Y EN MUROS**

## ANEXO n.º 14. Evidencia fotográfica acometidas e instalaciones

### PARTIDA: ACOMETIDAS (INSTALACIONES)



CANALIZADO ACOMETIDA COMUNICACIONES



CANALIZADO ACOMETIDA ELÉCTRICA NORMAL Y EMERGENCIA



ACOMETIDA DE AGUA Y PRUEBAS