

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DE MODELO DE GESTIÓN CON LAST
PLANNER® SYSTEM EN LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIO
ELEVADO TIPO INTZE**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR
JHONATAN SANTI URBANO
ID: 0009-0000-7865-1979

ASESOR
Mag. OMAR RENZO PADILLA LAGUNA
ID: 0000-0003-4745-0626

LIMA - PERÚ

2024

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir de la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Santi Urbano, Jhonatan

jhonatan.santi.u@uni.pe

916623065

DEDICATORIA:

*A Dios, por la sabiduría y fortaleza
entregada.*

*A mis padres, por el apoyo incondicional
a lo largo de mi carrera universitaria; en
especial, a mi madre Gladys, por
aguantar mis estados cambiantes de
ánimo, pasar malas noches y madrugar
todos los días para ayudarme.*

*A mis hermanos, por su gran compañía,
sobre todo a Junior, quien por su
condición, es y será, un motivo de
perseverancia para mí.*

*A mi familia, Yoslinda, David y
Jhonatan, por su gran compañía y
apoyo incondicional, durante la
ejecución de este proyecto.*

AGRADECIMIENTOS

Producto de mucho esfuerzo, tiempo y constancia he logrado desarrollar el presente trabajo de investigación, el más complicado y agotador hasta el momento. Por tal motivo, me encuentro muy orgulloso y satisfecho de haber logrado desarrollar con éxito esta Tesis. Pero este logro no se hubiera realizado sin el apoyo de personajes ilustres que incitaron un cambio de mejora en mi persona, a lo largo de mi vida académica; a quienes con mis más profundos y sinceros deseos, agradezco:

- A mi “Alma Mater”, la Universidad Nacional de Ingeniería, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil; porque a través de los excelentes docentes, más allá de traspasarme sus conocimientos adquiridos a lo largo de su trayecto profesional, me inculcaron virtudes y principios.
- A mi asesor el Mag. Ing. Omar R. Padilla Laguna, PMP® por sus observaciones, sugerencias y todo el tiempo brindado para supervisar el éxito de este proyecto. Particularmente, agradezco por haber aceptado mi tema y consecuentemente como tesista.
- Al Ing. Julio D. Alvarado Nunjar por el aprecio, la confianza y la oportunidad de desarrollarme como ingeniero de producción. Así mismo, por asistir mis inquietudes y guiarme en el proceso de desarrollo profesional.

Índice

Resumen	5
Abstract.....	7
Prólogo.....	9
Lista de tablas.....	10
Lista de figuras	11
Lista de símbolos y siglas	15
Capítulo I: Introducción.....	19
1.1 Generalidades	19
1.2 Descripción del problema de investigación	25
1.2.1 Proyecto de estudio	27
1.2.2 Formulación del problema.....	29
1.2.3 Problemas específicos.....	29
1.2.4 Justificación de la investigación	30
1.2.4.1 Justificación social	30
1.2.4.2 Justificación económica	30
1.2.4.3 Justificación práctica.....	31
1.2.5 Alcance de la investigación.....	31
1.3 Objetivos del estudio.....	32
1.3.1 Objetivo general.....	32
1.3.2 Objetivos específicos	32
1.4 Hipótesis del estudio.....	32
1.5 Metodología del estudio	33
1.6 Antecedentes investigativos.....	34
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	39
2.1 Proyectos de infraestructura	39
2.2 Proyectos de saneamiento.....	40
2.3 Reservorios	41

2.3.1 Reservoirs for storage of water.....	41
2.3.2 Elevated reservoir type intze.....	41
2.3.2.1 Structural components of the elevated reservoir type intze.....	41
2.3.3 Constructive process of the elevated reservoir type intze.....	42
2.4 Lean construction	44
2.4.1 Lean production	46
2.4.2 Lean thinking	46
2.4.3 Principles of lean construction.....	46
2.4.3.1 Minimize waste.....	47
2.4.3.2 Optimize everything.....	49
2.4.3.3 Continuous improvement	49
2.4.3.4 Value generation.....	49
2.4.3.5 Focus on the process and on the flow.....	50
2.4.3.6 Respect for people	51
2.4.4 Lean construction tools.....	51
2.5 Last planner® system	52
2.5.1 The last planner	53
2.5.2 Principles of the production control system.....	53
2.5.3 It must, it can, it will, it did and it learns.....	53
2.5.4 The methodology of the last planner® system	55
2.5.4.1 Master scheduling or master program.....	55
2.5.4.2 Look ahead planning (LAP).....	57
2.5.4.3 Weekly programming (PS)	59
2.5.4.4 Percentage of plan fulfillment (PPC)	60
2.5.4.5 Causes of non-compliance (CNC)	60
2.5.4.6 Continuous improvement	60
2.6 Current management model	61
2.7 Production management	62

2.7.1 Gestión de la productividad.....	62
2.7.2 Sistemas de producción eficiente (SPE)	63
2.7.3 Cadena de producción y teoría de lotes (TL)	63
2.7.4 Lotes de producción (LP) y lotes de transferencia (LT)	64
2.7.5 Modelo de conversión (MC) y modelo de flujo de procesos (MFP)	65
2.7.6 Categorías del trabajo en la construcción	65
2.7.7 Sectorización y trenes de trabajo	66
2.7.8 Carta balance	66
2.8 Gestión de costos	67
2.8.1 Línea base de costos.....	67
2.8.2 Gestión del valor ganado	67
2.9 Costos y presupuestos	69
2.10 Gestión de riesgos	70
Capítulo III: Diagnóstico situacional de modelos de gestión en la construcción de reservorios elevados tipo intze	72
3.1 Diagnóstico situacional	72
3.1.1 Encuesta de análisis	72
3.1.2 Listado de lecciones aprendidas	77
3.1.3 Observaciones en el lugar de los hechos y listado de desperdicios lean	80
3.1.4 Conclusiones del diagnóstico situacional	90
Capítulo IV: Descripción y desarrollo de la metodología last planner® system en la construcción de reservorio elevado tipo intze	92
4.1 Inicio	95
4.2 Planificación	95
4.3 Programación	97
4.4 Ejecución	98
4.5 Control y seguimiento	98
4.6 Cierre.....	99

Capítulo V: Implementación y resultados al aplicar la metodología last planner® system en la construcción de reservorio elevado tipo intze.....	100
5.1 Los 7 flujos principales.....	100
5.2 Implementación del modelo de gestión	102
5.2.1 Implementación del modelo de gestión al reservorio 03.....	107
5.2.2 Implementación del modelo de gestión al reservorio 91.....	122
5.2.3 Comparación de resultados operacionales	125
5.2.4 Verificación del proceso de investigación y contrastación de hipótesis ...	129
5.2.4.1 Verificación del proceso de investigación.....	129
5.2.4.2 Contrastación de la hipótesis	130
5.2.5 Proyección de implementación del modelo de gestión.....	131
Conclusiones	134
Recomendaciones	136
Referencias bibliográficas	138
Anexos	148

Resumen

Lean Construction es una filosofía de minimizar las pérdidas y aumentar el valor, que tiene más de 30 años de creación. Actualmente en los proyectos de construcción, todavía se continúa gestionando de manera convencional, en muchos casos, los proyectos terminan fuera del plazo y con sobrecostos, presentándose también, problemas de baja productividad y deficiencia en la planificación, control de producción y control de costos. El Last Planner® System es una metodología, que permite planificar y controlar los proyectos de construcción de manera colaborativa, creando compromisos confiables y sinergias para resultados exitosos. Las herramientas como el Look Ahead Planning y el Análisis de Restricciones, ayudan a tener una ventana más amplia, para planificar los recursos y reducir la variabilidad que se tiene en las obras.

La presente tesis se desenvuelve en cinco capítulos.

En el capítulo uno, se desarrolla la introducción de la investigación, los antecedentes referenciales, la problemática, el alcance, los objetivos e hipótesis que serán validadas al final de la tesis y la metodología de la investigación.

En el capítulo dos, se desarrolla los fundamentos y marco teórico de la tesis, como los proyectos de infraestructura, las obras de saneamiento, los reservorios elevados tipo Intze, Lean Construction, Last Planner® System, Gestión de la Producción, Costos y Presupuestos, Gestión de Costos y Gestión de Riesgos con línea base del Project Management Institute. También, se da una introducción a los elementos que componen a un reservorio elevado tipo Intze y el desarrollo del proceso constructivo.

En el capítulo tres, se realiza un diagnóstico situacional, mediante una encuesta con fines de conocimiento, sobre la gestión actual para la construcción de reservorios elevados tipo Intze, a ingenieros de producción y capataces que participaron en la ejecución del proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima. También, se comentan las experiencias y pensamientos de los capataces en la ejecución de proyectos similares. Por otro lado, se anotan los desperdicios Lean que se visualizan en la construcción de los reservorios, durante visitas a campo. Finalmente, se presenta los problemas de una gestión deficiente y un análisis

cuantitativo con respecto a los objetivos del proyecto, en donde, se propone un Modelo de Gestión.

En el capítulo cuatro, a partir de los aspectos deficientes encontrados en el Diagnóstico Situacional del Modelo de Gestión no Optimizado; se describe y desarrolla el Modelo de Gestión basado en Last Planner® System con herramientas de LC como Carta Balance, Gestión Visual de Planificación, los 7 Flujos Principales y Desperdicios Lean; también se usan herramientas del PMI como la Gestión del Valor Ganado. Estas herramientas se aplican a través de los grupos de procesos de inicio, planificación, programación, ejecución, control y seguimiento y cierre, durante la construcción del reservorio elevado tipo Intze.

En el capítulo cinco, se implementa el Modelo de Gestión basado en Last Planner® System a dos reservorios elevados tipo Intze, del proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima. Así mismo, se muestran los resultados de productividad, confiabilidad y cumplimiento de la programación, Plazo Ganado y Margen Económico de Obra, los que se comparan, con cuatro reservorios elevados tipo Intze, que fueron ejecutados mediante un Modelo de Gestión no Optimizado; como primer escenario. Como segundo escenario, se compara la ejecución de 4 reservorios elevados tipo Intze con el Modelo de Gestión no Optimizado con respecto a la Proyección del Modelo de Gestión LPS. También, se verifica el proceso de la investigación y contrastación de la hipótesis.

Abstract

Lean Construction is a philosophy of minimizing losses and increasing value, which has been in existence for more than 30 years. Currently, construction projects are still managed in a conventional manner; in many cases, projects end outside of deadline and with cost overruns, also presenting problems of low productivity and deficiencies in planning, production control and cost control. The Last Planner® System is a methodology that allows planning and controlling construction projects collaboratively, creating reliable commitments and synergies for successful results. Tools such as Look Ahead Planning and Constraint Analysis help to have a broader window to plan resources and reduce the variability that exists in the works.

This thesis unfolds in five chapters.

In chapter one, the introduction of the research, the background, the problem, the scope, the objectives and hypotheses that will be validated at the end of the thesis and the research methodology are developed.

In chapter two, the foundations and theoretical framework of the thesis are developed, such as infrastructure projects, sanitation works, Intze-type elevated reservoirs, Lean Construction, Last Planner® System, Production Management, Costs and Budgets, Cost Management and Risk Management with a baseline from the Project Management Institute. Also, an introduction to the elements that make up an elevated Intze-type reservoir and the development of the construction process is given.

In chapter three, a situational diagnosis is carried out, through a survey for knowledge purposes, on the current management for the construction of elevated Intze-type reservoirs, to production engineers and foremen who participated in the execution of the Matriz Próceres – Chorrillos project. Lima. Also, the experiences and thoughts of the foremen in the execution of similar projects are discussed. On the other hand, the Lean waste that is visualized in the construction of the reservoirs, during field visits, is noted. Finally, the problems of poor management and a quantitative analysis are presented with respect to the project objectives, where a Management Model is proposed.

In chapter four, based on the deficient aspects found in the Situational Diagnosis of the Non-Optimized Management Model; The Management Model based on Last Planner® System is described and developed with LC tools such as Balance Sheet, Visual Planning Management, the 7 Main Flows and Lean Waste; also PMI tools such as Earned Value Management are used. These tools are applied through the process groups of initiation, planning, programming, execution, control and monitoring and closure, during the construction of the Intze-type elevated reservoir.

In chapter five, the Management Model based on Last Planner® System is implemented to two elevated Intze-type reservoirs, of the Matriz Próceres – Chorrillos project, Lima. Likewise, the results of productivity, reliability and compliance with the schedule, Earned Time and Economic Margin of Work are shown, which are compared with four elevated Intze-type reservoirs, which were executed using a non-Optimized Management Model; as a first scenario. As a second scenario, the execution of 4 elevated Intze-type reservoirs is compared with the Non-Optimized Management Model with respect to the Projection of the LPS Management Model. Also, the research process and hypothesis testing is verified.

Prólogo

El presente trabajo de investigación desarrollado por Jhonatan Santi, nos muestra un modelo de gestión de la producción en obra, precisamente para la construcción de reservorio de agua potable, pudiéndose aplicar esta misma metodología de trabajo a cualquier reservorio de los diversos proyectos de saneamiento que hay en el Perú, con la finalidad de acercarnos a cumplir con los plazos de ejecución y por supuesto en el ahorro de dinero por el incremento de la productividad y optimización de recursos en obra.

Esta tesis, estoy realmente convencido que contribuirá en la formación de los profesionales de la ingeniería civil, y también para los profesionales que ya están en el campo de la construcción, para que puedan aplicar estas mismas herramientas y sacar las ventajas que en este documento se describen. Lamentablemente las herramientas aquí descritas no están siendo bien difundidas en las distintas universidades del país. Me ha tocado trabajar con profesionales, que no han tenido la oportunidad de trabajar con ellas, incluso no las han escuchado nunca; por ello tengo la seguridad que es un gran aporte para los proyectos de construcción de ingeniería civil y también para las otras disciplinas de la ingeniería que intervienen en los proyectos.

Finalmente, resalto la verdadera experiencia de Jhonatan Santi, aplicando estas herramientas de Valor Ganado, Lean, y de gestión de proyectos. Ha demostrado con la práctica que podemos hacer mejor las obras para el crecimiento del país.

ASESOR

Lista de Tablas

Tabla N°2.1: Denominación del sistema productivo de obras actuales con problemas típicos.	61
Tabla N°2.2: Resumen del análisis del valor ganado.	68
Tabla N°3.1: Costo adicional de no equilibrio de cuadrilla.	90
Tabla N°4.1: Aspectos deficientes del modelo de gestión no optimizado.	92
Tabla N°5.1: Rendimientos base y análisis de cuadrillas.	102
Tabla N°5.2: Cantidad de cuadrillas por fases.	103
Tabla N°5.3: Optimización del espacio de trabajo según materiales más incidentes.	104
Tabla N°5.4: Fases de ejecución para un reservorio elevado tipo Intze.	111
Tabla N°5.5: Resumen del plazo ganado para el reservorio 03.	121
Tabla N°5.6: Resumen del margen económico del reservorio 03.	121
Tabla N°5.7: Resumen de carta balance aplicado a las partidas más incidentes del reservorio 03.	121
Tabla N°5.8: Resumen del plazo ganado para el reservorio 91.	124
Tabla N°5.9: Resumen del margen económico del reservorio 91.	124
Tabla N°5.10: Resumen de carta balance aplicado a las partidas más incidentes del reservorio 91.	124
Tabla N°5.11: Resumen del plazo ganado para los reservorios del proyecto matriz próceres – chorrillos, lima.	125
Tabla N°5.12: Resumen del margen económico para los reservorios del proyecto matriz próceres – chorrillos, lima.	126
Tabla N°5.13: Cálculo del plazo ejecución para el reservorio 04.	131
Tabla N°5.14: Resumen del plazo ganado proyectado con el modelo de gestión, para 4 reservorios ejecutados con modelo de gestión no optimizado.	133
Tabla N°5.15: Resumen del margen económico adicional con el modelo de gestión, para 4 reservorios ejecutados con modelo de gestión no optimizado.	133

Lista de Figuras

Figura N°1.1: Relación entre la población con cobertura de agua potable y gasto mensual.	21
Figura N°1.2: Relación entre la población con cobertura de alcantarillado y gasto mensual.	22
Figura N°1.3: Población (%) con cobertura de los servicios de saneamiento por dominio geográfico.	22
Figura N°1.4: Indicadores de acceso a los servicios de saneamiento en el ámbito rural.	23
Figura N°1.5: Población del Perú con cobertura y sin acceso a agua potable y alcantarillado.....	24
Figura N°1.6: Mapa conceptual de los antecedentes investigativos.....	35
Figura N°2.1: Fases de desarrollo de proyectos de infraestructura.....	39
Figura N°2.2: Componentes estructurales de un reservorio elevado tipo intze. .	42
Figura N°2.3: Esquema gráfico de las etapas de vaciado de un reservorio elevado tipo intze.....	44
Figura N°2.4: Mapa conceptual sobre lean construction.	45
Figura N°2.5: Principios de lean construction.....	47
Figura N°2.6: Los 8 desperdicios de lean construction.	48
Figura N°2.7: Los 7 flujos principales.....	51
Figura N°2.8: Last planner® system dentro del universo lean.....	52
Figura N°2.9: Las cinco conversaciones en last planner® system.	54
Figura N°2.10: Esquema del debe – se hará – se puede.	54
Figura N°2.11: Ejemplo de plan de hitos principales a partir de cual se hará el plan de fases.....	55
Figura N°2.12: Ejemplo de planificación por fases de una vivienda unifamiliar ..	56
Figura N°2.13: Ejemplo de planificación pull de una fase para una edificación. .	57
Figura N°2.14: Tres niveles de planificación.	58
Figura N°2.15: Ejemplo de indicador para seguimiento de las restricciones.	59
Figura N°2.16: Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.	62
Figura N°2.17: Objetivos de los sistemas de producción eficiente.	63
Figura N°2.18: Flujo de la teoría de lotes.....	64
Figura N°2.19: Relaciones entre dos procesos consecutivos.....	64
Figura N°2.20: Modelo de conversión de procesos.....	65
Figura N°2.21: Modelo de conversión de flujos.....	65

Figura N°2.22: Esquema del presupuesto total de obra.	69
Figura N°2.23: Procesos de gestión de los riesgos del proyecto.....	70
Figura N°3.1: Profesión y puesto de trabajo de encuestados.....	73
Figura N°3.2: Experiencia laboral de encuestados.....	74
Figura N°3.3: Conocimiento y aplicabilidad de lean construction.	75
Figura N°3.4: Conocimiento y aplicabilidad del last planner® system.	75
Figura N°3.5: “Stockearse” de recursos.	76
Figura N°3.6: Gestión en los tipos de restricciones.....	76
Figura N°3.7: Plan de trabajo diario del capataz F.C.M.	79
Figura N°3.8: Plan de trabajo semanal del capataz F.C.M.....	80
Figura N°3.9: Retrabajos asociados a costos de no calidad, por errores cometidos en vaciados de muro fuste, fondo esférico y anillo de muro cilíndrico interior, respectivamente.	86
Figura N°3.10: Desorden en la zona de acopio, debido a materiales y equipos que ya fueron utilizados para la construcción del reservorio.	87
Figura N°3.11: Desorden en la zona de acopio, mezcla de equipos y materiales.	87
Figura N°3.12: Desperdicio de acero rolado de 3/4" para encofrado, no puede ser reutilizado por su curvatura.	88
Figura N°3.13: Desperdicio de concreto de vaciado de muro cuba.....	88
Figura N°3.14: Planilla obrera conformada por muchos operarios en la construcción de un reservorio.	89
Figura N°3.15: Mala organización del espacio de trabajo al construir el reservorio elevado.....	89
Figura N°3.16: Resultados importantes del diagnóstico situacional.	91
Figura N°4.1: Grupos de procesos para un proyecto lean.....	92
Figura N°4.2: Modelo de gestión para la construcción de reservorio elevado tipo intze.	94
Figura N°5.1: EDO para ejecución de la obra.	102
Figura N°5.2: Layout plan para la fase F1 (fuste) – reservorio 03.	105
Figura N°5.3: Layout plan para la fase F1 (fuste) – reservorio 91.	106
Figura N°5.4: Cronograma contractual del proyecto – reservorio 03.....	108
Figura N°5.5: Programación maestra – reservorio 03.	109
Figura N°5.6: Planificación por fases – reservorio 03.....	110
Figura N°5.7: Look ahead planning, semana 26 al 29 – reservorio 03.	111

Figura N°5.8: Análisis de restricciones, semana 12 – reservorio 03.....	112
Figura N°5.9: Porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento, semana 25 – reservorio 03.	113
Figura N°5.10: Herramienta de gestión visual para el control de avance semanal de concreto – reservorio 03.	114
Figura N°5.11: Control gráfico de avance semanal de concreto – reservorio 03.....	115
Figura N°5.12: Carta balance para la partida de colocación de acero – reservorio 03.	116
Figura N°5.13: Evolución de la confiabilidad del PPC – reservorio 03.....	117
Figura N°5.14: CNC al termino de ejecución del proyecto – reservorio 03.....	118
Figura N°5.15: Curva S de avance planificado vs avance real en función a los costos – reservorio 03.	119
Figura N°5.16: Margen económico según EVM – reservorio 03.....	120
Figura N°5.17: Evolución de la confiabilidad del PPC – reservorio 91.....	123
Figura N°5.18: Resultados operacionales de los reservorios del proyecto matriz próceres – chorrillos, lima.....	127
Figura N°5.19: Análisis del trabajo por carta balance para los reservorios 03 y 91.....	128
Figura N°5.20: Mapa conceptual sobre la verificación del proceso de investigación.	129
Figura N°B.1: Cronograma contractual del proyecto – reservorio 91.	156
Figura N°B.2: Programación maestra – reservorio 91.....	157
Figura N°B.3: Planificación por fases – reservorio 91.	158
Figura N°B.4: Look ahead planning (semana 44 al 47) y plan semanal (semana 44) – reservorio 91.....	159
Figura N°B.5: Porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento, semana 44 – reservorio 91.....	160
Figura N°B.6: Análisis de restricciones, semana 03 – reservorio 91.	161
Figura N°B.7: CNC al termino de ejecución del proyecto – reservorio 91.	162
Figura N°B.8: Herramienta de gestión visual para el control de avance semanal de concreto – reservorio 91.....	163
Figura N°B.9: Curva S de avance planificado vs avance real en función a los costos – reservorio 91.....	164

Figura N°B.10: Margen económico según EVM – reservorio 91.	165
Figura N°B.11: Carta balance para la partida de colocación de concreto – reservorio 91.	166

Lista de Símbolos y Siglas

Símbolos

3 Mu's	:	Muda, Mura y Muri
5 S	:	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke
5 Why's	:	5 Porqués
A3	:	Herramienta Lean
F1	:	Fase 1
F2	:	Fase 2

Siglas

AC	:	Actual Cost
APU	:	Análisis de Precios Unitarios
AR	:	Análisis de Restricciones
ATS	:	Análisis de Trabajo Seguro
BID	:	Banco Interamericano de Desarrollo
BIM	:	Building Information Modeling
CB	:	Cartas Balance
CBA	:	Choosing by Advantages
CD	:	Costos Directos
CI	:	Costos Indirectos
CNC	:	Causas de No Cumplimiento
CPI	:	Cost Performance Index
CPM	:	Critical Path Method
CT	:	Costo Total
CV	:	Cost Variance
EDO	:	Estructura de Desglose de la Organización
EDT	:	Estructura de Desglose del Trabajo

ENAH0	:	Encuesta Nacional de Hogares
ENAPRES	:	Encuesta Nacional de Programas Presupuestales
EV	:	Earned Value
EVM	:	Earned Value Management
FRS	:	First Run Studies
GG	:	Gastos Generales
HD	:	Hierro Dúctil
IGLC	:	International Group for Lean Construction
INEI	:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IPD	:	Integrated Project Delivery
ITE	:	Inventario de Trabajo Ejecutable
JIT	:	Just In Time
KPI	:	Key Performance Indicator
LAP	:	Look Ahead Planning
LC	:	Lean Construction
LCI	:	Lean Construction Institute
LM	:	Lean Manufacturing
LP	:	Lean Production
LP	:	Lotes de Producción
LPS	:	Last Planner® System
LT	:	Lotes de Transferencia
LWS	:	Lean Work Structure
MC	:	Modelo de Conversión
MEF	:	Ministerio de Economía y Finanzas
ME	:	Margen Económico
MFP	:	Modelo de Flujo de Procesos
MS	:	Master Scheduling

MVCS	:	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
NGA	:	Nivel General de Actividades
OMS	:	Organización Mundial de la Salud
ONU	:	Organización de las Naciones Unidas
OSCE	:	Organismo Supervisor de las Contrataciones con el Estado
PBI	:	Producto Bruto Interno
PDCA	:	Plan – Do – Check – Act
PF	:	Planificación por Fases
PG	:	Plazo Ganado
PM	:	Programación Maestra
PMI	:	Project Management Institute
PPC	:	Porcentaje de Plan Cumplido
PROINVERSION	:	Agencia de Promoción de la Inversión Privada
PS	:	Programación Semanal
PV	:	Planned Value
PVC	:	Cloruro de Polivinilo
REP	:	Reservorio Elevado Proyectado
SBD	:	Set Based Design
SEDAPAL	:	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SPE	:	Sistemas de Producción Eficiente
SPI	:	Schedule Performance Index
SUNASS	:	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
SUP	:	Sistema del Ultimo Planificador
SV	:	Schedule Variance
TC	:	Trabajo Contributorio
TL	:	Teoría de Lotes
TNC	:	Trabajo No Contributorio

TP	:	Trabajo Productivo
TPS	:	Toyota Production System
TVD	:	Target Value Design
U	:	Utilidad
VSM	:	Value Stream Mapping

Capítulo I: Introducción

1.1 Generalidades

Debido al crecimiento de la población mundial, aumentará la demanda del recurso natural del agua. Si al déficit de la cobertura de este servicio básico, se le añade la falta del servicio de alcantarillado, es de esperar impactos negativos en la población de una determinada ciudad. Los impactos se dan principalmente, en la salud de las personas, aumentando el riesgo en los casos de infecciones y enfermedades gastrointestinales como la diarrea, cólera y hepatitis; todo ello a causa de un saneamiento deficiente. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), se calcula que 564 mil habitantes al año, mueren por diarrea en el mundo.

Según la OMS (2023), en el mundo se tiene más de 2000 millones de habitantes con falta de servicios indispensables de agua potable, en el año 2021. Además, el 10% de la población mundial, consume alimentos que son regados con agua residual, siendo expuestos a sufrir enfermedades (OMS, 2024).

Por otro lado, el crecimiento de la población no es el impulsor clave del calentamiento global, pero mantiene una correlación directa, en base a los patrones de consumo y estilos de vida de las personas más ricas del mundo, es más, el 10% de la población más rica (grandes empresarios) contribuyen con el 50% de emisiones de CO₂ a la atmósfera, como consecuencia del aceleramiento industrial de automóviles, edificaciones, centrales hidroeléctricas y otras industrias (Unión de Científicos Conscientes, 2021).

En el 2023, el Perú se encuentra en el puesto 32 del mundo, debido al alto estrés hídrico que presenta y en el puesto 3 en América Latina. También, se estima que la población mundial, para el año 2050 presentaría un alto estrés hídrico (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico [CEPLAN], 2024).

Durante los últimos 50 años, el Perú ha perdido el 51% de sus glaciares, como consecuencia del cambio climático. Hace décadas, se tenía 20 cordilleras, pero en la actualidad, solo se tiene 18 cordilleras (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2020).

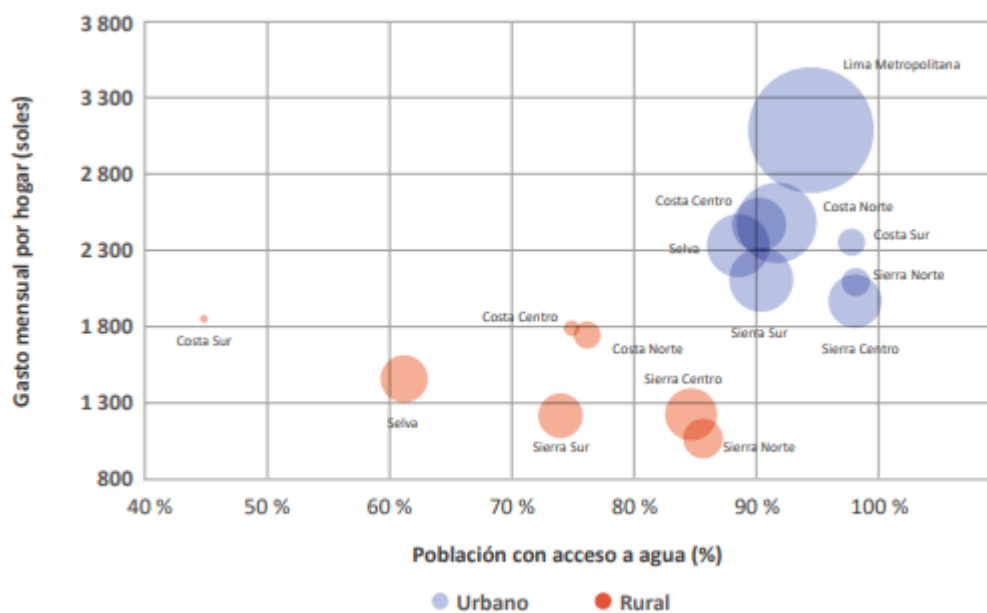
En la costa del Perú, prevalece el clima el subtropical árido, es decir, eventualmente se produce lluvias (Pastrana y Becerra, 2023), el cual, no debería desperdiciarse, ya que, las sequías podrían impactar de manera importante los sectores de agricultura y ganadería; además, el agua de lluvia se puede utilizar para usos no potables como una alternativa al estrés hídrico y cambio climático (desglaciación de los Andes), pero se deben de plantear nuevos proyectos para tal fin (Soluciones Hidropluviales, 2020).

La costa peruana, alberga a la mitad de la población del país, en esta zona se podría presentar escases de agua, debido a la contaminación (las aguas residuales no son tratadas, estas deberían ser tratadas antes de ser vertidas), la contaminación, también se da por la minería ilegal y la deforestación indiscriminada, por ello, es importante la concientización para un uso adecuado y aprovechamiento bajo normativas y penalidades (La Republica, 2024). También, otra forma de contaminación del agua (río y mar), es debido a que, los aviones vierten sus aguas grises al aire libre, durante el vuelo (Iagua, 2018). En la actualidad se está promoviendo el cómo reciclar el agua de los aviones, debido a la gran demanda en el mundo, a través de un depósito con propiedades químicas y biológicas, con el fin de reducir el peso del avión y consumo de combustible, para aminorar los costos (Asociación de la Industria Navarra [AIN], 2021).

En el Perú, el 65% de la población que vive en zonas rurales cuenta con el servicio de agua y el 37% con el servicio de saneamiento. En las zonas rurales de la amazonia peruana, como Ucayali, Loreto y Amazonas se ha impulsado un proyecto que permite una vida saludable (Agua para la Amazonia Peruana), este implica dotar de agua limpia, un saneamiento adecuado y hábitos de higiene, para beneficiar a 5000 familias de las comunidades más desfavorecidas por el gobierno, se ha construido letrinas ecológicas, nuevos sistemas de captación de agua de lluvia para mejorar el sistema de alcantarillado, ya que la lluvia es casi continua, con casi 220 días promedio, al año. Las soluciones son amigables con el Medio Ambiente y ayudan a combatir las infecciones diarreicas y respiratorias, además, eliminar progresivamente las desigualdades culturales (Fundación Aquae, 2017).

El saneamiento desde el punto de vista estratégico, es el principal medio para el desarrollo sostenible; pero existen marcadas diferencias en las zonas urbanas y zonas rurales (concentrado y disperso), la población menos atendida es la más vulnerable en la cobertura de los servicios, calidad de prestación, calidad del agua, tarifas elevadas y deficiencias en los sistemas construidos (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2023).

Según la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH, 2020) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en la Figuras N° 1.1 y N°1.2, se muestran que las familias con mayor poder adquisitivo, gozan de mayor acceso de agua potable y alcantarillado que las familias de menor poder adquisitivo, también, concluye las diferencias en las brechas de las zonas urbanas sobre las zonas rurales (MVCS, 2023).



Implementación de Modelo de Gestión con Last Planner® System en la Construcción de Reservoirio Elevado Tipo Intze
Bach. Jhonatan Santi Urbano

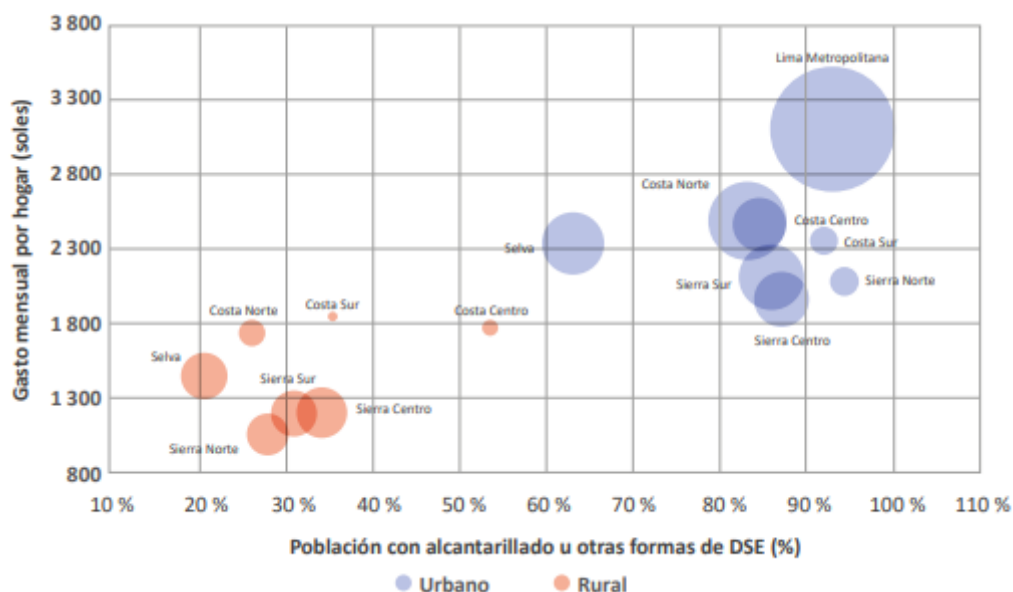


Figura N°1.2: Relación entre la población con cobertura de alcantarillado y gasto mensual.

Elaborado por la Dirección de Saneamiento con datos de INEI-ENAH0 (2020).

Según la Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (ENAPRES, 2020) del INEI, en la Figura N°1.3, se muestra la cobertura de los servicios básicos de saneamiento a nivel regional del Perú, para mapear donde contribuir con el cierre de brechas (MVCS, 2023).

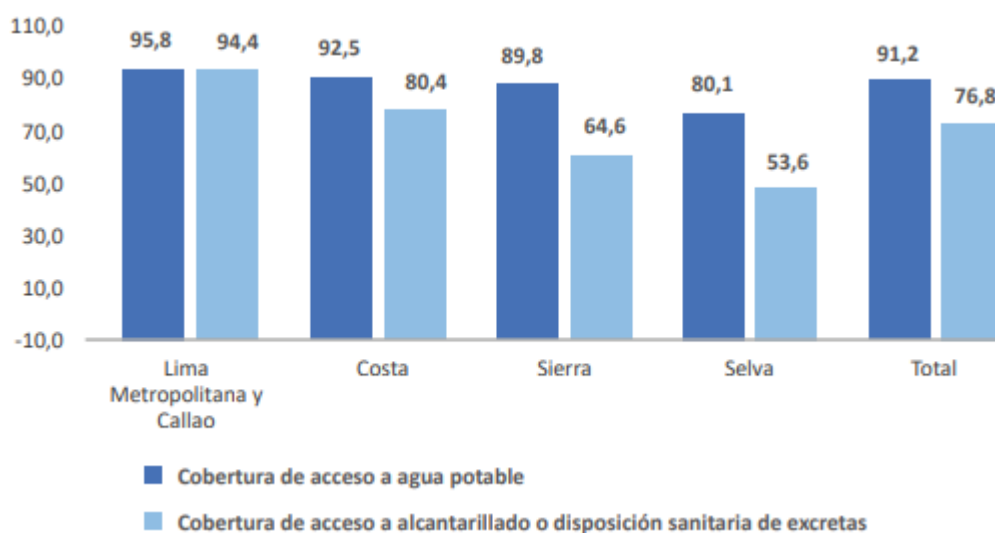


Figura N°1.3: Población (%) con cobertura de los servicios de saneamiento por dominio geográfico.

Elaborado por la Dirección de Saneamiento con datos de INEI-ENAPRES (2020).

También, se muestra la Figura N°1.4, la diferencia de cobertura de saneamiento a nivel regional según el ámbito rural, ya que, es la población más vulnerable y que necesita una planificación ordenada y priorizada (MVCS, 2023).

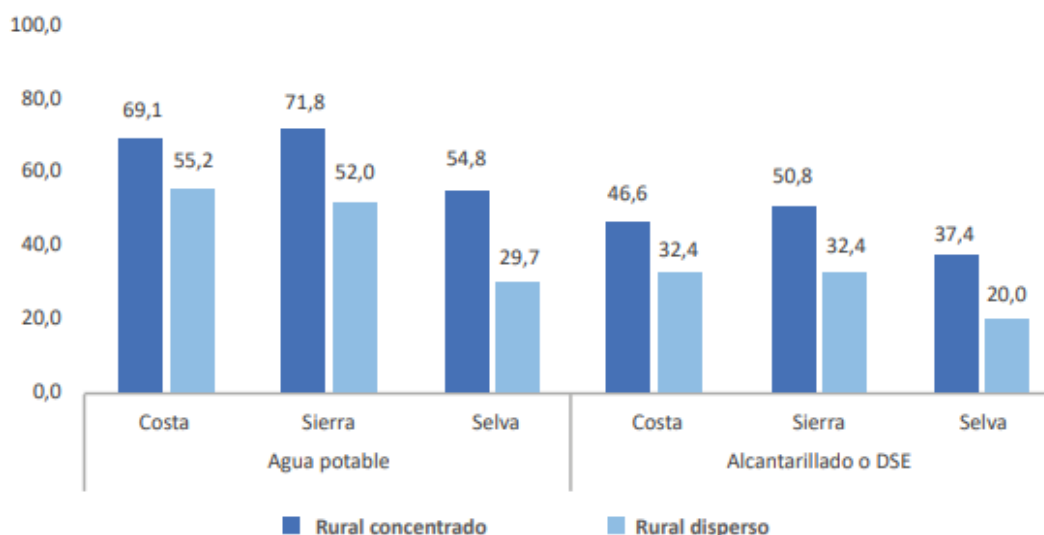


Figura N°1.4: Indicadores de acceso a los servicios de saneamiento en el ámbito rural.

Elaborado por la Dirección de Saneamiento con datos de INEI-Censo Nacional (2017).

Según el INEI (2018); la población del Perú, está distribuida en 79.3% en las zonas urbanas y 20.7% en las zonas rurales. También, (INEI, 2020); el Perú, es el séptimo país con mayor población en el continente de América, cerca de 32 millones 626 mil habitantes, en el territorio nacional. Así mismo, en el año 2020, se estimó que cerca de 3 millones de habitantes, no contaban con servicios básicos de agua potable, y cerca de 7.5 millones de habitantes, no contaban con servicios básicos de alcantarillado (MVCS, 2023).

Según ENAPRES (2021, 2022 y 2023) del INEI, se muestra en la Figura N°1.5, la población del Perú que tiene acceso a los servicios básicos de agua potable y alcantarillado, y la población pendiente de ambos servicios básicos. También, se visualiza que el cierre de brechas en el sector saneamiento, se ha mantenido en los últimos años.

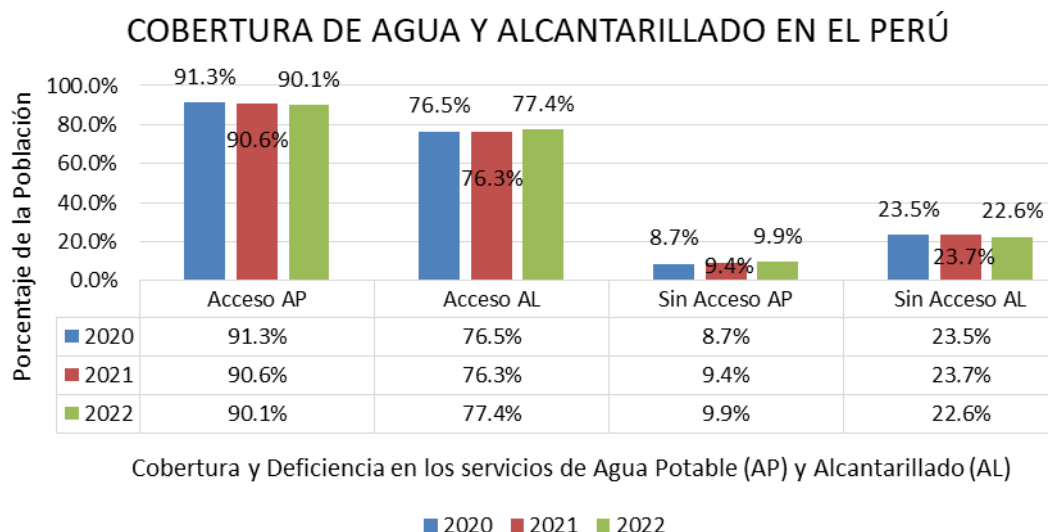


Figura N°1.5: Población del Perú con Cobertura y Sin Acceso a agua potable y alcantarillado.
Adaptado de ENAPRES (2021, 2022 y 2023).

Por lo tanto, se requiere urgente un mayor nivel de ejecución en los proyectos de saneamiento, para cumplir con el cierre de brechas y de los objetivos del Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026. Además, no se está utilizando el presupuesto disponible de manera correcta para este sector, ya que, hay proyectos paralizados (ComexPerú, 2024).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2010) reconoció los derechos al agua y al saneamiento para todas personas del mundo. Con respecto al servicio del agua; en cantidad suficiente, calidad aceptable, accesible físicamente y asequible para el uso doméstico y personal. Con respecto al servicio de saneamiento; con acceso físico y económico, seguro e higiénico, que proporcione privacidad y asegure dignidad a la población (Grupo Hidráulica, 2022).

Según la Constitución Política del Perú (1993, como se citó en MVCS, 2017), en los artículos N° 1 y 44, el Estado tiene como deber, brindar el acceso al agua potable y saneamiento a la persona humana, garantizando y protegiendo su derecho a la vida, salud y respeto de la dignidad humana.

El objetivo principal del Gobierno del Perú, en el Sector saneamiento, es dotar de servicios de saneamiento a todos los habitantes del Perú (para el periodo 2021-2030) según los objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, para fortalecer a los prestadores de servicios y garantizar inversiones eficientes, para ello, se ha

diseñado de manera estratégica la Política Nacional de Saneamiento, el Plan Nacional de Saneamiento y el Marco Normativo (MVCS, 2017).

La prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito urbano, se da a través de las municipalidades provinciales y Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento, que dependen, según la cantidad de habitantes de la población. Y para el ámbito rural, es ejercida por las municipalidades distritales correspondientes (MVCS, 2023).

En el Perú, la falta del recurso natural del agua, no favorece a los sectores económicos como salud, educación, agricultura, ganadería, industria, economía, turismo, energía, minería, y la construcción no es ajeno a ello (MVCS, 2023). Por lo tanto, el sector de Vivienda, Construcción y Saneamiento, tiene la misión importante y responsable, de mantener y ampliar la cobertura hídrica y saneamiento, en el territorio nacional; además, de fortalecer a los otros sectores.

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2019) presenta la brecha de infraestructura a corto plazo (5 años); en donde, el 25% del presupuesto le corresponde a la cartera de proyectos de saneamiento, con un monto de 28 819 millones de soles. Así mismo, a largo plazo (20 años), el 20% del presupuesto le corresponde a la cartera de proyectos de saneamiento, con un monto de 71 544 millones de soles.

La brecha del sector saneamiento para el año 2022, tiene un presupuesto contemplado de 1 228 millones de soles (Diario El Peruano, 2021).

La Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión), viene impulsando el desarrollo de 19 proyectos de agua y saneamiento por casi US\$ 2400 millones, para beneficiar a 7 millones de peruanos en 14 regiones del país, para su entrega al MVCS, entre los proyectos, se tiene PTAR, Saneamiento y Desaladoras, con el fin de cerrar brechas pendientes (ProInversión, 2024).

1.2 Descripción del Problema de Investigación

El Río Rímac tiene como afluentes principales a los ríos Chinchán, Blanco, Aruri, Santa Eulalia y Huaycoloro. Este río, nace en la laguna de Ticticocha, en la zona de Ticlio, en la Cordillera de los Andes; La Atarjea tiene una bocatoma en ese lugar (Ministerio de Salud [MINSA], 2005). El agua del Río Rímac, es captada para

su tratamiento, producción y distribución de agua potable, disposición final y reúso de aguas servidas por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima para Lima y Callao (SEDAPAL, 2024).

Lima alberga a casi 10 millones de habitantes (Diario El Peruano, 2021). En la actualidad, los distritos como Santiago de Surco, Chorrillos, San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo, Villa El Salvador, entre otros; presentan una mayor demanda del servicio de agua potable y alcantarillado, que hace 5 años.

El 10% de la población de Lima no es beneficiaria del servicio de agua potable, además, el abastecimiento con cisternas, no garantiza la calidad ni la continuidad del servicio, para satisfacer la necesidad y demanda; también, atenta contra la salud de la población. Esto es debido, por la poca disponibilidad de fuentes de abastecimiento de agua y, lo que, genera un alto estrés hídrico (Saint Gobain PAM Latam Norte, 2021).

En tal sentido, los proyectos de saneamiento son muy importantes para el desarrollo de una ciudad y de un país. Así mismo, requieren una gran inversión para ser ejecutados, aun así, no se puede garantizar su cumplimiento y éxito, ya que, implica cumplir variables de alcance, cronograma, costos y calidad. Ciertamente, puede existir complicaciones para manejar una correcta administración y gestión de los proyectos de saneamiento; por lo que, se debería reemplazar, por un enfoque nuevo y diferente al convencional, adaptable a nuestra realidad de trabajo, para asegurar una rentabilidad positiva a la empresa contratista (Project Management Institute [PMI], 2017).

Un proyecto del sector saneamiento puede abarcar dentro de las Obras Civiles, la construcción de reservorios como fuentes de almacenamiento y dotación de agua, para una determinada cantidad de habitantes, de una ciudad. Así mismo, se construye reservorios elevados para el almacenamiento de agua, como alternativa de diseño y solución en las ciudades en vía desarrollo, en donde, no se tiene espacio disponible debido a la urbanización. Por ello, este tipo de reservorios, deben de ser capaces de cubrir la demanda de agua durante su vida útil y también, deben hacer llegar el servicio de agua potable, a puntos críticos de las edificaciones en crecimiento constructivo, como consecuencia del crecimiento poblacional.

Las empresas contratistas que ganan la buena pro para la ejecución de proyectos de saneamiento, por lo general son consorciados y de capital extranjero. En efecto, tienen la mentalidad de generar rentabilidad al término del proyecto, pero no siempre sucede, ya que, por la envergadura del mismo, están catalogados como proyectos complejos y riesgosos con una alta variabilidad e incertidumbre (Gálvez, 2015).

Algunos de los proyectos de saneamiento, de gran envergadura, quedan inconclusos, debido a que las empresas empiezan a generar pérdidas económicas; esto se puede suponer a una incorrecta administración de los recursos en la obra (mano de obra, materiales, herramientas y equipos).

Así mismo, algunos de los expedientes técnicos que fueron elaborados años antes de ponerse en concurso público, presentan importantes cambios del medio inicial con que fue propuesto y presupuestado. Si bien es cierto, los precios unitarios se pueden actualizar; sin embargo, pueden presentarse la no existencia de partidas que conllevan a prestaciones adicionales de obra, en donde, no todos generan ampliaciones de plazo, que puedan añadirle “duración” al cronograma del proyecto.

Por lo tanto, este tipo de proyectos tiene muchas limitaciones para el cumplimiento del plazo pactado; además, si se le añade una planificación deficiente, basado en supuestos, con falta de integración y no colaborativa, una mala gestión de los recursos de producción, altos desperdicios de materiales, poca o nula inyección de liquidez para el flujo de caja, el proyecto puede entrar en una zona de incertidumbre y decadencia; en el peor de los casos, se le puede rescindir el contrato y generar penalidades a las empresas ejecutoras.

1.2.1 Proyecto de Estudio

El 31 de mayo del 2018, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento a través del Programa Agua Segura para Lima y Callao (PASLC), licitó la ejecución del proyecto “Sectorización del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Parte Alta de Chorrillos: Matriz Próceres Chorrillos”. El 23 de noviembre del 2018, se le otorga la buena pro (SNIP N°95668 – CUI 2403504) al postor Consorcio Agua SCM (integrado por las empresas CESBE S.A. SUCURSAL DEL PERÚ y SINOHIDRO CORPORATION LIMITED SUCURSAL DEL PERÚ) por el monto de

S/. 433,240,491.33, incluido los impuestos de ley y otros conceptos, con un plazo de 890 días calendario. El 20 de diciembre del 2018, se le otorga la buena pro para la Supervisión de Obra a la empresa ACRUTA & TAPIA INGENIEROS S.A.C. por el monto de S/. 18,440,176.14, con un plazo de 980 días calendario (MVCS, 2018).

El sistema de contratación y el precio de la oferta y subtotales que la componen, son en base a precios unitarios, con un valor referencial calculado al 31 de diciembre del 2017, la Modalidad de Ejecución es por Contrata y la fuente de financiamiento es Recursos por Operaciones Oficiales de Crédito. Las condiciones generales formuladas de los precios unitarios de las partidas, son por condiciones previstas en los planos, especificaciones técnicas y cantidades referenciales de metrado, que se valorizan en función a la ejecución real (MVCS, 2018).

El proyecto Matriz Próceres Chorrillos tiene como área de influencia, el beneficiar a 242 Habilitaciones Urbanas o Asentamientos Humanos, con una población beneficiaria de 257 000 habitantes y 47 700 lotes, ubicado en 8 sectores de abastecimiento y distribución de agua, para ampliar y mejorar (instalar y rehabilitar) las redes de distribución y conexiones domiciliarias existentes, en los distritos de Santiago de Surco, San Juan de Miraflores y Chorrillos. El proyecto beneficiaria con 200 km de redes de distribución y 11 500 conexiones domiciliarias nuevas (agua y alcantarillado) para la población (Revista Construir, 2024).

El agua potable viene de la Matriz Atarjea Sur hasta la Av. Los Quechuas, en donde, se realiza el empalme principal y nace el proyecto, a través de las líneas de conducción en las avenidas; Los Quechuas, Vía Evitamiento (1600 HD), Boulevard de Surco (1400 HD), Velasco Astete (1200 HD), Panamericana Sur (1000 HD), Pedro Miotta (800 HD), Panamericana Sur (700 HD), Próceres (700 HD) y Buenos Aires (600 HD). El sistema de alcantarillado funciona a través de una cámara de desagüe que va directo a la PTAR de La Chira (la más grande de Lima) y luego se descarga al mar.

El proyecto Matriz Próceres Chorrillos contempla las obras civiles (mejoramiento de 13 reservorios existentes y ejecución de 10 reservorios proyectados, pozos, cisternas y cámaras) con S/. 38 millones, líneas de alcantarillado con S/. 37 millones, líneas de agua potable con S/. 94 millones, equipamiento hidráulico con

S/. 37 millones, redes secundarias de agua potable con S/. 35 millones y redes secundarias de alcantarillado con S/. 40 millones, todos en función al CD.

Según el Instituto de Ciencias Hegel (2021), la suma alzada en la ejecución de obras, no se debería de utilizar este sistema de contratación en los casos, obras de saneamiento o viales, obras de mucho valor económico, obras que presentan incertidumbre en su ejecución, obras de larga duración o con riesgo a sufrir modificaciones.

Los reservorios de implementación, son reservorios elevados tipo Intze; el reservorio REP-03 de 2400 m³ de volumen y 36.10 m de altura con mejoramiento de suelo, ubicado en el A.H. 3 de Octubre de Villa (SJM y Chorrillos), con una área de influencia de 42 A.H.; y el reservorio REP-91C/2 de 1200 m³ de volumen y 34.65 m de altura con mejoramiento de suelo, ubicado en el A.H. Buenos Aires de Villa (Chorrillos), con una área de influencia de 13 A.H..

También se analizan 4 reservorios; el reservorio REP-04 de 550 m³ de volumen cimentado en roca y ubicado en Chorrillos, el reservorio REP-05 de 500 m³ de volumen cimentado en roca y ubicado en Chorrillos, el reservorio REP-06 de 1250 m³ de volumen cimentado en roca y ubicado en Chorrillos y el reservorio REP-364 de 1400 m³ de volumen con mejoramiento de suelo y ubicado en SJM.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cómo la implementación de un Modelo de Gestión basado en la metodología del Last Planner® System para la construcción del reservorio elevado tipo Intze mejora el margen económico de obra ejecutada por un consorcio en el distrito de Chorrillos – Lima?

1.2.3 Problemas Específicos

- ¿De qué manera la gestión de obra no optimizada afecta el margen económico de obra en la construcción de 4 reservorios elevados tipo Intze en el distrito de Chorrillos – Lima?
- ¿Cómo mejorar el margen económico de obra en la construcción de 2 reservorios elevados tipo Intze en el distrito de Chorrillos – Lima?
- ¿Cuál es la diferencia del margen económico de obra en la construcción de 6 reservorios elevados tipo Intze en el distrito de Chorrillos – Lima?

1.2.4 Justificación de la Investigación

1.2.4.1 Justificación Social

En el año 2023, 3.3 millones de peruanos no contaban con el servicio de agua potable y 6.4 millones, con el servicio de alcantarillado. Estas deficiencias, afectan de manera nociva en la educación, salud y trabajo del ser humano (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2023).

SUNASS (2023); en el Perú, el acceso al servicio de agua potable y desagüe, disminuyen en 13% la desnutrición infantil crónica, ya que, combate las enfermedades diarreicas agudas. Y si aumentara el servicio de agua potable en un 10% a la población, se reduciría los casos de anemia hasta en 7.9%. Así mismo, el beber agua de calidad, mejoraría el rendimiento académico de los estudiantes, al permitir una mejora en la concentración.

Por lo tanto; la ejecución de un proyecto de saneamiento, se justifica socialmente debido al impacto positivo que brindará a la población del Perú, al reducir las enfermedades, mejorar la educación y permitir la generación de más trabajo.

1.2.4.2 Justificación Económica

Proyectos emblemáticos como Matriz Próceres – Chorrillos con una inversión de más de 420 millones de soles (Quinde, 2018) y Nueva Rinconada con una inversión de más de 1200 millones de soles, siendo esta última, la más grande del Perú (SEDAPAL, 2021) pertenecen al sector saneamiento.

Los proyectos de saneamiento, impulsan al cambio y mejora en una organización; porque, crean valor de negocio, generando rentabilidad como empresa contratista y prestigio ante la sociedad (PMI, 2017).

La justificación económica, para la ejecución de un proyecto de saneamiento, permite:

- Generar rentabilidad a la empresa contratista y participación en licitaciones de proyectos futuros.

- Generar confianza y satisfacción al cliente y otros interesados clave; principalmente, la población, quienes son, los usuarios finales de los servicios de saneamiento.
- Generar empleo y promover el crecimiento económico nacional a través del aporte al Producto Bruto Interno (PBI).

1.2.4.3 Justificación Práctica

La aplicación de la metodología del Last Planner® System como una herramienta de la filosofía de Lean Construction y otras herramientas de gestión, es adaptado a la construcción de reservorio elevado tipo Intze, durante las etapas de planificación, ejecución, control y seguimiento, para mejorar el éxito del proyecto, desde el punto de vista del alcance, cronograma, costos y calidad.

1.2.5 Alcance de la Investigación

Se implementó un Modelo de Gestión basado en la metodología del Last Planner® System para la construcción de 2 reservorios elevados tipo Intze de un conjunto de 6 reservorios, pertenecientes al Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

Para 4 de los reservorios, no se conoce la gestión de obra utilizada en su etapa de construcción; pero, se cuenta con información de costo y plazo, como variables medibles y comparables.

La investigación presenta 2 escenarios:

- Escenario 1: Se compara resultados de costo y plazo a 6 reservorios ejecutados; 2 reservorios con implementación del Modelo de Gestión vs 4 reservorios con Modelo de Gestión no Optimizado.
- Escenario 2: Se compara resultados de costo y plazo a 4 reservorios ejecutados; con Modelo de Gestión no Optimizado (Escenario 1) vs una Proyección de implementación del Modelo de Gestión.

El Modelo de Gestión se aplicó en la construcción del concreto armado para el casco estructural del reservorio elevado tipo Intze, desde las etapas tecnológicas de cimentación y super estructura (fuste y cuba). Además, se utilizó encofrados modulados y andamios homologados como parte del proceso constructivo.

También, es importante mencionar que el autor participó en la recolección de la información de los 4 reservorios con Modelo de Gestión no Optimizado.

1.3 Objetivos del Estudio

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar e implementar un Modelo de Gestión para la construcción del reservorio elevado tipo Intze, basado en la metodología del Last Planner® System, herramientas de Lean Construction y técnicas – herramientas según el Project Management Institute (2017) para mejorar el margen económico de obra ejecutada por un consorcio en el distrito de Chorrillos – Lima.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico situacional de modelos de gestión de obra que se utiliza en la construcción de 4 reservorios elevados tipo Intze en el distrito de Chorrillos – Lima, para analizar la afectación en el margen económico de obra ejecutada por un consorcio.
- Describir, desarrollar e implementar la metodología del Last Planner® System a los procesos de inicio, planificación, ejecución, control y seguimiento y cierre, durante la construcción del casco estructural de 2 reservorios elevados tipo Intze en el distrito de Chorrillos – Lima, para mejorar el margen económico de obra ejecutada por un consorcio.
- Realizar un análisis comparativo de resultados operacionales a 6 reservorios elevados tipo Intze en el distrito de Chorrillos – Lima, para analizar el plazo de ejecución y el margen económico de obra ejecutada por un consorcio.
- Desarrollar y presentar formatos para la aplicación de la metodología del Last Planner® System y un modelo 3D del proceso constructivo del reservorio elevado tipo Intze, para un mayor entendimiento a usar en futuros proyectos.

1.4 Hipótesis del Estudio

El desarrollo e implementación de un Modelo de Gestión basado en la metodología del Last Planner® System, para la construcción del reservorio elevado tipo Intze; aumenta la productividad de la mano de obra, reduce los

desperdicios, mejora los plazos de entrega de los trabajos, mejora el cumplimiento de la planificación, permite un mejor control en la gestión de los costos directos, genera transparencia y compromisos compartidos con el equipo de trabajo, finalmente, genera un mayor margen económico de obra ejecutada por un consorcio en el distrito de Chorrillos – Lima.

El proceso será validado mediante los siguientes resultados:

- Aumento de la productividad de la mano de obra, mediante el uso de cartas balance en las partidas de acero, encofrado y concreto.
- Reducción de desperdicios, mediante un mapeo de lecciones aprendidas en la ejecución de reservorios elevados tipo Intze que pertenecen al proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.
- Mejora en el cumplimiento de la planificación, generación de transparencia y compromisos compartidos en el equipo de trabajo; mediante la confiabilidad del PPC y el cumplimiento de la programación de vaciados de concreto.
- Mejora en los plazos de entrega de los trabajos, control en la gestión de los costos directos y finalmente, en el margen económico de obra ejecutada por un consorcio en el distrito de Chorrillos – Lima; mediante el comparativo de resultados operativos en la construcción de 6 reservorios elevados tipo Intze.

1.5 Metodología del Estudio

La metodología empleada para el desarrollo de la tesis es la siguiente:

- Recolección de información acerca de la filosofía Lean Construction, la herramienta Last Planner® System, herramientas de gestión Lean y herramientas – técnicas del Project Management Institute (2017). Para ello, se ha hecho una revisión en tesis doctorales, de maestría y de grado, libros, páginas de internet, artículos de investigación, videos, revistas, plataformas virtuales y apuntes de clase.

Así mismo, para entender el sistema de gestión que actualmente se utiliza en proyectos similares, se tendrá en cuenta la experiencia y lecciones aprendidas de ingenieros residentes, ingenieros de campo y maestros de

obra que formaron parte en la ejecución de las Obras Civiles del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

- Recopilación de datos relevantes y resultados obtenidos en la ejecución de 6 reservorios elevados tipo Intze que pertenecen al Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.
- Descripción, desarrollo e implementación de la metodología del Last Planner® System, herramientas Lean y del Project Management Institute (2017) a la compilación de datos del proyecto según la información recolectada, diseñados para la construcción del reservorio elevado tipo Intze.
- Se verifica el análisis de rentabilidad y otros factores operacionales descritos en el capítulo 1.4.
- Con la ayuda de una versión educativa de Microsoft Power BI, se compara los resultados operativos obtenidos en la construcción de 6 reservorios elevados tipo Intze; en donde, a 2 reservorios elevados se les aplicó el Modelo de Gestión basado en la metodología del Last Planner® System con herramientas de Lean Construction. Además, se presenta una visualización 3D de la construcción progresiva para un mejor entendimiento en el proceso la ejecución.

1.6 Antecedentes Investigativos

La filosofía de Lean Construction y la metodología del Last Planner® System son ampliamente utilizados desde su creación, en distintos proyectos de construcción a escala, principalmente en las edificaciones como centros comerciales, hospitales y edificios multifamiliares. Si bien es cierto, LPS se puede aplicar a cualquier proyecto de construcción; actualmente no se encuentra información registrada de su aplicabilidad a proyectos de construcción de reservorios elevados tipo Intze.

A continuación, se muestra un mapa conceptual de los antecedentes investigativos que guardan relación con el tema de estudio.

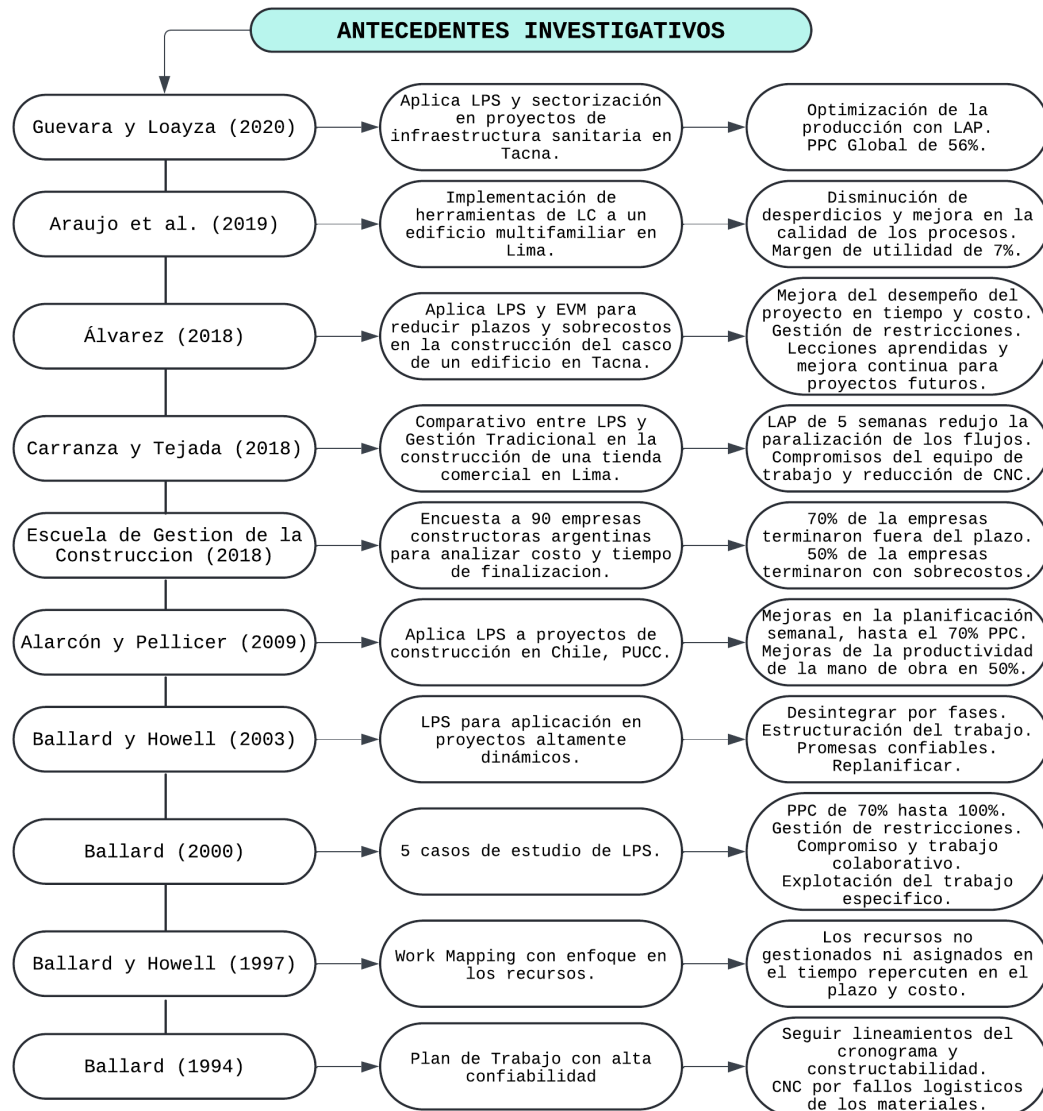


Figura N°1.6: Mapa conceptual de los antecedentes investigativos.

Guevara y Loayza (2020), aplican la metodología del Last Planner® System en proyectos de infraestructura sanitaria en la ciudad de Tacna (Alto de la Alianza); en donde, según investigaciones, no es común su aplicabilidad y más aún, en proyectos del rubro mencionado. El objetivo del estudio fue optimizar la producción del proyecto con el uso de herramientas como sectorización y Last Planner® System. El desarrollo del Look Ahead Planning sostuvo mejoras en la ejecución del proyecto, sin embargo, la confiabilidad de la aplicación de la metodología indica un valor global de 56% y fue sustentado por el Porcentaje de Plan Cumplido. Así mismo, se detectó baja productividad en ciertos meses del año, según el avance diario de producción, que se puede analizar como parte de la mejora continua.

Araujo et al. (2019) implementan herramientas de gestión en Lean Construction a un edificio multifamiliar en la ciudad de Lima (Surco). Bajo el enfoque de una correcta planificación, utilizando herramientas Lean que buscan disminuir múltiples desperdicios, controlar costos, reducir plazos en la ejecución de las fases y mejorar la calidad del proceso; obtienen un margen de utilidad cercano al previsto (7%) para una propuesta de mejora (obtuvieron 6.55% en el proyectado) en comparación con un sistema de gestión convencional (real, 4.87%).

Álvarez (2018) aplica la metodología del Last Planner® System y la Gestión del Valor Ganado del Project Management Institute (2017) con el fin de reducir los plazos y los sobre costos en la ejecución del casco de un edificio mediano en la ciudad de Tacna, y garantizar una mayor rentabilidad a la empresa. A partir de una planificación a edades tempranas, se identifican riesgos en los procesos críticos y restricciones en actividades de semanas próximas; estos aportan al desarrollo y aplicación de herramientas para la optimización de recursos, mejora de procesos y resultados óptimos al evaluar el desempeño del avance del proyecto en términos de costo y tiempo. Finalmente, desarrollan un análisis de la mejora continua y presentan una lista de lecciones aprendidas para la ejecución de futuros proyectos de su representada.

Carranza y Tejada (2018) realizan un estudio comparativo de aplicar la metodología del Last Planner® System con respecto a la gestión tradicional, para la construcción de una tienda comercial en la ciudad de Lima (Comas). Se basan en la aplicación del Last Planner® System para aumentar la confiabilidad de la planificación y reducir el tiempo de ejecución del proyecto. La aplicación del Look Ahead fue diseñada para 5 semanas y se obtuvo como resultados, mejoras en el compromiso del equipo de trabajo, reducción en la paralización de los flujos de producción y reducción en las causas de no cumplimiento producto del feedback y mejora continua semana a semana.

La Escuela de Gestión de la Construcción (2018) realizó una encuesta a 90 empresas argentinas dedicadas a dicho rubro. Según los resultados del estudio; se tiene que un poco más del 70% de estas empresas, terminaron fuera del plazo contractual y además, las empresas que terminaron fuera del costo estimado, fueron un poco más del 50%. Las causas probables del incumplimiento de plazo y el sobre costo apuntan a una planificación no realista y deficiente; que además,

no busca mejoras en el cumplimiento de lo planificado ni se realizan feedback para aumentar los niveles de colaboración y compromiso en el equipo de trabajo, todo lo contrario a realizar una planificación colaborativa empleando Last Planner® System.

Alarcón y Pellicer (2009), frutos de la investigación de la Universidad Católica de Chile; al aplicar la metodología del Last Planner® System en proyectos de construcción, se obtuvo mejoras en la confiabilidad de la planificación semana a semana (ya que, se tenía niveles por debajo del 50% en el Porcentaje del Plan Cumplido) y en la productividad de la mano de obra. Al respecto, se alcanzó niveles de aumento hasta del 20% en el PPC y en la productividad de mano de obra, cercanos al 50% (Rodríguez et al., 2011).

Ballard y Howell (2003) hacen referencia a las promesas confiables, la programación por fases y una estructuración de trabajo para el control de la producción. De otro lado, indican que la aplicación del Last Planner® System gestiona proyectos altamente dinámicos (variables, inciertos y complejos). Así mismo, se busca lograr una transición entre el alcance y el proceso, a través de desintegrar convenientemente las fases (extraídas de un cronograma maestro reflejado por hitos) que se convierten en objetivos alcanzables y que se rigen al control del sistema de producción, además, de no ser viable la programación, se replanifica.

Ballard (2000) abordó cinco casos de estudio, en donde, se aplicó la metodología del Last Planner® System; como resultados se obtuvo una confiabilidad de la planificación por encima del 70% (Ballard y Howell, 1997), llegando inclusive hasta niveles del 100% en el PPC. Así mismo; dentro del desarrollo de la metodología, se resalta una correcta gestión en las restricciones (materiales, información, documentación, etc), compromiso y trabajo en colaboración del equipo, previa identificación del por qué no se cumplen las actividades (para evitar ejecución de trabajos sorpresivos) y la explotación del trabajo específico para aumentar rendimientos de producción.

Ballard y Howell (1997), dentro de la investigación señalan al Work Mapping, que se enfoca en los recursos (producto del proceso de adquisiciones) y características de las directivas (producto del proceso de planificación). Con una inadecuada información, trabajos predecesores incompletos y falta de recursos

(mano de obra, maquinaria y equipos), es de esperar, trabajos incorrectos, más costosos y con un tiempo mayor en la ejecución del proyecto. Así mismo, concluyen que el blindaje (estrategia de control de producción que se basa en realizar asignaciones de calidad) aporta a una mejor productividad de la mano de obra, impactando en costos bajos y menores tiempos de ejecución de trabajos. De otro lado, la técnica de la flexibilidad empeora la productividad de la mano de obra y vuelve lento el progreso de la ejecución de la obra.

Ballard (1994) indica las características para que un Plan Semanal de Trabajos tenga alta confiabilidad; los trabajos deben de seguir los lineamientos del cronograma y constructabilidad del mismo, deben de reflejar el trabajo suficiente para que las cuadrillas puedan ser capaces de lograrlas, las actividades antecedentes deben de estar completadas y los recursos deben de estar disponibles y en la cantidad necesaria. Así mismo, dentro de la investigación, según encuestas de proyectos eléctricos y proyectos de saneamiento (instalación de tuberías) visualizó que las causas de no cumplimiento con mayor incidencia eran la falta de materiales y el flujo incorrecto del cómo los materiales llegaban a obra.

Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual

2.1 Proyectos de Infraestructura

Un proyecto de infraestructura comprende varias etapas tecnológicas; por otro lado, se tiene como proyectos de infraestructura a edificaciones, carreteras, habilitaciones urbanas, centrales hidroeléctricas, puentes, colegios, hospitales, aeropuertos, puertos, agua y saneamiento (Diario El Peruano, 2024).

La ejecución de estos proyectos, mejora el desarrollo social y económico del país, para optimizar la calidad de vida de la población y la reducción de la pobreza, así mismo, la generación de empleo y nuevas oportunidades de progreso (Diario El Peruano, 2024).

A continuación se muestra la Figura N°2.1, las fases de desarrollo de los proyectos de infraestructura.



Figura N°2.1: Fases de Desarrollo de Proyectos de Infraestructura.

Elaborado por Ríos, G. (actualización de julio del 2015).

2.1.1 Fases de Desarrollo

- Estudio de viabilidad: Se determina la factibilidad del proyecto y tiene como entregable la ingeniería conceptual o ingeniería básica, con el fin, de tomar decisiones racionales e identificar las fortalezas y debilidades (García, 2015).
- Ingeniería de detalle: Se define cada uno de los componentes que integran el proyecto, de tal forma, que los componentes sean los suficientes al

momento de llevarlo a ejecución. Es decir, tiene como entregable el Expediente Técnico de Obra (ETO) (Nieto y Ruz, 2013).

- Procura (Logística): La dependencia tecnológica; se define los procesos correspondientes para la adquisición de materiales y equipos nacionales o importados, en base a las especificaciones técnicas y requisitos de calidad (Lares, 2024).
- Construcción, “La construcción de un proyecto es un proceso largo y complejo que implica varias etapas. Estas etapas están diseñadas para asegurar que el proyecto sea completado con éxito, dentro del presupuesto y plazos previstos” (Planhopper, 2023).

Es la aplicación de los planes teórico – prácticos (del ingeniero al trabajador obrero) para materializar el producto.

- Puesta en marcha: Se inspecciona y verifica cada uno de los requisitos y especificaciones, para la estructura diseñada, con el fin, de garantizar su operatividad en su totalidad; además, permite corregir a tiempo cualquier omisión o error en el producto (Safety Culture, 2024).
- Mantenimiento: Conservar la durabilidad de la infraestructura, con las mejores condiciones; también, de ser necesario, se debe de reparar o hasta sustituir alguna estructura importante, con el fin, de garantizar la vida útil del producto, para la cual, fue diseñada y prevenir algún daño grave e irreparable (Trialta, s.f.).
- Desmantelamiento: Es el proceso preliminar, para dar vida a un nuevo proyecto; la estructura existente, que ya cumplió su vida útil, se debe de desmantelar y demoler, los escombros (residuos sólidos) se dirigen a una disposición final, tal que, no contaminen al medio ambiente y seres vivos (Revelsa, 2021).

2.2 Proyectos de Saneamiento

Un proyecto de saneamiento, por lo general, es un proyecto con un sistema de contratación a precios unitarios (Organismo Supervisor de las Contrataciones con el Estado [OSCE], 2012), debido a que partes de la obra no se pueden fijar ni definir completamente por su complejidad; inclusive años atrás, estuvo prohibido la suma alzada a este tipo de obras, por jugar en contra de los intereses del Estado (Sologuren, 2016).

Un proyecto de saneamiento hace referencia a instalar, mejorar, rehabilitar o ampliar los servicios básicos de agua potable y alcantarillado en beneficio de una localidad (MEF, 2011).

Los proyectos de saneamiento comúnmente están compuestos por las redes principales (líneas de conducción, impulsión, aducción y rebose de agua potable, y colectores), redes secundarias (líneas menores y conexiones domiciliarias de agua y alcantarillado) y obras civiles (reservorios, cisternas, pozos, estructuras para tratamiento de aguas residuales, cámaras de rebombeo y cámaras de derivación de agua potable).

2.3 Reservorios

2.3.1 Reservorios para Almacenamiento de Agua

Un reservorio para el almacenamiento de agua, es una estructura que distribuye el recurso hídrico para el consumo humano y sus variaciones de demanda, a través, de las redes de distribución; para llegar en la cantidad y presión requerida por la población (MVCS, 2006).

Los reservorios para el almacenamiento de agua, indistintamente del tipo de material de fabricación (concreto armado, metálico, PVC, ferro cemento, otros) y de su geometría (circular, rectangular, cónico, otras formas); se clasifican con respecto al terreno en apoyados (enterrados, semi-enterrados y superficiales) y elevados (Córdova, 2007).

2.3.2 Reservorio Elevado Tipo Intze

Un reservorio elevado tipo Intze, es una estructura patentada por el ingeniero hidráulico Otto Intze, cuya particularidad se debe a que en el diseño se tienen en cuenta estructuras simétricas a partir de figuras cónicas de revolución. Estas geometrías eliminan las fuerzas horizontales del empuje del agua para solo quedarse con resultantes verticales que harán que las estructuras trabajen a compresión, ello permite reducir espesores en la cuba de almacenamiento y diámetro del muro fuste (Huamán, s.f.).

2.3.2.1 Componentes Estructurales del Reservorio Elevado Tipo Intze

Un reservorio elevado tipo Intze tiene los siguientes componentes estructurales:

1. Losa de Fondo
2. Losa de Cimentación
3. Anillo de Cimentación
4. Muro Fuste
5. Viga Puente
6. Viga Collarín
7. Fondo Esférico
8. Tronco Cónico
9. Muro Cuba
10. Muro Cilíndrico Interno
11. Artesa de Rebose
12. Cúpula Esférica

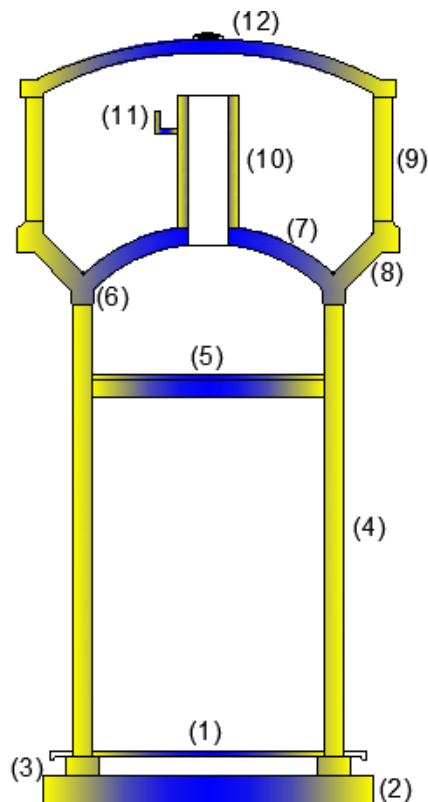


Figura N°2.2: Componentes estructurales de un reservorio elevado tipo Intze.

2.3.3 Proceso Constructivo del Reservorio Elevado Tipo Intze

A continuación, se describe el proceso constructivo de un reservorio elevado tipo Intze, según las actividades productivas más importantes.

- Movimiento de tierras, refine y perfilado del terreno (en terreno rocoso).
- Vaciado de concreto para solado de la losa de cimentación.
- Colocación de acero para losa de cimentación, anillo de cimentación y verticales de muro fuste.
- Encofrado y vaciado de concreto para losa de cimentación.
- Encofrado y vaciado de concreto para anillo de cimentación.
- Relleno y compactación con material de préstamo en interior de anillo de cimentación.
- Vaciado de concreto para solado para losa de fondo (piso).
- Colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto para muro fuste (por anillos, según la altura del fuste).
- Encofrado, colocación de acero y vaciado de concreto para viga puente (este vaciado se realiza en paralelo con algún anillo de muro fuste).
- Colocación de acero para viga collarín.
- Encofrado de viga collarín, fondo esférico y tronco cónico.
- Colocación de acero para fondo esférico, tronco cónico, verticales de muro cuba y muro cilíndrico interior.
- Encofrado de arranque para muro cuba y muro cilíndrico interior.
- Vaciado de concreto para viga collarín, fondo esférico, tronco cónico, arranques de muro cuba y muro cilíndrico interior. Colocación de water stop en muro cuba y muro cilíndrico interior.
- Colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto para muro cuba y muro cilíndrico interior (por anillos, según la altura de la cuba). Colocación de water stop en muro cuba y muro cilíndrico interior.
- Colocación de acero para viga anular.
- Encofrado de viga anular y cúpula esférica. Encofrado y colocación de acero para artesa de rebose y cúpula esférica.
- Vaciado de concreto para artesa de rebose y cúpula esférica.
- Colocación de acero y vaciado de concreto para losa de fondo (piso), previo a ello, se debe de colocar el árbol hidráulico (válvulas, niples y accesorios) y los verticales de acero para los dados de anclaje.

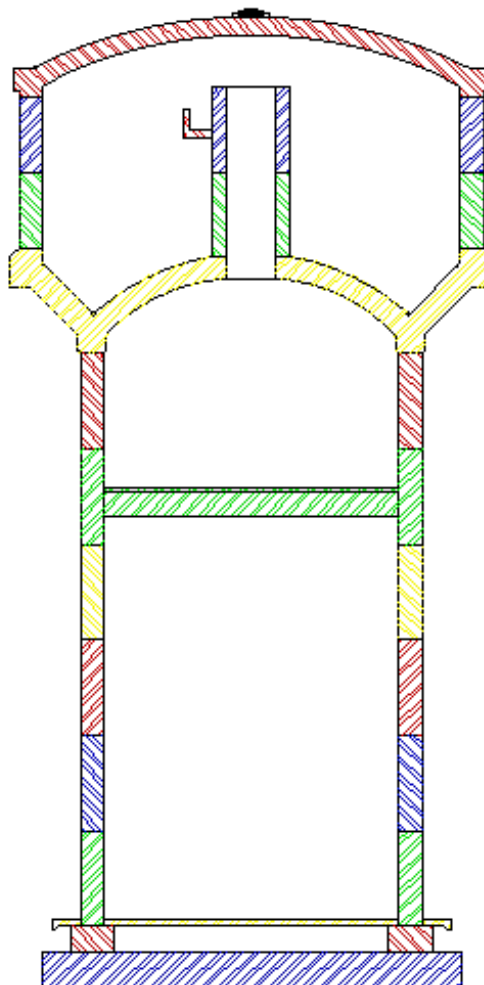


Figura N°2.3: Esquema grafico de las etapas de vaciado de un reservorio elevado tipo Intze.

2.4 Lean Construction

Lean Construction (LC) es proveniente de Lean Production (LP), movimiento que se desarrolló en la industria de automóviles de la empresa Toyota, a cargo de los ingenieros Taiichi Ohno y Shingeo Shingo. El nombre se originó en Finlandia por el profesor Lauri Koskela en 1992, a través, de su tesis doctoral, quien propone, una filosofía que facilite el flujo de la producción en la construcción (Álvarez, 2018, p.14). Finalmente, el termino fue acuñado en 1993 por los promotores de IGLC (Pons, 2014, p. 26).

En 1993 se funda el International Group for Lean Construction (IGLC) por Koskela, para la investigación acerca de Lean Construction; años más tarde, en 1997 se funda el Lean Construction Institute (LCI) por Ballard y Howell, debido a deficiencias en los sistemas convencionales (Díaz et al., 2014, pp. 34-35).

Lean Construction tiene como objetivos fundamentales, eliminar los desperdicios en la transformación - flujo de procesos, mejorar los modelos de ejecución en la fase de construcción y ampliar el valor hacia el cliente (Koskela, 1992).

Lean Construction o construcción sin pérdidas es la aplicación de herramientas y principios para mejorar y agregar valor a los procesos durante el ciclo de vida de un proyecto de construcción (Pons, 2014).

Lean Construction persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno (Pons, 2014, p. 27).

A continuación, se resume la filosofía de Lean Construction en un mapa conceptual.

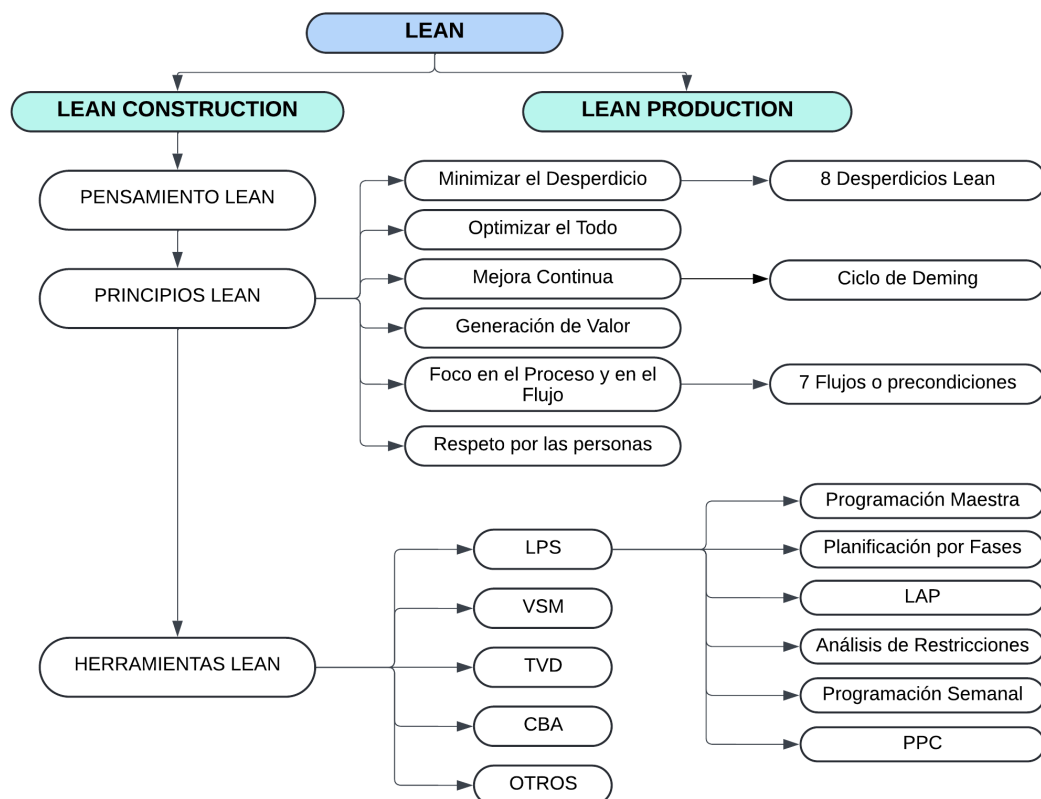


Figura N°2.4: Mapa conceptual sobre Lean Construction.

2.4.1 Lean Production

Koskela (1992), refiere a Lean Production (también llamado Lean Manufacturing) como una filosofía de producción originaria en Japón, donde, sobresalió el Sistema de Producción Toyota (TPS). A través, de la producción en lotes pequeños, se logra eliminar los inventarios y otros desperdicios (movimientos, esperas e inspecciones) asociados a los procesos productivos de la manufactura.

2.4.2 Pensamiento Lean

Lean Construction es una filosofía de trabajo que reta la gestión de proyectos bajo el enfoque del Project Management Institute. Lean no es una metodología de trabajo, es decir, no sigue una secuencia de pasos, sino se basa en un pensamiento sistémico de generación de herramientas que agreguen valor y disminuyan el flujo de transformación (perdidas) en actividades y procesos de construcción (Díaz et al., 2014, p. 32).

Last Planner® System o Sistema del Ultimo Planificador es una herramienta basada en el pensamiento Lean, para mejorar el proceso de programación, controlar la producción, optimizar el proceso de asignación de recursos, aumento en la probabilidad de ejecución de actividades programadas y reducción de la incertidumbre del no cumplimiento de las mismas (Díaz et al., 2014, pp. 39-40).

2.4.3 Principios de Lean Construction

El pensamiento Lean se basa en 6 principios para la gestión Lean de proyectos de construcción.



Figura N°2.5: Principios de Lean Construction.
Adaptado de Bill (2015).

2.4.3.1 Minimizar el Desperdicio

Cerca del 70% de las actividades en el sector de la construcción no agregan valor o son desperdicios (Bill, 2015).

El desperdicio es todo lo que no agrega valor (Bill, 2015).

Aparte de la Muda o “desperdicio”, existen 2 Mu’s adicionales en Lean Manufacturing (Clockwork, 2021). Mura o “variación”, busca disminuir la irregularidad de trabajo para distribuirlo uniformemente. Muri o “sobrecarga”, el sistema produce por encima de su capacidad razonable (Bill, 2015).

2.4.3.1.1 Desperdicios de Lean Construction

Taiichi Ohno identificó 7 desperdicios dentro del flujo de transformación a la producción, estas fueron asemejadas dentro de la filosofía Lean Construction. Jeffrey Liker añadió el no atender el talento y falta de creatividad como octavo desperdicio (Pons, 2014, p. 19).



Figura N°2.6: Los 8 desperdicios de Lean Construction.

Adaptado de Pons (2014).

- Sobre producción: Producir en cantidades por encima de las requeridas o antes de lo necesitado en obra (lo contrario Just In Time).
- Esperas: Tiempos no productivos por inactividad, interrupciones de trabajo o restricciones.
- Transporte: Transportar innecesariamente recursos por una mala planificación y organización de obra.
- Inventario: Stock de recursos innecesarios por encima del mínimo necesario.
- Sobre procesos: Procesos que no están dentro del alcance del proyecto y no son percibidos por el cliente.
- Movimientos: Traslado innecesario e ineficiente del personal dentro del área de trabajo.
- Retrabajos: Repetición del trabajo debido a la deficiencia de calidad en los componentes.

- Talento: Obviar opiniones, ideas de mejora, aptitudes productivas que quieran agregar valor al proceso. El impacto de no preguntar puede originar pérdidas mayores.

Los desperdicios son difíciles de identificar. Los siete primeros desperdicios, son dimensionales (medibles y cuantificables) pero el octavo desperdicio, resulta ser más complicado de medir ya que depende de variables subjetivas (Pons, 2014).

El sistema de gestión convencional, con respecto a los 7 desperdicios, obvia el concepto de producción, debido a que solo considera la transformación y obtención de unidades de producción, y no el flujo de materiales (Díaz et al., 2014, p. 36).

2.4.3.2 Optimizar el Todo

Se debe de mirar más allá de los proyectos, es decir, se debe de cambiar el pensamiento individual por el pensamiento colectivo y sistémico para optimizar todos los procesos de transformación y flujos, para alcanzar el valor general esperado (Bill, 2015).

2.4.3.3 Mejora Continua

Se debe de tener una mentalidad de mejora continua (kaizen) en el entorno de trabajo para la realización y creación de valor en cada proyecto de construcción (Bill, 2015).

Las métricas de tiempo, costo, calidad y seguridad pueden mejorar en simultáneo, para ello se debe de mapear el estado actual del proyecto y utilizar el Ciclo de Deming (PDCA: Plan – Do – Check – Act) para resolver problemas y generar valor (Bill, 2015).

2.4.3.4 Generación de Valor

Se debe de pensar en el cliente y como brindarle lo que realmente necesita en la transformación eficiente de recursos, para la obtención de buenos productos finales, desde el principio y durante todo el tiempo (Bill, 2015).

La identificación del valor para el cliente reúne a todos los interesados del proyecto (contratistas, subcontratistas, proveedores y más) con el fin de brindar un nivel de confianza agradable desde etapas tempranas del proyecto (Ingenium, 2021).

Para que el alcance del proyecto no se vea afectado durante la fase de ejecución y el cliente obtenga el máximo valor del producto final en la fase de entrega, se debe de gestionar de forma asertiva y eficaz la comunicación entre los interesados del proyecto y la información del mismo a través de técnicas y herramientas (PMI, 2017).

2.4.3.5 Foco en el Proceso y en el Flujo

El pensamiento Lean propone que para optimizar el flujo del valor, se debe estandarizar los procesos y equilibrar el flujo, este permite disminuir la variación de los trabajos (Bill, 2015).

2.4.3.5.1 Los 7 Flujos Principales

La meta de todo sistema de producción es asegurar un flujo constante, la variación introduce en los sistemas, desperdicios que impiden el flujo (León, 2019, p. 13).

Los flujos principales, restricciones o pre requisitos en las actividades de construcción, que aseguran un ritmo constante de producción (Ab Escuela de la Construcción, 2018, como se citó en León, 2019) son:

- Seguridad, condiciones internas y externas en el proyecto.
- Información, expediente técnico (planos, especificaciones técnicas y presupuesto).
- Espacio de trabajo (Layout Plan)
- Materiales y componentes
- Personas, mano de obra
- Requisitos previos
- Equipos y herramientas



Figura N°2.7: Los 7 flujos principales.
Adaptado de Ab Escuela de la Construcción (2018).

2.4.3.6 Respeto por las Personas

Es lo esencial del pensamiento Lean; transforman materiales e información en valor para el cliente (Bill, 2015). Así mismo, se evita caer en el octavo desperdicio Lean del talento humano (Bicheno y Holweg, 2009).

Los equipos de proyectos, aparte de trabajar con transparencia y de forma colaborativa, priorizan el respeto por las personas del rol individual, esto contribuye de manera satisfactoria la cultura, la creación de valor y la mejora continua en la empresa (Bill, 2015).

2.4.4 Herramientas de Lean Construction

Según Salgin et al. (2016, pp. 193-194) Lean Construction utiliza para la gestión de proyectos, métodos de diseño o herramientas tecnológicas como Integrated Project Delivery (IPD), Value Stream Mapping (VSM), Target Value Design (TVD), Choosing by Advantages (CBA), Set-Based Design (SBD), Reporte A3, First-Run Studies (FRS), BIM y Last Planner System (LPS).

2.5 Last Planner® System

Last Planner® System (LPS) o Sistema del Último Planificador (SUP) fue desarrollado por Glenn Ballard y Gregory Howell. Last Planner® System es un sistema que planifica y controla la producción de los proyectos de construcción (Pons y Rubio, 2019, p. 29).

Last Planner® System a diferencia de la gestión convencional, se enfoca en una planificación colaborativa que tiene como principio reducir la variabilidad y la incertidumbre al elaborar la planificación de un proyecto. (Álvarez et al., 2019, p. 66).

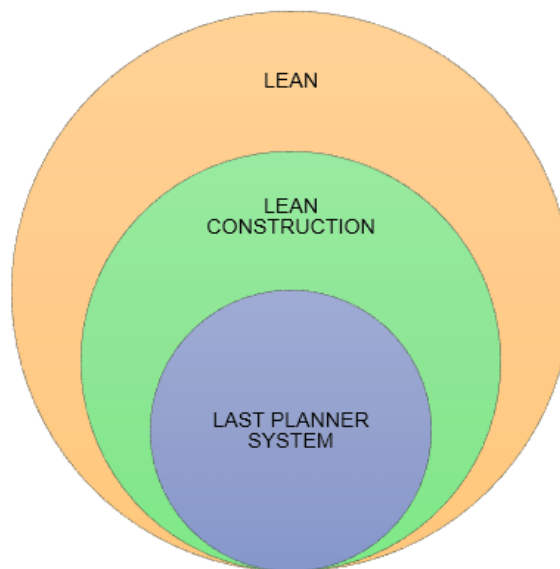


Figura N°2.8: Last Planner® System dentro del Universo Lean.

Adaptado de CONSTRUCT VDC SAC (2020).

Last Planner® System busca un flujo de trabajo predecible e ininterrumpido mediante la planificación y creación de un conjunto de compromisos que conecta el trabajo de los involucrados con las promesas hacia el cliente (Bill, 2015).

Last Planner System se basa en compromisos. Se trata de un sistema que en el que los últimos planificadores miden y analizan el nivel de cumplimiento de sus compromisos sobre el plan de producción semanal, se identifican y resuelven las restricciones, se eliminan actividades que no añaden valor y se analiza la causa raíz de los problemas, lo que contribuye a generar flujo continuo de trabajo y obtener un aprendizaje rápido (Pons y Rubio, 2019, p. 28).

2.5.1 El Último Planificador

Debido a que las obras de construcción son dinámicas, el sistema de planificación también debe de serlo. El último planificador, es aquella persona que conoce en mayor medida lo que realmente ocurre en la obra, los recursos necesarios que se requieren para ejecutar las actividades con eficiencia, cuando y como deben de ser ejecutadas las actividades, la asignación de responsabilidades y la generación de compromisos para la optimización del valor en cada proceso constructivo del proyecto (Pons y Rubio, 2019, p. 32).

2.5.2 Principios del Sistema de Control de Producción

Pons y Rubio (2019) mencionan los criterios propuestos por Koskela (1999) para el control de la producción y que también se aplican a las bases del Last Planner® System:

- Se requiere la disponibilidad de todos los elementos necesarios (pre requisitos) para empezar el trabajo.
- La ejecución de las tareas se miden y controlan, ya que, disminuyen el riesgo de generación de la variabilidad.
- Las causas que no permitieron el cumplimiento de las actividades se analizan mediante el ciclo de Deming.
- Se debe de tener un buffer que pueda permitir el cambio de actividades para evitar pérdidas de productividad.
- El sistema Pull permite preparar de manera proactiva los requisitos previos para la planificación predictiva a plazo medio.

2.5.3 Se Debe, Se Puede, Se Hará, Se Hizo y Se aprende

Bill (2015) hace mención a cinco conversaciones que se hacen a menudo en el Last Planner® System “se debe, se puede, se hará, se hizo y se aprende”.



Figura N°2.9: Las cinco conversaciones en Last Planner® System.
Adaptado de Ab Escuela de la Construcción (2022).

Pons y Rubio (2019), Last Planner® System está diseñado para integrar “lo que se debe hacer” (la Programación Maestra debe de estar alineada con el alcance y los objetivos del proyecto con el fin de entregar el mayor valor al cliente), “lo que se puede hacer” (las actividades están supeditadas al levantamiento de restricciones dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable [ITE]), “lo que se hará” (actividades libres de restricciones con todos los recursos necesarios para su ejecución según las promesas de los planificadores), “lo que se hizo” (medir la confiabilidad del programa) y “lo que aprendió” (análisis de la causa raíz y mejora continua según el Ciclo de Deming de actividades no completadas).

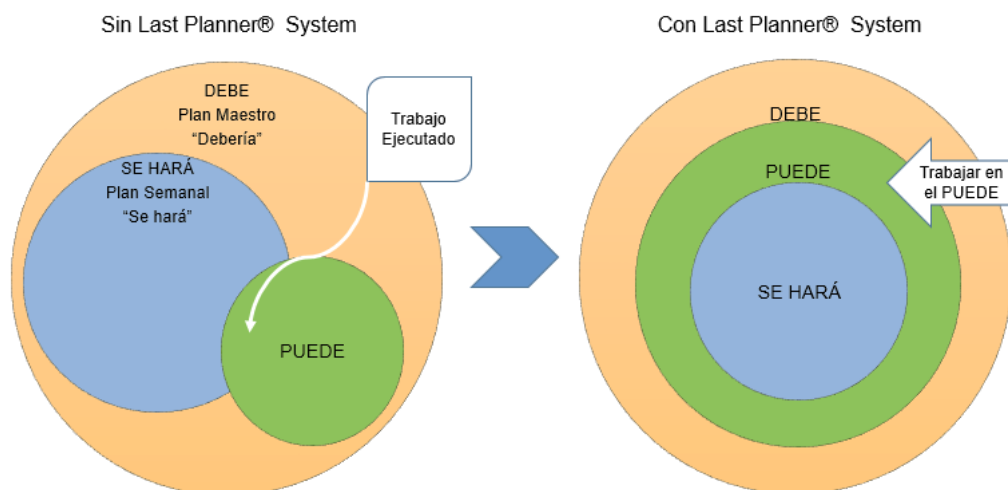


Figura N°2.10: Esquema del Debe – se Hará – se Puede.
Adaptado de Pons y Rubio (2019).

La improvisación de trabajos, la planificación poco realista y la falta de recursos necesarios para completar actividades del tren de trabajo, distorsionan “lo que se hará” con “lo que se debe hacer”. Por ello, se debe de trabajar en la transformación de “lo que se debe hacer” en “lo que se puede hacer” (Pons y Rubio, 2019), para controlar la variabilidad, a través, de un componente de control de producción (Díaz et al., 2014).

2.5.4 La Metodología del Last Planner® System

La estructura del Last Planner® System es como se detalla a continuación:

2.5.4.1 Master Scheduling o Programación Maestra

Cuando se define la planificación del proyecto a largo plazo, se tiene que tener en cuenta el “debería”. En esta etapa se muestra la programación maestra y la planificación por fases (Pons y Rubio, 2019).

Pons y Rubio (2019) manifiestan que la programación maestra tiene como propósitos; definir el valor para el cliente, reconocer los hitos más representativos del proyecto, resaltar el alcance del proyecto junto con sus intereses objetivos y alinearlos con las necesidades del mismo, con el fin de un mejor desarrollo de la planificación, para un adecuado seguimiento y control.

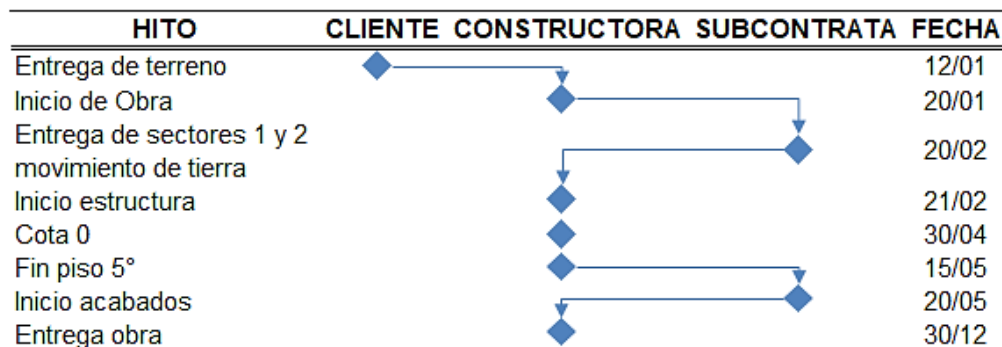


Figura N°2.11: Ejemplo de Plan de Hitos Principales a partir de cual se hará el Plan de Fases.

Adaptado de Pons y Rubio (2019).

La planificación de hitos generales se debe de realizar en etapas tempranas o próximas al inicio del proyecto (Pons y Rubio, 2019).

2.5.4.1.1 Estructura de Desglose del Trabajo y Lean Work Structure

Pons y Rubio (2019); como parte de los componentes que se deben de considerar en el programa maestro, se encuentra definir la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y la Estructura de Desglose de la Organización (EDO).

Según el PMI (2017), la EDT es una estructura jerárquica de descomposición del alcance total del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar, los entregables y paquetes de trabajo (actividades agrupadas para su mejor manejo y control).

Según el PMI (2017), la EDO es una estructura jerárquica de descomposición de la organización de la empresa, donde se muestran los roles y responsabilidades específicas del equipo del proyecto.

Lean Work Structure identifica procesos cíclicos para estandarizarlos y optimizarlos (ya que tiene como principio, optimizar el todo y buscar la mejora continua a partir de una línea base), así mismo, se debe de buscar optimizar las oportunidades en las repeticiones ocultas de los trabajos que no se repiten (Bill, 2015).

2.5.4.1.2 Planificación por Fases

Se busca definir y validar el trabajo para completar la programación maestra, dividido en fases. Esta planificación se realiza con todos los interesados, con el fin de alinear los objetivos y tácticas para planear en un intervalo de 3 a 6 meses e identificar las restricciones más importantes del proyecto (Pons y Rubio, 2019).

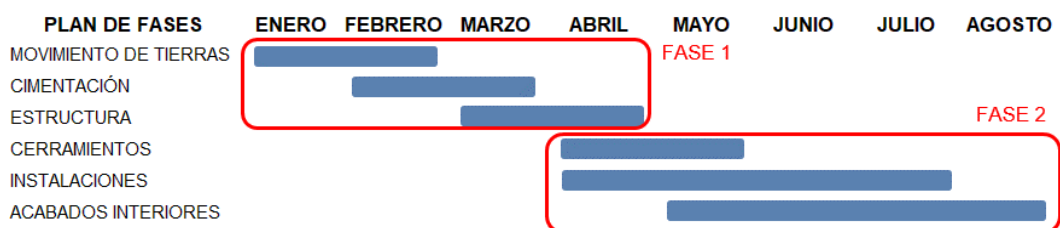


Figura N°2.12: Ejemplo de Planificación por Fases de una vivienda unifamiliar.

Adaptado de Pons y Rubio (2019).

2.5.4.1.3 Pull Planning y Pull Sesión

La planificación convencional se basa en un enfoque Push (Empujar), en donde, muchas veces no se tiene todos los inputs completos y se tiene poca certeza del

cumplimiento de las tareas planificadas debido a que el plan se desarrolla en base a supuestos y rendimientos teóricos (Pons y Rubio, 2019). Koskela (2004), denomina como el octavo desperdicio al “Making Do” como improvisación al momento de empezar un proyecto, debido a una planificación a medias, con pocos o nulos pre requisitos (flujos principales).

En 2 actividades consecuentes, es decir, la primera antecede a la segunda; se pueden generar 3 casos, equilibrio (sincronizadas y avanzan al mismo ritmo), sobreproducción y esperas (Pons y Rubio, 2019).

La Pull Planning resuelve el paradigma de la planificación, al reducir los cuellos de botella de manera que se tiene una visión integra desde el final hacia el inicio; donde, se introduce la información a cada tarea, se analizan los pre requisitos, restricciones y se genera un flujo continuo de trabajo, además, se acierta la ruta crítica del proyecto (Pons y Rubio, 2019).

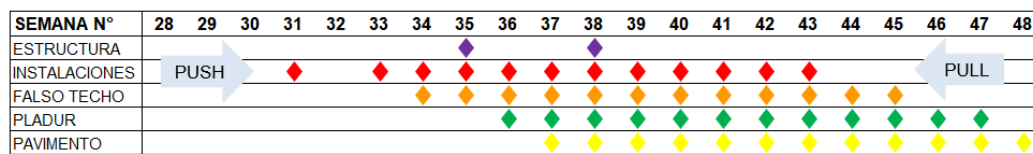


Figura N°2.13: Ejemplo de Planificación Pull de una fase para una edificación.

Adaptado de Pons y Rubio (2019).

Last Planner® System muestra una sesión importante dentro de su aplicación en los proyectos de construcción, llamada la Pull Session. Esta, consiste en una reunión de aproximadamente 2 horas (la cantidad de horas varía según la complejidad del proyecto) con los principales interesados, para desarrollar la planificación por fases según la metodología Pull. Utilizando tableros, se desarrolla la planificación de atrás hacia delante, a la cual, se le realiza ajustes lógicos y convenientes, para estar dentro del plazo contractual, así mismo, se genera compromiso con el equipo de trabajo para la ejecución de actividades (Álvarez et al., 2019). La sesión culmina cuando los participantes validen el plan producto de la negociación (Pons y Rubio, 2019).

2.5.4.2 Look Ahead Planning (LAP)

El Look Ahead es un extracto de la planificación maestra. Representa la planificación a un plazo medio, con la visión del “se puede”, además, tiene como objetivo determinar las actividades pendientes de liberación de restricciones para

prever la logística de materiales, equipos, documentación y permisos en un horizonte de 3 a 8 semanas (Pons y Rubio, 2019).

El Look Ahead es el segundo nivel del Last Planner® System (Díaz et al., 2014, p. 41).

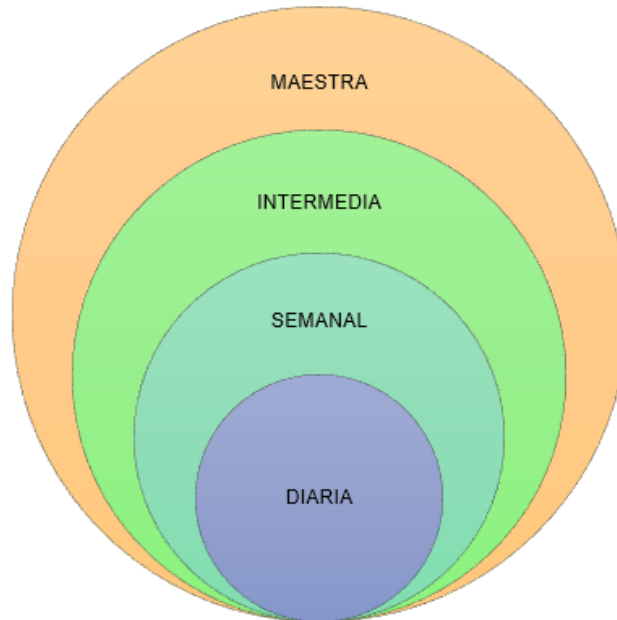


Figura N°2.14: Tres niveles de planificación.
Adaptado de Martínez (2022).

Según Díaz et al., (2014), para definir el intervalo de tiempo del Look Ahead se debe de tener en cuenta las características y el tipo de proyecto, el flujo de recursos (materiales, mano de obra, equipos y herramientas) y control documentario como permisos y aprobación de planos; ya que, muchos de estos, tienen tiempos de respuesta muy largos y pueden interferir en el flujo de las actividades del proyecto.

2.5.4.2.1 Análisis de Restricciones (AR)

Las tareas que ingresan al Look Ahead Planning, teóricamente no tienen restricciones, para ello, debe de cumplir con dos etapas. Revisar para filtrar actividades y controlar que el trabajo fluya con normalidad, por si deben de moverse del plan general, al plan intermedio. Levantar las restricciones para que sean iniciadas de manera proactiva y estén dentro de lo planeado (Díaz et al., 2014).

El análisis de restricciones requiere examinar las condiciones reales para que una actividad logre ejecutarse. Para ello, se inicia una vez identificadas las actividades restrictivas y se lleva a un listado aparte mediante estrategias visuales, en donde, se hace mención a la fecha de identificación, al responsable y el tiempo estimado de liberación (Pons y Rubio, 2019).

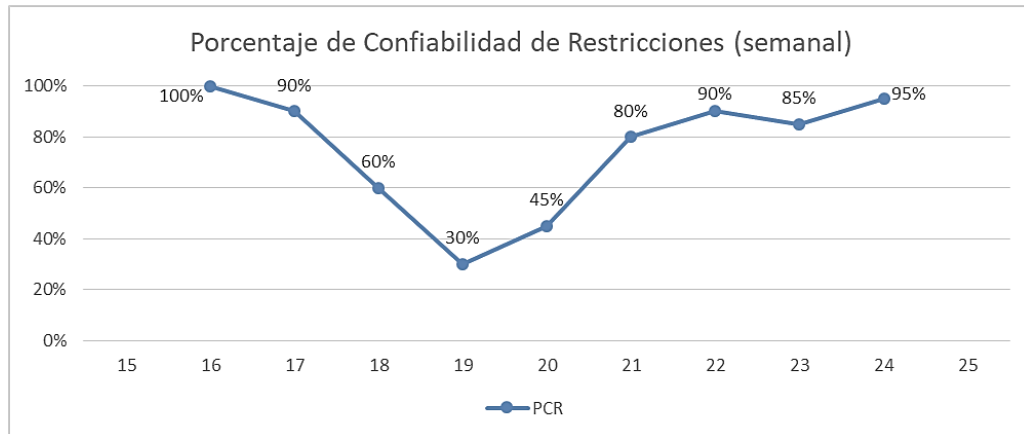


Figura N°2.15: Ejemplo de indicador para seguimiento de las Restricciones.

Adaptado de Pons y Rubio (2019).

Según Pons y Rubio (2019), la imagen anterior indica la cantidad de restricciones liberadas (a la fecha o antes) dividido entre la cantidad total de restricciones que debieron ser liberadas en la fecha.

2.5.4.2.2 Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

Las restricciones que fueron gestionadas en un tiempo adecuado para su liberación, ingresan dentro de un Inventario de Trabajo Ejecutable (Pons y Rubio, 2019).

Este inventario puede ser la suma de las actividades que no se lograron a completar en la presente semana y las actividades con restricciones liberadas de las semanas próximas (Díaz et al., 2014).

2.5.4.3 Programación Semanal (PS)

La primera semana del Look Ahead Planning muestra las actividades que están libre de restricciones y listas para ejecutar, esta se denomina Programación Semanal y representa una planificación a corto plazo según la visión del “se hará”. En esta etapa se tiene las metas trazadas y basadas en las promesas confiables y compartidas del equipo de trabajo (Pons y Rubio, 2019).

Para que el plan sea exitoso deben de cumplirse los cinco criterios de calidad: definición, consistencia, secuencia, tamaño y retroalimentación (Díaz et al., 2014, p. 42).

2.5.4.4 Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

El Porcentaje de Plan Cumplido, es el indicador que representa la confiabilidad de la planificación, medida después de haber concluido el Plan Semanal. Tiene relación directa con las tareas concretadas y las planificadas (Pons y Rubio, 2019).

Pons y Rubio (2019), hacen referencia que el PPC puede ser relativo, si depende de una gran cantidad de actividades (que pueden resumirse) o que se esté planificando de manera conservadora y omitiendo algunas actividades. Lo descrito anteriormente, hace referencia a un PPC bajo y alto, respectivamente.

El PPC mide si el sistema de planificación es capaz de anticipar de manera fiable lo que realmente se hará (Davidson, 2015).

Es conveniente graficar la evolución del PPC, a lo largo de la ejecución del proyecto, para tener semana a semana, una mejor visión de confiabilidad de promesas descritas en el plan (Díaz et al., 2014).

2.5.4.5 Causas de No Cumplimiento (CNC)

Se analiza la causa raíz de cada compromiso incumplido, para tomar acciones correctivas utilizando ciertas metodologías; así mismo, se consigue un listado de causas de incumplimiento, como base de activos para la ejecución del proyecto (Pons y Rubio, 2019).

2.5.4.6 Mejora Continua

Es común utilizar como herramienta para la mejora continua y de aprendizaje en favor al conocimiento, el Ciclo de Deming (PDCA) para acciones correctivas de mejora rápida. En las reuniones semanales del Last Planner® System, el equipo va tomando conocimiento de cuáles son los errores más comunes, que originan las causas de incumplimiento. Así mismo, determinan algunas otras herramientas de mejora y aprendizaje; Diagrama de Pareto, Los 5 Por Qué's, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Flujo y Reporte A3 (Pons y Rubio, 2019).

2.6 Modelo de Gestión Actual

Los problemas típicos del Modelo Tradicional, se basan principalmente en la escasa formación y experiencia en la planificación, bajo control de la calidad, poca formación y capacitación de los trabajadores, falta de coordinación entre los principales ejecutores del proyecto, falta de transparencia y comunicación, altos desperdicios y baja productividad de la mano de obra; como consecuencias, se tiene obras fuera del plazo y con sobrecostos, muchas no conformidades de calidad, incertidumbre y variabilidad con respecto a las condiciones iniciales del proyecto (Pons y Rubio, 2019, pp. 17-18).

Guio (2001), el nivel de productividad y eficiencia de la mano de obra, con respecto, al uso del tiempo, se puede optimizar con técnicas de planificación, y herramientas de nivel general de actividades y carta balance.

A continuación, se presenta la denominación de algunos autores citados en esta investigación, con referencia a los sistemas productivos de manejo de obras actuales, en donde, se presentan problemas típicos.

Tabla N°2.1: Denominación del Sistema Productivo de obras actuales con problemas típicos.

AUTOR	DENOMINACIÓN
Koskela (1992)	Sistema Convencional Modelo de Transformación
Ballard (1994)	Modelo de Producción Tradicional
Guio (2001)	Modelo de Conversión de Procesos Modelo Convencional
Orihuela y Ulloa (2011)	Sistema Tradicional
Pons y Rubio (2014)	Modelo Tradicional

Para esta investigación, el Sistema Productivo que presenta problemas típicos de planificación y control, altos desperdicios y baja productividad, se denominará Modelo de Gestión no Optimizado.

2.7 Gestión de la Producción

2.7.1 Gestión de la Productividad

La industria de la construcción requiere gran cantidad de mano de obra, por lo mismo, es importante conocer la productividad, con que el personal ejecuta los trabajos para completar un proyecto (Padilla, 2016).

Según Serpell (1986), el manejo y control de la productividad se basa en materiales, equipos y mano de obra (recursos de producción que se deben de optimizar en su uso). Así mismo, el éxito de la productividad tiene relación directa con la efectividad y eficiencia de los trabajos (Botero y Álvarez, 2004).

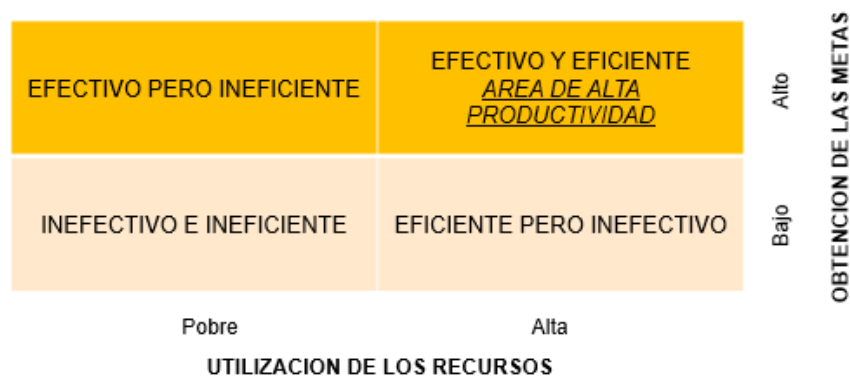


Figura N°2.16: Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.

Adaptado de Botero y Álvarez (2004).

Según García (2005), para aumentar los índices de productividad se debe de:

- Aumentar el producto y mantener el insumo.
- Reducir el insumo y mantener el producto.
- Aumentar el producto y reducir el insumo en equilibrio.

El “producto” hace referencia al trabajo terminado con garantía de calidad y el “insumo” hace referencia al recurso (mano de obra, material o equipo).

La productividad de la mano de obra, suele ser muy incidente en el costo del proyecto; así mismo, es el más importante, ya que la eficiencia de los materiales y equipos dependen del personal (Botero y Álvarez, 2004).

2.7.2 Sistemas de Producción Eficiente (SPE)

Guzmán, C. (2014), los sistemas de producción eficientes deben de cumplir objetivos como:

- Asegurar que los flujos no paren (flujos y procesos ineficientes), manejar la variabilidad con el uso del Last Planner® System y Just In Time.
- Lograr flujos eficientes (procesos todavía ineficientes), principios de física de producción, uso de la sectorización y tren de actividades.
- Lograr procesos eficientes (ambos eficientes), optimización de procesos y mejora continua utilizando herramientas Lean, como el Nivel General de Actividades (NGA) y Cartas Balance (CB); también, se utiliza tecnologías constructivas novedosas.

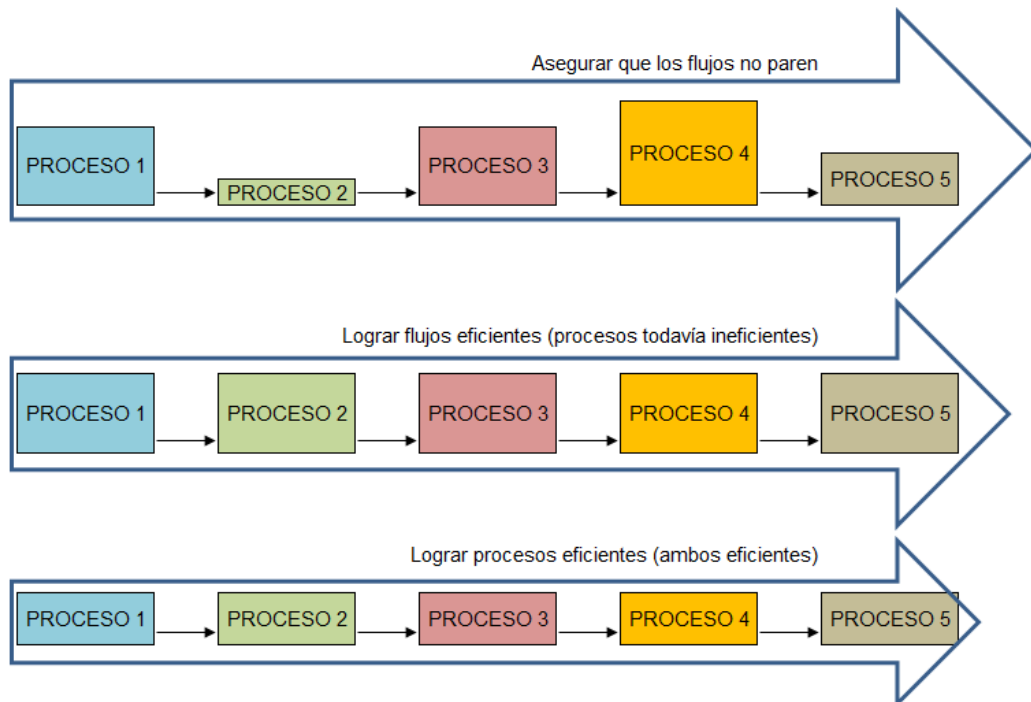


Figura N°2.17: Objetivos de los Sistemas de Producción Eficiente.

Adaptado de Guzmán, C. (2014).

2.7.3 Cadena de Producción y Teoría de Lotes (TL)

La cadena de suministros comprende todas las acciones relacionadas con la transformación de bienes y flujos en los procesos, desde la materia prima hasta el consumidor final, para lograr mejoras competitivas sustentables (Ballou, 2004).

La aplicación de la Teoría de Lotes se encuentra en todo sistema de construcción, el cual, relaciona y diferencia los lotes de producción y transferencia (Vitteri, 2016).

2.7.4 Lotes de Producción (LP) y Lotes de Transferencia (LT)

El lote de producción es el resultado del esfuerzo de trabajo de una cuadrilla, que al pasar a un proceso consecutivo (del proceso i al proceso $i+1$), se transforma en un lote de transferencia, siendo importante el tamaño del lote (Vitteri, 2016).



Figura N°2.18: Flujo de la Teoría de Lotes.

Adaptado de Padilla (2018).

Según Vitteri (2016), al realizar una programación se busca reducir:

- Los inventarios de producción de trabajo, por falta de recursos.
- Recursos en espera, por falta de trabajo.
- Plazo de ejecución del proyecto.

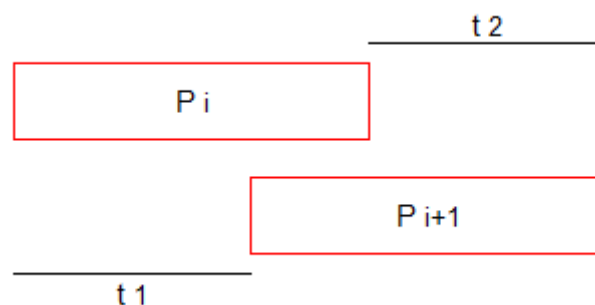


Figura N°2.19: Relaciones entre dos procesos consecutivos.

Adaptado de Vitteri (2016).

En dos procesos sucesivos se pueden establecer tres escenarios; $t_1 > t_2$ (se produce esperas, el cual, significan sobre costos y mayores plazos), $t_1 < t_2$ (se produce inventarios, el cual, significan sobre costos y mayores plazos) y $t_1 = t_2$ (es lo que se pretende). Por ello, el lote de transferencia debe ser el mínimo posible, con respecto, al lote de producción (Vitteri, 2016).

2.7.5 Modelo de Conversión (MC) y Modelo de Flujo de Procesos (MFP)

El modelo de conversión de un proceso es ideal, porque considera que los recursos materiales se convierten en productos terminados y no se consideran los flujos entre un proceso y otro; además, se cree que al descomponer el trabajo solo en procesos, estos pueden ser optimizados y controlados, pero en realidad no es así, ya que, se tiene esperas, movimientos e inspección en cada proceso (Guio, 2001).

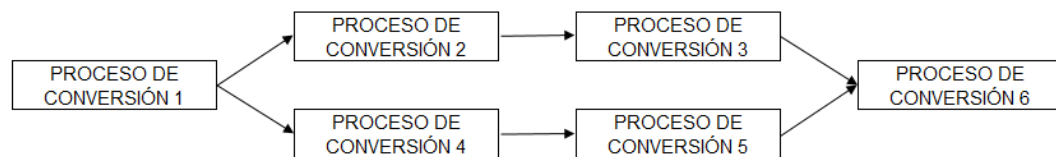


Figura N°2.20: Modelo de conversión de procesos.

Adaptado de Guio (2001).

El modelo de flujo de un proceso representa con mayor certeza la realidad del trabajo. Además, permite visualizar las esperas, movimientos e inspección en cada proceso, es decir, se facilita la determinación del trabajo productivo, contributorio y no contributorio, con ello, se logra reducir y/o eliminar las pérdidas al realizar mejoras tecnológicas para agregar valor al sistema (Guio, 2001).

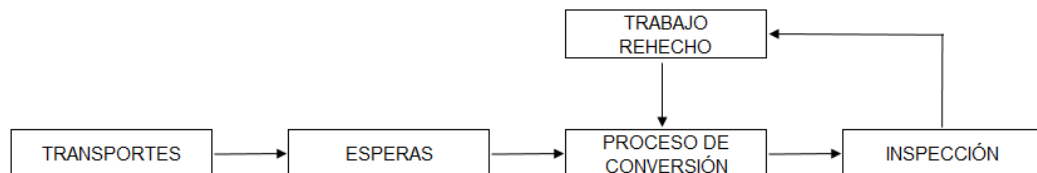


Figura N°2.21: Modelo de conversión de flujos.

Adaptado de Guio (2001).

2.7.6 Categorías del Trabajo en la Construcción

Serpell (1986) menciona tres categorías al trabajo ejecutado en un proyecto de construcción, en base a la productividad de la mano de obra:

- Trabajo Productivo (TP). Contribuye directamente al progreso del proyecto y debe de ser optimizado.
- Trabajo Contributorio (TC). Trabajo inevitable que da origen al trabajo productivo y debe de ser reducido.

- Trabajo No Contributorio (TNC). No agrega valor al proyecto y son desperdicios, por lo tanto, debe de ser eliminado.

La productividad de la mano de obra se relaciona con tres aspectos sobre el personal; debe de desear efectuar un buen trabajo (motivación), debe de saber efectuar un buen trabajo (experiencia y capacitación) y debe de poder efectuar un buen trabajo (administración de recursos eficientes) (Padilla, 2018).

2.7.7 Sectorización y Trenes de Trabajo

La sectorización es la segmentación del trabajo por sectores; partes más pequeñas y equivalentes en cantidad de metrado (encofrado y concreto), con el fin de optimizar recursos (dimensionamiento y balanceo de cuadrillas) y mantener el flujo continuo y secuencial del trabajo, al pasar de un sector al otro, tal que, la tarea de un sector debe de realizarse en un solo día (Guzmán, 2014, pp-27-28).

La sectorización del trabajo tiene lineamientos de los lotes de transferencia (se reduce el lote en partes más manejables); así mismo, permite programar un tren de actividades que formará parte de un Look Ahead (Guzmán, 2014, pp-27-28).

Los trenes de trabajo, es una técnica de producción que reduce la variabilidad al momento de la ejecución de una obra. Consiste en desplazar las cuadrillas por especialidad a través de los sectores; tales que, entregan una actividad completa y de calidad para la cuadrilla posterior, según procesos ordenados y continuos. La técnica, mejora la curva de aprendizaje del personal, es decir, aumenta la productividad y la especialización de las cuadrillas (Guzmán, 2014, pp-27-28).

Los trenes de trabajo, forman una ruta crítica según cada una de las actividades programadas, el incumplimiento de una de ellas, rompe el ritmo de ejecución secuencial y conlleva al fracaso del plan, por ello, es necesario el uso buffers, para controlar la variabilidad y evitar la reprogramación inmediata (Guzmán, 2014, pp-27-28).

2.7.8 Carta Balance

La Carta Balance también llamada Carta de Equilibrio de Cuadrilla, se utiliza en la gestión de operaciones de construcción, para optimizar la cantidad de personal de una cuadrilla, tal que no se pierda el ritmo de producción y se mejore la eficiencia del mismo (Serpell, 1990).

Vilca (2014) menciona tres pautas para optimizar la eficiencia de una cuadrilla; redistribuir labores del personal, disminuir el tamaño de la cuadrilla o poner en efecto procesos tecnológicos novedosos que mejoren la eficiencia del proceso.

2.8 Gestión de Costos

Según el PMI (2017), la Gestión de Costos del Proyecto contiene procesos para planificar los costos, estimar costos, determinar el presupuesto, controlar y hacer seguimiento a los costos, para que concluya el proyecto, dentro del presupuesto admitido.

2.8.1 Línea Base de Costos

La línea base de costos, es la suma de todos los presupuestos aprobados para completar con éxito el proyecto. La línea base de costos, está relacionada con el cronograma, y por tal, se puede representar como una curva “S” acumulativa en el tiempo; además, se mide el desempeño del proyecto en la etapa de control y seguimiento, bajo el uso de la Gestión del Valor Ganado o Earned Value Management, EVM (PMI, 2017).

2.8.2 Gestión del Valor Ganado

Según el PMI (2017), para el control de costos es factible utilizar el Análisis del Valor Ganado y el Análisis de Variación en base a la medición del desempeño del costo – cronograma y sus variaciones respectivas para la toma de decisiones y mejoras del proyecto.

A continuación, se muestra un resumen de las variables, formulas e interpretación del Valor Ganado según el PMI (2017).

Tabla N°2.2: Resumen del Análisis del Valor Ganado.

Adaptado del PMI (2017).

VARIABLE		DEFINICIÓN	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN
PV	Valor Planificado	Presupuesto asignado para completar el trabajo planificado.		
EV	Valor Ganado	Trabajo debidamente ejecutado en términos de presupuesto.		
AC	Costo Real	Costo real del trabajo debidamente ejecutado.		
SV	Variación del Cronograma	Medida de desempeño para garantizar el adelanto o retraso del proyecto en monto.	$SV = EV - PV$	> a 0 : A tiempo < a 0 : Retraso
CV	Variación del Costo	Superávit o déficit del presupuesto.	$CV = EV - AC$	> a 0 : Favorable < a 0 : Desfavorable
SPI	Índice del Desempeño del Cronograma	Eficiencia del cronograma.	$SPI = EV/PV$	> a 1 : A tiempo < a 1 : Retraso
CPI	Índice del Desempeño del Costo	Eficiencia del costo.	$CPI = EV/AC$	> a 1 : Favorable < a 1 : Desfavorable

2.9 Costos y Presupuestos

El presupuesto de una obra tiene la participación de los costos directos y costos indirectos (Ramos, 2015).

Costos Directos (CD), son los gastos que se le pueden aplicar a una partida. Es la suma de todos los costos de materiales, mano de obra, subcontratistas, equipos y herramientas que se requieren para la ejecución de una obra (Ramos, 2015).

Costos Indirectos (CI), son los gastos que no se le pueden aplicar a una partida. Estos se clasifican en Gastos Generales (GG) y Utilidad (U). Los GG se subdividen en función a la relación con el tiempo de ejecución de la obra (en fijos y variables). Se menciona al personal técnico administrativo, instalaciones provisionales, equipos y herramientas, servicios, seguros, permisos, entre otros (Ramos, 2015).

Rubro		Monto
Costo Directo total obtenido de metros cuadrados × PU		CD
Gastos Generales (GG)	Directamente relacionados, equivale a un % de CD	G1
	No directamente relacionados, equivale a un % de CD	G2
Utilidad, equivalente a un % aplicado sobre el costo directo		U
Subtotal		ST
IGV		I
Presupuesto total de obra Total (ST + I)		P

Figura N°2.22: Esquema del Presupuesto Total de Obra.

Elaborado por Ramos (2015).

El Presupuesto Contractual, está en función a los ingresos para la obra, el Presupuesto Oferta o Presupuesto Venta.

$$Pto\ Oferta\ (Po) = CD + GG + U; IGV$$

El Presupuesto Interno (Meta), está en función al Costo Total (CT) del proyecto y un análisis de riesgos actualizado.

$$Pto\ Interno\ (Pi) \rightarrow CT = CD + CI$$

Para el análisis de la presente investigación, se define al Margen Económico de Obra en función al Presupuesto Venta a nivel de costos directos (sin GG ni U) y

los Costos Directos (mano de obra, materiales, equipos y herramientas consumidos).

$$Me = Pv - CTd$$

En donde, el Pv es constante y el CTd debe de ser mínimo, para obtener un Me máximo.

2.10 Gestión de Riesgos

Según el PMI (2017), la Gestión de los Riesgos del Proyecto, desarrolla la planificación, identificación, análisis, planificación e implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos que se presentan en un proyecto determinado. Además, la Gestión de los Riesgos tiene como objetivos, aumentar la probabilidad y/o el impacto de riesgos positivos u oportunidades y disminuir la probabilidad y/o el impacto de riesgos negativos o amenazas, para optimizar el éxito del proyecto. Entendiendo como el impacto, a la materialización del riesgo o efecto del evento con respecto a los objetivos del proyecto (costo, tiempo, alcance y otros).

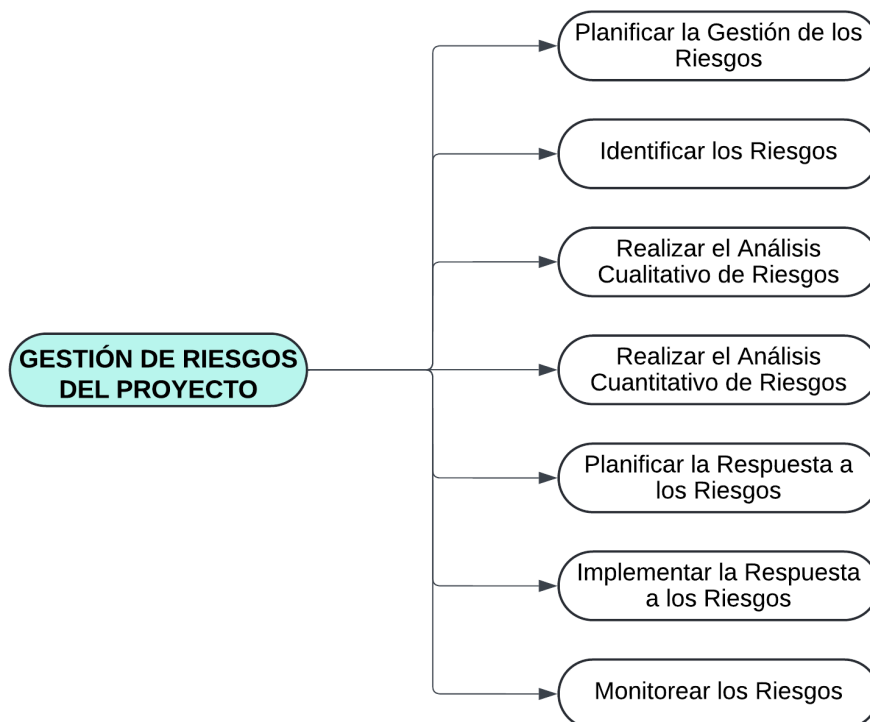


Figura N°2.23: Procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto.

Adaptado del PMI (2017).

El PMI (2017) aborda 2 niveles de riesgo:

- Riesgo individual, es el evento o incertidumbre que al ocurrir, tiene un impacto positivo o negativo en los objetivos del proyecto.
- Riesgo general, proviene de todas las fuentes de incertidumbre.

La Gestión de los Riesgos, se puede evaluar mediante un análisis del tipo cualitativo (calificación en base a la percepción) y/o cuantitativo (se mide y verifica) según el registro de riesgos individuales e identificados del proyecto (PMI, 2017).

Capítulo III: Diagnóstico Situacional de Modelos de Gestión en la Construcción de Reservorios Elevados Tipo Intze

En el presente capítulo, se analiza el sistema de gestión que realizan los ingenieros residentes, ingenieros de producción, capataces y jefes de grupo para planificar, programar, ejecutar, controlar y hacer seguimiento, la construcción de reservorios elevados tipo Intze, del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima. Además, se tiene en consideración la experiencia y lecciones aprendidas en la construcción de reservorios elevados tipo Intze, a través de diferentes conversaciones activas. Finalmente, se realiza una encuesta de análisis con fines de conocimiento, acerca de la filosofía Lean Construction y Last Planner® System.

3.1 Diagnóstico Situacional

Lo más importante de este capítulo, es entender el conjunto de operaciones que realizan los ingenieros de producción y los maestros de obra, para administrar la construcción de los reservorios elevados tipo Intze; a través, de una síntesis de procesos o métodos estructurados de información. Los métodos fueron:

- Encuesta de análisis con fines de conocimiento acerca de la filosofía Lean Construction y Last Planner® System a 10 ingenieros de producción.
- Experiencia y lecciones aprendidas de éxito, reflejado en un listado; a 5 maestros de obra (capataces), en base a conversaciones activas.
- Listado de Desperdicios Lean, en base, a la observación y análisis, a través, de caminatas (Gemba Walk) en los distintos frentes de trabajo (construcción de reservorios elevados tipo Intze).

3.1.1 Encuesta de Análisis

El objetivo de la encuesta de análisis “LAST PLANNER® SYSTEM EN LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS ELEVADOS” es determinar el grado de conocimiento sobre Lean Construction y la aplicabilidad de la metodología del Last Planner® System en la construcción de reservorios elevados; para una muestra igual a la población, de 10 ingenieros de producción según Castro (2003).

El entorno de la investigación se dio en el Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

La técnica de recolección de datos fue el cuestionario digital. Además, la encuesta está diseñada como una problemática y causa raíz, para poder mejorar la planificación y control de la producción en la construcción de reservorio elevado tipo Intze, a través, de un Modelo de Gestión, que desplaza al Modelo de Gestión no Optimizado.

La encuesta realizada a 10 ingenieros de producción, investiga a 6 ingenieros civiles y 4 bachilleres en ingeniería civil, con una experiencia profesional promedio, de 5 años.

2. Profesión

[Más detalles](#)

● Ingeniero Civil	6
● Estudiante	0
● Bachiller	3
● Arquitecto	0
● Otras	1



3. Puesto de Trabajo

[Más detalles](#)

● Especialista	0
● Ingeniero Residente de Área	1
● Ingeniero de Producción	5
● Asistente	3
● Otras	1



Figura N°3.1: Profesión y puesto de trabajo de encuestados.
Encuesta de Reservorios Elevados.

4. Años de Experiencia Laboral según el Puesto de Trabajo

[Más detalles](#)

0 a 3 años	2
3 a 5 años	2
5 a 10 años	4
más de 10 años	2



5. ¿A construido reservorios elevados tipo Intze?

[Más detalles](#)

Si	10
No directamente, pero he sido ...	0
No	0
Otras	0



Figura N°3.2: Experiencia Laboral de encuestados.
Encuesta de Reservorios Elevados.

Según la encuesta, los ingenieros de producción tienen una reunión inicial con el capataz, antes de la ejecución de un proyecto de construcción de reservorio elevado; así mismo, toman en cuenta que su programación este dentro de los hitos contractuales y consideran también, la variabilidad e incertidumbre en la ejecución.

A continuación, se muestra los resultados de 2 preguntas importantes de la encuesta, y que ponen en duda lo descrito en el párrafo anterior.

El 40% de los encuestados, conocen muy poco acerca de la filosofía Lean Construction, y el otro 40% de los encuestados, conocen, pero no aplican un sistema, ni herramientas de Gestión Lean, en la ejecución de reservorios elevados.

El 70% de los encuestados, conocen, pero no aplican Last Planner® System, durante la ejecución de reservorios elevados.

6. ¿Tiene conocimiento en Lean Construction?

[Más detalles](#)

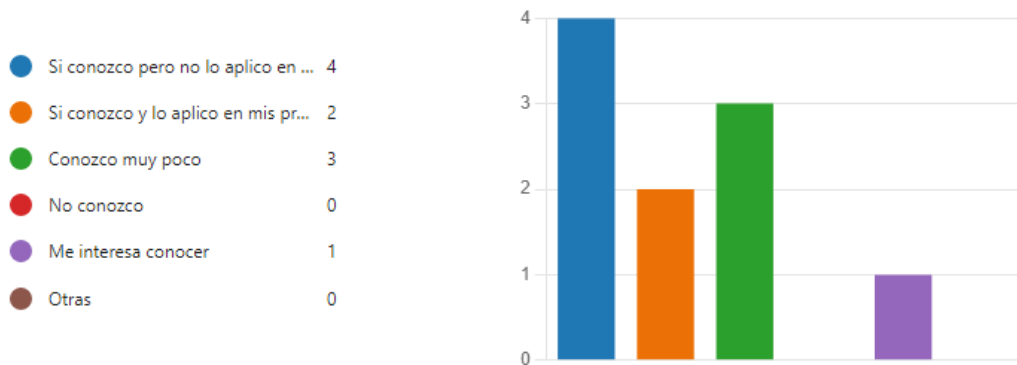


Figura N°3.3: Conocimiento y aplicabilidad de Lean Construction.

Encuesta de Reservorios Elevados.

8. ¿Conoce y aplica Last Planner® System? (Sistema del Ultimo Planificador)

[Más detalles](#)

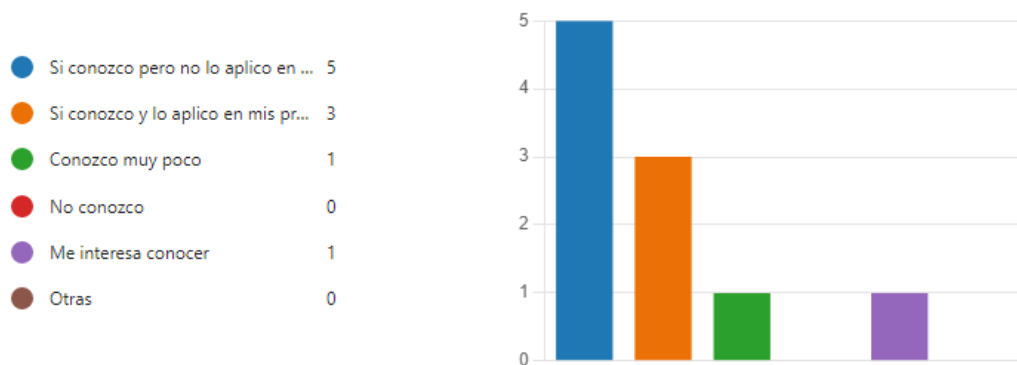


Figura N°3.4: Conocimiento y aplicabilidad del Last Planner® System.

Encuesta de Reservorios Elevados.

También, el 70% de los encuestados, consideran que “Stockearse” de recursos, ayuda a tener éxito en la ejecución de reservorios elevados. Sin embargo, el inventario, resulta ser un desperdicio en Lean y contradice al sistema Justo a Tiempo (Just in Time o JIT) que se desarrolla paralelamente con Last Planner® System.

Tener cuadrillas sobre dimensionadas, resulta ser improductivo, al igual, que ser eficaz, pero no eficiente en el uso de los materiales y equipos (menores y de línea amarilla).

Adicionalmente, tener cantidades de materiales por encima del mínimo necesario, desafía al Resultado Operativo de Materiales, y además, quedan sujetos a pérdida o robo.

16. ¿Considera que "Stockearse" de recursos es necesario para que su proyecto resulte exitoso?

[Más detalles](#)

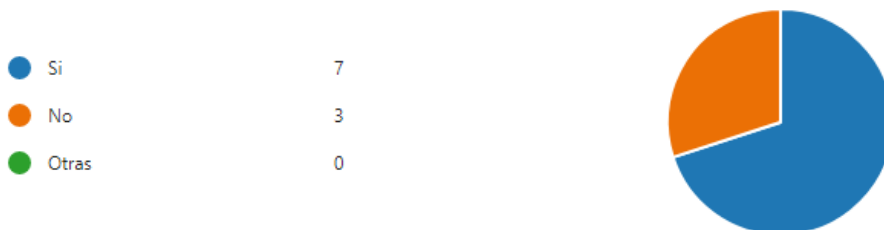


Figura N°3.5: "Stockearse" de recursos.
Encuesta de Reservorios Elevados.

Los encuestados consideran como "importante" y "muy importante" la gestión de las restricciones; principalmente, la gestión del personal, materiales y equipos – herramientas, para la ejecución de un reservorio elevado.

19. ¿Qué tipo de restricciones considera que es importante gestionar en sus proyectos? (Considere el grado de importancia)

[Más detalles](#)

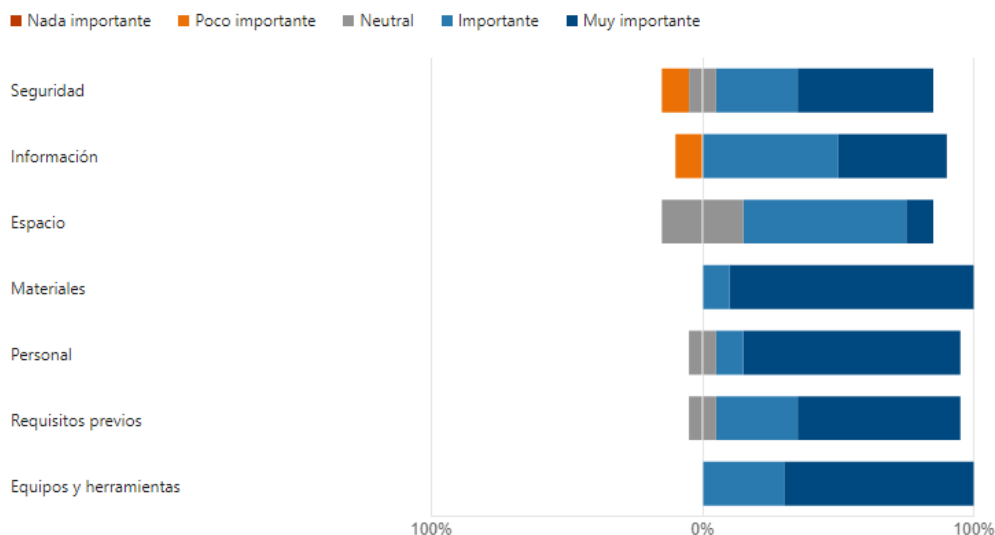


Figura N°3.6: Gestión en los tipos de Restricciones.
Encuesta de Reservorios Elevados.

3.1.2 Listado de Lecciones Aprendidas

En base a conversaciones activas con 5 maestros (capataces) del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima; se ha realizado un listado de lecciones aprendidas, en donde, reflejan sus buenas prácticas generadoras de éxito para la construcción de reservorios elevados tipo Intze.

PREGUNTA: “Para que tú proyecto tenga éxito, ¿Qué necesitas?”

1	Maestro: M.F.Z.	
	Frente: REP-04	Fecha: 07/03/2022
	“Tener todos los materiales y equipos necesarios para la ejecución; también, tener de reserva, por si faltan los materiales o si se malogran los equipos”	

2	Maestro: M.F.Z.	
	Frente: REP-04	Fecha: 07/03/2022
	“Considerar una mayor cantidad de operarios en la cuadrilla, para asegurar un mayor avance y un trabajo de buena calidad, ya que, conocen y avanzan más”	

3	Maestro: J.M.L.	
	Frente: REP-364	Fecha: 08/03/2022
	“Tener los materiales y equipos con una anticipación de 1 a 2 semanas en obra, para ir ordenándolos o habilitándolos”	

4	Maestro: E.O.P.	
	Frente: REP-91C2	Fecha: 08/03/2022
	“Trabajar fuera del horario normal si es necesario, con tal, de asegurar la meta planificada”	

5	Maestro: M.F.Z.	
	Frente: REP-04	Fecha: 07/03/2022
	“Realizar trabajos con mucha calidad para que el supervisor confíe y deje avanzar en los futuros trabajos”	

6	Maestro: F.C.M.	
	Frente: REP-03	Fecha: 09/03/2022
	“Realizar una planificación semanal y hasta diaria, para las actividades de ejecución”	

7	Maestro: A.F.M.	
	Frente: REP-06	Fecha: 09/03/2022
	“Tener todos los planos aprobados y documentos afines, antes de iniciar con los trabajos, y que no falten los recursos”	

8	Maestro: F.C.M.	
	Frente: REP-03	Fecha: 09/03/2022
	“Revisar, entender todos los planos y estar a la vanguardia de los cambios”	

9	Maestro: E.O.P.	
	Frente: REP-91C2	Fecha: 08/03/2022
	“Tener buena relación con el sindicato y coordinar los trabajos excepcionales y fuera del horario, al fin de no ser paralizados”	

10	Maestro: J.M.L.	
	Frente: REP-364	Fecha: 08/03/2022
	“Es mejor que los materiales sobren a que falten, específicamente el concreto para las estructuras, porque si no gastamos mucho personal”	

11	Maestro: A.F.M.	
	Frente: REP-06	Fecha: 10/03/2022
	“Tener al personal de confianza para la ejecución de la obra y que no los cambien de frente”	

12	Maestro: A.F.M.	
	Frente: REP-06	Fecha: 10/03/2022
	“Generar una cuadrilla unida y de confianza, para asegurar que los trabajos sean buenos”	

De las lecciones aprendidas, para tener éxito en la construcción de reservorios elevados tipo Intze, proporcionados por los maestros del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima; se tiene como puntos importantes:

- Confianza y compromisos entre el capataz y la cuadrilla, para un trabajo de calidad.
- Generar confianza del supervisor, para un mejor desempeño durante la ejecución de la obra.
- Contar con planos y documentos relevantes, además, estar pendientes a los cambios.

Por otro lado, el capataz, es quien domina la ejecución de la obra, ya que, solicita la dotación de todos los recursos (solo refieren a los materiales) y con “anticipación”; pero, no miden ni controlan los recursos (realmente la mano de obra, materiales y equipos – herramientas) ni el avance o progreso de la ejecución de la obra, por lo mismo, no se tienen metas propuestas o no son claras.

También, se muestra evidencias de la planificación desarrollada por el maestro F.C.M., ítem 6 del cuadro de lecciones aprendidas, para el éxito en la construcción de reservorios elevados tipo Intze. La herramienta utilizada hace similitud con la programación semanal según LPS.

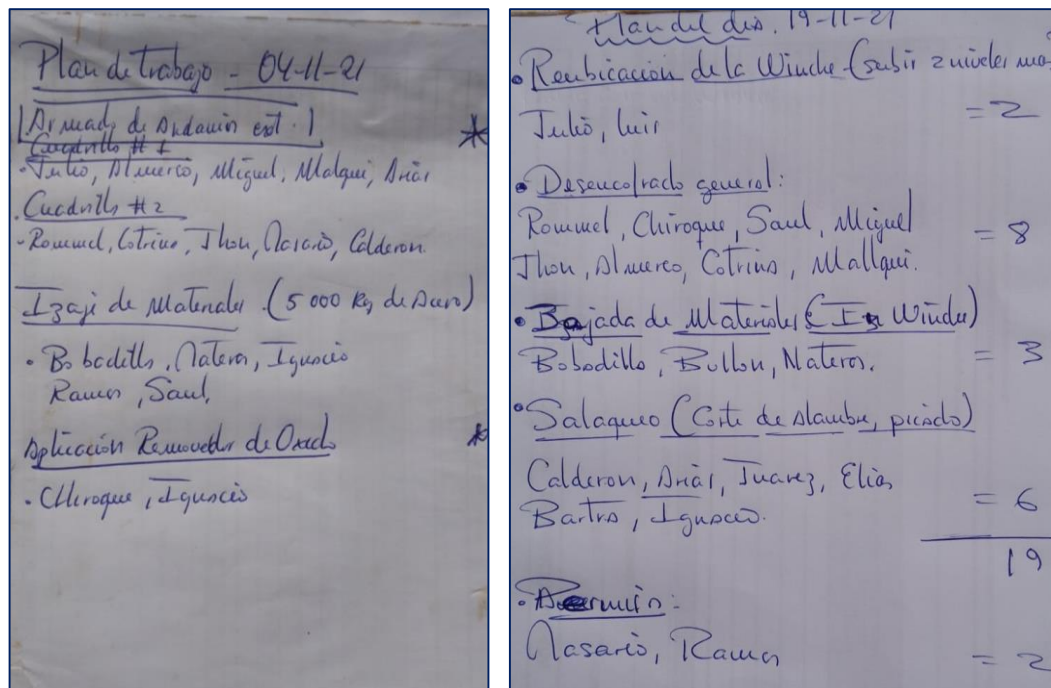


Figura N°3.7: Plan de Trabajo Diario del capataz F.C.M.

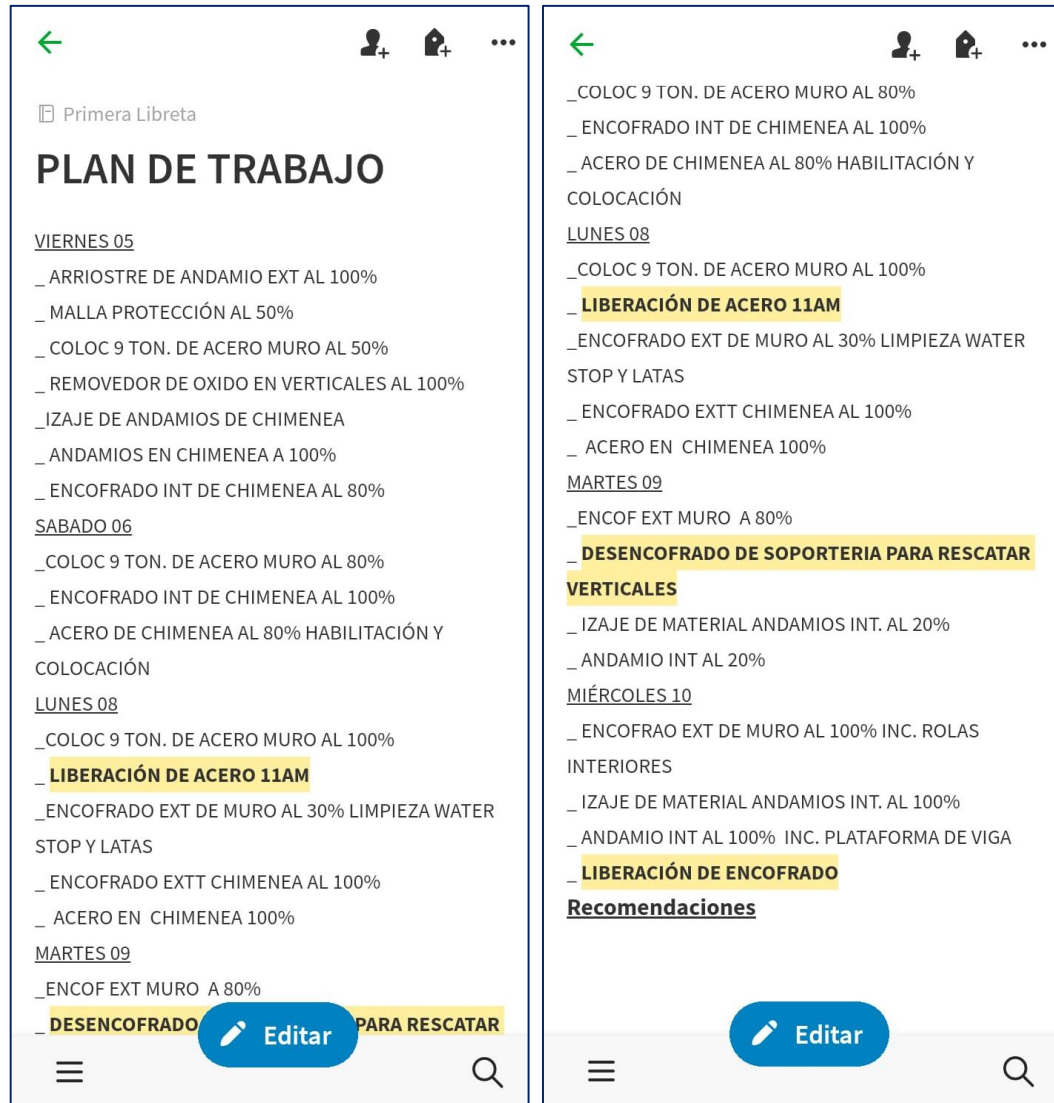


Figura N°3.8: Plan de Trabajo Semanal del capataz F.C.M.

3.1.3 Observaciones en el Lugar de los Hechos y Listado de Desperdicios Lean

En el Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima; se realizó caminatas Lean, en el lugar, donde se ejecuta la obra (visitas en la construcción de reservorios elevados).

A partir de la “observación” en la construcción de reservorios elevados tipo Intze, se desarrollan los 7 desperdicios Lean de Taiichi Ohno, el octavo desperdicio de Jeffrey Liker, la octava categoría de desperdicios de Lauri Koskela y los residuos en materiales de construcción.

- Sobreproducción
 - La cuadrilla de acero, habilitó el 80% del total de acero (70 tn) para el reservorio, durante la etapa de movimiento de tierras; generando desperdicios de sobreproducción, inventario y transporte.
 - Las cuadrillas OP – OP prevalecen sobre las cuadrillas OP – OF u OP – PE; hasta el 65% del personal, es operario.
- Esperas
 - La cuadrilla de concreto, espera hasta 30 minutos al concreto premezclado, por demoras del proveedor, para que inicien con el vaciado de un anillo de muro fuste. Esto significa una paralización hasta del 20% del tiempo de vaciado.
 - La cuadrilla de concreto, espera hasta 45min para poder iniciar con el vaciado de concreto de un anillo de muro cuba, por levantar las observaciones del supervisor, en corregir la colocación del wáter stop y limpieza de alambres dentro del encofrado, esto significa una paralización hasta del 25% del tiempo de vaciado. Además, el personal se tuvo que quedar 1h adicional a su jornal, un costo adicional para una cuadrilla de 7 personas.
 - La cuadrilla de encofrado, espera o no inicia con el encofrado exterior de un anillo de muro fuste, por falta de liberación por parte del supervisor, se tiene hasta 50min de tiempo muerto.
 - La cuadrilla de acero, espera para iniciar sus actividades de colocación de acero horizontal de un anillo de muro fuste, porque, la cuadrilla de concreto no termino su trabajo de escarificado y limpieza de escombros de concreto, se tiene hasta 1.5h de tiempo muerto.
 - Las cuadrillas esperan el inicio de labores, por un incorrecto llenado de Análisis de Trabajo Seguro (ATS); parada de seguridad de hasta 30min para una charla de reinducción.
 - La cuadrilla de concreto, espera más de 2 horas, para dar acabado a losa de cimentación, por condiciones climáticas desfavorables durante el fraguado del concreto, costo adicional para una cuadrilla de 12 personas.
 - La cuadrilla de encofrado, espera ingresar a dar inicio con tapar la segunda cara del encofrado, por bajo rendimiento y mala

- planificación de la cuadrilla de acero (actividad previa), tiempo muerto de hasta 2h.
- La cuadrilla de encofrado, espera la llegada de los separadores de concreto para poder encofrar un anillo de muro fuste, se optó por apoyar en otras actividades, armado de andamios y acarreo de materiales. La fecha del vaciado se atrasó 1 día.
 - La cuadrillas esperan instrucciones del capataz; el capataz a su vez, instrucciones por parte del ingeniero de campo, sobre incompatibilidades en plano de estructuras y arquitectura, se tiene hasta 2h de paralización.
 - La cuadrilla de acero, espera los planos actualizados de despiece, para iniciar con la colocación del empalme acero vertical en un anillo de muro fuste, se tiene tiempos de hasta 2h de paralización.
 - El personal asignado al acarreo de materiales para el fondo esférico, espera recibir materiales, por un personal de tiempo no productivo, 10min de tiempo muerto, esto ocurre hasta 5 veces al día, teniendo un tiempo improductivo de hasta 50min.
 - La cuadrilla de encofrado, espera habilitar fenolicos para el tronco cónico, por desperfectos con la sierra circular, hasta medio día paralizado en poder solucionar un cambio de equipo, 3 personas.
- Transporte
 - Se observa en los frentes desordenados, que los materiales se mueven hasta 2 veces, de un lugar a otro, durante 1 semana, generándose improductividad.
 - Los frentes más desordenados debido a un mal almacenamiento de los materiales como el acero y equipos como el andamio, generan demasiados movimientos (personal) y transportes (materiales). Se tiene una estimación de hasta 1h laboral perdida al día y por persona. Además, el flujo abarca el 30% del ambiente de la obra.
 - No se distribuye bien al personal que realiza el acarreo de materiales, de una cuadrilla de 6 personas se tiene 10min de tiempo improductivo, esto ocurre hasta 5 veces al día, teniendo un tiempo improductivo total de hasta 50min por persona.

- No se realiza una distribución del espacio de la obra, por lo mismo, existe un grado subjetivo de desorden de medio a alto; se muestran fotos al final del capítulo.
- **Inventario**
 - Inventario = Stock + Trabajo en Progreso.
 - Se tiene alto stock (cantidades por encima del mínimo necesario) de inventario en materiales y equipos en los almacenes. Por ejemplo, se encontró 2 a 3 equipos adicionales (amoladora y sierra circular) nuevas y de retén; se tiene hasta el 8% de acero adicional (8 varillas por cada 100) y por elemento estructural, y se tiene hasta 20 bolsas de cemento adicionales para la semana, cuando solo se necesitan 20.
 - Se tiene habilitado hasta el 80% del total de acero (70 tn) para el reservorio, y a obra se lleva hasta el 50%, donde el material queda no utilizado por varios meses; los recursos que ingresan a obra, con mucha anticipación, pueden sufrir pérdidas o daños.
 - Se tiene un stock no necesario de andamios, andamios esperando ser instalados por falta de trabajo. Al iniciar la construcción de los primeros anillos del muro fuste, se tiene la totalidad de andamios del muro fuste (interior y exterior), se instala 20 tn y se tiene esperando hasta 60tn, costo adicional de alquiler.
 - Se tiene productos de resane de concreto con hasta 2 semanas de anticipación, antes del vaciado de fondo esférico y tronco cónico.
- **Sobreproceso**
 - Se tiene acabados de mucha calidad en el concreto, la cuadrilla conformado por 12 personas, demora 2h adicionales durante el acabado de losa de cimentación, por orden del capataz.
 - Los trabajos de sellado de obturadores y solaqueo demandan muchos recursos (andamios, mano de obra, equipos y materiales) que no son reconocidos por el cliente (no existe partida valorizable).
- **Movimientos**
 - Se realizan movimientos innecesarios del personal por búsqueda de materiales, tiempos no productivos, por desorden y falta de limpieza. Se tiene una estimación de hasta 1h laboral perdida al día

y por persona, que se complementa con el desperdicio del transporte.

- Se encuentra movimientos del personal por falta de coordinación entre cuadrillas y por falta de indicaciones del capataz, 20% TNC.
- Retrabajos
 - La cuadrilla de acero, desamarra el acero colocado por un error en la longitud del traslape del acero vertical, el vaciado se atrasó 1 día.
 - Reparación de cangrejeras y segregaciones en el concreto después del vaciado de un anillo de muro fuste, producto de un mal vibrado del concreto. Este trabajo no presupuestado, compromete hasta 2h a un operario albañil y materiales de reparación.
 - Limpieza del acero con removedor de óxido y colocación del desmoldante observados por el supervisor, que generar esperas de hasta 45min antes de iniciar con el vaciado de concreto.
 - Retirar el encofrado exterior al no liberar el acero por observación del supervisor, debido a una mala comunicación con el capataz.
 - En el reservorio REP-04, una vez construido el muro fuste, se tuvo que desarmar la torre de andamios exterior (16m de altura), por no respetar la modulación que indicaba el plano; esto ocasiono que toda la cuadrilla, 26 personas hagan un retrabajo por 5 días.
- Talento
 - Suceden retrabajos por “no consultar” a los ingenieros o especialistas; debido a que el personal de obra brinda soluciones en base a experiencia y criterio. Generalmente se encontró estos errores en los traslapes de acero, zonas de empalme y detalles omitidos en los planos, así como los vaciados de concreto, que no dejan recubrimiento al acero horizontal; la cuadrilla de acero, desarmar el acero colocado y corrigen, y la cuadrilla de concreto, pican y demuelen el concreto “reventado” por el poco o nulo recubrimiento de acero, en los anillos de vaciado.
 - Falta de comunicación asertiva entre los operarios, jefes de grupo y capataz.
 - El no preguntar al supervisor y tomar decisiones en base a criterios de las incompatibilidades presentadas, suelen terminar en retrabajos.

- Se tiene miedo e ignoran la innovación en el proceso constructivo y prevalece la experiencia. “Yo siempre lo he hecho de esta manera”.
- La planificación comúnmente es vertical, del ingeniero al maestro y del maestro a los obreros, no se origina una planificación colaborativa ni se generan compromisos, tampoco se divide el trabajo por especialidad.
- Errores en el dimensionamiento de cuadrillas y rendimientos por el capataz, que se extiende a horas extras para cumplir con los días de vaciado.
- No se planifica y las programaciones son holgadas, distraen al plazo contractual, además, el horizonte suele ser de una semana y las promesas poco fiables, finalizan en una reprogramación.
- No se gestiona las restricciones mucho menos a los responsables.
- Las cuadrillas resultan ser eficaces pero no eficientes. Se tiene bajo o nulo control de la eficiencia.
- No utiliza metodologías para mejorar los procesos constructivos ni la productividad de la mano de obra. Se tiene resultados del orden del 30% en TP, 50% en TC y 20% TNC.
- La evaluación semanal se finaliza en pérdida.
- Residuos
 - Desperdicios en el concreto premezclado, por vaciado de anillo de muro fuste y cuba; se solicita hasta 2.5m³ adicionales del metrado real, esto alcanza hasta un 6% adicional que se convierte en merma. En los vaciados masivos consideran hasta un 8% adicional en volumen, para el pedido de concreto premezclado.
 - Existe acero rolado de los encofrados metálicos que no se reutiliza; 65 varillas de 3/4 x 9m, que se encuentra “botado” luego de terminar el vaciado del último anillo del muro cuba.
 - Existe varillas de acero mayores a 1.5m que no se reutiliza, cerca de 2tn, esto se pudo optimizar con un buen despiece de acero previa aprobación del supervisor.
- Making Do
 - Falta de planificación en los flujos o pre condiciones, no se toman en cuenta al ejecutar actividades importantes.

- Se tiene exceso de confianza y se improvisa la planificación de actividades.

A continuación, se presenta imágenes sobre algunos de los desperdicios mencionados, durante el proceso de “observación” en las caminatas Lean, del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.



Figura N°3.9: Retrabajos asociados a costos de no calidad, por errores cometidos en vaciados de muro fuste, fondo esférico y anillo de muro cilíndrico interior, respectivamente.

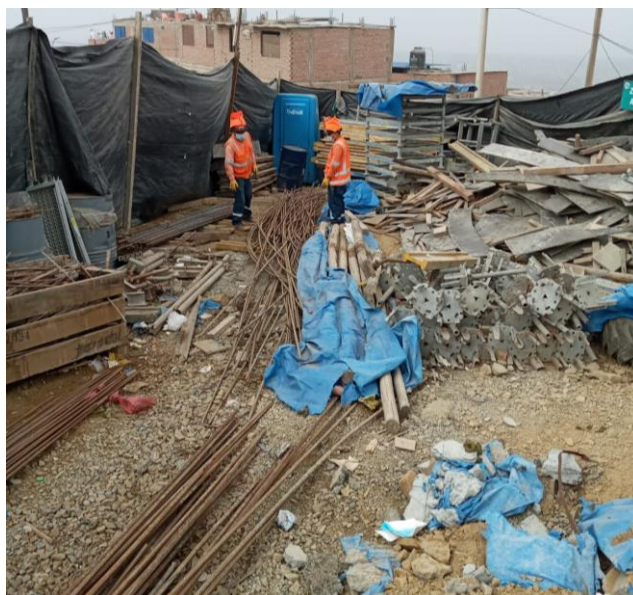


Figura N°3.10: Desorden en la zona de acopio, debido a materiales y equipos que ya fueron utilizados para la construcción del reservorio.



Figura N°3.11: Desorden en la zona de acopio, mezcla de equipos y materiales.

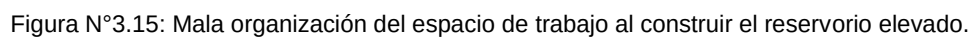


Figura N°3.12: Desperdicio de acero rolado de 3/4" para encofrado, no puede ser reutilizado por su curvatura.



Figura N°3.13: Desperdicio de concreto de vaciado de muro cuba.

Figura N°3.14: Planilla obrera conformada por muchos operarios en la construcción de un reservorio.



3.1.4 Conclusiones del Diagnóstico Situacional

Como parte del análisis, el impacto cuantitativo que generan algunos desperdicios descritos, son:

- Una cuadrilla promedio está conformada por 26 personas, el 65% son operarios (17) y oficiales – peones (9), el costo adicional por no equilibrar la cuadrilla es de S/. 1 000 a la semana.

Tabla N°3.1: Costo adicional de no equilibrio de cuadrilla.

COSTO NÓMINA S/.			CUADRILLA			COSTO ADICIONAL
OP	OF	VARIACIÓN	OP	OF	VARIACIÓN	
1150	900	250	17	9	4	1000

- El vaciado de muro cuba tiene una duración aproximada de 3h, un retraso de 45min (25%) en el inicio del vertido, ocasiona 1h adicional de trabajo fuera del horario normal para una cuadrilla de 7 personas, esto tiene un costo adicional de S/. 500.
- El retraso de 1 día de vaciado, para una cuadrilla de 26 personas, representa un costo adicional de S/. 2 160, que es equivalente a 4h de trabajo no productivas.
- Una paralización de 30min para una cuadrilla de 26 personas, por temas de seguridad (reinducción), representa un costo adicional de S/. 270.
- Los tiempos en movimientos no necesarios y orden - limpieza de materiales y equipos, representan hasta 50min por persona, el costo para cuadrilla de 26 personas es S/. 450 al día.
- El retrabajo de desarmar y armar los andamios correctamente en el reservorio REP-04, para una cuadrilla de 26 personas, que trabajó durante 5 días, representa un costo adicional de S/. 21 400.
- El TNC (20% del tiempo de trabajo), para una cuadrilla de 26 personas puede representar hasta 195HH pérdidas en una semana.
- Los costos adicionales para 2.5m³ de concreto premezclado, que se tiene como desperdicio en cada anillo de vaciado, representa S/. 1 000.
- El costo de acero no utilizado debido a la curvatura que presenta, para 65 varillas de 3/4" x 9m, representa S/. 5 850.

Para el análisis, una cuadrilla promedio (construcción de 4 reservorios con un Modelo de Gestión no Optimizado) es representada por 26 personas; 12

carpinteros (encofrado y andamio), 8 fierros y 6 albañiles, sin considerar al capataz.

A continuación, se muestra un mapa conceptual de los resultados más importantes, en base a las herramientas utilizadas, para el diagnóstico situacional, en la ejecución de reservorios elevados tipo Intze, Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima; en donde, se proyecta un Modelo de Gestión no Optimizado.

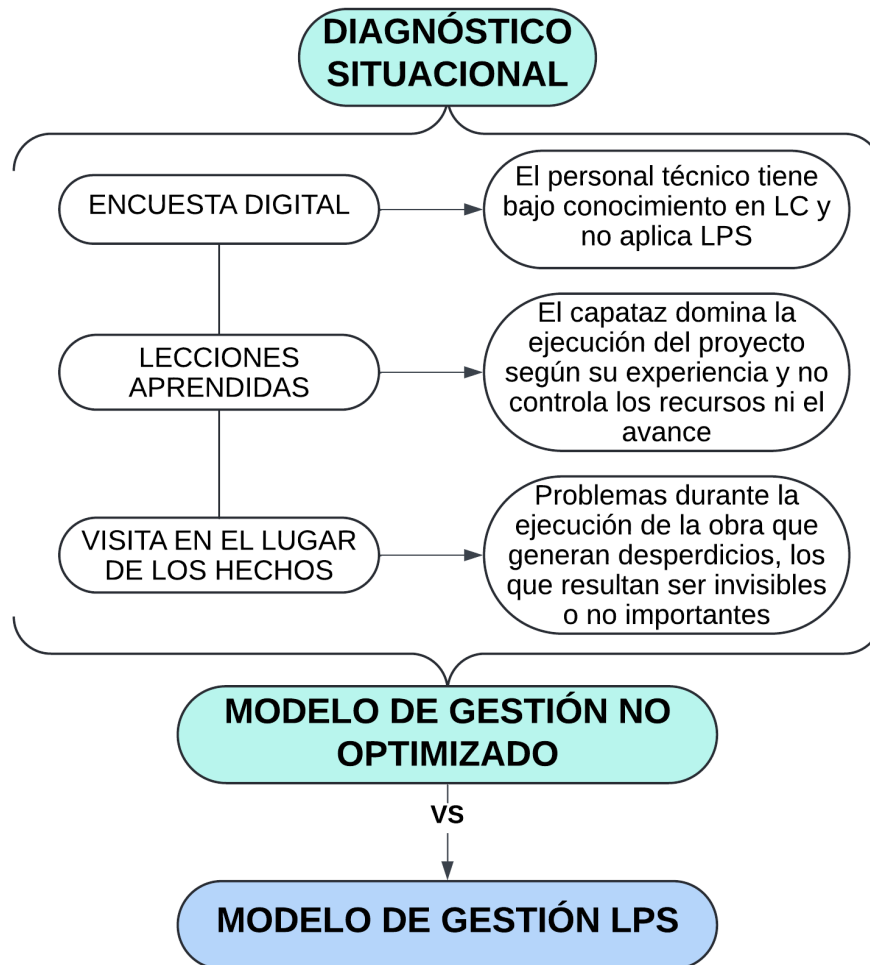


Figura N°3.16: Resultados importantes del Diagnóstico Situacional.

Capítulo IV: Descripción y Desarrollo de la Metodología Last Planner® System en la Construcción de Reservoirio Elevado Tipo Intze

En el presente capítulo, se edifica, describe y desarrolla el Modelo de Gestión con línea base en el Last Planner® System, herramientas de Lean Construction y técnicas - herramientas del Project Management Institute. Para los grupos de procesos de Inicio, Planificación y Programación, Ejecución, Control y Seguimiento, y Cierre; durante la construcción de reservorio elevado tipo Intze.

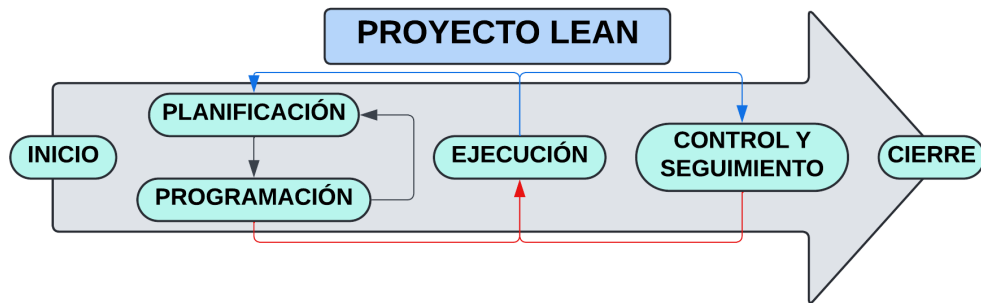


Figura N°4.1: Grupos de procesos para un proyecto Lean.
Adaptado del PMI (2017).

Los procesos de planificación y programación, ejecución, y control y seguimiento; interactúan cíclicamente, semana a semana, durante el proceso constructivo del reservorio elevado tipo Intze.

A partir del “Diagnóstico Situacional” (Capítulo III), es necesario implementar herramientas de gestión, para reducir y eliminar los aspectos deficientes encontrados en la construcción de reservorios elevados tipo Intze; del Modelo de Gestión No Optimizado.

Tabla N°4.1: Aspectos deficientes del Modelo de Gestión no Optimizado.

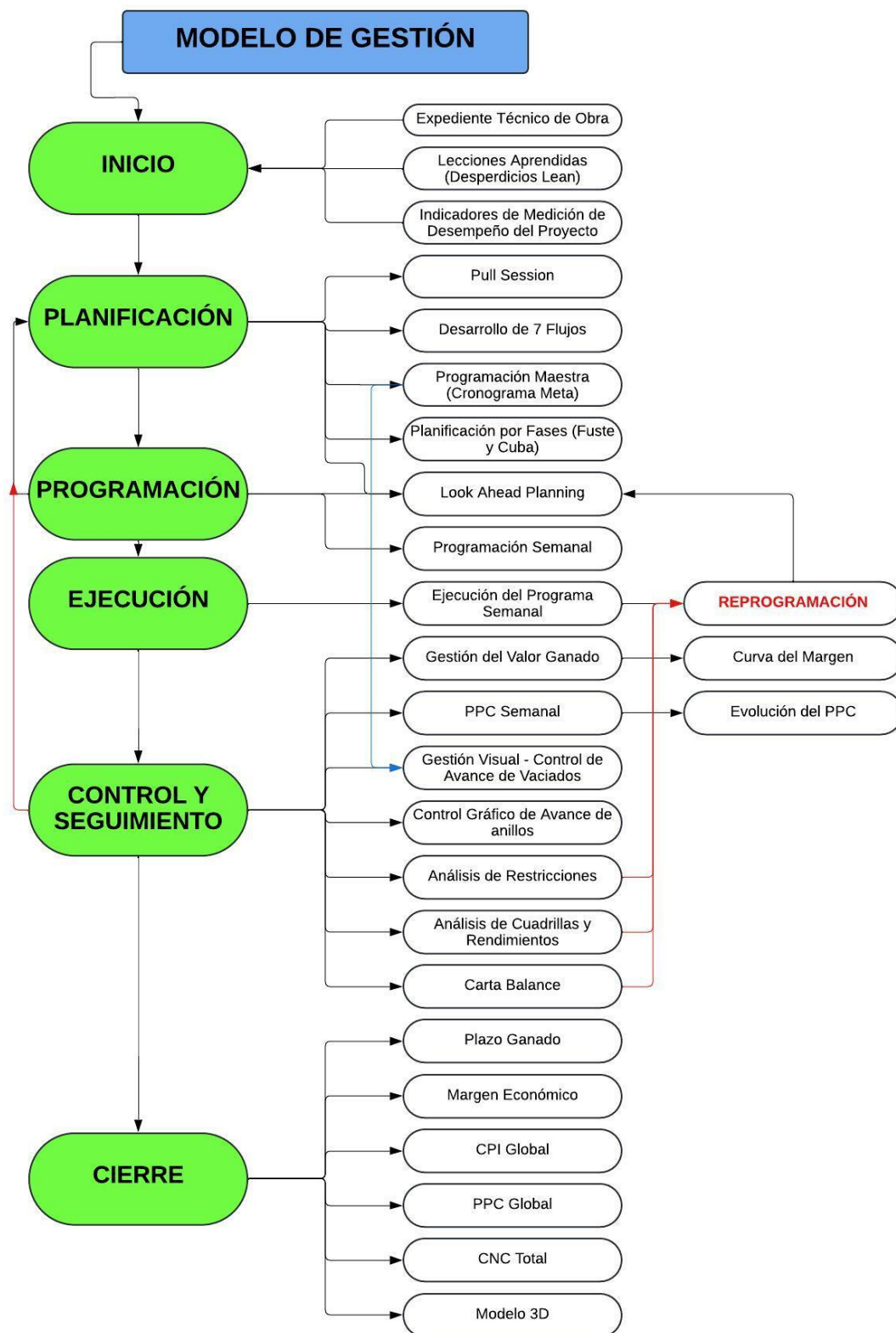
Aspectos Deficientes	Herramientas de Gestión	Universo
Planificación y programación deficiente	Last Planner® System	LC
Gestión y control de producción deficiente		
Incumplimiento de plazos		
Baja gestión de restricciones		
Personal con poco interés y no capacitado en herramientas de mejora continua		
Falta de compromiso y coordinación entre los involucrados		

Altos desperdicios en materiales	Last Planner® System (Cultura Lean)	LC
Cuadrillas sobredimensionadas y no equilibradas		
Retrabajos		
Desorden y caos en el espacio de trabajo		
Altos inventarios de equipos y materiales más incidentes		
Errores constructivos por exceso de confianza y no consultar		
Incumplimiento de fechas de vaciado	Gestión Visual para control	LC
Improvisación en los trabajos por falta de pre requisitos	7 Flujos	LC
Baja productividad de la mano de obra	Carta Balance	LC
Evaluación semanal en pérdida (control de costos deficiente)	Gestión del Valor Ganado	PMI
Nulo control del desempeño del proyecto	Plazo Ganado y Margen Económico	PMI

El Modelo de Gestión propuesto en esta investigación, está basado en Last Planner® System, principalmente, como herramienta de planificación y control de la producción. El desarrollo de los 7 Flujos principales, en la planificación inicial, que considera las entradas más importantes para la construcción del reservorio elevado tipo Intze. El uso de Carta Balance, para mejorar los tiempos y movimientos de las cuadrillas y eficiencia de la mano de obra. Herramientas de Gestión Visual, para el control y seguimiento de los vaciados de concreto, acorde a la Programación Maestra. El control de costos semanales, según la Gestión del Valor Ganado e indicadores de desempeño. Finalmente, los índices de desempeño del proyecto, para evaluar la fiabilidad del Modelo de Gestión.

La piedra angular, para el desarrollo del Modelo de Gestión, se basa en fomentar la cultura de Lean Construction (pensamiento y principios), a través, de reuniones de capacitación, a los principales involucrados de la ejecución de obra.

A continuación, se presenta el Modelo de Gestión para la construcción de reservorio elevado tipo Intze.



En base al PMI (2017), se desarrolla el Modelo de Gestión en los grupos de procesos de Inicio, Planificación y Programación, Ejecución, Control y Seguimiento, y Cierre.

4.1 Inicio

En esta etapa del Modelo de Gestión, se recopila y analiza los documentos del Expediente Técnico de Obra del proyecto, principalmente:

- Planos (todas las especialidades)
- Especificaciones técnicas
- Memoria descriptiva
- Presupuesto
- APU
- Planilla de metrados
- Cronograma contractual

También, es importante disponer de un listado de lecciones aprendidas sobre los desperdicios de Lean Construction, en la construcción de reservorios elevados tipo Intze, según proyectos similares y pasados (como una fuente de activos), para la difusión y aplicación de mejoras en los nuevos proyectos de ejecución.

De otro lado, el Modelo de Gestión, establece como propuesta, que los objetivos económicos del proyecto de construcción del reservorio, se definan, según:

- Plazo. Se mide en base al $\text{Plazo Ganado} = \text{Plazo Contractual} - \text{Plazo Real}$; se espera que el resultado sea positivo (+).
- Costo. Se mide en base al $\text{Margen Económico} = \text{Valor Ganado Acumulado [en función del presupuesto venta]} - \text{Costo Real Acumulado (según los costos directos)}$; se espera que el resultado sea positivo (+).

4.2 Planificación

En esta etapa del Modelo de Gestión, es importante determinar lo siguiente:

- El sistema de gestión para la planificación y control de la producción es Last Planner® System.

- La Programación Maestra es un reajuste del Cronograma Contractual de Obra (Cronograma Meta), resumida en hitos y conciliada con el capataz, ingeniero de campo y el ingeniero residente.
- La Planificación por Fases, se define en F1 (estructura seca o fuste) y F2 (estructura húmeda o cuba).
- Se realiza una Pull Session, en donde, se generan compromisos iniciales para completar el proyecto con éxito; entre los jefes de grupo, capataz, ingeniero de campo e ingeniero residente. Se establece, reducir la responsabilidad del capataz y se asigna un jefe de grupo por especialidad (concreto, acero y encofrado), para un mejor control (de recursos) y avance (de obra), descendiendo así, el nivel del Ultimo Planificador.
- La ventana del tiempo del Look Ahead Planning, es propuesta por 4 semanas, debido, a que es el tiempo de respuesta, de llegada de los materiales a obra, por el área logística.
- El Inventario de Trabajo Ejecutable, se realiza en base a las partidas del presupuesto venta, principalmente. Esto permite comparar KPIS de la Gestión del Valor Ganado (CV y CPI), para controlar lo planificado vs ejecutado vs costo inducido, durante cada semana.
- El Análisis de Restricciones, debe de contener principalmente; el estado en la que se encuentra la restricción (**EN PROCESO**, **LEVANTADA** y **SIN ATENCIÓN**), la fecha requerida para su levantamiento, la fecha en la que fue levantada y el responsable de levantar, dicha restricción.
- Evaluar la Programación Semanal y determinar el PPC de la semana y el acumulado (evolución).
- Analizar la naturaleza de las causas de no cumplimiento y realizar mejoras, en la gestión.
- Se debe de determinar los 7 Flujos Principales o pre condiciones para el proyecto, como una herramienta de planificación, para reducir las paradas en los flujos de conversión de procesos. Además, se convierte en una herramienta de ayuda memoria que desafía la improvisación en la

ejecución. Se desarrolla como linea base en la planificación inicial, pero, se puede ir actualizando (mejoras), durante la etapa de ejecución.

- Seguridad
 - Información
 - Espacio; layout plan de obra en cada fase del proyecto, para la distribución del espacio de trabajo, en donde, se establece un lugar determinado, para cada material incidente de la obra.
 - Materiales; evaluar los materiales principales como insumos para la construcción del reservorio y consumibles.
 - Personas; en base a una programación inicial y metas propuestas, definir los rendimientos promedio y dimensionamiento de las cuadrillas.
 - Requisitos previos
 - Equipos; evaluar los equipos de línea amarilla y equipos de poder para los trabajos establecidos.
- Determinar la metodología de vaciados de concreto para las estructuras.
 - Determinar el uso de andamios homologados y encofrados metálicos.
 - El alcance es una extracción de la ejecución completa de un reservorio elevado tipo Intze, que inicia desde el solado hasta el vertido de concreto para la cúpula esférica.

4.3 Programación

En esta etapa del Modelo de Gestión, se debe de proteger el planeamiento en todas sus ventanas del tiempo, es decir, al momento de realizar la programación durante la semana; la Programación Maestra, el Look Ahead Planning y la Programación Semanal, deben de estar correctamente alineados en el tiempo y guardar relación lógica.

Se concilia el dimensionamiento y rendimientos por cuadrilla, para las actividades de acero, encofrado y concreto; entre los ejecutores de la obra, y se va actualizando, a medida que sea necesario.

La programación intermedia y semanal es en base a metrados, ya que, permite evaluar el desempeño operativo, al ser multiplicada por el precio unitario del presupuesto venta y sea factible la aplicación de la Gestión del Valor Ganado.

La programación y reprogramación se realizan en base al proceso constructivo y criterios de sectorización (anillos) y trenes de trabajo (especialidades).

La programación, se realiza todos los viernes de cada semana, para generar compromisos y establecer metas alcanzables, entre el ingeniero de campo, capataz y jefes de grupo.

Se establece buffers o colchones de amortiguamiento, para cuidar el plazo de ejecución, convenientemente, se concilio 1/2 día para los días de vaciado.

4.4 Ejecución

En esta etapa del Modelo de Gestión, se pone en marcha el plan establecido de manera colaborativa; se verifica que la ejecución vaya de acuerdo a la Programación Semanal, con calidad y seguridad, sin tener interrupciones en los flujos entre procesos.

Establecer metas diarias alcanzables (compromisos) según la programación de la semana.

4.5 Control y Seguimiento

Según se muestra en el Capítulo III “Diagnóstico Situacional”, en la ejecución de reservorios, bajo el Modelo de Gestión no Optimizado; no se controla el consumo de los recursos (mano de obra, materiales y equipos – herramientas), ni el avance de la obra en el tiempo, ni los costos, en base a los desperdicios producidos en los flujos de conversión de procesos. Por lo tanto, en esta etapa del Modelo de Gestión, se establece:

- Controlar el avance en la ejecución, se verifica la Programación de Vaciados (herramienta de Gestión Visual), según la fecha planificada (Meta) vs la fecha realmente ejecutada.
- Gestionar de manera oportuna, el levantamiento de las restricciones.
- Analizar el dimensionamiento y rendimientos de las cuadrilla.
- Realizar cartas balance, para establecer una linea base del manejo del tiempo de las cuadrillas de acero, encofrado y concreto.
- Confiabilidad del Porcentaje del Plan Cumplido y el análisis de las Causas de No Cumplimiento.

- Indicadores de la Gestión del Valor Ganado (CV y CPI) y análisis de la Curva del Margen semanal.
- Gestión Visual para el avance de vaciados, por anillo, por fecha (hito interno).
- Mejora Continua.

4.6 Cierre

El Modelo de Gestión finaliza con:

- Análisis y evaluación de los resultados operativos al término de la construcción del casco estructural del reservorio elevado, según el Plazo Ganado y el Margen Económico.
- Comparar los resultados operacionales de la metodología propuesta con respecto a proyectos similares, en base al Modelo de Gestión no Optimizado.
- Resultados finales del PPC y las CNC.
- Como parte de la Mejora Continua, se presenta un modelo 3D, del proceso constructivo de reservorio elevado tipo Intze, para mejorar el entendimiento de la construcción progresiva y secuencial, por etapas (ANEXO).

Capítulo V: Implementación y Resultados al Aplicar la Metodología Last Planner® System en la Construcción de Reservoirio Elevado Tipo Intze

En este capítulo, se implementa el Modelo de Gestión con línea base en el Last Planner® System, herramientas de Lean Construction y técnicas - herramientas del Project Management Institute, para 2 reservorios elevados tipo Intze del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima; y se compara:

- Escenario 1: Resultados de costo y plazo a 6 reservorios ejecutados; 2 reservorios con implementación del Modelo de Gestión vs 4 reservorios con el Modelo de Gestión no Optimizado.
- Escenario 2: Resultados de costo y plazo a 4 reservorios ejecutados; con el Modelo de Gestión no Optimizado (Escenario 1) vs una Proyección de implementación del Modelo de Gestión.

5.1 Los 7 Flujos Principales

Como parte de la planificación inicial, se desarrolla los 7 Flujos Principales, el cual, garantiza un entendimiento práctico y estratégico, para reducir la variabilidad y la improvisación, al momento de ejecutar la obra.

- Seguridad
 - Formatos (ATS, PETAR, permiso para trabajo en altura, check list de andamios, check list de equipos de poder y permiso de horario extendido)
 - EPP
 - Estándares (IPERC)
 - Lineamientos (plan de respuesta ante emergencias)
 - Procedimientos (excavaciones, trabajo en altura, trabajo en espacios confinados y uso de herramientas manuales y equipos de poder)
- Información
 - Expediente técnico de obra
 - Contrato principal
 - Permisos de ejecución de obra
 - Procedimiento de trabajo (aprobado por el supervisor)

- Planos replanteados de ejecución (aprobado por el supervisor)
[hidráulica, estructuras y arquitectura]
- Espacio
 - Layout Plan F1, para estructura seca (fuste)
 - Layout Plan F2, para estructura húmeda (cuba)
- Materiales
 - Concreto premezclado (diseño aprobado)
 - Acero corrugado
 - Fenolicos y madera
 - Consumibles (alambre de 8 y 16, separadores de concreto, curador membranal, desmoldante para encofrados, removedor de óxido, brocas y otros)
 - Sistema de obturador
 - Platinas metálicas, bloques de vidrio y ductos de ventilación
- Personas
 - Dimensionamiento de cuadrillas según categoría (operario y oficial) y especialidad (fierro, carpintero y albañil) y rendimientos (acero, encofrado y concreto)
 - Subcontratistas
 - Personal de áreas de apoyo (ssoma, calidad y laboratorio)
 - Cuadrilla electromecánica
 - Topógrafos
- Requisitos previos
 - Protocolos de aprobación de partidas y liberación de trabajos (aprobación del supervisor)
- Equipos y herramientas
 - Andamios homologados
 - Encofrados modulados
 - Camión grúa de 10Tn
 - Bomba pluma y/o bomba estacionaria (longitud de tubería)
 - Equipos de poder (acero, encofrado, concreto)
 - Winche eléctrico
 - Herramientas manuales
 - Generador eléctrico

5.2 Implementación del Modelo de Gestión

La implementación del Modelo de Gestión basado en Last Planner® System, se aplica a 2 reservorios elevados tipo Intze, de un conjunto de 6 reservorios elevados, pertenecientes al Proyecto de saneamiento Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

Como se hizo mención en el Capítulo IV; se establece, reducir la responsabilidad del capataz y se asigna un jefe de grupo por especialidad (concreto, acero y encofrado), para un mejor control (de recursos) y avance (de obra), descendiendo así, el nivel del Ultimo Planificador.

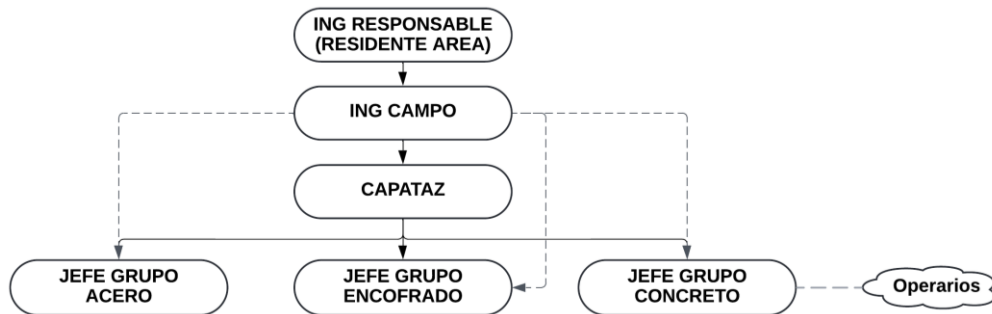


Figura N°5.1: EDO para ejecución de la Obra.

A continuación, se muestra la configuración y análisis de cuadrillas como linea base, para la planificación inicial (Programación Maestra), que se desarrolla en coordinación con los interesados clave, para la ejecución del reservorio elevado tipo Intze.

Tabla N°5.1: Rendimientos base y análisis de cuadrillas.

ESTRUCTURA	PROCESO	RENDIMIENTO / DÍA / CUADRILLA	N° CUADRILLAS	AVANCE DIARIO
Zapata	Acero (kg)	600	4	2400
	Encofrado (m2)	10	4	40
Muro Fuste	Acero (kg)	450	3	1350
	Encofrado (m2)	35	2	70
	Andamio (m2)	30	2	60
	Concreto (m3)	30	5	30
Muro Cuba	Acero (kg)	400	4	1600
	Encofrado (m2)	30	3	90
	Andamio (m2)	20	3	60
	Concreto (m3)	40	6	40

Una cuadrilla, está conformada por 2 personas, un OP y un OF.

Tabla N°5.2: Cantidad de cuadrillas por Fases.

CUADRILLAS	FASE F1	FASE 2
Acero	3	4
Encofrado	2	3
Andamio	2	3
Concreto	3	3

En las Fases F1 y F2; las cuadrillas de acero y concreto, el Jefe de Grupo está incluido; pero, en las cuadrillas de encofrado y andamios, se debe de considerar un OP adicional, como Jefe de Grupo.

Por lo tanto, la cuadrilla para ejecutar la construcción de la Fase 1, está conformado por 22 personas y, para ejecutar la construcción de la Fase 2, está conformado por 28 personas.

Por otro lado, se muestran en las Figuras N°5.2 y N°5.3; el Layout Plan para distribuir el espacio de trabajo en la obra, para la construcción de la fase de estructura seca (fuste) y la fase de estructura húmeda (cuba), en donde, las actividades en ambas fases, son repetitivas y similares.

La distribución de las áreas en la obra, para los recursos materiales y equipos; dependen del tipo, volumen y cantidad (inventario).

- El comedor, vestuario y servicios higiénicos, depende de la cantidad de personal.
- El almacén general, tiene como objetivo, cuidar la integridad de los materiales y equipos más costosos y sujetos a pérdida o robo.
- La distribución de las áreas, para los materiales como acero, madera y cemento, son reducidas; debido, a la utilización de concreto premezclado y acero habilitado que se deja a pie de obra (reservorio).
- Los equipos, como encofrados metálicos y andamios, ocupan un área más amplia; por ejemplo, para 40Tn de equipo, se requiere un espacio de 15m x 8m, aproximadamente.

Durante la ejecución del proceso constructivo, los materiales y equipos más importantes e incidentes, como acero habilitado, madera, encofrado metálico y

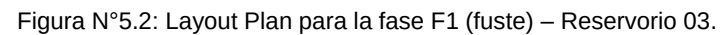
andamios; se dejan a pie de obra, para reducir la generación de desperdicios, como transporte, inventario y movimientos.

Tabla N°5.3: Optimización del espacio de trabajo según materiales más incidentes.

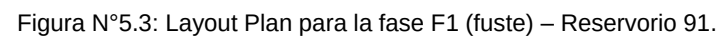
MATERIALES	ESPACIO	ÓPTIMO
Acero	Para 4 Paquetes de acero de 2Tn y alambre	Acero habilitado
Madera	Para 20 fenolicos, 60 bastidores, 50 cuartones y 50 tablonos y alambre	Encofrado metálico
Cemento	25 bolsas de cemento	Concreto premezclado
Químicos	Desmoldante, curador y removedor de óxido	

Por otro lado, se realiza un análisis de tiempos y movimientos, para conocer los flujos en la obra, bajo la herramienta de Carta Balance, en las partidas de acero, encofrado y concreto, que se requieren, mejorar su eficiencia.

A continuación, se presenta el Layout Plan, para el espacio de trabajo, en la construcción de los Reservorios 03 y 91, respectivamente.



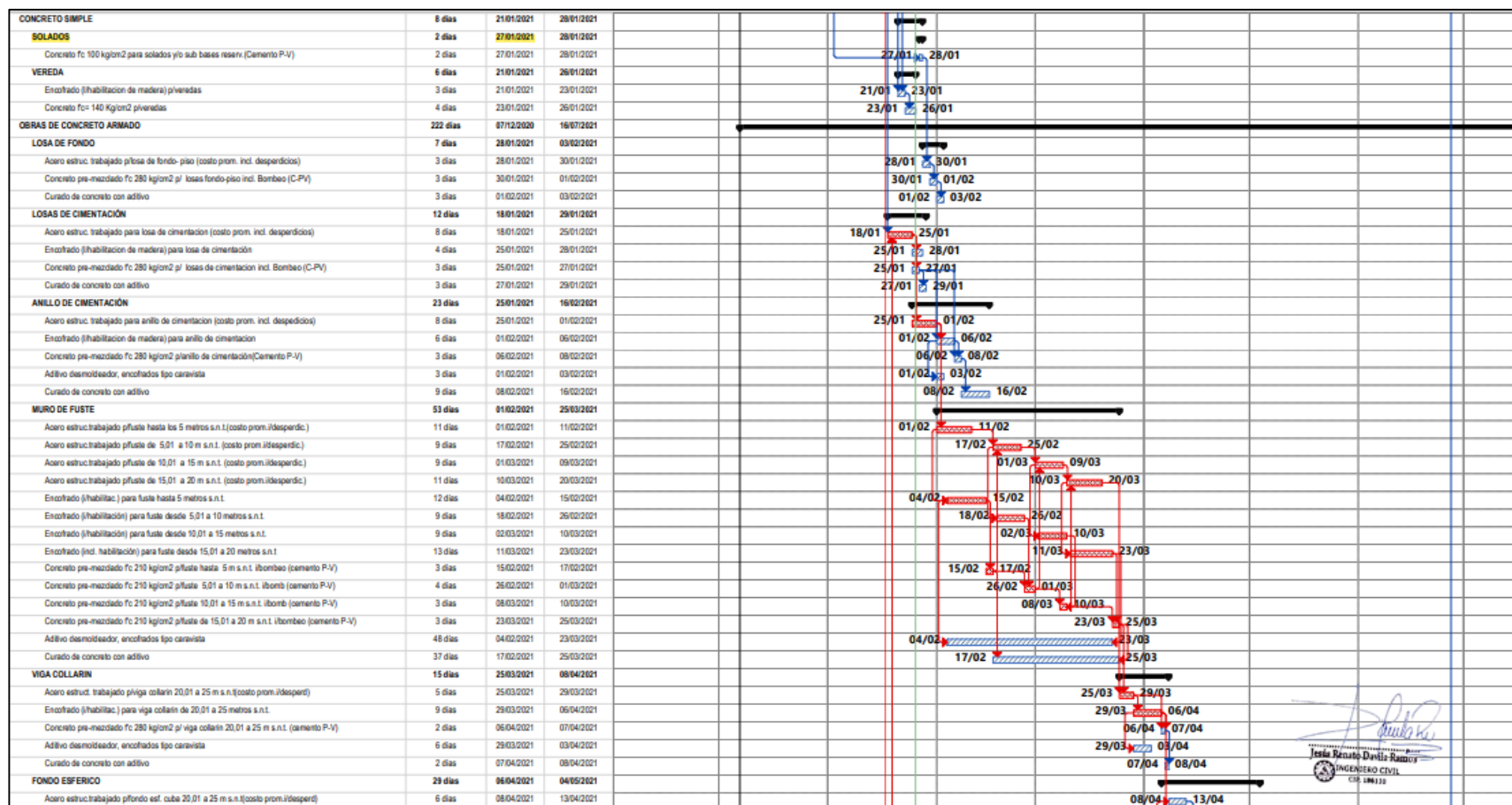
Implementación de Modelo de Gestión con Last Planner® System en la Construcción de Reservorio Elevado Tipo Intze
Bach. Jhonatan Santi Urbano



Durante la fase de movimiento de tierras del Reservoirio 91, como parte del planeamiento, se desarrolla la distribución del espacio de trabajo, para la construcción del reservorio elevado tipo Intze, según lo descrito en los párrafos anteriores.

5.2.1 Implementación del Modelo de Gestión al Reservoirio 03

Inicialmente, se toma como línea base el cronograma contractual del proyecto, para desarrollar el Modelo de Gestión basado en LPS.





Implementación de Modelo de Gestión con Last Planner® System en la Construcción de Reservorio Elevado Tipo Intze
Bach. Jhonatan Santi Urbano

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	METRA DO TOTAL	METR ADO PROG. R.	SEM 21							SEM 22							SEM 23							SEM 24							SEM 25							SEM 26							SEM 27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
					L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
					24/9/21	25/9/21	26/9/21	27/9/21	28/9/21	29/9/21	30/9/21	1/10/21	1/10/21	2/10/21	3/10/21	4/10/21	5/10/21	6/10/21	7/10/21	8/10/21	9/10/21	10/10/21	11/10/21	12/10/21	13/10/21	14/10/21	15/10/21	16/10/21	17/10/21	18/10/21	19/10/21	20/10/21	21/10/21	22/10/21	23/10/21	24/10/21	25/10/21	26/10/21	27/10/21	28/10/21	29/10/21	30/10/21	1/11/21	2/11/21	3/11/21	4/11/21	5/11/21	6/11/21	7/11/21	8/11/21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
01.04.04	RESERVORIO ELEVADO PROYECTADO REP-03 Y=2,400m3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</

Figura N°5.5: Programación Maestra – Reservoirio 03.

La Programación Maestra, se desarrolla en base a las partidas del presupuesto venta, durante la planificación inicial, y se pone en marcha desde la liberación del terreno, para el inicio de la ejecución de la obra; esta nueva duración, debe de guardar relación con el cronograma contractual, pero con metrados actualizados (y más incidentes como el encofrado, concreto y acero), en base a los planos replanteados y aprobados.

La afinidad de presentar las programaciones en metrados, es para obtener el avance semanal en función del costo directo (Gestión del Valor Ganado) y presentar los índices de desempeño (CV y CPI).

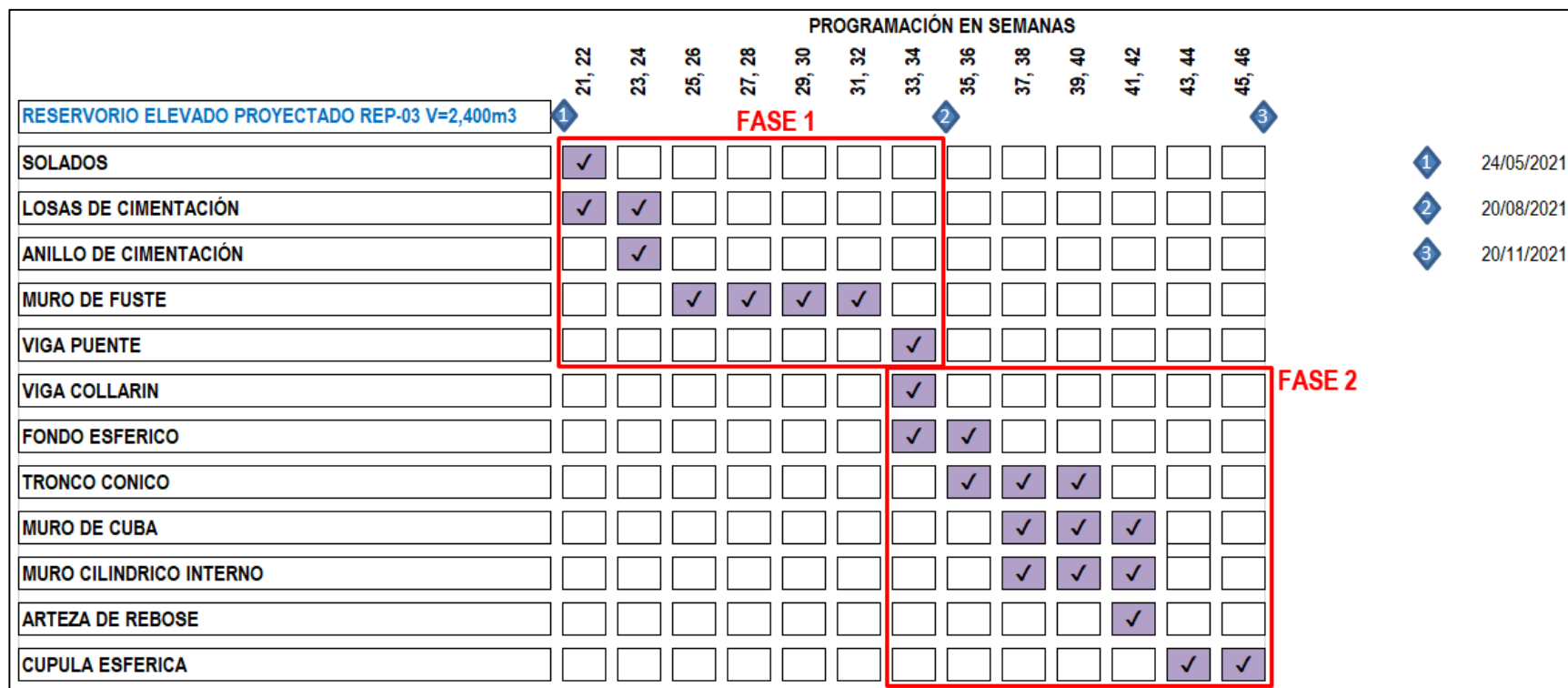


Figura N°5.6: Planificación por Fases – Reservoirio 03.

La Planificación por Fases, resulta al dividir la ejecución del reservorio en estructuras como el fuste y la cuba, presentado de manera resumida en semanas; además, refleja los hitos principales (fecha de inicio del proyecto, fecha de inicio en la cuba y fecha final del proyecto).

En la Figura N°5.6, solo se presentan fases del concreto armado del casco estructural, que es el objeto de estudio; sin embargo, es importante mencionar las fases de ejecución del proyecto de reservorio, hasta su etapa de recepción de obra.

Tabla N°5.4: Fases de ejecución para un reservorio elevado tipo Intze.

FASE	DESCRIPCIÓN
F0	Movimiento de Tierras
F1	Concreto armado, hasta el término del muro fuste
F2	Concreto armado de la cuba
F3	Prueba Hidráulica (verificación de la estanqueidad de la estructura, previo a un procedimiento de reparación y resane).
F4	Acabados (impermeabilización y pintura) y Carpintería metálica

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	METRADO TOTAL	METRADO PROGR.	SEM 26							SEM 27							SEM 28							SEM 29						
					L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
					28/6/21	29/6/21	30/6/21	1/7/21	2/7/21	3/7/21	4/7/21	5/7/21	6/7/21	7/7/21	8/7/21	9/7/21	10/7/21	11/7/21	12/7/21	13/7/21	14/7/21	15/7/21	16/7/21	17/7/21	18/7/21	19/7/21	20/7/21	21/7/21	22/7/21	23/7/21	24/7/21	25/7/21
01.04.04	RESERVORIO ELEVADO PROYECTADO REP-03 V=2,400m3																															
01.04.04.04	OBRAS DE CONCRETO ARMADO																															
01.04.04.04.0	MURO DE FUSTE																															
	Andamio y Soportería A*2				x		x	x																								
	Andamio y Soportería A*3								x	x	x																					
	Andamio y Soportería A*4															x	x	x														
	Andamio y Soportería A*5																					x	x	x								
01.04.04.04.04	Acero estruc.trabajado p/fuste de 5,01 a 10 m s.n.t. (costo prom.i/desper	Kg	3,504.12	3504.12						876		876				876		876														
01.04.04.04.04	Acero estruc.trabajado p/fuste de 10,01 a 15 m s.n.t. (costo prom.i/desper	Kg	2,512.36	1884.27																	628		628						628			
01.04.04.04.04	Encofrado (i/habilitac.) para fuste hasta 5 metros s.n.t.	m2	415.31	172.83	69		69	35																								
01.04.04.04.04	Encofrado (i/habilitación) para fuste desde 5,01 a 10 metros s.n.t.	m2	417.83	417.83							70	70	70				70	70	70													
01.04.04.04.04	Encofrado (i/habilitación) para fuste desde 10,01 a 15 metros s.n.t.	m2	417.83	208.92																			70	70	70							
01.04.04.04.04	Concreto pre-mezclado fc 210 kg/cm2 p/fuste hasta 5 m s.n.t. i/bombeo	m3	62.04	31.02				31																								
01.04.04.04.04	Concreto pre-mezclado fc 210 kg/cm2 p/fuste 5,01 a 10 m s.n.t. i/bomb	m3	62.67	62.67									31						31													
01.04.04.04.04	Concreto pre-mezclado fc 210 kg/cm2 p/fuste 10,01 a 15 m s.n.t. i/bomb	m3	62.67	31.34																								31				
01.04.04.04	Curado de concreto con aditivo	m2	1,664.62	834.40				208						209						209									209			

Figura N°5.7: Look Ahead Planning, Semana 26 al 29 – Reservorio 03.

El Look Ahead Planning que se desarrolla a finales de la semana 25 para la semana 26, tiene un horizonte de 4 semanas, es decir, se programa las semanas 26, 27, 28 y 29; quedando la primera (semana 26), libre de restricciones (Programación Semanal).

Esta ventana de tiempo, permite la generación de una lista de recursos como mano de obra, materiales y equipos, tal que formen un escudo de producción y se tenga todo lo necesario para iniciar cada actividad, producto de una gestión eficiente. Las actividades que no fueron completadas (según los metrados), se reprograman para la semana próxima.

Al realizar las programaciones y reprogramaciones semanales, no se debe de desproteger el planeamiento inicial, ni perderlo de vista, es decir, debe de existir una lógica constructiva de programación entre el MS, el LAP y PS.

		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
PROYECTO:		SECTORIZACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO / MATRIZ PROCERES CHORRILLOS						
SEMANA:		12 22/03/2021						
ITEM	COD	SECTOR / FRENTE	RESTRICCION	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION	FECHA REQUERIDA POR PRODUCCION	FECHA DE LEVANTAMIENTO	ESTADO	RESPONSABLE
1.01	OC-9	REP-03	EQUIPOS	EXCAVADORA NEUMATICA DX210W DOOSAN EN OBRA	22/03/2021	20/03/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.02	OC-9	REP-03	EQUIPOS	3 VOLQUETES DE 20M3 PERENNES QUE REALICEN 3 VIAJES POR DIA	23/03/2021	23/03/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.03	OC-10	REP-03	PERSONAL	INGRESO DE CUADRILLA DE FIERREROS PARA ALMACEN DE HABILITADO DE ACERO DE PILOTES	31/03/2021	30/03/2021	LEVANTADA	RRHH
1.04	OC-10	REP-03	MATERIALES	LLEGADA DE ACERO SOLDABLE DE $\Phi 1"$, ALAMBRE N°16 AL ALMACEN	29/03/2021	31/03/2021	LEVANTADA	ALMACÉN
1.05	OC-10	REP-03	EQUIPOS	RODILLO LISO COMPACTADOR DE 2 ROLAS DE 2.5TN	29/03/2021	27/03/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.06	OC-10	REP-03	MATERIALES	ABASTECIMIENTO DE AFIRMADO 100M3 / DIA	29/03/2021	30/03/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.07	OC-11	REP-03	PROTOCOLOS	CONSENSUAR TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS Y RELLENO CON SUPERVISION	06/04/2021		EN PROCESO	SUELOS
1.08	OC-11	REP-03	SUBCONTRATISTA	REUNION CON PILOTES TERRATEST PARA EL INICIO DE TRABAJOS Y LLEGADA DE LA PILOTERA A OBRA	05/04/2021			PRODUCCIÓN
1.09	OC-12	REP-03	MATERIALES	REUNION CON UNICON PARA EL ABASTECIMIENTO DE CONCRETO Y DISEÑO PARA PILOTES	12/04/2021			PRODUCCIÓN
1.10	OC-12	REP-03	EQUIPOS	GENERADOR TRIFASICO DE 210 KVA PARA SUBCONTRATISTA EN OBRA	14/04/2021			LOGÍSTICA
1.11	OC-12	REP-03	EQUIPOS	PLATAFORMA DE 12M Y GRUA DE 10TN PARA LLEVAR ESTRUCTURAS DE PILOTES	16/04/2021			LOGÍSTICA

Figura N°5.8: Análisis de Restricciones, Semana 12 – Reservoirio 03.

El Análisis de Restricciones de la semana 12, desarrolla la gestión de los recursos que aseguren la producción para la semana 13, 14 y 15; así mismo, las actividades con restricciones que no fueron levantadas y continúan en proceso o no fueron atendidas por los responsables, se debe de seguir gestionando su liberación.

Figura N°5.9: Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de No Cumplimiento, Semana 25 – Reservorio 03.

También se mencionan a las Causas de No Cumplimiento (CNC) que no permitieron completar la totalidad de la programación semanal, así como la medida correctiva para una retroalimentación al futuro y se pueda mejorar la curva de aprendizaje, semana a semana.

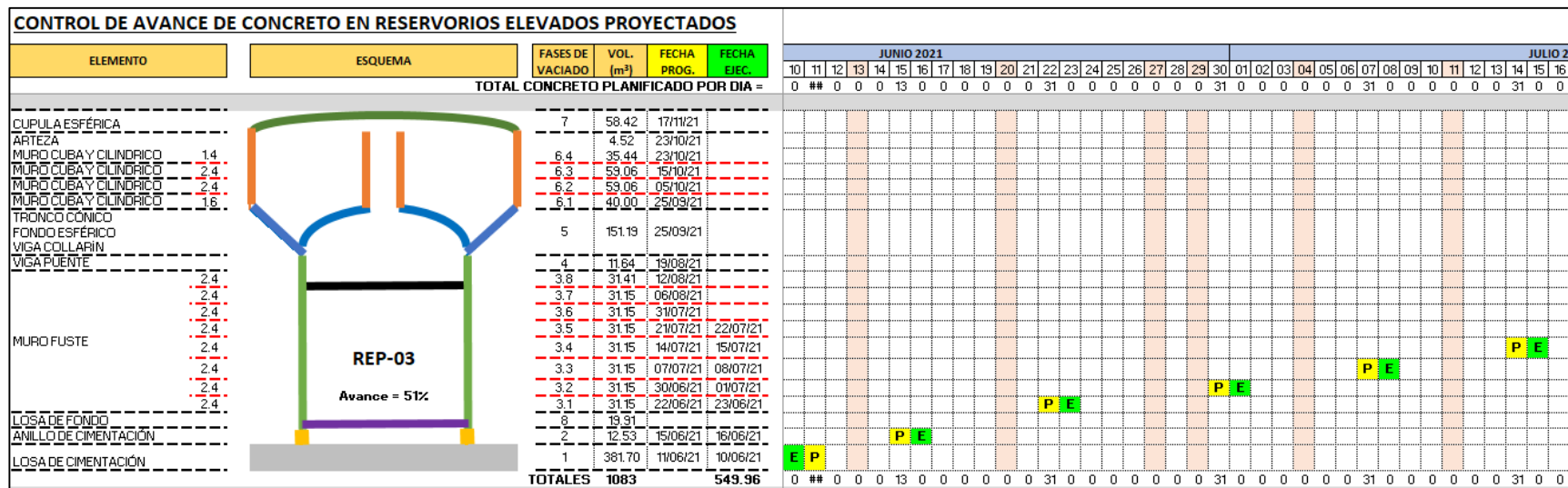


Figura N°5.10: Herramienta de Gestión Visual para el Control de Avance Semanal de Concreto – Reservorio 03.

Durante la ejecución del proyecto, se realiza un control de avance semanal para los vaciados de concreto (por anillos de fuste y cuba); vaciado Planificado (según la Programación Maestra) vs vaciado Real. Además, se puede visualizar el aseguramiento del planeamiento en la herramienta de Gestión Visual de control.

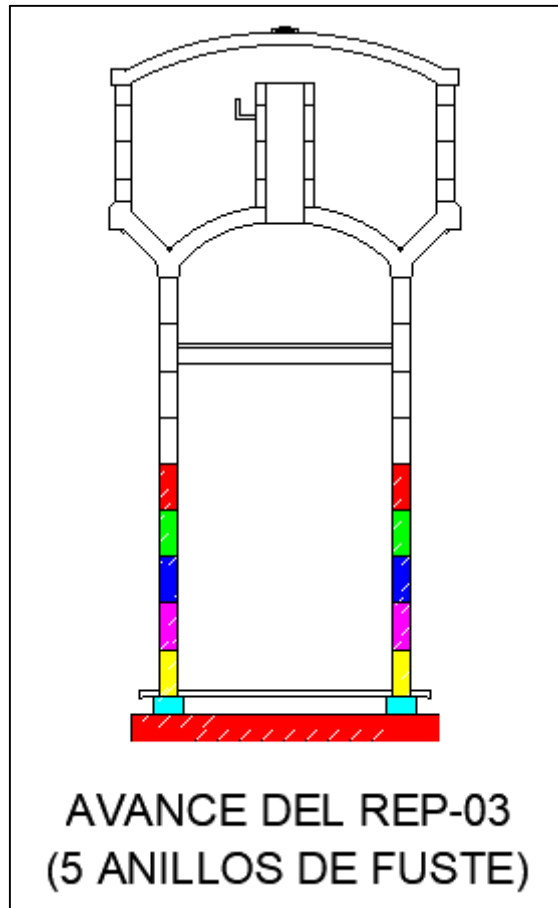


Figura N°5.11: Control Gráfico de Avance Semanal de Concreto – Reservoirio 03.

De otro lado, como una buena práctica de la Gestión Visual para el control del proyecto, se imprime un gráfico del reservorio elevado, dividido por anillos, y se va realizando el sombreado de estructura por estructura, según el avance semanal en obra, además, se coloca la fecha de los vaciados como cumplimiento de hitos internos de la cuadrilla.

La Figura N°5.11 representa, el vaciado hasta el 5to anillo del muro fuste, de 9 anillos de muro fuste.

Durante la ejecución del proyecto, se realiza cartas balance para conocer y mejorar la distribución del trabajo de las cuadrillas de acero, encofrado y concreto; según el diagnóstico presentado en el Capítulo III, con resultados del orden del 30% en TP, 50% en TC y 20% TNC.

PROYECTO	MATRIZ PROCERES CHORRILLOS
FRENTE	RESERVORIO REP-03
PARTIDA	ACERO
ACTIVIDAD	Colocacion de acero para muro fuste
FECHA	25/06/2021
HORA	2:15 p. m.

CATEGORIA	APELLIDO	CATEGORIA	APELLIDO
OP	Valerio	OF	Condori
OF	Torres		
OP	Sanchez		
OP	Alarcon		
PE	Rodriguez		

ID	TP : TRABAJO PRODUCTIVO
CO	Colocado de acero
AT	Atortolado
EM	Emplantillado

ID	TC : TRABAJO CONTRIBUTORIO
ME	Medicion
CAA	Corte de alambre y/o acero
LP	Lectura de planos
TA	Transporte / Acarreo
LI	Limpieza
IN	Instrucciones
SBA	Colocado separadores, burros y abridores

ID	TNC : TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
DE	Descansar
ES	Esperas
RE	Retrabajo
MI	Movimientos innecesarios
HA	Conversar
BA	Ir al baño
AL	Comer
OT	Otros

CLASIFICACION DEL TRABAJO			
TP	TC	TNC	TOTAL
46%	37%	17%	100%

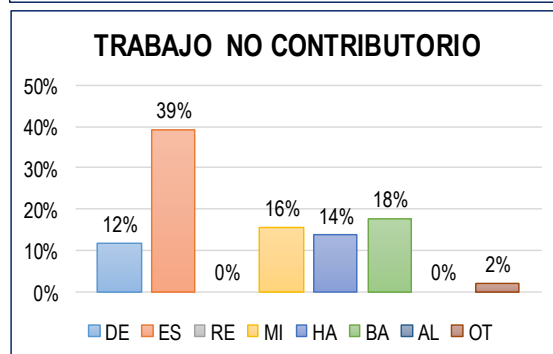
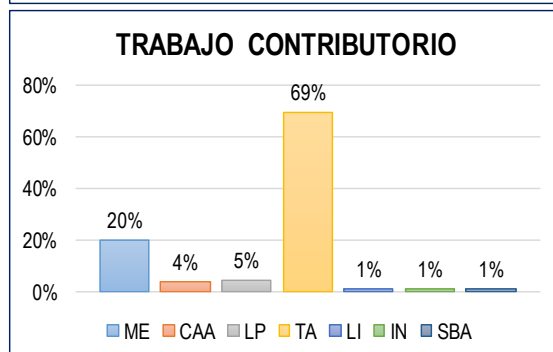
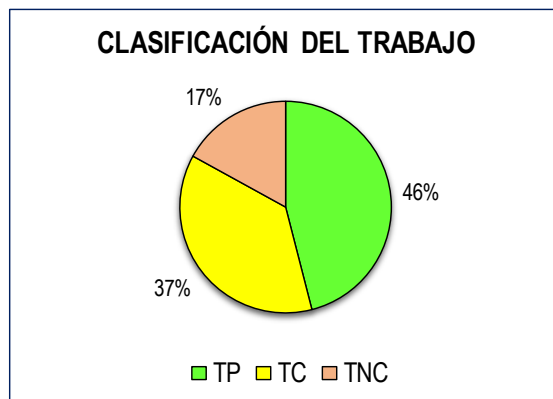


Figura N°5.12: Carta Balance para la partida de colocación de acero – Reservoirio 03.

La primera Carta Balance (CB) para la partida de acero, se realizó en la construcción del segundo anillo del muro fuste. La carta balance, representa que la cuadrilla se enfocó el 46% del tiempo, en trabajos netamente productivos y un 37% del tiempo, en trabajos contributorios. El análisis de tiempos y movimientos tuvo una duración de 60 minutos.

A medida, que se va construyendo el reservorio, este se va elevando en altura, y los trabajos de rutina de acarreo de materiales, se dificultan y se vuelven complejos; una buena práctica para reducir el transporte (acarreo de materiales)

y consumo de HH, es el uso de un equipo como el winche o tecele eléctrico. Para el proyecto de estudio, se utilizó 1 tecele eléctrico de 1Tn.

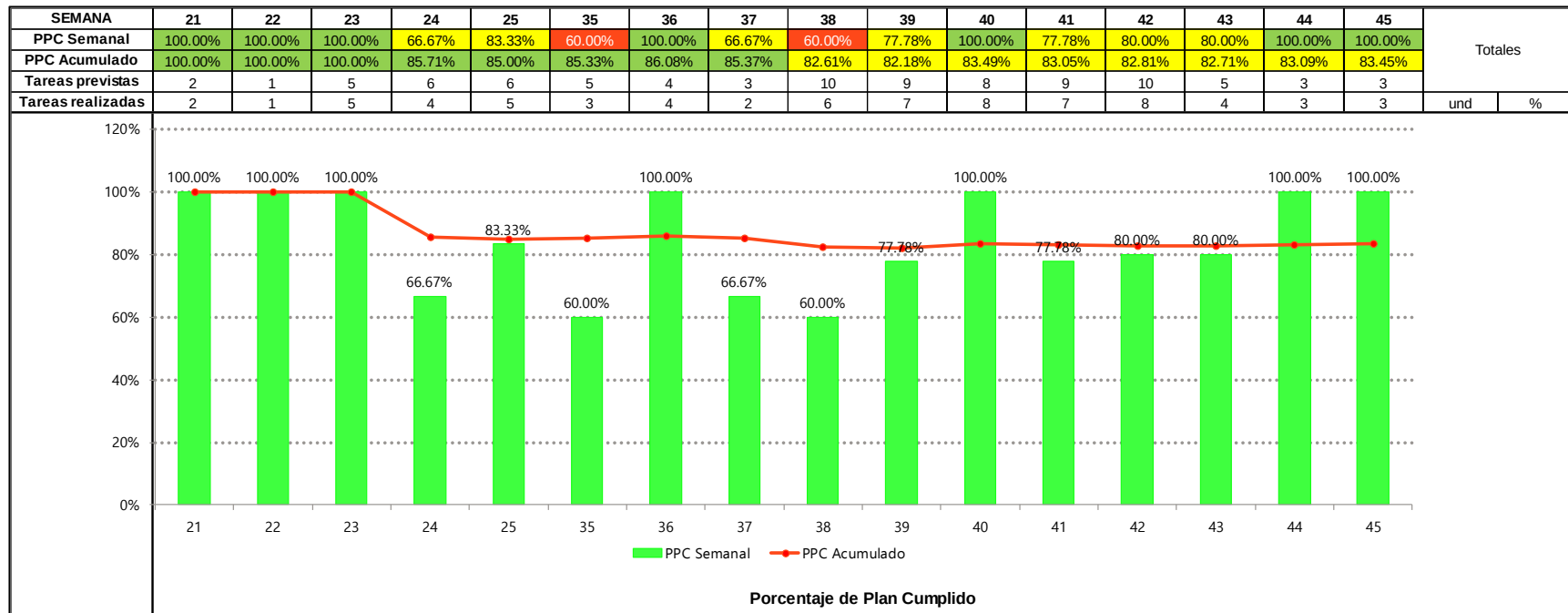


Figura N°5.13: Evolución de la confiabilidad del PPC – Reservorio 03.

Al finalizar la ejecución del proyecto (25 semanas de duración en la ejecución del concreto armado para el casco estructural), se obtiene un PPC Evolutivo del 83%, este valor está dentro del rango aceptable recomendado por Ballard y Howell (1997) del 70% y por Botero y Álvarez (2005) del 80%.

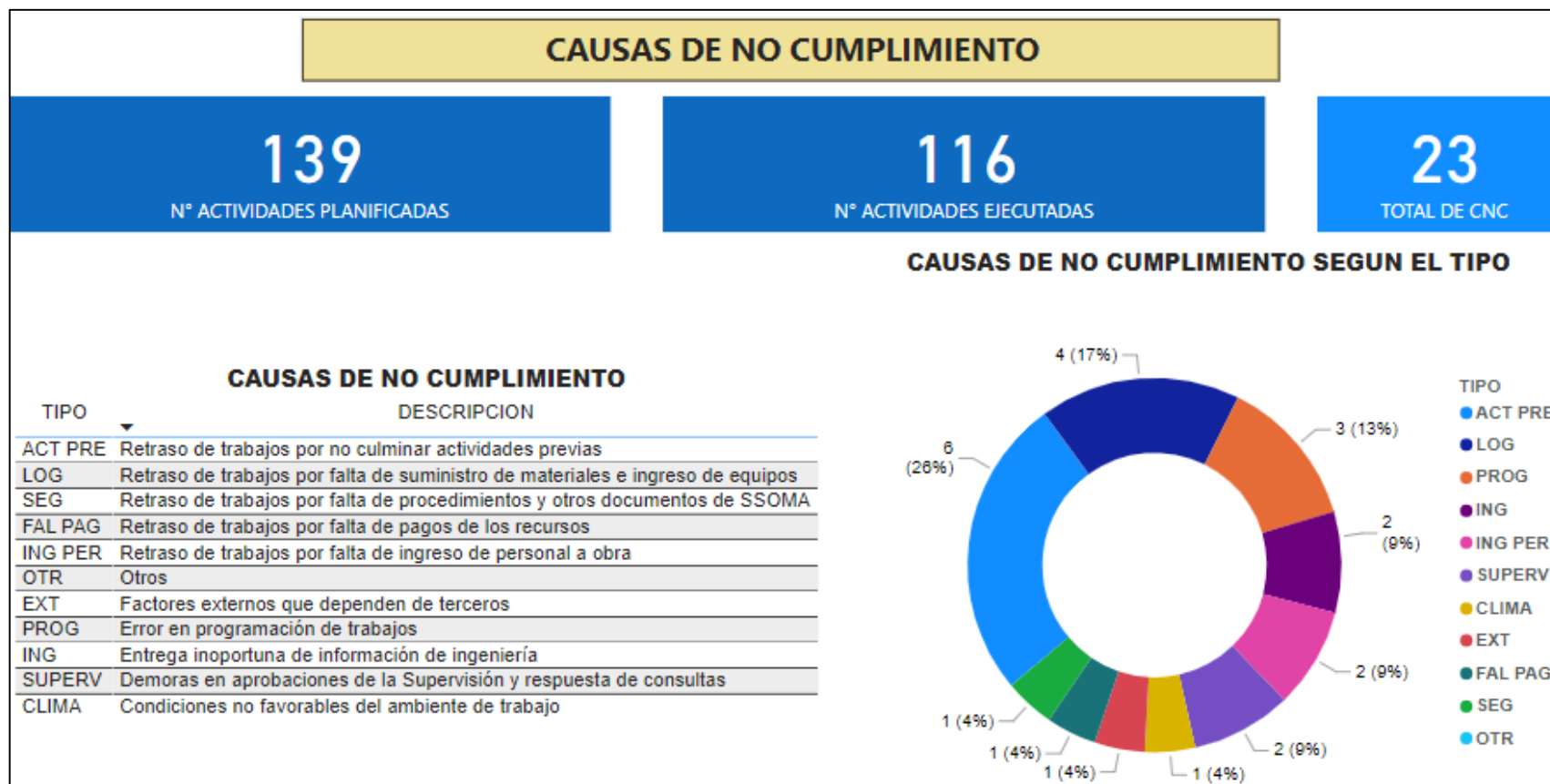


Figura N°5.14: CNC al termino de ejecución del proyecto – Reservoirio 03.

Al finalizar la ejecución del proyecto, se puede visualizar que las CNC, se debieron principalmente a problemas logísticos, retrasos en las actividades previas y errores en la programación de actividades.

Además, los retrasos de 1 día de vaciado en el muro fuste, impactan sobre el proyecto, con un sobre costo de S/. 2 050; y los retrasos de 1 día de vaciado en el muro cuba, tienen un sobre costo de S/. 2 650.

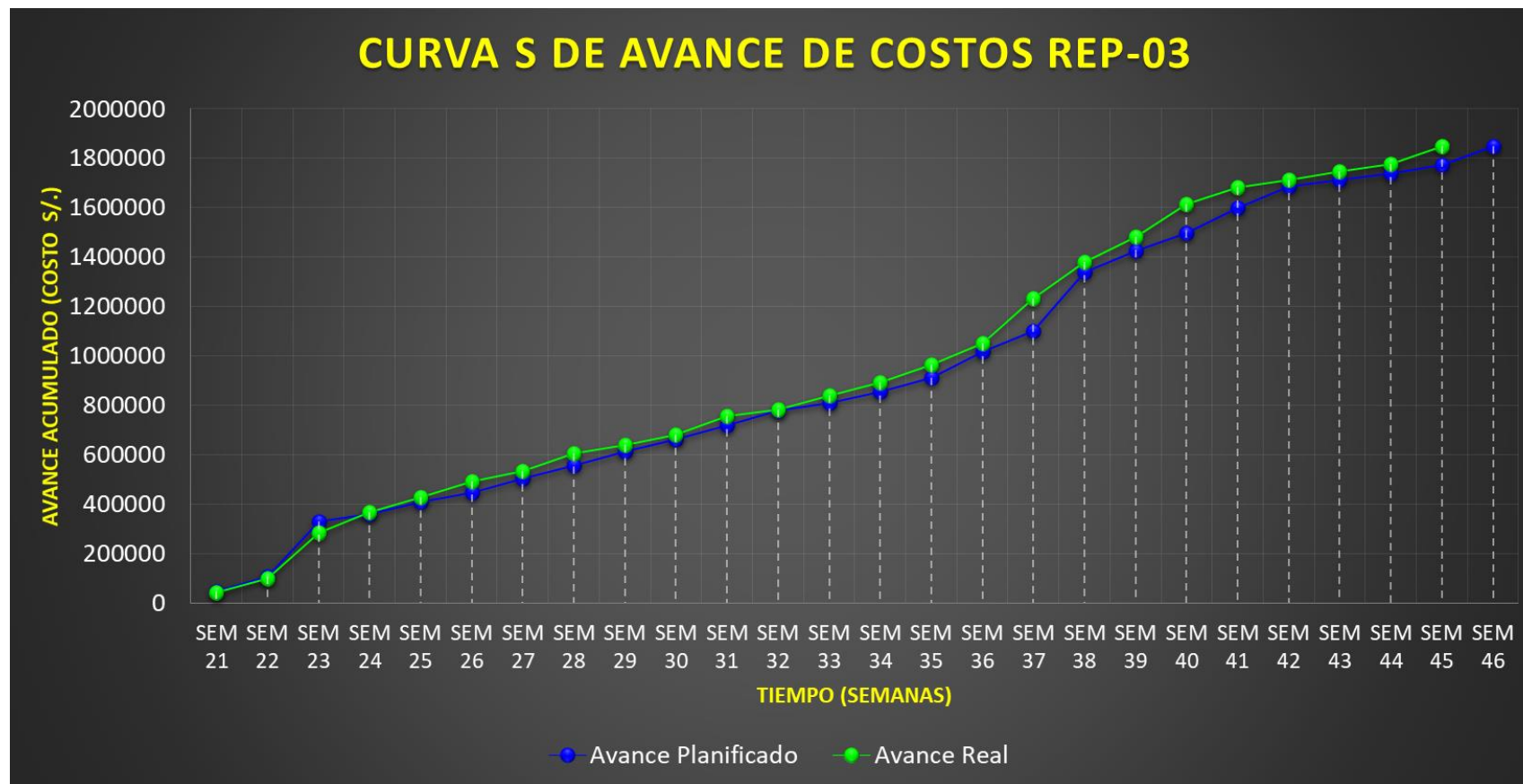


Figura N°5.15: Curva S de Avance Planificado vs Avance Real en función a los costos – Reservoirio 03.

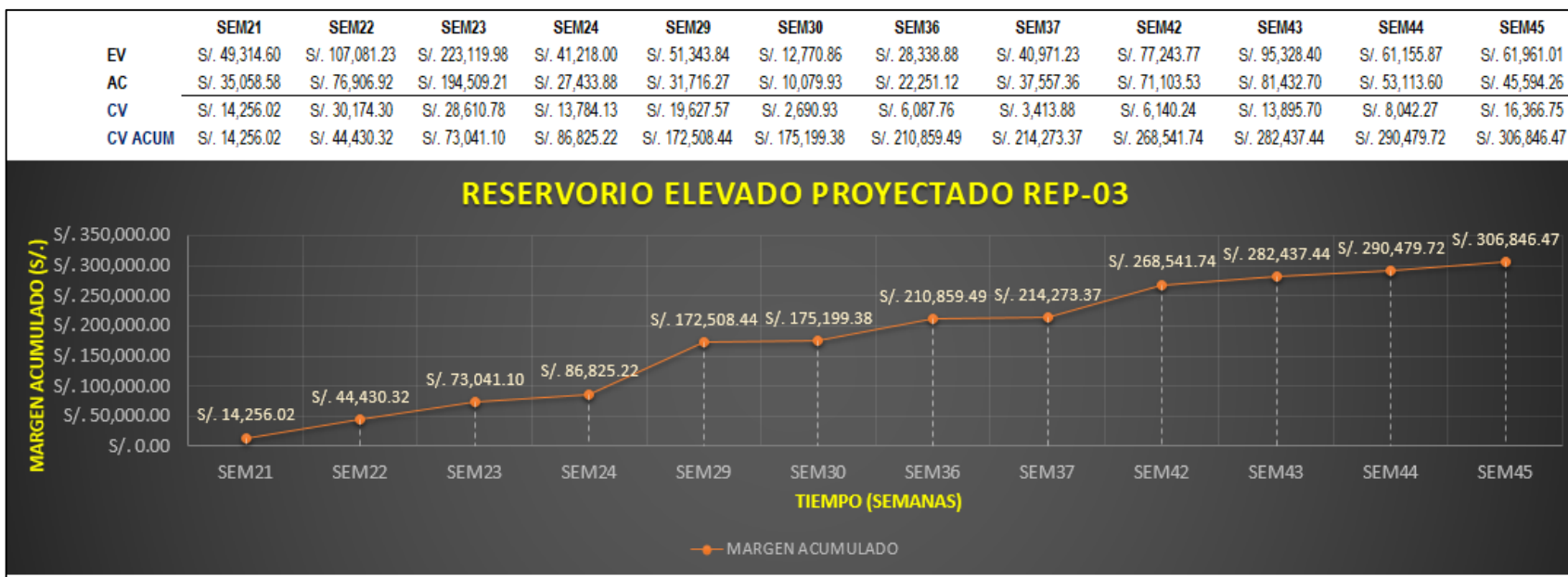


Figura N°5.16: Margen Económico según EVM – Reservorio 03.

Al finalizar la ejecución del proyecto, se puede visualizar las variaciones de costo semanal, producto de la aplicación de la Gestión del Valor Ganado (EVM). Y como resultado, se obtuvo una Variación del Costo Final (CV) o Margen Económico Global de S/. 306 mil (en base al costo directo del presupuesto venta) y además, se obtuvo un CPI Global de 1.23.

A continuación, se muestran las Tablas N°5.5 y N°5.6, que hacen referencia al Plazo Ganado y Margen Económico del proyecto, respectivamente; para el Reservorio 03.

Tabla N°5.5: Resumen del Plazo Ganado para el Reservoirio 03.

PLAZO GANADO									
Fecha de Inicio Contractual	Fecha Fin Contractual	Plazo Contractual	Fecha de Inicio Programado	Fecha Fin Programado	Plazo Programado	Fecha de Inicio Real	Fecha Fin Real	Plazo Real	Plazo Ganado
27/01/2021	15/07/2021	170	24/05/2021	20/11/2021	181	24/05/2021	08/11/2021	169	12

Tabla N°5.6: Resumen del Margen Económico del Reservoirio 03.

MARGEN ECONÓMICO	
Presupuesto Venta	S/ 1,884,961.50
Margen Económico	S/ 306,846.47
Margen Económico con respecto al Ppto Venta	16.3%

Al finalizar la ejecución del proyecto, se tiene un Plazo Ganado de 12 días y un Margen Económico del 16.3%, con respecto al costo directo del presupuesto venta (S/ 306,846.47).

También, se presenta la Tabla N°5.7, las mejoras del tiempo productivo en las actividades más incidentes para la construcción del Reservoirio 03.

Tabla N°5.7: Resumen de Carta Balance aplicado a las partidas más incidentes del Reservoirio 03.

PARTIDAS	1		2		3	
	TP	TC	TP	TC	TP	TC
Colocación de acero	46%	37%	56%	31%	61%	27%
Colocación de encofrado	49%	34%	53%	36%	64%	25%
Colocación de concreto	37%	40%	47%	35%	53%	30%

Durante la ejecución del proyecto

- Se pudo mejorar el TP de la colocación de acero de 46% al 61%
- Se pudo mejorar el TP de la colocación de encofrado de 49% al 64%
- Se pudo mejorar el TP de la colocación de concreto de 37% al 53%

Del análisis de Carta Balance, se puede verificar que las cuadrillas se encuentran dentro de un manejo del tiempo optimizado de productividad según Guio (2001), que establece el TP al 60%, TC al 25% y TNC al 15%.

5.2.2 Implementación del Modelo de Gestión al Reservoirio 91

Para la ejecución del Reservoirio 91, también se implementó las herramientas del Modelo de Gestión basado en LPS que se implementó al Reservoirio 03, donde se muestra el detalle en el ANEXO B.

En esta sección, se le hará hincapié a los resultados finales de costo - tiempo y otros indicadores importantes de la implementación del Modelo de Gestión basado en LPS.

A continuación, la Figura N°5.17 muestra la confiabilidad del PPC para Reservoirio 91 en el tiempo (24 semanas de duración en la ejecución del concreto armado para el casco estructural).

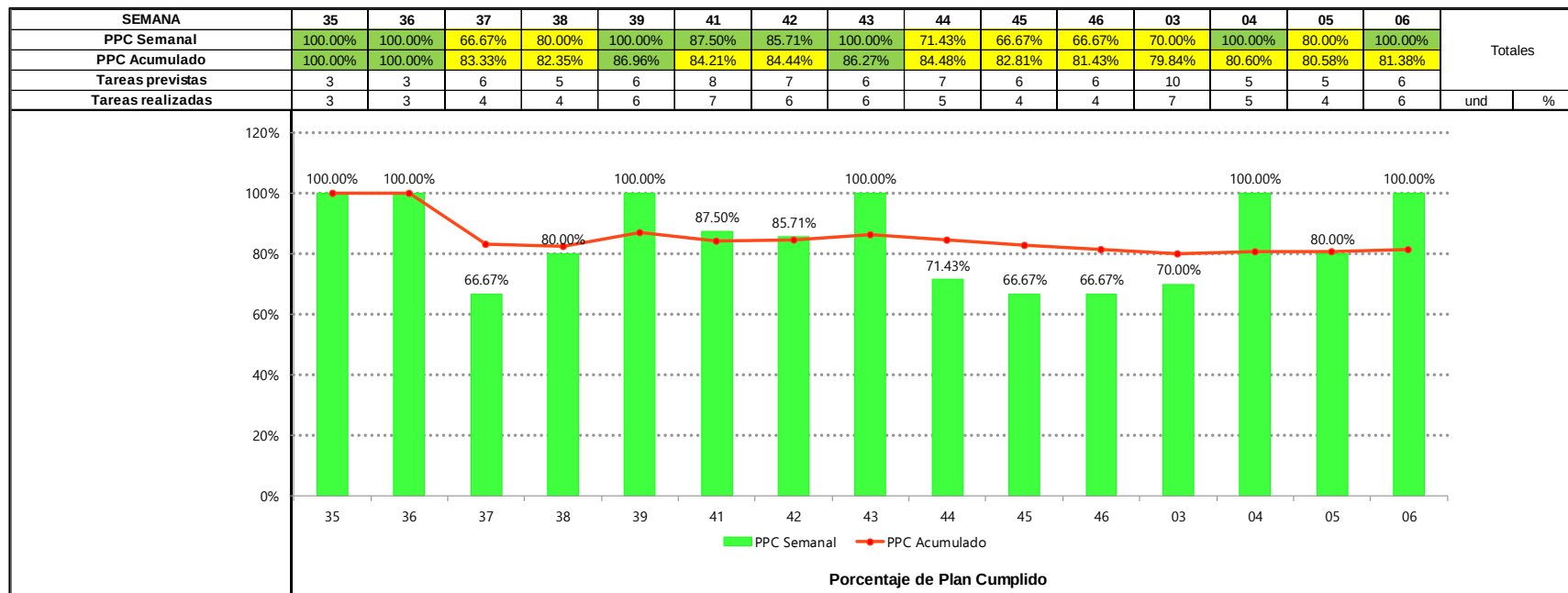


Figura N°5.17: Evolución de la confiabilidad del PPC – Reservoirio 91.

Al finalizar la ejecución del proyecto, se obtiene un PPC Evolutivo del 81%, este valor está dentro del rango aceptable recomendado por Ballard y Howell (1997) del 70% y por Botero y Álvarez (2005) del 80%.

También, se muestran las Tablas N°5.8 y N°5.9, que hacen referencia al Plazo Ganado y Margen Económico del proyecto, respectivamente; para el Reservoirio 91.

Tabla N°5.8: Resumen del Plazo Ganado para el Reservoirio 91.

PLAZO GANADO									
Fecha de Inicio Contractual	Fecha Fin Contractual	Plazo Contractual	Fecha de Inicio Programado	Fecha Fin Programado	Plazo Programado	Fecha de Inicio Real	Fecha Fin Real	Plazo Real	Plazo Ganado
27/03/2021	16/10/2021	204	31/08/2021	19/02/2022	173	01/09/2021	12/02/2022	165	8

Tabla N°5.9: Resumen del Margen Económico del Reservoirio 91.

MARGEN ECONÓMICO	
Presupuesto Venta	S/ 1,552,160.50
Margen Económico	S/ 223,382.38
Margen Económico con respecto al Ppto Venta	14.4%

Al finalizar la ejecución del proyecto, se tiene un Plazo Ganado de 8 días y un Margen Económico del 14.4% con respecto al costo directo del presupuesto venta (S/ 223,382.38).

También, se presenta la Tabla N°5.10, las mejoras del tiempo productivo en las actividades más incidentes para la construcción del Reservoirio 91.

Tabla N°5.10: Resumen de Carta Balance aplicado a las partidas más incidentes del Reservoirio 91.

PARTIDAS	1		2		3	
	TP	TC	TP	TC	TP	TC
Colocación de acero	42%	39%	51%	35%	59%	29%
Colocación de encofrado	51%	34%	57%	29%	65%	25%
Colocación de concreto	43%	41%	46%	37%	55%	32%

Durante la ejecución del proyecto

- Se pudo mejorar el TP de la colocación de acero de 42% al 59%
- Se pudo mejorar el TP de la colocación de encofrado de 51% al 65%
- Se pudo mejorar el TP de la colocación de concreto de 43% al 55%

Del análisis de Carta Balance, se puede verificar que las cuadrillas se encuentran cerca de un manejo del tiempo optimizado de productividad según Guio (2001), que establece el TP al 60%, TC al 25% y TNC al 15%.

5.2.3 Comparación de Resultados Operacionales

La implementación del Modelo de Gestión basado en LPS, se aplicó a 2 reservorios de un conjunto de 6 reservorios pertenecientes al Proyecto de saneamiento Matriz Próceres – Chorrillos, Lima. A continuación, se presenta los resultados operacionales en las Tablas N°5.11 y N°5.12.

Tabla N°5.11: Resumen del Plazo Ganado para los reservorios del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

Reservorios	Contractual			Programacion Maestra			Ejecución Real			Plazo Ganado
	Inicio	Fin	Plazo	Inicio	Fin	Plazo	Inicio	Fin	Plazo	
REP-04	10/10/2020	20/02/2021	134	-	-	-	10/12/2020	20/05/2021	162	-28
REP-05	15/12/2020	01/05/2021	138	-	-	-	20/01/2021	24/06/2021	156	-18
REP-06	31/10/2020	24/04/2021	176	-	-	-	17/03/2021	14/09/2021	182	-6
REP-364	18/05/2021	04/12/2021	201	-	-	-	17/06/2021	29/12/2021	196	5
REP-03	27/01/2021	15/07/2021	170	24/05/2021	20/11/2021	181	24/05/2021	08/11/2021	169	12
REP-91C2	27/03/2021	16/10/2021	204	31/08/2021	19/02/2022	173	01/09/2021	12/02/2022	165	8

Tabla N°5.12: Resumen del Margen Económico para los reservorios del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

Reservorios	Presupuesto	Margen Económico	% / Ppto.	CPI
REP-04	S/ 968,687.79	S/ 47,133.47	4.9%	1.11
REP-05	S/ 636,692.22	S/ 26,305.60	4.1%	1.08
REP-06	S/ 1,603,299.24	S/ 69,529.67	4.3%	1.10
REP-364	S/ 1,515,380.72	S/ 140,766.14	9.3%	1.18
REP-03	S/ 1,884,961.50	S/ 306,846.47	16.3%	1.23
REP-91C2	S/ 1,552,160.50	S/ 223,382.38	14.4%	1.27

Así mismo, se muestra la Figura N°5.17, un comparativo del Plazo Ganado y Margen Económico, para 6 reservorios del Proyecto de saneamiento Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

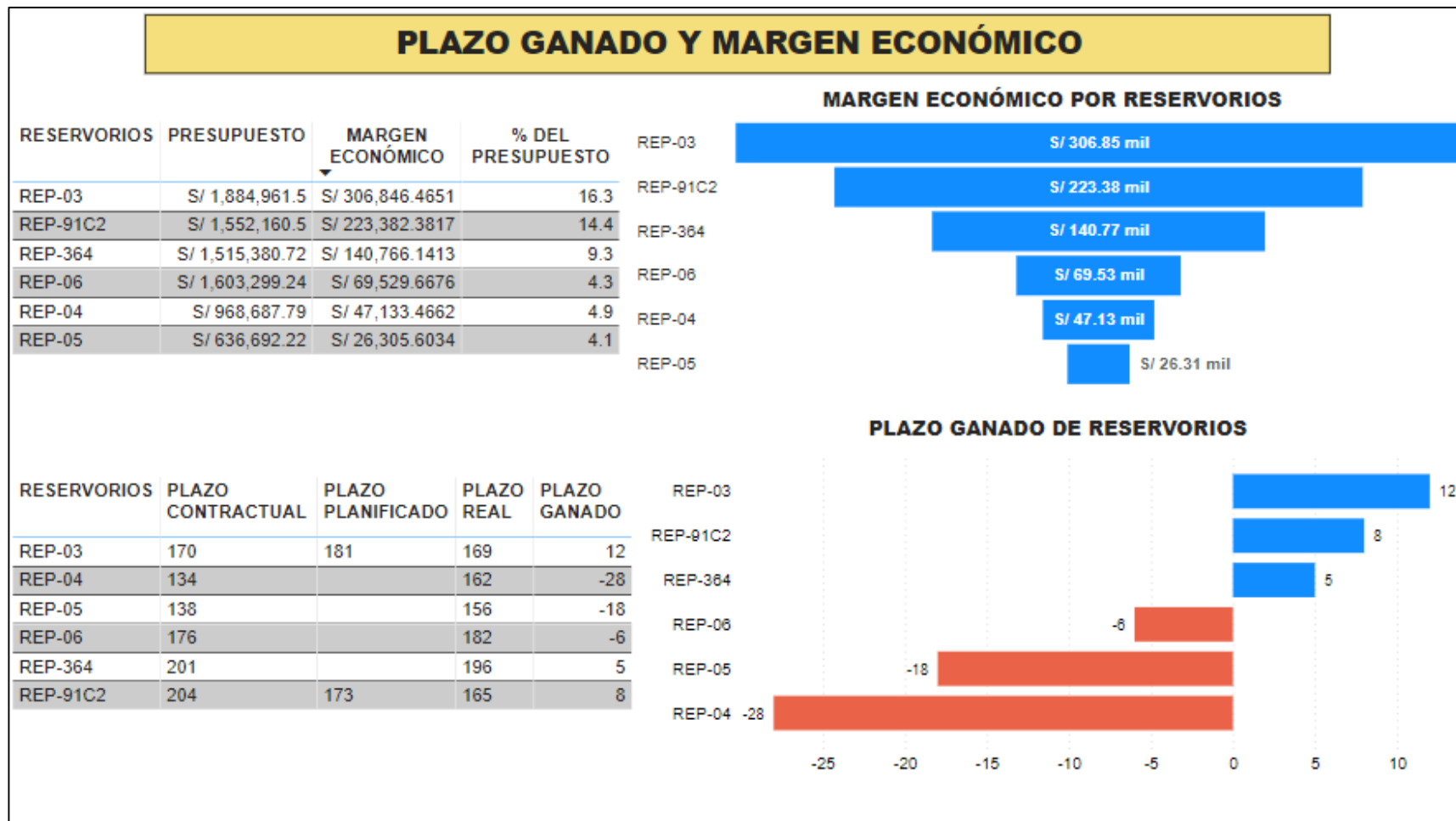


Figura N°5.18: Resultados Operacionales de los reservorios del Proyecto Matriz Próceres – Chorrillos, Lima.

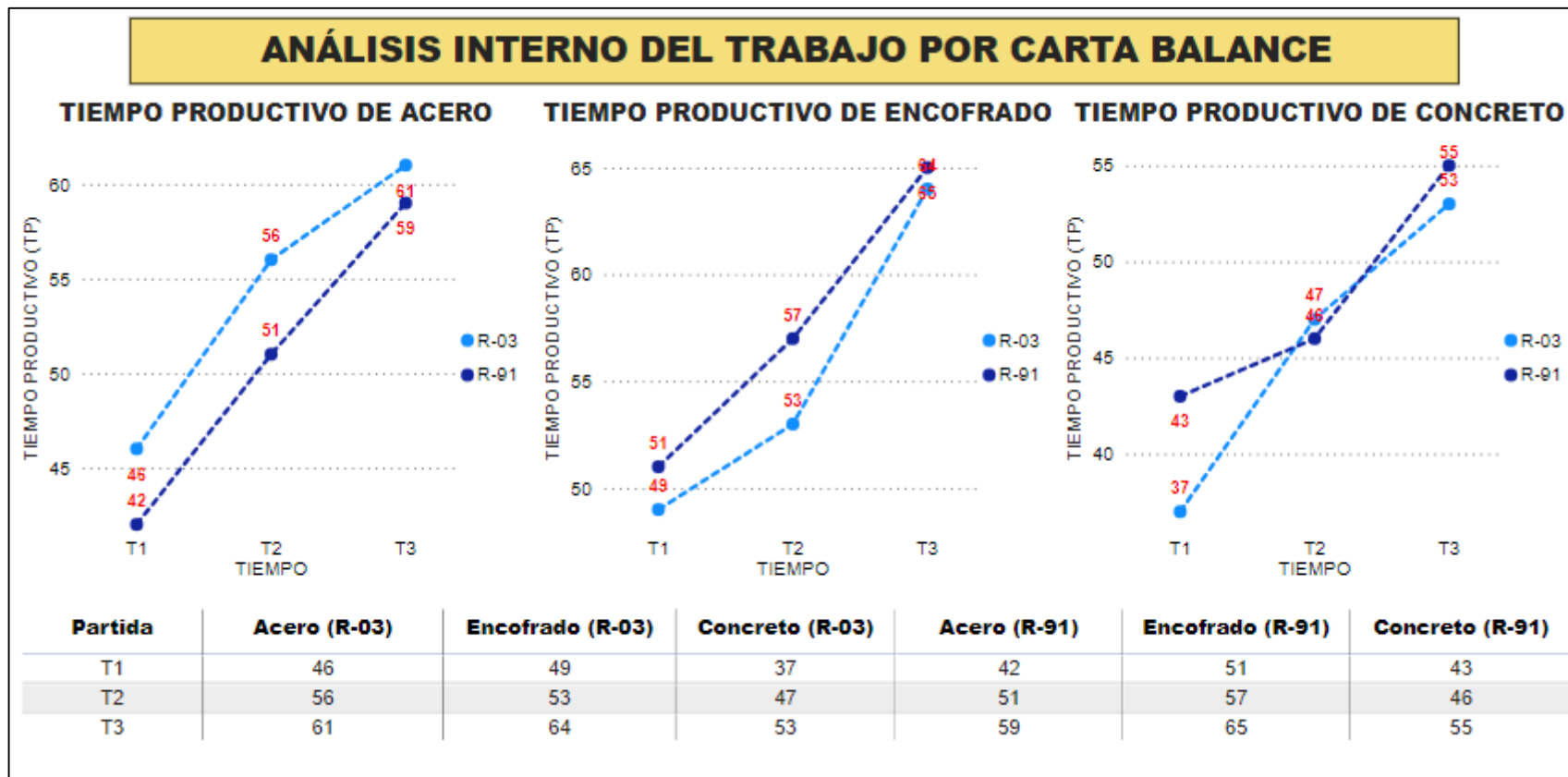


Figura N°5.19: Análisis del Trabajo por Carta Balance para los Reservorios 03 y 91.

También, se muestra en la Figura N°5.19, los valores del Tiempo Productivo (TP), para las partidas de acero, encofrado y concreto, por reservorio (R-03 y R-91), en los tiempos T1, T2 y T3 (estos tiempos son diferentes en los reservorios de análisis). Valores cercanos al TP de 60%, recomendado por Guio (2001).

5.2.4 Verificación del Proceso de Investigación y Contrastación de Hipótesis

5.2.4.1 Verificación del Proceso de Investigación

A continuación, se presenta un mapa conceptual, sobre la verificación del proceso de investigación.

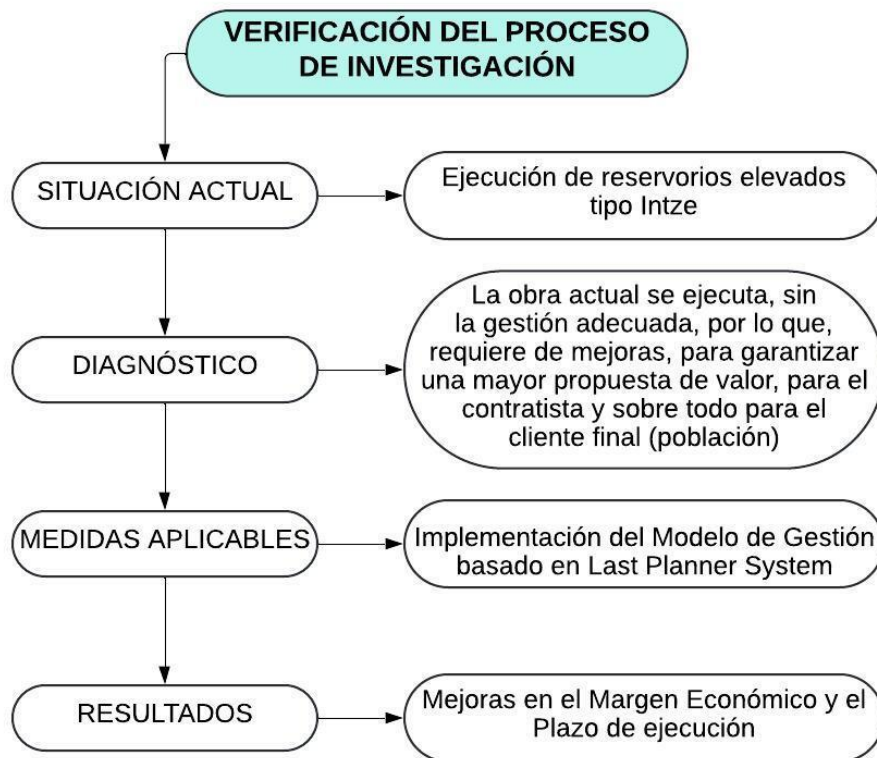


Figura N°5.20: Mapa conceptual sobre la verificación del proceso de investigación.

En la actualidad, se tiene la “necesidad” de construir reservorios elevados, para aumentar la cobertura de agua potable a la población, debido, al crecimiento poblacional; además, es imprescindible para el desarrollo de una ciudad y de sus habitantes (salud, educación y trabajo).

En el Proyecto de saneamiento Matriz Próceres – Chorrillos, Lima; durante la ejecución de 4 reservorios elevados tipo Intze, se observa deficiencias en la gestión de obra, por lo que se propone un Modelo de Gestión basado en Lean Construction y en el PMI (2017), que se aplican a 2 reservorios elevados tipo Intze. Por deficiencias en la planificación y control de la producción, generación de altos desperdicios en los flujos de conversión, baja productividad de la mano de obra,

que es acompañada, por la falta de compromiso y una cultura de colaboración y transparencia; además, se presencia bajo control de los costos e incumplimiento de plazos programados.

La implementación del Modelo de Gestión basado en LPS, genera como resultados, que el margen económico de obra con respecto al costo directo del presupuesto venta, este en un rango [14%, 16%] y que la ejecución de la construcción, este dentro del plazo programado inicialmente [+8d, +12d].

5.2.4.2 Contrastación de la Hipótesis

La implementación del Modelo de Gestión basado en la metodología del Last Planner® System para la construcción de reservorio elevado tipo Intze, finaliza con el cumplimiento del plazo y mejora en el margen económico de obra ejecutada por un consorcio, en comparación con un Modelo de Gestión no Optimizado (Tabla 5.11 y 5.12).

Además, se contrasta:

- mejora en la productividad de la mano de obra, por el aumento del TP durante el ciclo de vida de la construcción del reservorio elevado
- reducción de desperdicios en los flujos de conversión, por la adaptación de una cultura Lean
- mejora en los plazos de entrega de trabajos (trabajo terminado de colocación de acero y encofrado, para vaciar concreto)
- cumplimiento de la planificación (vaciados de anillos de concreto y PPC confiable)
- control de los costos directos (evaluación semanal positiva y seguimiento del margen económico)
- generación transparencia y compromisos compartidos dentro del equipo de trabajo (trabajo colaborativo)

El Análisis de Restricciones y la gestión de liberación semanal, aumentaron la confiabilidad de entregar los recursos justo a tiempo para reducir la variabilidad; esta herramienta, es parte del éxito de la implementación del Modelo de Gestión.

La clave del éxito, de la implementación del Modelo de Gestión basado en LPS, se debe principalmente al compromiso del personal que ejecuta la obra, es decir,

la transición de una cultura deficiente por una cultura de maximizar el valor, reducción desperdicios y mejora continua; que inicialmente se desarrolla con la experiencia y lecciones aprendidas del Diagnóstico Situacional, como punto de partida y que se fue fortaleciendo a través de reuniones de capacitación con el capataz y jefes de grupo.

5.2.5 Proyección de Implementación del Modelo de Gestión

A continuación, se proyecta los resultados de análisis en costo y tiempo, según la implementación del Modelo de Gestión basado en LPS, a 4 reservorios que fueron ejecutados con un Modelo de Gestión no Optimizado, presentado en el acápite 5.2.3 Comparación de Resultados Operacionales.

El análisis del plazo, es en base a la misma cuadrilla de estudio, es decir, según la Tabla de Rendimientos base y análisis de cuadrillas (Tabla 5.1) y la Tabla de Cantidad de cuadrillas por Fases (Tabla 5.2).

A continuación, se desarrolla el cálculo del plazo de ejecución para el Reservoirio elevado 04.

Tabla N°5.13: Cálculo del plazo ejecución para el Reservoirio 04.

RESERVORIO ELEVADO PROYECTADO REP-04, V=550 m3				
Estructura	Partida	Metrado		Plazo Útil
		Unidad	Cantidad	
Solados	Concreto	m3	14.96	2
Losa de cimentación	Acero	Kg	30,410.33	13
	Encofrado	m2	62.51	2
	Concreto	m3	224.36	1
Anillo de Cimentación	Acero	Kg	4,891.74	4
	Encofrado	m2	127.75	3
	Concreto	m3	51.10	1
Muro de fuste	Acero	Kg	20,638.05	15
	Encofrado	m2	887.60	12
	Concreto	m3	110.68	6
Viga collarín	Acero	Kg	1,795.26	2
	Encofrado	m2	30.41	2
	Concreto	m3	7.95	1

Fondo esférico	Acero	Kg	4,167.15	3
	Encofrado	m2	140.90	6
	Concreto	m3	8.71	1
Tronco cónico	Acero	Kg	7,342.54	5
	Encofrado	m2	204.65	8
	Concreto	m3	18.95	1
Muro de cuba, Muro cilíndrico interno y arteza de rebose	Acero	Kg	8,255.22	6
	Encofrado	m2	420.15	6
	Concreto	m3	51.08	2
Viga puente	Acero	Kg	582.66	2
	Encofrado	m2	36.55	2
	Concreto	m3	4.92	1
Cupula esférica	Acero	Kg	1,795.77	2
	Encofrado	m2	280.15	10
	Concreto	m3	10.52	1
Plazo útil				120
Plazo calendario (f=1.2)				144

El Reservorio 04, se debió ejecutar en un plazo pesimista no mayor a 144 días calendario.

En la ejecución del Reservorio 04, se debió generar un Margen Económico Global en porcentaje del 14.4% (Reservorio 91, con la implementación del Modelo de Gestión). La variación porcentual del Margen Económico, es del 9.5% con respecto al presupuesto venta, que correspondería a una ganancia adicional de S/. 92 000.

Este análisis de proyección se realiza a los otros 3 reservorios, Reservorio 05, Reservorio 06 y Reservorio 364.

A continuación, se presenta el resumen del Plazo Ganado para los 4 reservorios que fueron ejecutados con un Modelo de Gestión no Optimizado, pero proyectados, según la implementación del Modelo de Gestión basado en LPS.

El Plazo Ganado, para este análisis, considera como linea base de comparación, al Plazo Real de Ejecución, y con respecto al Plazo Contractual, sería, aún mayor la cantidad de días.

Tabla N°5.14: Resumen del Plazo Ganado Proyectado con el Modelo de Gestión, para 4 reservorios ejecutados con Modelo de Gestión no Optimizado.

Reservorios	Contractual			Programación del Modelo de Gestión			Ejecución Real			Plazo Ganado
	Inicio	Fin	Plazo	Inicio	Fin	Plazo	Inicio	Fin	Plazo	
REP-04	10/10/2020	20/02/2021	134	-	-	144	10/12/2020	20/05/2021	162	18
REP-05	15/12/2020	01/05/2021	138	-	-	120	20/01/2021	24/06/2021	156	36
REP-06	31/10/2020	24/04/2021	176	-	-	174	17/03/2021	14/09/2021	182	8
REP-364	18/05/2021	04/12/2021	201	-	-	180	17/06/2021	29/12/2021	196	16

También, se presenta el resumen del Margen Económico Adicional, para los 4 reservorios que fueron ejecutados con Modelo de Gestión no Optimizado; pero proyectados, según la implementación del Modelo de Gestión basado en LPS.

Tabla N°5.15: Resumen del Margen Económico Adicional con el Modelo de Gestión, para 4 reservorios ejecutados con Modelo de Gestión no Optimizado.

Reservorios	Proyección del Modelo de Gestión	Margen Económico Real	% / Ppto. Real	Variación de Margen % / Modelo de Gestión	Margen Económico Adicional
REP-04	S/ 968,687.79	S/ 47,133.47	4.9	9.5	S/ 92,025.34
REP-05	S/ 636,692.22	S/ 26,305.60	4.1	10.3	S/ 65,579.30
REP-06	S/ 1,603,299.24	S/ 69,529.67	4.3	10.1	S/ 161,933.22
REP-364	S/ 1,515,380.72	S/ 140,766.14	9.3	5.1	S/ 77,284.42

El Margen Económico Adicional, para este análisis, considera como línea base de comparación, 14.4%, que resultó de la implementación del Modelo de Gestión, para el Reservorio 91 (el menor valor).

Conclusiones

El Modelo de Gestión analizado en el Diagnóstico Situacional para la ejecución de reservorios elevados tipo Intze, presenta aspectos deficientes en la gestión de obra; como deficiencia en la planificación y programación, deficiencia en la gestión y control de la producción, baja productividad, deficiencia en el control de costos e incumplimiento de plazos programados, por ello, se considera un Modelo de Gestión no Optimizado.

La implementación del Modelo de Gestión basado en Last Planner® System mejora el Margen Económico de Obra de un consorcio contratista consorciado durante la construcción del concreto armado para el casco estructural de un reservorio elevado tipo Intze. Además, brinda el cumplimiento del plazo programado, mejoras en los tiempos productivos y en la eficiencia de la mano de obra; también, la planificación con una correcta gestión de restricciones, termina con un alto PPC que brinda confiabilidad del Modelo.

El Tiempo Productivo (TP) en el Modelo de Gestión no Optimizado, llega hasta el 30%, mientras que; en el Modelo de Gestión basado en LPS, puede llegar hasta el 60%.

La confiabilidad global de la planificación (PPC), del Modelo de Gestión basado en LPS, puede llegar por encima del 80%, mientras que, en el Modelo de Gestión no Optimizado, no presenta el control del cumplimiento de la planificación ni CNC.

El Plazo Ganado en el Modelo de Gestión no Optimizado presenta atraso de hasta -12 días (promedio), mientras que, en el Modelo de Gestión basado en LPS, se culmina dentro del plazo programado con una anticipación de hasta +10 días (promedio).

El Margen Económico Porcentual para el Modelo de Gestión no Optimizado, es de hasta 5.7% (promedio), mientras que, en el Modelo de Gestión basado en LPS, es de 15.4% (promedio), en base al costo directo del presupuesto venta.

El Modelo de Gestión basado en LPS, permite un trabajo colaborativo con transparencia, basado en compromisos y promesas confiables, al descender el Último Planificador del capataz a los jefes de grupo, también, permite tener un mejor control de producción.

El Modelo de Gestión basado en LPS, para la construcción de un anillo de muro (acero, encofrado y concreto), el cual, es un ciclo repetitivo; permite que la cuadrilla se especialice en el trabajo y permite mejorar el TP, reducir los TC y eliminar los TNC.

Las lecciones aprendidas sobre los desperdicios Lean que fueron analizados en el Diagnóstico Situacional, permitieron obtener resultados favorables de productividad, confiabilidad, costo y tiempo, gracias a una filosofía de Gestión de Desperdicios.

Limitaciones del Estudio

Se debe de expandir el tamaño de la muestra presentada en el Diagnóstico Situacional, para poder generalizar aspectos deficientes y concluir un Modelo de Gestión no Optimizado.

Se debe de realizar un estudio de productividad que permita un control riguroso de la mano de obra (HH), en función a ratios. Lo que se presenta en la investigación, es el uso de Carta Balance, para el análisis de tiempos y movimientos que se originan en los flujos de procesos.

Del párrafo anterior; la investigación, no profundiza la Gestión de Producción, principalmente, se basa en la planificación colaborativa y coherente, que gestiona proactivamente las restricciones para un cumplimiento exitoso, y refleja las CNC para una mejora continua.

Recomendaciones

Se recomienda a los futuros investigadores, mejorar los estudios del Diagnóstico Situacional para concluir Modelos de Gestión con ciertas peculiaridades. Además, analizar a profundidad los Desperdicios de Lean Construction y tener un mejor análisis del impacto cuantitativo y cualitativo, así como, presentarlos en %.

Se recomienda a los ingenieros de producción, implementar el Modelo de Gestión basado en Last Planner® System para la construcción de reservorios en obras de saneamiento y en otros proyectos similares, para mejorar los Índices de Desempeño del Proyecto (Margen Económico y Plazo Ganado).

Se recomienda a los futuros investigadores, contrastar el Tiempo Productivo, en las partidas de acero, encofrado y concreto, para desarrollar un análisis más elaborado, con mayor cantidad de pruebas, evaluar y concluir el uso del tiempo en las obras.

Se recomienda una investigación de planificación 4D para mejoras del Modelo de Gestión basado en LPS.

Se recomienda una sólida formación en conocimientos de Lean Construction a los ingenieros de producción, para que estos, puedan transmitir parte de la filosofía de LC, a sus cuadrillas de trabajo, reduciendo las barreras de conocimiento y resistencia al cambio del paradigma convencional.

Se recomienda capacitar continuamente al personal de obra, acerca de la reducción de los desperdicios de LC en los flujos de procesos y realizar una planificación y programación, con una ventana más amplia al de una semana.

Se recomienda delegar responsabilidades a los jefes de grupo de cada cuadrilla y que estos cumplan la función de últimos planificadores para que el avance de la obra no recaiga en una sola persona, el capataz. Esto ayudará en mejorar el control de los recursos, tener mejor claridad en los trabajos teniendo en cuenta los compromisos y plazos pactados.

Se recomienda desarrollar los 7 Flujos Principales en cada proceso, con el objetivo de eliminar la improvisación que existe en la ejecución de cada actividad.

El consorcio contratista con un margen económico alto, debe de compartir a través de incentivos a sus colaboradores (plantel técnico – administrativo), ya que, el “ahorro de costos”, es debido al aumento de la productividad del trabajo, debido, al trabajo creativo de ingenieros y obreros cuando se llevan a la práctica.

El consorcio contratista con un margen económico alto, debe de trasladar el “ahorro de costos” a futuros proyectos que generen bienestar y satisfacción de manera adecuada a la población.

Referencias Bibliográficas

- Agencia de Promoción de la Inversión Privada del Perú. (2024). *Portafolio de proyectos 2024-2026*. ProInversión, MEF.
https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/2/ZOP/ZONA_ENLACES_INTERES/2024/05/Portafolio-APP-y-PA-20242026-del-200524.pdf
- Alarcón Cárdenas, L. y Pellicer Armiñana, E. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas*, N° 3496, 45-52.
- Álvarez, L. (2018). *Implementación del Last Planner System® en la construcción de un edificio multifamiliar, usando el índice de desempeño del cronograma SPI* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Alicia. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3273>
- Álvarez Pérez, M., Soler Severino, M. y Pellicer Armiñana, E. (2019). Una mejora en la planificación de la construcción: el sistema del último planificador. *Building & Management*, 3(2), 60-70.
<https://doi.org/10.20868/bma.2019.2.3924>
- Araujo, A., Avila, K., Barbaran, C., Castillo, F. y Chinchihualpa, J. (2019). *Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precursores en Surco* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://doi.org/10.19083/tesis/648717>
- Asociación de la Industria Navarra. (2021, mayo). *AIN lidera un proyecto europeo para el reciclaje del agua de los aviones durante el vuelo*. AIN.
<https://www.ain.es/actualidad/ain-reciclaje-del-agua-de-los-aviones-durante-el-vuelo/>
- Autoridad Nacional del Agua. (2020, julio 04). *Perú perdió el 51% de sus glaciares debido al cambio climático*. MIDAGRI.
<https://www.ana.gob.pe/noticia/peru-perdio-el-51-de-sus-glaciares-debido-al-cambio-climatico>

- Ballard, G. & Howell, G. (1997). Shielding Production: An Essential Step in Production Control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 11-17.
- Ballard, G. & Howell, G. (2003). An Update on Last Planner. *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 1-10.
- Ballard, G. (1994). The Last Planner. *Spring Conference, Northern California Construction Institute Monterey, CA*, 1-8.
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control* [Thesis of doctor of Philosophy]. University of Birmingham.
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro* 5.^a ed. (E. Quintanar, Ed.). PEARSON Educación.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *The Lean Toolbox a handbook for lean transformation* (5.^a ed.). PICSIE books.
- Bill, W. (2015). *Transforming design and construction: A framework for change*. Lean Construction Institute.
- Botero Botero, L. y Álvarez Villa, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda. *Revista Universidad EAFIT*, 40(136), 50-64.
- Botero Botero, L. y Álvarez Villa, M. (2005). Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería y Desarrollo*, N° 17, 148-159.
- Carranza, R. y Tejada, C. (2018). *Estudio comparativo de la implementación del Last Planner System y el sistema tradicional en la construcción de una tienda comercial Makro supermayorista, Comas – Lima* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional USP.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5481>
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (2024, julio). *Mayor escasez hídrica*. Observatorio Nacional de Prospectiva, CEPLAN.
<https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/t55>

- Chayña, R. (2022). *¿Qué es lean?* [Diapositivas de PowerPoint]. Presentación personal.
- Clockwork. (2021, marzo 25). *Las 3 Mu's: Muda, Mura, Muri*. Clock Word. <https://clockwork.com.co/las-3-mus-muda-mura-muri/>
- ComexPerú (2024, marzo 22). Los gobiernos locales dejaron de ejecutar S/. 2,147 millones del presupuesto para la inversión en saneamiento en 2023. *ComexPerú*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/los-gobiernos-locales-dejaron-de-ejecutar-s-2147-millones-del-presupuesto-para-inversion-publica-en-saneamiento-en-2023>
- ComexPerú (2024, mayo 2024). Urge aumento en inversión para alcanzar metas de saneamiento a 2025. *ComexPerú*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/urge-aumento-en-inversion-para-alcanzar-metas-de-saneamiento-a-2025>
- Córdova, G. (2007, mayo 24). *Estructuras Hidráulicas Parte I, Reservorios de almacenamiento de Agua*. [Diapositivas de PowerPoint]. Presentación personal.
- Davidson, R. (2015). *Last Planner® System Business Process Standard and Guidelines*. LCI Israel.
- Diario El Peruano. (2021, enero 17). INEI: Lima tiene casi 10 millones de habitantes. *Diario El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/113626-inei-lima-tiene-casi-10-millones-de-habitantes>
- Diario El Peruano. (2021, setiembre 02). Presupuesto 2022 contempla 1,842 millones de soles para obras de agua y bonos de vivienda. *Diario El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/128225-presupuesto-2022-contempla-1842-millones-de-soles-para-obras-de-agua-y-bonos-de-vivienda>
- Diario El Peruano. (2024, enero 21). Infraestructura: Pilar del desarrollo. *Diario El Peruano*. <https://www.elperuano.pe/noticia/233927-infraestructura-pilar-del-desarrollo>

- Duran, X. (2018, octubre 01). La gestión del agua en un avión comercial. *Club iAgua*. <https://www.iagua.es/blogs/xavi-duran-ramirez/gestion-agua-avion-comercial>
- Escuela de Gestión de la Construcción. (2018). *Encuesta sobre productividad y practicas Lean en la Industria de la Construcción en Argentina*. CAMARCO. <http://biblioteca.camarco.org.ar/libro/gestion-y-productividad-de-obra/>
- Fundación Aquae. (2017). *Agua limpia y saneamiento en la Amazonia Peruana*. SNGLR.es, Unicef. <https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2017/06/comic-proyecto.pdf>
- Gálvez, A. (2015). *Factores de Variabilidad en proyectos de construcción en plantas industriales y minas* [Artículo de Consultoría]. http://alingconsultores.com/images/publica/variabilidad_mineros.pdf
- García, A. (2021, diciembre 15). *Estudio de viabilidad de proyectos: ¿Por qué es importante?*. ESAN <https://n9.cl/dsbfd3>
- Grupo Hidráulica. (2022, febrero 01). *Todo de lo que debes de saber sobre Saneamiento*. Grupo Hidráulica, Agua y Saneamiento. <https://grupohidraulica.com/noticias/2022/02/01/todo-lo-que-debes-saber-sobre-saneamiento-en-el-peru/>
- Guevara, L. y Loayza, J. (2020). *Aplicación de la metodología del Last Planner System para mejorar la ejecución de los proyectos de infraestructura sanitaria en la región Tacna–2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1572>
- Guio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: diagnostico, crítica y propuesta* (1.^a ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Alicia. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5778>

- Guzmán, C. (2014). *Lean Construcción – Mejoramiento de la Productividad* [Diapositivas de PowerPoint]. Presentación personal.
- Huamán, J. (s.f.). *Reservorios* [Artículo de Consultoría].
- Ingenium. (2021, noviembre 12). *6 principios al aplicar Lean Construcción*. INGENIUM Escuela de Formación Profesional.
<https://ingenium.edu.pe/blog/construccion/6-principios-al-aplicar-lean-construction>
- Instituto de Ciencias Hegel (2021, junio 07). *Sumaalzada y precios unitarios. Diferencias*. ICHEGEL. <https://hegel.edu.pe/blog/suma-alzada-y-precios-unitarios-diferencias/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Perfil sociodemográfico, Informe Nacional, Censos Nacionales 2017*. INEI.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Estado de la población peruana 2020*. INEI.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib743/Libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2023). *Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales*. INEI.
<http://proyecto.inei.gob.pe/enapres/ppr/>
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* [Thesis of doctor]. Stanford University.
- Koskela, L. (2004). Making-Do – The eighth category of waste. *12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 1-10.
- La República. (2024, octubre 25). *¿Sabías que el Perú podría quedarse sin agua en menos de 20 años?* [Video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=IZYbav7V2RM>

- Lares, A. (2024). *Gerencia de Proyectos Procura y Construcción*. For Project Pros.
<https://forprojectpros.com/gerencia-de-proyecto-procura-y-construccion/#intro>
- León, J. (2019). *Herramientas de control de gestión de obra, aplicada en la ejecución del proyecto Hotel Holiday Inn – Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional Digital UNP.
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2131>
- Marin, P. (2018). *Metodologías de programación en construcción de obras implementando Last Planner System* [Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional BUAP.
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/7394>
- Mindreau, L. (2019, agosto 20). En la costa, en la sierra y en la selva: agua y saneamiento para todos en las áreas más remotas de Perú. *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*. <https://lc.cx/fWZJSM>
- Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2011). *Saneamiento básico, Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos*. MEF.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/Diseno_SANEAMIENTO_BASICCO.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2019). *Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad*. MEF.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/348761/DS238_2019EF.pdf
- Ministerio de Salud del Perú. (2005). *Río Rímac*. DIGESA, MINSA.
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rio_rimac_enero_-_octubre_2005_0_2.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones, Almacenamiento de agua para el consumo humano*, OS.030. MVCS.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2017). *Política Nacional de Saneamiento 2017-2021* (1.^a ed.). MVCS.

<https://ww3.vivienda.gob.pe/transparencia/documentos/PNSaneamiento-2017-2021.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2018). *Contratación de la ejecución de la Obra: "Sectorización del sistema de agua potable y alcantarillado de la parte alta de Chorrillos: Matriz Próceres – Chorrillos, provincia de Lima, departamento de Lima"* (Bases integradas del Contrato de Licitación Pública N° 02-2018-VIVIENDA-VMCS-PASLC).

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (2023). *Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026* (2.ª ed.). MVCS.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2648833/PLAN_NACIONAL_DE_SANEAMIENTO_web.pdf.pdf?v=1676393031

Nieto, A. y Ruz, F. (2013). *Proyectos de Ingeniería*. Universidad Politécnica de Cartagena. <https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=140&topic=3>

Organismo Supervisor de las Contrataciones con el Estado. (2012). *Capítulo 5: Valorizaciones y Liquidación de Obra* [Archivo PDF].

Organización de las Naciones Unidas. (2014, febrero 07). *Decenio Internacional para la Acción 'El agua fuente de vida' 2005-2015*. ONU. <http://surl.li/fhhzht>

Organización Mundial de la Salud. (2023, setiembre 13). *Agua para consumo humano*. OMS. <https://n9.cl/vg0pd>

Organización Mundial de la Salud. (2024, marzo 22). *Saneamiento*. OMS.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>

Orihuela, P. y Ulloa, K. (2011). La planificación de las obras y el Sistema Last Planner. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral*, N°12, 1-4.

Padilla, A. (2016). *Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC.
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6732/productividad_rendimiento_procesos_constructivos_islha.pdf?sequence=1

- Padilla, O. (2018). *Productividad* [Diapositivas de PowerPoint]. Presentación personal.
- Pastrana, H. y Becerra, A. (2023). *Geografía*. Lumbreras Editores.
- Pellicer, E., Cerveró, F., Lozano, A. y Ponz-Tienda, J. (2015). The Last Planner System of Construction Planning and Control as a Teaching and Learning Tool. *9th International Technology, Education and Development Conference*, 4877-4884.
- Planhopper. (s.f.). *Las etapas y fases más importantes de un proyecto de construcción*. Planhopper. <https://www.planhopper.com/blog>
- Pons, J. y Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa Metodología del Last Planner® System*. Consejo General de la Arquitectura técnica de España.
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Fundación Laboral de la Construcción.
- Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. y Galvis Guerra, J. (2014). Filosofía Lean para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1), 32-53.
- Project Management Institute. (2017). *Project Management Body of Knowledge* (6.ª ed.). Project Management Institute, Inc.
- Quinde, B. (2018, noviembre 27). MVCS ejecutará proyectos de agua y alcantarillado en Lima por más de S/ 570 millones. *Revista Perú Construye Latam Construction*. <https://peruconstruye.net/2018/11/27/mvcs-ejecutara-proyectos-de-agua-y-alcantarillado-en-lima-por-mas-de-s-570-millones/>
- Ramos, J. (2015). *Costos y Presupuestos en Edificaciones* (1.ª ed.). Editorial MACRO.
- Revelsa. (s.f.). *Procesos preliminares en la construcción: Desmantelamiento*. MLC Revelsa. <https://revelsa.com.mx/procesos-preliminares-en-la-construccion-desmantelamiento/>

- Rodríguez Fernández, A., Alarcón Cárdenas, L. y Pellicer Armiñana, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Publicas N° 3518*, 35-44.
- Safety Culture. (2024, enero 15). *¿Qué es la puesta en marcha? Una guía completa*. Safety Culture. <https://safetyculture.com/es/temas/puesta-en-marcha/>
- Saint Gobain PAM Latam Norte. (2021, marzo 02). *Proyecto Matriz Próceres Chorrillos* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=W2ljYalRjiE>
- Salgin, B., Arroyo, P. & Ballard, G. (2016). Exploring the relationship between lean design methods and C&D waste reduction: three case studies of hospital projects in California. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 31(3), 191-200. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732016000300005>
- Serpell, A. (1986). Productividad en la construcción. *Revista de Ingeniería de Construcción*, N° 1, 53-59.
- Serpell, A. y Verbal, R. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas balance. *Revista de Ingeniería de Construcción*, N° 9, 11-28.
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (2021, agosto 20). SEDAPAL inicia la ejecución de la obra más grande del Perú “Nueva Rinconada”. *Plataforma Digital Única del Estado Peruano (Gob.pe)*. <https://www.gob.pe/institucion/sedapal/noticias/512795-sedapal-inicia-la-ejecucion-de-la-obra-mas-grande-del-peru-nueva-rinconada>
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (2024, enero 14). Producción y distribución de agua potable. *Plataforma Digital Única del Estado Peruano (Gob.pe)*. <https://www.gob.pe/12753-servicio-de-agua-potable-y-alcantarillado-de-lima-produccion-y-distribucion-de-agua-potable>
- Sologuren Calmet, H. (2016). La desnaturalización de los contratos a suma alzada en la Ley de Contrataciones del Estado en el caso de obras. *Ius Et Tribunalis*, 1(1), 87-101. <https://doi.org/10.18259/iet.2016016>

Soluciones Hidropluviales. (2020, junio 16). *Reutilización del agua de lluvia*.
Soluciones Hidropluviales.

<https://hidropluviales.com/2020/06/16/reutilizacion-del-agua-de-lluvia/>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2023, junio 22). El 10% la población peruana no tiene agua potable y 23% no accede al alcantarillado. *Plataforma Digital Única del Estado Peruano (Gob.pe)*.

<https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/781301-el-10-la-poblacion-peruana-no-tiene-agua-potable-y-23-no-accede-al-alcantarillado>

Trialta. (s.f.). *Mantenimiento de la construcción: una clave para tu proyecto*. Trialta.

<https://n9.cl/jhxxhq>

Unión de Científicos Conscientes. (2021, noviembre 17). *Población y cambio climático*. UCS. <https://es.ucsusa.org/recursos/poblacion-y-cambio-climatico>

Vilca, M. (2014). *Mejora de la productividad por medio de las cartas balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio de Académico UPC.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/556447/Tesis%20Vilca%20Uzategui.pdf?sequence=1>

Vitteri Sarmiento, J. (2016). Productividad en proyectos de construcción. *Grupo S10 Costos, Construcción, Arquitectura e Ingeniería, Edición 262*.

Anexos

Anexo A: Encuesta	149
Anexo B: Implementación del modelo de gestión LPS al reservorio 91.....	155
Anexo C: Modelo 3D (construcción progresiva del reservorio elevado tipo intze)	167
Anexo D: Proceso constructivo del reservorio 03.....	170
Anexo E: Proceso constructivo del reservorio 91.....	172

Anexo A: Encuesta

Disponible en: <https://forms.office.com/r/SCU4Ck49C7>

LAST PLANNER® SYSTEM EN LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS ELEVADOS

Lean Construction es un cambio cultural que lleva más de 30 años mejorando el contexto de la construcción en todas sus etapas, cambiando el paradigma de la Gestión Tradicional.

La presente encuesta será de gran utilidad para el proyecto de investigación "MODELO DE GESTIÓN CON LAST PLANNER® SYSTEM EN LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIO ELEVADO TIPO INTZE"

La información brindada es estrictamente confidencial y será protegida.

Agradezco de antemano su tiempo (10 minutos)

Obligatoria

INFORMACIÓN PERSONAL

1. Nombres y Apellidos *

2. Profesión *

- ☐ Ingeniero Civil
- ☐ Estudiante
- ☐ Bachiller
- ☐ Arquitecto
- ☐ Otras

3. Puesto de Trabajo *

- ☐ Especialista
- ☐ Ingeniero Residente de Área
- ☐ Ingeniero de Producción
- ☐ Asistente
- ☐ Otras

4. Años de Experiencia Laboral según el Puesto de Trabajo *

- ☐ 0 a 3 años
- ☐ 3 a 5 años
- ☐ 5 a 10 años
- ☐ más de 10 años

INFORMACIÓN DE ANÁLISIS

5. ¿A construido reservorios elevados tipo Intze? *

- ☐ Si
- ☐ No directamente, pero he sido parte de la construcción
- ☐ No
- ☐ Otras

6. ¿Tiene conocimiento en Lean Construction? *

- ☐ Si conozco pero no lo aplico en mis proyectos
- ☐ Si conozco y lo aplico en mis proyectos
- ☐ Conozco muy poco
- ☐ No conozco
- ☐ Me interesa conocer
- ☐ Otras

7. ¿Qué herramientas de Lean Construction conoce y aplica?

- ☐ Reporte A3
- ☐ Value Stream Mapping (VSM)
- ☐ Target Value Design (TVD)
- ☐ Last Planner System (LPS)
- ☐ Choosing by Advantages (CBA)
- ☐ Sectorización y Trenes de Trabajo
- ☐ Otras

8. ¿Conoce y aplica Last Planner® System? (Sistema del Último Planificador) *

- ☐ Si conozco pero no lo aplico en mis proyectos
- ☐ Si conozco y lo aplico en mis proyectos
- ☐ Conozco muy poco
- ☐ No conozco
- ☐ Me interesa conocer
- ☐ Otras

9. ¿Realiza algún tipo de reunión de planificación antes de iniciar con la ejecución de un proyecto? *

- ☐ Si, con mi capataz
- ☐ Si, con mi capataz y jefes de grupo
- ☐ No, la planificación la realizo de forma individual en base a mi experiencia
- ☐ Otras

10. ¿Realiza un Programa Maestro interno considerando los hitos contractuales del proyecto? *

- ☐ Si, trato de estar por debajo de plazo contractual
- ☐ No, me trato de ajustar al cronograma contractual
- ☐ Otras

11. ¿Qué tipo de planificación y programación realiza? (Ventana de Tiempo del Look Ahead Planning) *

- ☐ 1 Semana
- ☐ 2 Semanas
- ☐ 4 Semanas
- ☐ más de 4 Semanas
- ☐ Otras

12. ¿Toma en cuenta la variabilidad e incertidumbre al momento de realizar su planificación? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Otras

13. ¿Mide y analiza que la confiabilidad de su planificación este dentro de un rango aceptable? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Otras

14. ¿Analiza y gestiona el levantamiento de restricciones para dar continuidad a su programación maestra? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Otras

15. ¿Analiza y gestiona las causas de incumplimiento de su plan? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Otras

16. ¿Considera que "Stockearse" de recursos es necesario para que su proyecto resulte exitoso? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Otras

17. ¿Considera compromisos confiables y compartidos en la entrega de cada actividad productiva? *

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Otras

18. ¿Considera una buena opción delegar funciones según las distintas especialidades de la obra civil ? *

- ☐ Solo coordino con el capataz
- ☐ Coordino con el capataz y jefes de grupo
- ☐ Otras

19. ¿Qué tipo de restricciones considera que es importante gestionar en sus proyectos?
(Considere el grado de importancia) *

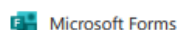
	Nada importante	Poco importante	Neutral	Importante	Muy importante
Seguridad	☐	☐	☐	☐	☐
Información	☐	☐	☐	☐	☐
Espacio	☐	☐	☐	☐	☐
Materiales	☐	☐	☐	☐	☐
Personal	☐	☐	☐	☐	☐
Requisitos previos	☐	☐	☐	☐	☐
Equipos y herramientas	☐	☐	☐	☐	☐

20. ¿Considerar Last Planner® System una herramienta indispensable para planificar y controlar la producción?

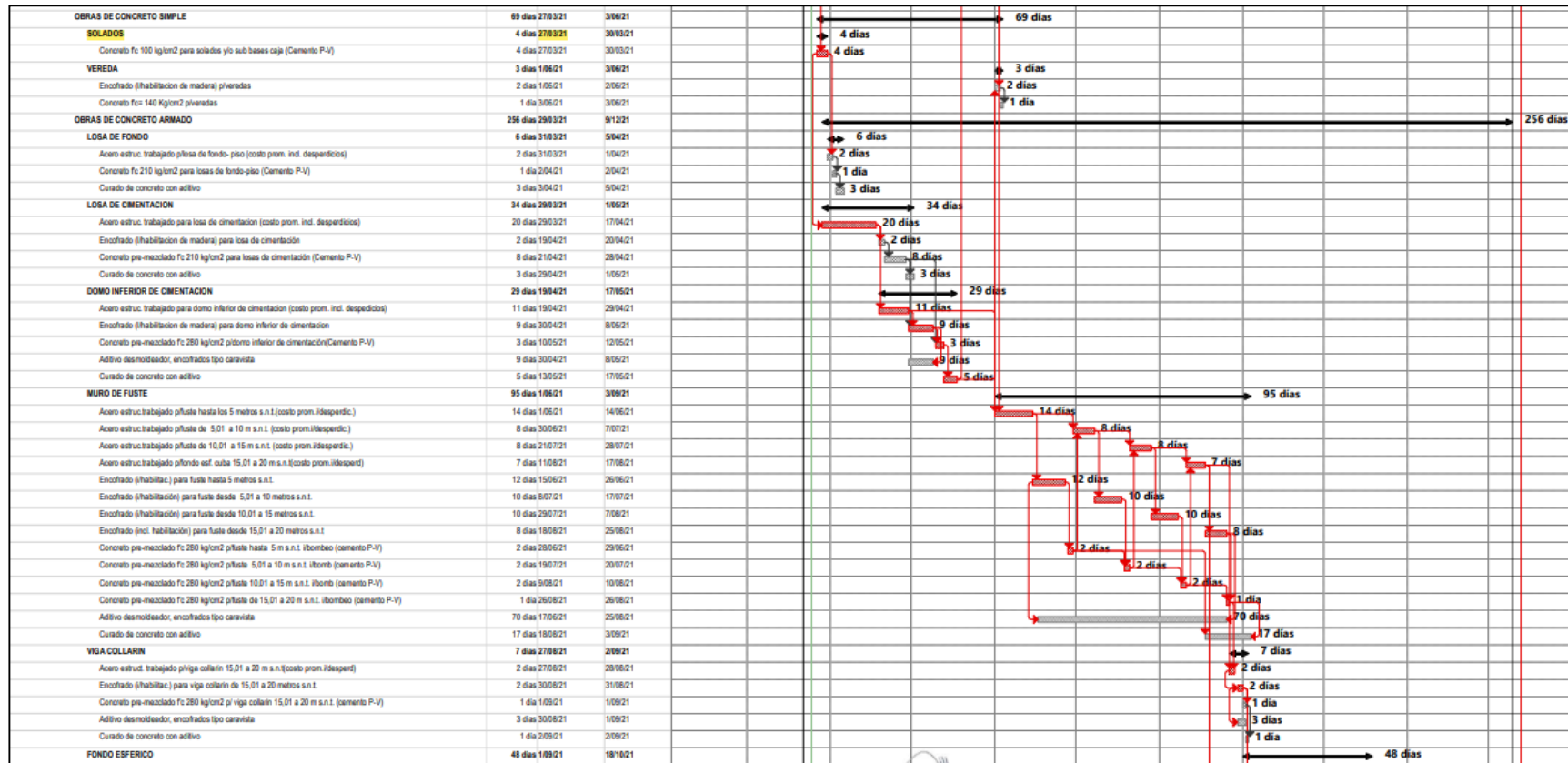
Nada probable ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ Muy probable

21. ¿Qué factores considera importantes para tener éxito en la construcción de reservorios elevados tipo Intze? (Según su experiencia) *

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que proporciones se enviarán al propietario del formulario.



Anexo B: Implementación del Modelo de Gestión LPS al Reservoirio 91



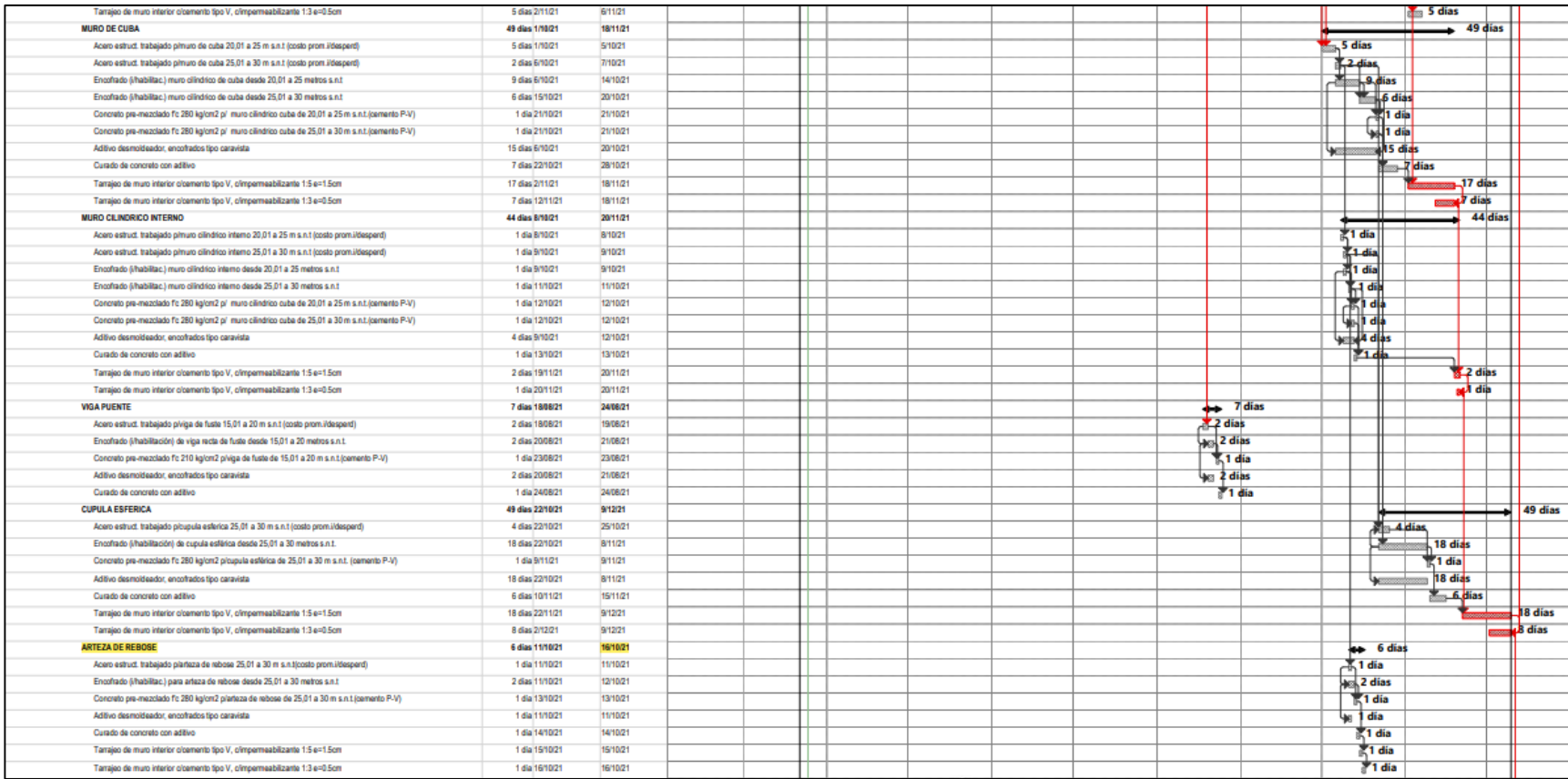


Figura N°B.1: Cronograma contractual del proyecto – Reservoir 91.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	METRA DO TOTAL	METR ADO PROG. R.	SEM 35							SEM 36							SEM 37							SEM 38							SEM 39							SEM 40							SEM 41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D	L	M	M	J	Y	S	D																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
				30/9/21	31/10/21	1/11/21	2/11/21	3/11/21	4/11/21	5/11/21	6/11/21	7/11/21	8/11/21	9/11/21	10/11/21	11/11/21	12/11/21	13/12/21	14/12/21	15/12/21	16/12/21	17/12/21	18/12/21	19/12/21	20/12/21	21/12/21	22/12/21	23/12/21	24/12/21	25/12/21	26/12/21	27/12/21	28/12/21	29/12/21	30/12/21	31/12/21	1/1/22	2/1/22	3/1/22	4/1/22	5/1/22	6/1/22	7/1/22	8/1/22	9/1/22	10/1/22	11/1/22	12/1/22	13/1/22	14/1/22	15/1/22	16/1/22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
RESERVOIRIO ELEVADO PROYECTADO RA-91C/2, V=1,200m3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Figura N°B.2: Programación Maestra – Reservoirio 91.

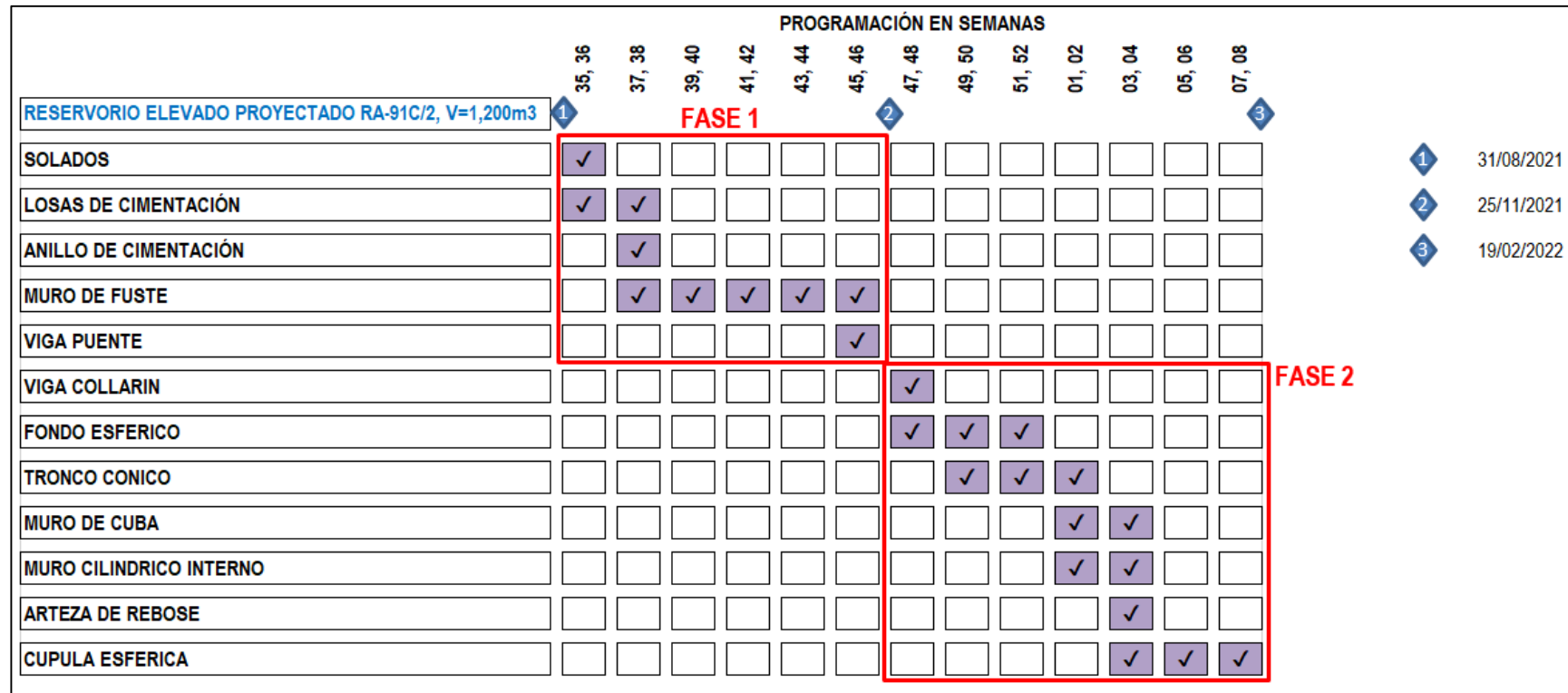


Figura N°B.3: Planificación por Fases – Reservoirio 91.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	METRADO TOTAL	METRADO PROGR.	SEM 44							SEM 45							SEM 46							SEM 47						
					L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
					1/1/21	2/1/21	3/1/21	4/1/21	5/1/21	6/1/21	7/1/21	8/1/21	9/1/21	10/1/21	11/1/21	12/1/21	13/1/21	14/1/21	15/1/21	16/1/21	17/1/21	18/1/21	19/1/21	20/1/21	21/1/21	22/1/21	23/1/21	24/1/21	25/1/21	26/1/21	27/1/21	28/1/21
01.04.10	RESERVORIO ELEVADO PROYECTADO RA-91C/2, V=1,200m ³																															
01.04.10.04.05	MUROS DE FUSTE																															
	Andamio y Soportería A*6					x	x																									
	Andamio y Soportería A*7							x				x	x	x																		
	Andamio y Soportería A*8																		x	x	x	x										
01.04.10.04.05.03	Acero estruc.trabajado p/fuste de 10,01 a 15 m s.n.t. (costo prom.i/desperd.)	kg	9,072.52	3024.17	###	###																										
01.04.10.04.05.07	Acero estruc.trabajado p/fuste de 15,01 a 20 m s.n.t. (costo prom.i/desperd.)	kg	11,657.95	11657.95								###	###	###					###	###	###											
01.04.10.04.05.11	Encofrado (i/habilitación) para fuste desde 10,01 a 15 metros s.n.t.	m2	376.99	188.50		63	63	63																								
01.04.10.04.05.14	Encofrado (i/habilitación) para fuste desde 15,01 a 20 metros s.n.t.	m2	403.38	403.38								67	67	67					67	67	67											
01.04.10.04.05.15	Concreto pre-mezclado f'c 280 kg/cm2 p/fuste 10,01 a 15 m s.n.t. i/bomb	m3	56.55	28.28					28																							
01.04.10.04.05.16	Concreto pre-mezclado f'c 280 kg/cm2 p/fuste de 15,01 a 20 m s.n.t. i/bor	m3	60.51	60.51										30									30									
01.04.10.04.05.17	Curado de concreto con aditivo	m2	1,532.46	591.88						188						202								202								
01.04.10.04.11	VIGA PUENTE																															
01.04.10.04.11.03	Acero estruct. trabajado p/viga de fuste 15,01 a 20 m s.n.t (costo prom.i/desperd.)	kg	682.14	682.14																								###	###			
01.04.10.04.11.07	Encofrado (i/habilitación) de viga recta de fuste desde 15,01 a 20 metros s	m2	53.46	53.46																						27	27					
01.04.10.04.11.15	Concreto pre-mezclado f'c 210 kg/cm2 p/viga de fuste de 15,01 a 20 m s	m3	6.73	6.73																										6.73		
01.04.10.04.11.17	Curado de concreto con aditivo	m2	54.53	54.53																											###	

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UNIDAD	METRADO TOTAL	METRADO PROGR.	SEM 44						
					L	M	M	J	V	S	D
					1/1/21	2/1/21	3/1/21	4/1/21	5/1/21	6/1/21	7/1/21
01.04.10	RESERVORIO ELEVADO PROYECTADO RA-91C/2, V=1,200m ³										
01.04.10.04.05	MUROS DE FUSTE										
	Andamio y Soportería A*6					x	x				
	Andamio y Soportería A*7							x			
01.04.10.04.05.03	Acero estruc.trabajado p/fuste de 10,01 a 15 m s.n.t. (costo prom.i/desperd.)	kg	9,072.52	3024.17	###	###					
01.04.10.04.05.07	Encofrado (i/habilitación) para fuste desde 10,01 a 15 metros s.n.t.	m2	376.99	188.50		63	63	63			
01.04.10.04.05.11	Concreto pre-mezclado f'c 280 kg/cm2 p/fuste 10,01 a 15 m s.n.t. i/bomb (cemento P-V)	m3	56.55	28.28					28		
01.04.10.04.05.14	Curado de concreto con aditivo	m2	1,532.46	188.50						188	

Figura N°B.4: Look Ahead Planning (Semana 44 al 47) y Plan Semanal (Semana 44) – Reservorio 91.

Figura N°B.5: Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de No Cumplimiento, Semana 44 – Reservorio 91.

		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
PROYECTO:		SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO / MATRIZ PROCERES CHORRILLOS						
SEMANA:		03 21/01/2022						
ITEM	COD	SECTOR / FRENTE	RESTRICCION	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION	FECHA REQUERIDA POR PRODUCCION	FECHA DE LEVANTAMIENTO	ESTADO	RESPONSABLE
1.09	OC-32	REP-91C2	PERSONAL	INGRESO DE CUADRILLA DE CARPINTEROS, FIERREROS Y ALBAÑILES	31/08/2021	31/08/2021	LEVANTADA	RRHH
1.10	OC-32	REP-91C2	PLANOS	PLANOS REPLANTEADOS Y APROBADOS DE HIDRAULICA Y ESTRUCTURAS	25/08/2021	28/08/2021	LEVANTADA	OFICINA TECNICA
1.11	OC-32	REP-91C2	EQUIPOS	5 TRASLADOS DE GRUA DE 10TN PARA ACERO HABILITADO DE LOSA DE CIMENTACION, ANILLO DE CIMENTACION Y ARRANQUE DE MURO FUSTE	31/08/2021	31/08/2021	LEVANTADA	ALMACÉN
1.12	OC-32	REP-91C2	PROVEEDOR	REUNION EN CAMPO CON UNICON PARA ABASTECIMIENTO DE CONCRETO F'C 210KG/CM2 PARA LOSA DE CIMENTACION	01/09/2021	03/09/2021	LEVANTADA	GERENCIA
1.13	OC-34	REP-91C2	PROVEEDOR	REUNION PARA PROPUESTA DE SOLUCION PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DEL RESERVORIO ELEVADO CON DOKA	13/09/2021	15/09/2021	LEVANTADA	GERENCIA
1.14	OC-35	REP-91C2	MATERIALES	REQUERIMIENTO DE ANDAMIOS Y SOPORTERIA HASTA NIVEL 4 DE FUSTE	20/09/2021	17/09/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.15	OC-35	REP-91C2	MATERIALES	REQUERIMIENTO DE ENCOFRADOS METALICOS SEGÚN MODULACION PARA FUSTE	20/09/2021	20/09/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.16	OC-35	REP-91C2	EQUIPOS	LLEGADA DE VIBRADORAS DE CONCRETO Y OTROS EQUIPOS MENORES	20/09/2021	22/09/2021	LEVANTADA	GERENCIA
1.17	OC-35	REP-91C2	MATERIALES	NIPLES ELECTROMECANICOS QUE INTERVIENEN EN EL PRIMER ANILLO DEL MURO FUSTE	20/09/2021	21/09/2021	LEVANTADA	ELECTROMECANICA
1.18	OC-35	REP-91C2	MATERIALES	INJERTOS PARA ESCALERAS Y ABRAZADERAS DE TUBERIAS MONTANTES EN FUSTE	20/09/2021	23/09/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.19	OC-39	REP-91C2	MATERIALES	LLEGADA DE SEPARADORES DE CONCRETO, DESMOLDANTE Y CURADOR	11/10/2021	18/10/2021	LEVANTADA	ALMACÉN
1.20	OC-39	REP-91C2	MATERIALES	REQUERIMIENTO DE ANDAMIOS Y SOPORTERIA HASTA NIVEL 8 DE FUSTE	22/10/2021	26/10/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.21	OC-41	REP-91C2	PROVEEDOR	PAGO A PROVEEDOR DOKA PARA DESPACHO DE ANDAMIOS Y SOPORTERIA	20/10/2021	22/10/2021	LEVANTADA	GERENCIA
1.22	OC-43	REP-91C2	MATERIALES	REQUERIMIENTO DE ANDAMIOS Y SOPORTERIA HASTA FONDO ESFERICO, TRONCO CONICO Y NIVEL 2 DE CUBA	15/11/2021	12/11/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.23	OC-46	REP-91C2	MATERIALES	LLEGADA DE ACERO CORRUGADO X 9M PARA Ø 1/2", 5/8", 3/4" Y 1"	06/12/2021	01/12/2021	LEVANTADA	ALMACÉN
1.24	OC-47	REP-91C2	MATERIALES	LLEGADA DE CERCHAS Y FENOLICOS DE 15MM PARA FONDO ESFERICO	13/12/2021	15/12/2021	LEVANTADA	ALMACÉN
1.25	OC-48	REP-91C2	EQUIPOS	4 TRASLADOS DE GRUA DE 10TN PARA ACERO HABILITADO DE VIGA COLLARIN, FONDO ESFERICO, TRONCO CONICO Y ARRANQUE DE MURO CUBA	20/12/2021	20/12/2021	LEVANTADA	ALMACÉN
1.26	OC-49	REP-91C2	PROVEEDOR	REUNION CON UNICON PARA ABASTECIMIENTO DE CONCRETO F'C 280KG/CM2 A/C 0.45 PARA FONDO ESFERICO Y TRONCO CONICO	27/12/2021	28/12/2021	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.27	OC-49	REP-91C2	MATERIALES	NIPLES ELECTROMECANICOS QUE INTERVIENEN EN EL FONDO ESFERICO	30/12/2021	27/12/2021	LEVANTADA	ELECTROMECANICA
1.28	OC-51	REP-91C2	MATERIALES	LLEGADA DE ADITIVOS DE REPARACION PARA EL CONCRETO	10/01/2022	12/01/2022	LEVANTADA	ALMACÉN
1.29	OC-52	REP-91C2	MATERIALES	REQUERIMIENTO DE ANDAMIOS Y SOPORTERIA HASTA CUPULA ESFERICA	17/01/2022	14/01/2022	LEVANTADA	LOGÍSTICA
1.30	OC-03	REP-91C2	MATERIALES	LLEGADA DE BLOQUES TRASLUCIDOS PARA LA CUPULA	07/02/2022		EN PROCESO	ALMACÉN

Figura N°B.6: Análisis de Restricciones, Semana 03 – Reservoirio 91.



Figura N°B.7: CNC al termino de ejecución del proyecto – Reservoirio 91.

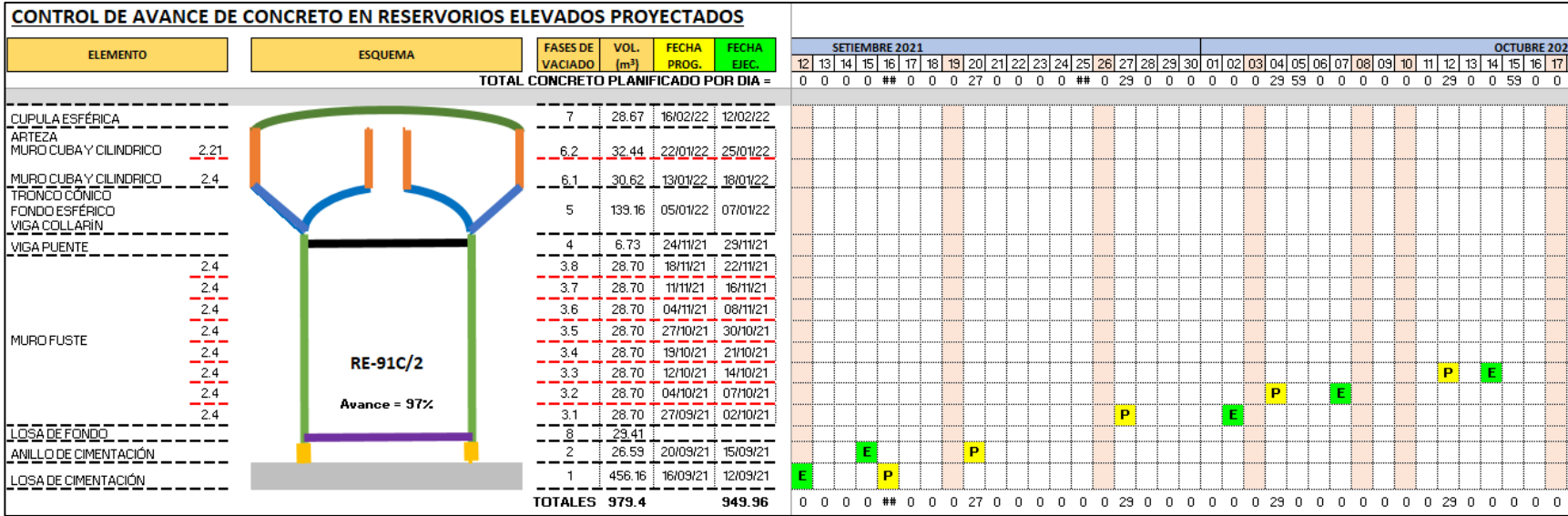


Figura N°B.8: Herramienta de Gestión Visual para el Control de Avance Semanal de Concreto – Reservoirio 91.

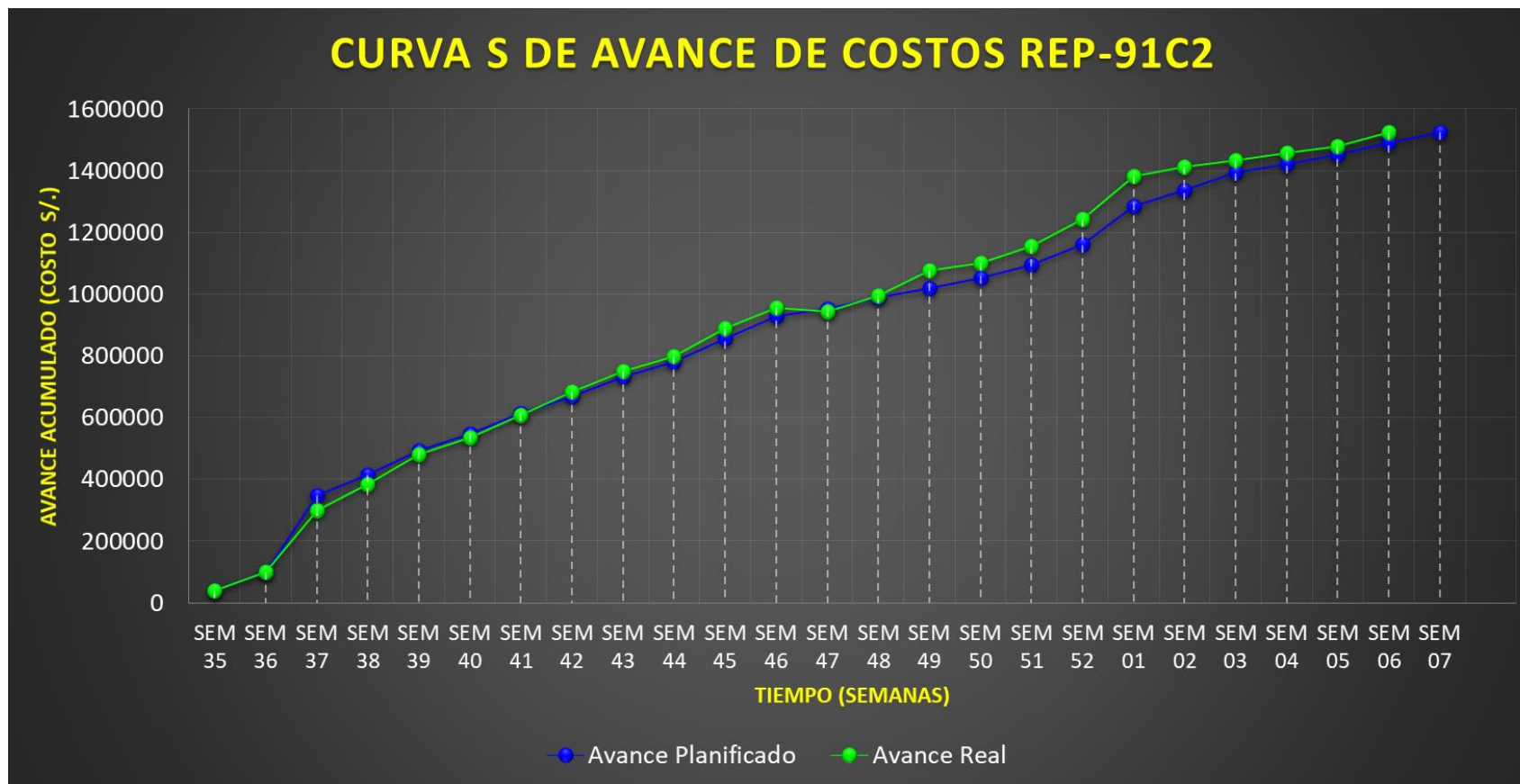


Figura N°B.9: Curva S de Avance Planificado vs Avance Real en función a los costos – Reservoirio 91.

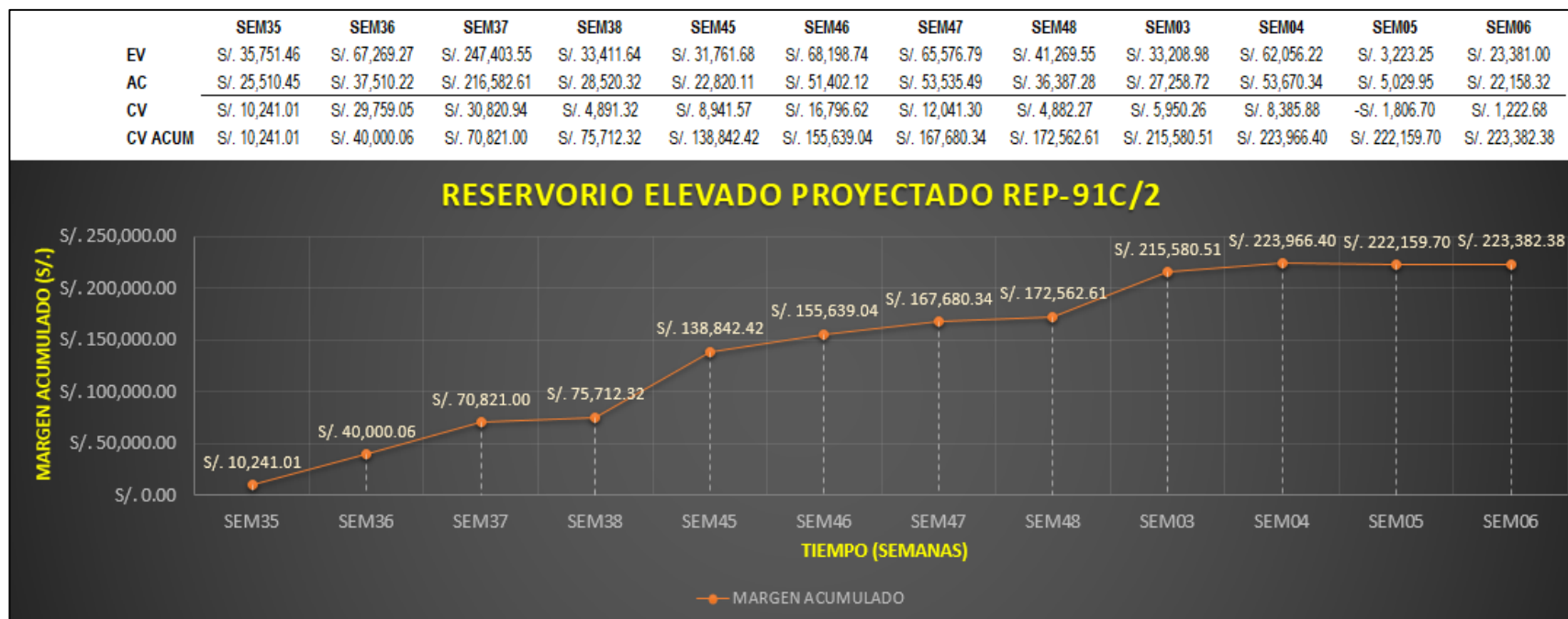


Figura N°B.10: Margen Económico según EVM – Reservoirio 91.

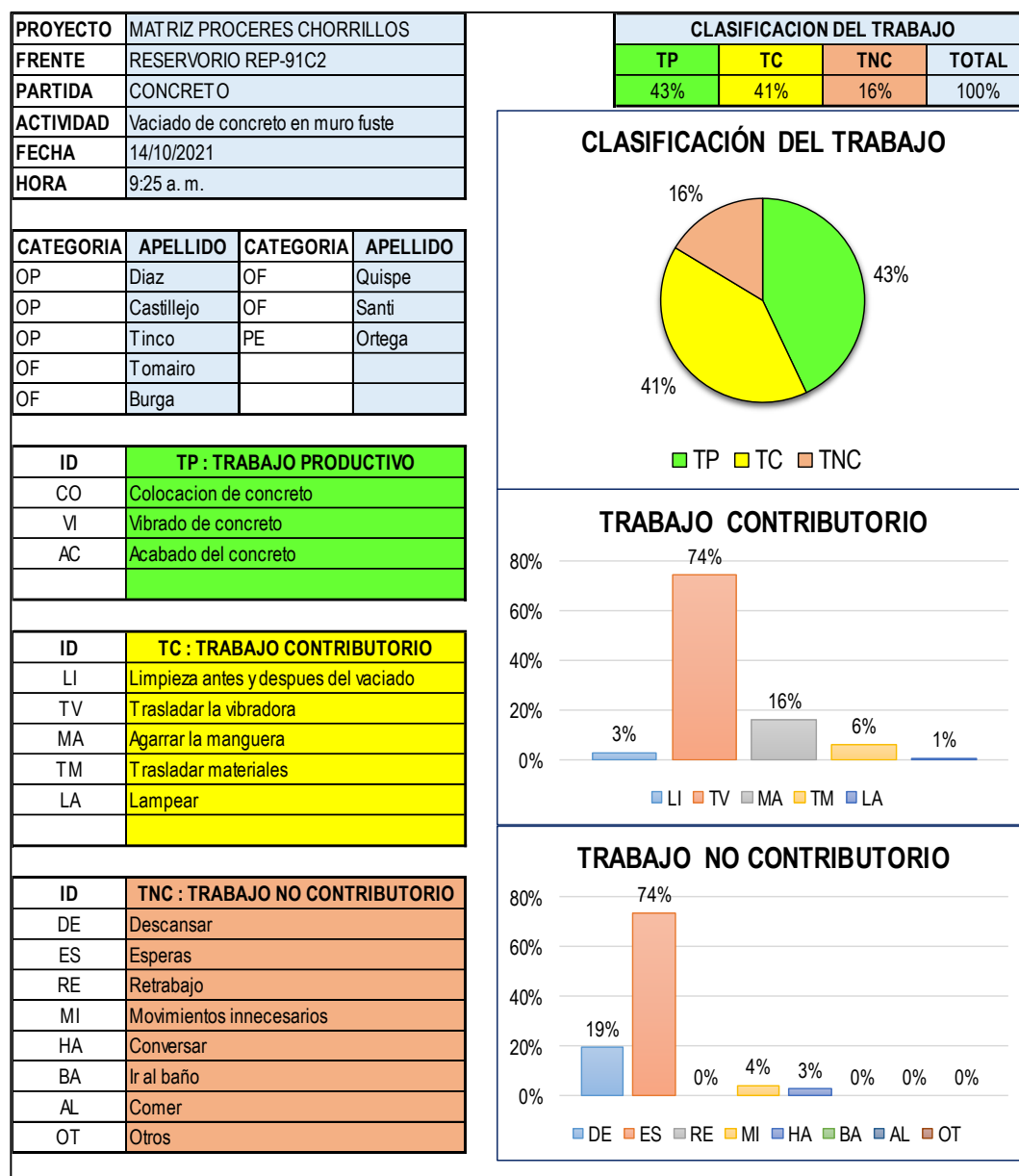
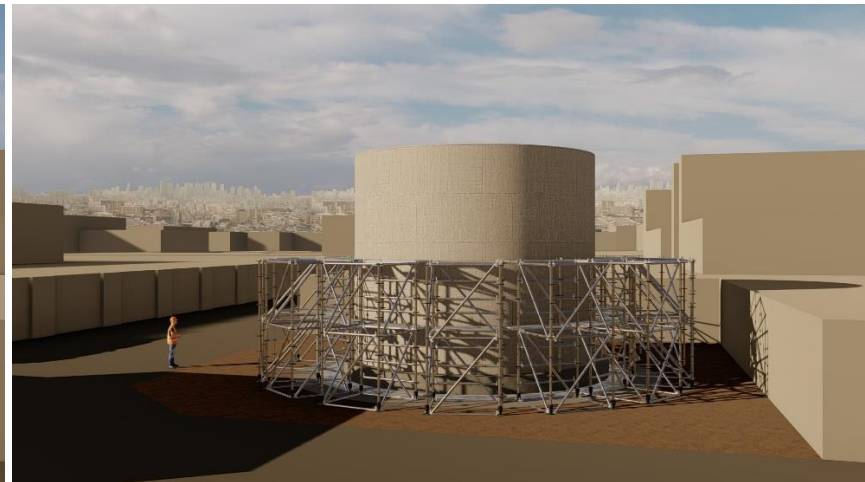
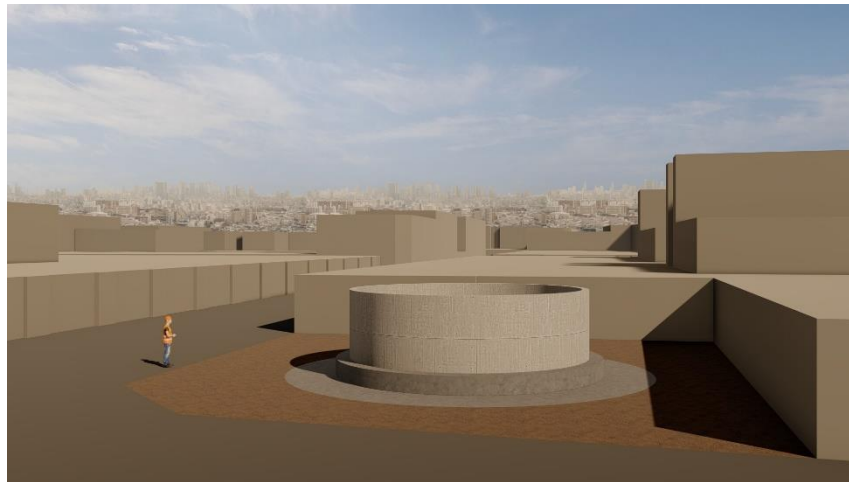
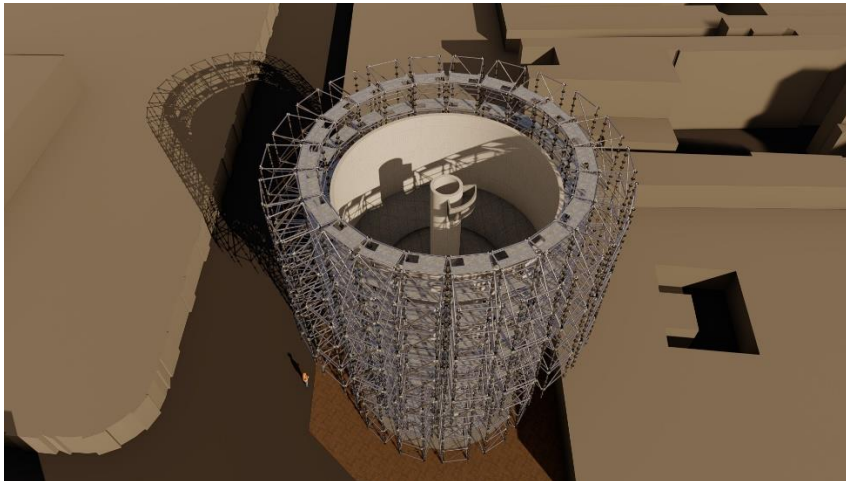
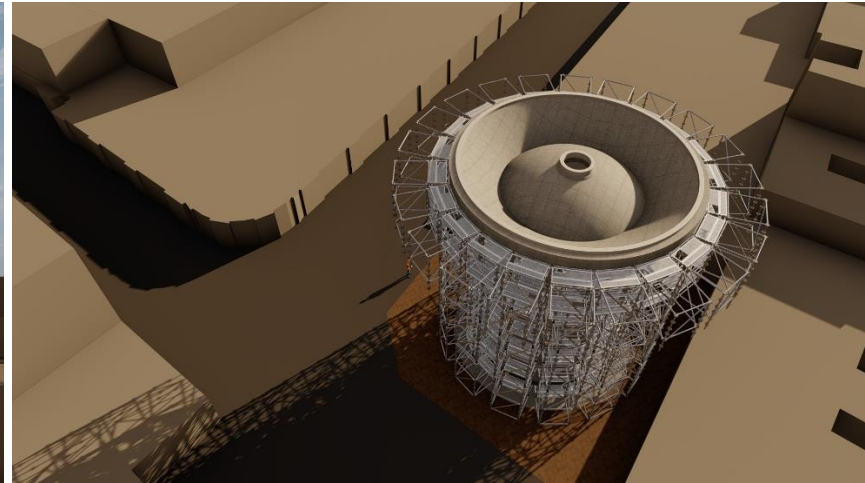
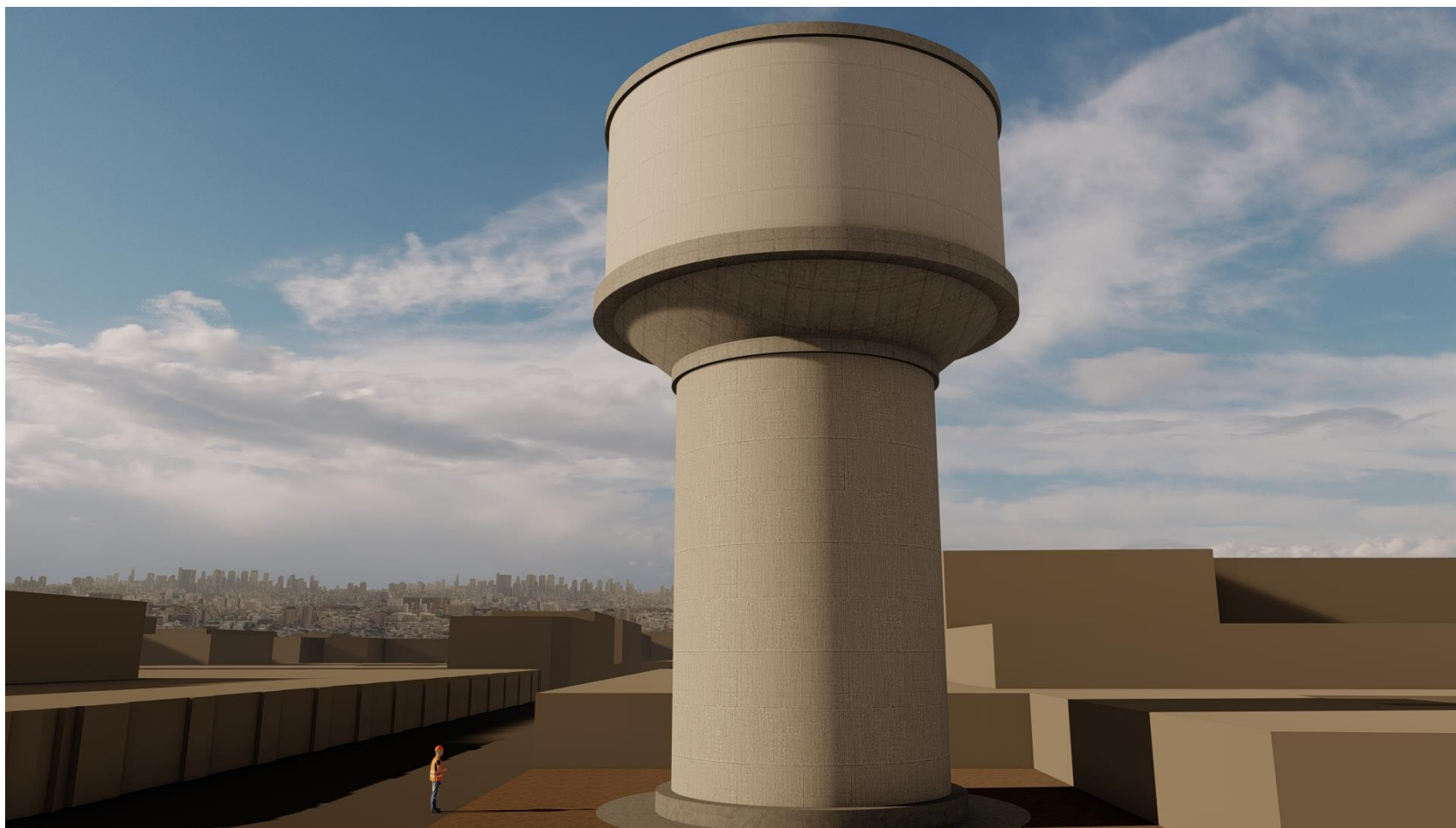


Figura N°B.11: Carta Balance para la partida de colocación de concreto – Reservoirio 91.

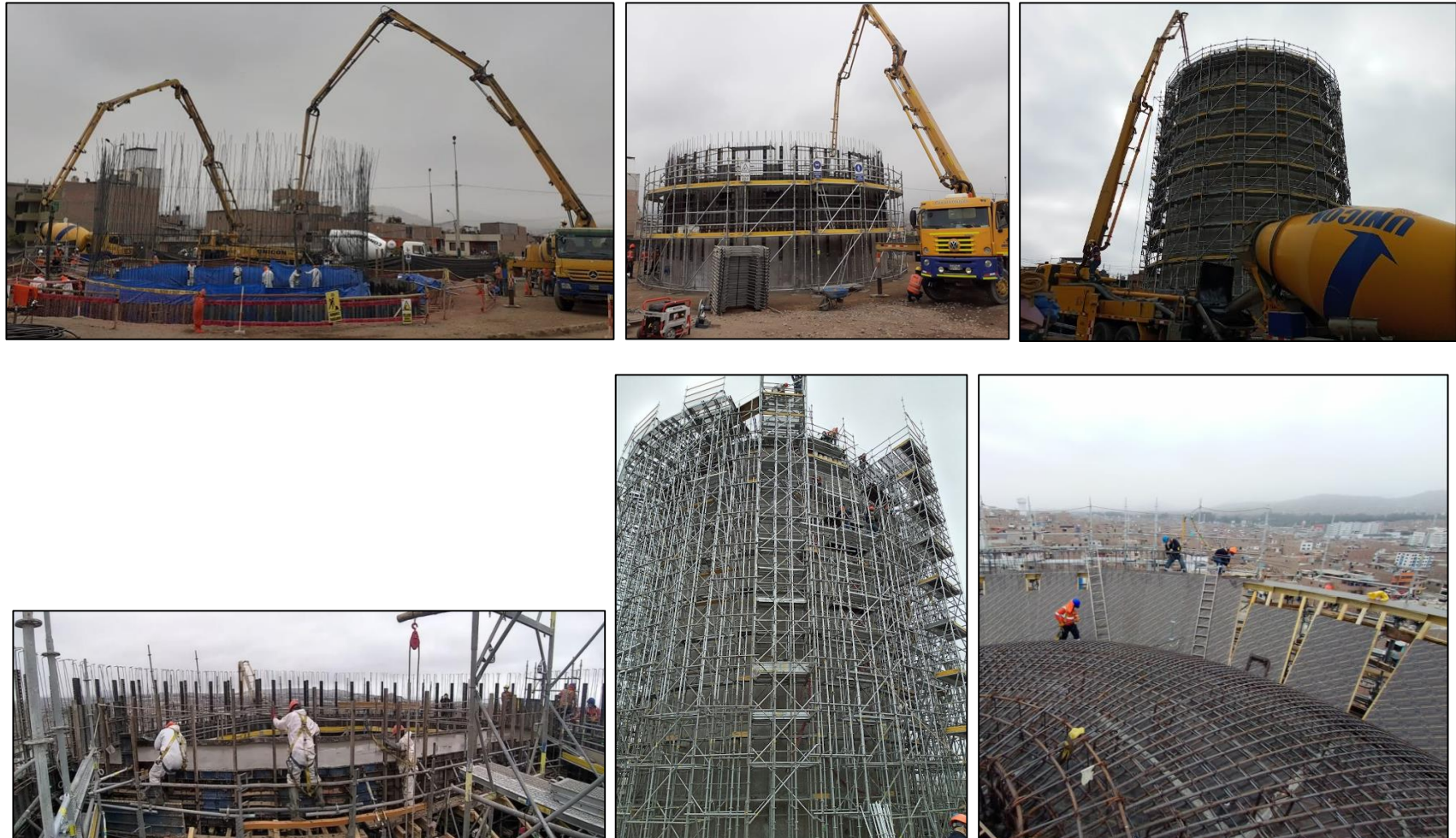
Anexo C: Modelo 3D (Construcción Progresiva del Reservorio Elevado Tipo Intze)







Anexo D: Proceso Constructivo del Reservorio 03





Anexo E: Proceso Constructivo del Reservorio 91



